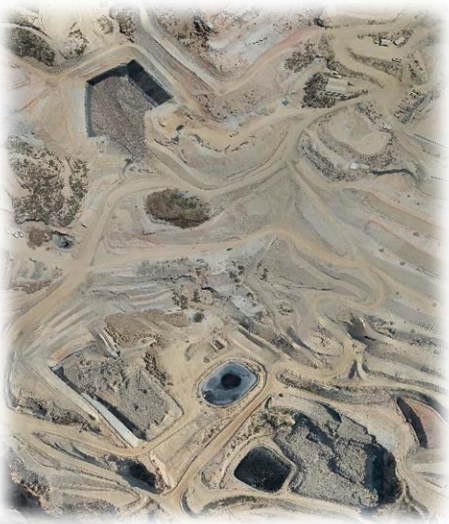
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

Empresa Consultora los Álamos IC Ingenieros Consultores S.R.L.



“Auditoría Ambiental por Peligro Inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio de La Paz”

Informe Fase 2 (Actividades en el Sitio a Auditar)

La Paz, Marzo de 2020

INDICE DE TEXTOS

I. Introducción 1
I.1. Introducción 2
I.2. Actividades en el Sitio a Auditar 3
I.3. Requerimientos del DBC 4

Actividad 1. Recopilación de la Información 7
1.1 Recopilación y Generación de Información 7
1.1.1 Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMAyA 7
1.1.2 Gobierno Autónomo Departamental de La Paz GADLP 11
1.1.3 Gobierno Autónomo Municipal de La Paz GAMLP 15
1.1.4 Empresa Operadora TERSA S.A. 22
1.2 Clasificación de Información Recabada 27

Actividad 2. Establecimiento del Área de Influencia 32
2.1 Definición Área de Estudio 32
2.1.1 Área Directa 32
2.1.1.1 RSNJ 32
2.1.1.2 Deslizamiento y Derrame 34
2.1.1.3 Material de Préstamo 34
2.1.1.4 Celda 15 34
2.1.2 Área Indirecta 39
2.1.2.1 Criterios de Medio Ambiente 39
2.1.2.2 Criterio Socioeconómico (Predominancia de Salud) 41
2.1.3 Área Total de Estudio, sumadas las áreas directa e indirecta. 41
2.2 Definición de Curso Superficial de agua Alpacoma 41
2.2.1 Río 42
2.2.2 Quebrada 42
2.2.3 Arroyo 42
2.2.4 Definición 42
2.2.5 Redes de ríos 43
2.2.6 Conclusión 46

Actividad 3. Inspección y Evaluación Ambiental en el Área de Estudio 47
3.1 Tipos de inspección 47
3.1.1 Inspección de Oficio 47
3.1.2 Inspección por Denuncia 47
3.1.3 Inspección por Emergencia 47
3.2 Planificación de las Inspecciones 47
3.3 Inspecciones y Evaluaciones del Sitio a Auditar 48
3.4 Evaluación Ambiental del Área de Estudio 62

Actividad 4. Programa de Muestreo de los Factores Ambientales 64
4.1 Objetivos 64
4.1.1 Objetivo General 64
4.1.2 Objetivos Específicos 65
4.2 Agua superficial 65
4.2.1 Metodología de Muestreo de Aguas Superficiales 65
4.2.1.1 Equipos 65
4.2.1.2 Reactivos 66
4.2.1.3 Procedimiento 66
4.2.1.3.1 Preparación de Envases para Toma de Muestras: Análisis físico-químicos 66
4.2.1.3.2 Procedimiento para Toma de Muestra 66
4.2.1.4 Manejo de las Muestras 66
4.2.1.5 Identificación, Control de Muestras y Análisis 67
4.2.1.6 Transporte y entrega de muestras en el Laboratorio: 67
4.2.2 Selección de los Puntos de Muestreo Aguas Superficiales 67

4.2.3 Parámetros Analíticos: Aguas Superficiales 70
4.2.4 Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales 70
4.2.5 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo 71
4.3 Agua Subterránea 71
4.3.1 Metodología de Muestreo de Aguas Subterráneas 71
4.3.2 Selección de los Puntos de Muestreo Aguas Subterráneas 72
4.3.3 Parámetros Analíticos: Aguas Subterráneas 72
4.3.4 Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales 73
4.3.5 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo 73
4.4 Calidad del Aire 73
4.4.1 Metodología de Muestreo de la Calidad del Aire 74
4.4.1.1 Partículas Menores a 10 Micrones (PM10) 74
4.4.1.2 Partículas Biológicas Viables (PBV), Biogás y Olores 74
4.4.2 Selección de los Puntos de Muestreo: PM10, PBV, BIOGAS Y OLORES 79
4.4.3 Parámetros Analíticos: PM10, PBV, BIOGÁS Y OLOR 82
4.4.4 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo 82
4.5 Suelos 83
4.5.1 Metodología de Muestreo 83
4.5.2 Selección de los Puntos de Muestreo 83
4.5.3 Parámetros Analíticos: Suelos 85
4.5.4 Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales: Suelos 85
4.5.5 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo 85
4.6 Flora y Fauna 85
4.6.1 Metodología de Flora 86
4.6.2 Metodología Fauna 88
4.6.3 Selección de los Puntos de Muestreo 90
4.6.4 Parámetros medibles 90
4.6.5 Niveles de los límites permisibles 90
4.6.6 Duración y frecuencia. 90
4.7 Análisis Socioeconómico y de Salud 90
4.7.1 Metodología de muestreo socioeconómico 90
4.7.2 Selección del área de muestreo 90
4.7.3 Parámetros medibles 90
4.7.4 Niveles de los límites permisibles 90
4.7.5 Duración y frecuencia. 90
4.8 Pluma Contaminante 91

Actividad 5. Caracterización de la Línea Base Ambiental 93
5.1 Introducción 93
5.2 Caracterización del medio físico 93
5.2.1 Clima 93
5.2.1.1 Información disponible año 2010 93
5.2.1.2 Análisis Pluviométrico 93
5.2.2 Suelos 94
5.2.2.1 Clasificación de suelos presentes en el área de la AOP 94
5.2.2.2 Geología 94
5.2.2.3 Fisiografía 94
5.2.2.4 Geología local 95
5.2.2.5 Geomorfología 96
5.2.2.6 Hidrogeología 97
5.2.3 Consideraciones Geotécnicas. 98
5.2.3.1 Análisis Granulométrico 98
5.2.3.2 Límites de Atterberg 99
5.2.3.3 Clasificación Unificada de Suelos 99
5.2.3.3.1 Suelos CL 99
5.2.3.3.2 Suelos ML 99
5.2.3.4 Ensayos de Peso específico relativo, densidad y compactación 99
5.2.4 Estudios geofísicos 99
5.2.4.1 Metodología técnica y dispositivo 100

5.2.4.1.1 Dispositivo Schumberger 100
5.2.4.1.2 Perfil Geofísico P-1 100
5.2.4.1.3 Perfil Geofísico P-2 101
5.2.5 Geología del Área de Estudio 101
5.2.5.1 Estratigrafía 101
5.2.5.1.1 Terciario Neógeno Formación La Paz: (Plioceno) 101
5.2.5.1.2 Cuaternario: 102
5.2.5.2 Geomorfología 102
5.2.5.2.1 Cárcavas 103
5.2.5.2.2 Escarpes o farellones 103
5.2.5.2.3 Deslizamientos 103
5.2.5.2.4 Sifonamiento 103
5.2.5.2.5 Conos de talud 104
5.2.5.3 Tectónica 104
5.2.6 Geotecnia 104
5.2.6.1 Comportamiento de las aguas subterráneas 106
5.2.6.2 Parámetros hidráulicos 106
5.2.6.3 Resistencia del suelo y pendiente de talud. 107
5.2.7 Mapa de Amenazas 107
5.2.7.1 Rango de amenaza alta. 108
5.2.7.2 Rango de amenaza media. 108
5.2.7.3 Rango de amenaza baja. 108
5.2.8 Geología – Información disponible año 2014 109
5.2.8.1 Vertedero de Alpacoma Estudio Geotécnico y de Estabilización del Muro Dorsal Sur. (2014) 109
5.2.8.1.1 Geología 109
5.2.8.1.2 Rocas del neógeno 109
5.2.8.1.3 Depósitos recientes 112
5.2.8.1.4 Riesgo Geológico 114
5.2.9 Hidrología 115
5.2.10 Hidrografía 116
5.2.11 Hidrogeología 116
5.2.11.1 Aguas Superficiales 116
5.2.11.2 Aguas Subterráneas. 116
5.2.11.3 Acuíferos y nivel freático 117
5.2.12 Riesgos Naturales 117
5.2.12.1 Reactivación de deslizamientos 117
5.2.12.2 Formación de nuevos deslizamientos 118
5.2.12.3 Asentamientos por erosión subterránea 118
5.2.13 Riesgos de la acción Hídrica Superficial 118
5.2.13.1 Erosión del suelo 118
5.2.13.2 Movimientos de remoción en masa 118
5.2.13.3 Derrumbes 119
5.2.13.4 Deslizamientos 119
5.2.14 Riesgos por acción de Aguas Subterráneas 119
5.2.14.1 Saturación 119
5.2.14.2 Hundimientos 119
5.2.14.3 Riesgos por Acción Eólica 120
5.2.14.4 Riesgos asociados a la Estabilidad de Taludes 120
5.2.14.5 Riesgos asociados a la acción sísmica 120
5.2.14.6 Riesgos de contaminación de aguas subterráneas. 121
5.2.14.7 Riesgo de contaminación de las aguas de superficiales (Ríos) 121
5.2.14.8 Riesgos de asentamientos susceptibles a ser afectados por roedores, aves y emanaciones de biogás 121
5.3 Caracterización de la biota 122
5.3.1 Ambiente biológico 122
5.3.2 Flora 122
5.3.3 Mapeo de los tipos de vegetación y formaciones vegetales terrestres 126
5.3.4 Fauna 126
5.4 Caracterización Económica, Social y Cultural 131
5.4.1 Número de habitantes población civil 131
5.4.2 Situación Socioeconómica del Área de Estudio 131
5.5 Condiciones de Línea Base Ambiental 132
5.5.1 Situación Ambiental General del Área del RSNJ – Manifiesto Ambiental 133
5.5.1.1 Situación de las Aguas Superficiales, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH 133
5.5.1.1.1 Análisis del área respecto a los impactos generados por las actividades del relleno sanitario. 137

5.5.1.2 Situación de la Calidad del Aire: Ruido, PST, Partículas Biológicas Viables y Biogás 137
5.5.1.2.1 Ruido 137
5.5.1.2.2 Partículas Suspendidas Totales (PST) 138
5.5.1.2.3 Partículas Biológicas Viables 139
5.5.1.2.4 Biogás 139
5.5.1.3 Situación de Flora y Fauna 140
5.5.2 Situación Ambiental General con Resultados de Monitoreos Ambientales – IMA's 143
5.5.2.1 Situación de la Calidad del Aire: Ruido, PST, Partículas Biológicas Viables y Biogás 143
5.5.2.1.1 Ruido Ambiental 143
5.5.2.1.2 Partículas Biológicas Viables 144
5.5.2.1.3 Biogás 145
5.5.2.2 Situación de las Aguas Superficiales y Subterráneas, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH 146
5.5.2.2.1 Situación del Agua Subterránea, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH 150
5.5.2.3 Situación de los Suelos 152
5.5.3 Situación de la Flora y Fauna 154
5.5.4 Situación Socioeconómica del Área de Estudio 154

Actividad 6. Diagnóstico de la Situación Actual 155
6.1 Introducción 155
6.2 Antecedentes 155
6.3 Alcance 158
6.4 Objetivo General 158
6.5 Objetivos Específicos 158
6.6 Metodología 158
6.6.1 Trabajo en gabinete 158
6.6.2 Trabajo de campo 158
6.6.3 Caracterización de factores ambientales 158
6.6.3.1 Clima 159
6.6.3.2 Suelo 159
6.6.3.3 Agua 159
6.6.3.4 Vegetación y Fauna 159
6.6.3.5 Medio Humano 160
6.6.4 Análisis 160
6.6.5 Evaluación de Impactos 160
6.6.6 Determinación del o los problemas 160
6.7 Localización y Justificación. 162
6.8 Información General 164
6.9 Descripción de la Actividad 164
6.10 Descripción del Deslizamiento y Actividades Posteriores 183
6.10.1 Información sobre el deslizamiento 184
6.10.2 Cálculo del Área Afectada por el Colapso 187
6.10.2.1 Cálculo del volumen de residuos desplazado 188
6.10.3 Trabajos de control y contención en plazo inmediato y en corto plazo 188
6.11 Descripción del Área 192
6.11.1 Medio Físico Abiótico 192
6.11.1.1 Clima 193
6.11.1.1.1 Red Meteorológica disponible 193
6.11.1.1.2 Caracterización Climática de la Zona en Estudio 196
6.11.1.1.3 Temperatura 197
6.11.1.1.4 Nubes 199
6.11.1.1.5 Precipitación 199
6.11.1.1.6 Variación de la precipitación pluvial promedio 200
6.11.1.1.7 Sol 200
6.11.1.1.8 Humedad 201
6.11.1.1.9 Viento 201
6.11.1.2 Hidrología 203
6.11.1.2.1 Descripción de la cuenca 205
6.11.1.3 Determinación de caudales máximos 210
6.11.1.3.1 Metodología 210
6.11.1.3.2 Análisis de precipitaciones máxima en 24hrs 210
6.11.1.3.3 Determinación de características morfométricas 212
6.11.1.3.4 Determinación del Número de Curva (CN) 214
6.11.1.3.5 Suelos 214

6.11.1.3.6 Cálculo de Caudales 215
6.11.1.4 Hidrogeología 219
6.11.1.4.1 Métodos y Materiales 219
6.11.1.4.2 Inventario de fuentes de agua y censo de pozos 219
6.11.1.4.3 Diseño de sistemas de monitoreo de aguas subterráneas 220
6.11.1.4.4 Diseño de pozos de monitoreo 220
6.11.1.4.5 Pozos de monitoreo principales 220
6.11.1.4.6 Pozos de monitoreo secundarios 221
6.11.1.4.7 Pozos de monitoreo principales 222
6.11.1.4.8 Pozos de monitoreo secundarios 222
6.11.1.4.9 Desarrollo de pozos de monitoreo 223
6.11.1.4.10 Prueba Slug para la determinación de la conductividad hidráulica 224
6.11.1.4.11 Fase de campo 225
6.11.1.4.12 Análisis de datos 226
6.11.1.4.13 Toma de muestras 228
6.11.1.4.14 Lixiviado 228
6.11.1.4.15 Agua superficial 229
6.11.1.4.16 Agua subterránea 229
6.11.1.4.17 Fisiografía, Geología, Geomorfología 231
6.12 Condiciones físico químicas de los factores abióticos 233
6.12.1 Calidad del Aire: PM10, Partículas Biológicas Viables, Biogás y Olores 233
6.12.1.1 Partículas Menores a 10 micrones (PM10) 233
6.12.2 Partículas Biológicas Viables (PBV) 234
6.12.2.1 El biogás 235
6.12.2.2 Olor 241
6.12.3 Calidad de agua 243
6.12.3.1 Aguas superficiales 243
6.12.3.2 Calidad de Aguas Subterráneas 248
6.12.3.3 El lixiviado 252
6.12.4 Calidad de los Suelos 256
6.12.5 Medio Físico Biótico 259
6.12.5.1 Vegetación 259
6.12.5.2 Fauna 273
6.12.5.3 Especies registradas en general y por sector 275
6.12.5.4 Fauna potencial 276
6.12.6 Estado de conservación actual de las especies 280
6.12.6.1 Modificación del paisaje y su relación con la flora y fauna 281
6.13 Caracterización de Salud, Económica, Social y Cultural 284
6.13.1 Aspectos de Salud 284
6.13.1.1 Antecedentes 284
6.13.1.2 Objetivo 284
6.13.1.3 Metodología 284
6.13.1.4 Presentación 284
6.13.1.5 Aspectos generales en el área salud 286
6.13.1.5.1 Calidad del aire y el agua 286
6.13.1.5.2 Rellenos sanitarios y efectos en salud. 290
6.13.1.5.3 Peso y Talla 291
6.13.1.5.4 Síntomas respiratorios en niños 292
6.13.1.5.5 Enfermedad Diarreica 293
6.13.1.5.6 Síntomas respiratorios en adultos. 293
6.13.1.6 Calidad de vida relacionada con salud 297
6.13.1.6.1 Impacto autopercibido en salud y en el ambiente físico y social 297
6.13.2 Objetivos 298
6.13.2.1 General. 298
6.13.2.2 Específicos. 298
6.13.3 Metodología 298
6.13.3.1 Área y población del estudio 298
6.13.3.2 Diseño 298
6.13.3.3 Criterios de selección 299
6.13.3.3.1 Criterios de selección del grupo de control (área indirecta). 299
6.13.3.3.2 Criterios de selección del grupo casos (área directa). 299
6.13.3.4 Tamaño de muestra 299
6.13.3.5 Censo y muestreo 300
6.13.3.6 Análisis de datos. 301
6.13.3.6.1 Captación. 301
6.13.3.6.2 Variables. 301
6.13.3.7 Variables de resultado: 301

6.13.3.7.1 Enfermedad ... 301
6.13.3.8 Variables independientes: ... 301
6.13.3.8.1 Características Sociodemográficas ... 301
6.13.3.8.2 Características Socioculturales. ... 301
6.13.3.8.3 Características de la vivienda ... 301
6.13.3.8.4 Características de Salud ... 302
6.13.3.8.5 Características Medioambientales ... 302
6.13.3.8.6 Aspectos Éticos ... 302
6.13.3.9 Información ... 302
6.13.3.10 Garantía de confidencialidad ... 302
6.13.3.11 Consentimiento informado ... 303
6.13.4 Resultados ... 303
6.13.4.1 Población de estudio ... 303
6.13.4.1.1 Distrito VI Alpacoma ... 303
6.13.4.1.2 Urbanizaciones: ... 303
6.13.4.2 Perfil Epidemiológico de los Centros de Salud. ... 316
6.13.4.3 Otros resultados ... 329
6.13.5 Aspectos Socioeconómicos ... 332
6.13.5.1 Demografía ... 334
6.13.5.1.1 Características de la población ... 334
6.13.5.1.2 Distribución por grupos etarios. ... 334
6.13.5.1.3 Ritmo de crecimiento de la población ... 335
6.13.5.1.4 Dinámica migratoria ... 335
6.13.5.2 Servicios Básicos ... 336
6.13.5.2.1 Disponibilidad de Energía Eléctrica ... 336
6.13.5.2.2 Procedencia del agua de consumo ... 336
6.13.5.2.3 Desagüe del servicio sanitario ... 337
6.13.5.2.4 Eliminación de Residuos Sólidos ... 337
6.13.5.2.5 Combustible y/o energía para cocinar ... 338
6.13.5.3 Vías de Acceso ... 338
6.13.5.4 Actividades Económicas ... 339
6.13.5.4.1 Definición de las Actividades Económicas ... 339
6.13.5.4.2 Categoría ocupacional ... 339
6.13.5.4.3 Demanda de fuerza de trabajo ... 340
6.13.5.4.4 Vinculación laboral de la población femenina ... 341
6.13.5.5 Educación ... 341
6.13.5.5.1 Relaciones entre la educación y los principales problemas ambientales de la localidad. ... 341
6.13.5.5.2 Centros educativos ubicados en la región. ... 341
6.13.5.5.3 Nivel de instrucción predominante. ... 342
6.13.5.6 Uso de la tierra ... 342
6.13.5.6.1 Identificación de comunidades ... 342
6.13.5.6.2 Problema Central ... 342

Actividad 7. Levantamiento Topográfico ... 343
7.1 Introducción ... 343
7.2 Objetivo ... 343
7.3 Ubicación del Proyecto. ... 343
7.4 Alcance del Trabajo ... 345
7.4.1 Personal e instrumentos ... 345
7.4.1.1 Personal. ... 345
7.4.1.2 Instrumentos y Equipos ... 345
7.4.1.3 Equipos Geodésicos y Topográficos. ... 345
7.5 Especificaciones Técnicas de los Equipos Empleados ... 345
7.6 Especificaciones Técnicas del Trabajo. ... 346

Actividad 8. Geología y Geotecnia ... 351
8.1 Geología ... 351
8.1.1 Introducción ... 351
8.1.2 Objetivos y Alcance ... 351
8.1.3 Metodología ... 351
8.1.3.1 Fase I - trabajo de gabinete I ... 351
8.1.3.2 Fase II - trabajo de campo ... 351
8.1.3.3 Fase III - trabajo de gabinete II ... 352
8.1.4 Marco Geológico Regional ... 352
8.1.4.1 Fisiografía ... 352

8.1.4.2 Geología Regional 353
8.1.4.2.1 Introducción 353
8.1.4.2.2 Estratigrafía 356
8.1.4.3 Geología Estructural 359
8.1.4.4 Geomorfología 362
8.1.4.4.1 Pendientes medianas 362
8.1.4.4.2 Farellones o escarpes 362
8.1.4.4.3 Relieves abruptos 362
8.1.4.4.4 Remoción en masa 362
8.1.4.4.5 Quebradas 364
8.1.4.4.6 Pseudo-karst 364
8.1.5 Geología Local 365
8.1.5.1 Estratigrafía 365
8.1.5.1.1 Formación Sica Sica 365
8.1.5.1.2 Formación La Paz 368
8.1.5.1.3 Torrente De Barro – Flujo de Detritos Achocalla 375
8.1.5.1.4 Depósitos Aluviales 376
8.1.5.1.5 Dorsal Sur 377
8.1.5.1.6 Depósitos de Deslizamientos Recientes 378
8.1.5.1.7 Depósitos Antrópicos 379
8.1.6 Geología Estructural 380
8.1.7 Geomorfología 381
8.1.7.1 Farellones o escarpes 381
8.1.7.2 Relieves abruptos 382
8.1.7.3 Remoción en masa 382
8.1.8 Red de Drenaje Natural 382
8.1.9 Geodinámica 386
8.1.10 Riesgos Geológicos 387
8.1.10.1 Sismicidad 387
8.2 Estudio Geotécnico 389
8.2.1 Descripción del Macizo Rocoso 389
8.2.2 Estudio de Suelos 394
8.2.2.1 Exploración y muestreo 394
8.2.2.2 Ensayos in situ 395
8.2.2.2.1 Descripción litológica 395
8.2.2.2.2 Ensayos de penetración estándar 400
8.2.2.2.3 Ensayos de permeabilidad 401
8.2.2.3 Otros ensayos 402
8.2.2.3.1 Clasificación Unificada 402
8.2.2.3.2 Cohesión 404
8.2.2.3.3 Ángulo de fricción 404
8.2.2.3.4 Peso específico 405
8.2.3 Estudio geofísico 405
8.2.4 Perforaciones 407

Actividad 9. Identificación de las Principales Fuentes de Contaminación 411
9.1 Consideraciones Generales 411
9.2 Clasificación de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) 411
9.2.1 Clasificación por sus Características 411
9.2.1.1 Residuos No Peligrosos 411
9.2.2 Clasificación por Fuentes de Generación 411
9.2.2.1 Residuos Municipales 411
9.2.2.2 Residuos Industriales 412
9.2.3 Clasificación por Gestión Operativa 412
9.2.3.1 Residuos Municipales 412
9.2.3.2 Residuos especiales 412
9.2.3.3 Residuos Peligrosos 412
9.2.3.4 Residuos Industriales 412
9.3 Fuentes de Contaminación 412
9.4 Factor Aire 412
9.5 Factor Hídrico 414
9.6 Suelos 415

Actividad 10. Identificación, Inventario y Evaluación de Impactos Ambientales Negativos 416

10.1 Identificación de Impactos generados por la AOP 416
10.1.1 Inventario y Evaluación de Impactos Negativos 422

Actividad 11. Detección de los Impactos Ambientales Negativos de la AOP 435
11.1 Detección de Impactos Ambientales Negativos de la AOP 437
11.2 Análisis de Alternativas de Adecuación y/o Remediación 441

Actividad 12. Identificación de Factores que Posiblemente Ocasionaron el Evento 444
12.1 Identificación de las causas del colapso de la Macro celda 4 y parte de la Macro celda 3 444
12.1.1 Factores de Control Especial en el Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma 444
12.1.2 Posibles Problemas y Consecuencias 444
12.1.3 Licitación Pública LPA – 100/05 445
12.1.4 Contrato de Conceción para la Disposición Final de Residuos Sólidos 445
12.1.5 Análisis del Proyecto Original 446
12.1.5.1 Estudios Previos del Sitio 447
12.1.5.2 Parámetros de Diseño 449
12.1.5.2.1 Generación de Residuos Sólidos 449
12.1.5.2.2 Parámetros de Diseño de las Celdas 449
12.1.5.2.3 Descripción de la Morfología Proyectada 450
12.1.5.3 Adecuación de las Macroceldas 452
12.1.5.4 Impermeabilización 452
12.1.5.5 Drenaje de lixiviados y biogás 452
12.1.5.6 Desarrollo de las Celdas 452
12.1.5.7 Nivel de Cobertura del Diseño Original 452
12.1.5.8 Uso final del sitio 453
12.1.5.9 Calendarización del Relleno Sanitario Nuevo Jardín 453
12.1.5.9.1 Diseño Final a Nivel Constructivo 455
12.2 Ficha Técnica del Diseño Original del Proyecto Relleno sanitario Nuevo Jardín 456
12.2.1 Breve descripción del proyecto ofertado por la empresa TERSA S.A. 456
12.2.2 Especificaciones Técnicas 456
12.2.3 Enfoque Técnico 457
12.2.4 Supervisión de la Operación de Disposición Final de Residuos Sólidos 458
12.2.5 Factores que posiblemente ocasionaron el deslizamiento 459
12.2.5.1 Grado Afectación a Otras Estructuras 461
12.2.5.2 Adecuaciones y Ampliaciones de proyecto 461

Actividad 13. Efectividad y Grado de Cumplimiento 467
13.1 Evaluación de las medidas de respuesta a contingencias implementadas 467
13.1.1 Desde el punto de vista Legal 467
13.1.1 Análisis del Licenciamiento Ambiental 467
13.1.1.1 Constitución Política del Estado 468
13.1.1.2 Ley del Medio Ambiente N° 1333 de 27 de abril de 1992 468
13.1.1.3 Ley de Gobiernos Autónomos Municipales N° 482 de 9 de enero de 2014 468
13.1.1.4 Decreto Supremo N° 24176 469
13.1.2 Comparación de Diseños en el M.A con lo representado en RSNJ 472
13.1.2.1 Cumplimiento al PAA, PASA 472

Actividad 14. Cumplimiento del Manifiesto Ambiental Aprobado y Plan de Contingencias 475
14.1 Punto de Vista Técnico Ambiental 475
14.1.1 Introducción. 475
14.1.2 Procedimiento Técnico Administrativo de Licencias Ambientales Eventuales 475
14.1.3 Procedimiento Técnico Administrativo de la Licencia Ambiental Definitiva 478
14.1.3.1 Alcance del Manifiesto Ambiental 482
14.1.3.2 Aspectos Generales de la AOP 482
14.1.3.3 Descripción de la Actividad 483
14.1.3.4 Análisis de las conclusiones del Estudio Geológico del documento del Manifiesto Ambiental del Relleno Sanitario Nuevo Jardín (septiembre 2010) 484
14.1.3.5 Impactos Ambientales y Medidas de Adecuación Ambiental 485
14.1.3.6 Planes de Contingencias 485
14.2 Evaluación del Manifiesto Ambiental 486
14.2.1 Análisis de Observaciones realizadas al Manifiesto Ambiental durante su aprobación 498

14.2.2 Evaluación del Plan de Adecuación Ambiental (PAA) y del Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) 504
14.2.2.1 Plan de Adecuación Ambiental (PAA) 504
14.2.2.2 Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) 512
14.2.3 Desde el Punto de Vista Legal 518
14.2.3.1 Solicitar información adicional si se requiere 518
14.2.3.2 Resultados: 519
14.2.4 Verificar que las acciones de control se adecuaron a la Reglamentación de la Ley N° 1333 519

Actividad 15. Identificación, Verificación de Actores Claves y Responsabilidades Legales 520
15.1 Recopilación de documentación 520
15.2 Identificación y verificación de los actores claves 520
15.3 Evaluar el grado de cumplimiento/efectividad de las medidas propuestas 524

Actividad 16. Lineamientos para el Cierre del RSNJ 526

Actividad 17. Auditoría de Cumplimiento 528

Actividad 18. Incorporación en SIG 532
18.1 Construcción del SIG 532
18.1.1 Armado de GeoDataBase 532
18.1.2 Recopilación de Información Geoespacial 532
18.1.3 Creación de Menús 532
18.2 Incorporación de Datos 532
18.3 Toma de coordenadas UTM 532
18.4 Incorporación de impactos negativos en el SIG 532
18.5 Descripción de l modelo a emplear 532
18.5.1 Software ArcGIS 532
18.5.1.1 Datos de Base 533
18.5.1.2 Indice 533
18.5.1.3 Hipervinculos 533

Actividad 19. Preparación del Informe de la Fase 2 534
I.4. Bibliografía 536

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3-1 Actividades Ing. Edgar Mallo – Auditor Líder....51
Cuadro 3-2 Actividades Ing. Ramiro Moisés Peñaloza Quiroz – Especialista en Relleno Sanitario....54
Cuadro 3-3 Actividades Ing. Nelson Huaranca Olivera/Romina Rojas – Especialistas Geólogos....55
Cuadro 3-4 Actividades Ing. Helga I Guzmán Arce – Especialista Ambiental....57
Cuadro 3-5 Actividades Ing. Fernando Mauricio Limpias Camacho - Especialista Hidrogeólogo....59
Cuadro 3-6 Actividades Dra. Deyni Torres Botello - Especialista en Salud....60
Cuadro 3-7 Criterios de Evaluación Ambiental....62
Cuadro 4-1 Códigos y Descripción Muestras Aguas Superficiales....70
Cuadro 4-2 Parámetros Analíticos....70
Cuadro 4-3 Códigos y Descripción Muestras Aguas Subterráneas....72
Cuadro 4-4 Códigos y Descripción Muestra de Lixiviado....72
Cuadro 4-5 Aguas Subterráneas – Parámetros Analíticos....73
Cuadro 4-6 Procedimiento, normas y equipos a ser empleados....75
Cuadro 4-7 Códigos y Descripción del lugar de Muestreo PM10....80
Cuadro 4-8 Calidad del Aire - Parámetros....82
Cuadro 4-9 Límites Permisibles de Calidad del Aire....82
Cuadro 4-10 Límites Referenciales Permisibles Partículas Biológicas Viables....82
Cuadro 4-11 Parámetros de Suelos....85
Cuadro 5-1 Zonificación de sectores y consecuencias potenciales....108
Cuadro 5-2 Descripción Formación La Paz....109
Cuadro 5-3 Principales Ríos o Arroyos cercanos....115
Cuadro 5-4 Lagos, pantanos y embalses artificiales....115
Cuadro 5-5 Aguas Subterráneas....116
Cuadro 5-6 Poblaciones Colindantes....132
Cuadro 5-7 Códigos y Descripción del Lugar de Muestreo PM10....138
Cuadro 5-8 Escala de Pierre Boutin....139
Cuadro 5-9 Lista de géneros y especies registradas en el RSNJ (2010)....141
Cuadro 5-10 Composición de fauna reportada para el año 2010....142
Cuadro 5-11 Niveles del Ruido Ambiental 2010-2018....143
Cuadro 6-1 TERSA S.A. – Reporte sobre el deslizamiento....184
Cuadro 6-2 TERSA S.A. – Reporte sobre el Plan de Contingencias....185
Cuadro 6-3 TERSA – Plan de Contingencias....189
Cuadro 6-4 Metodología de muestreo en general RSNJ....230
Cuadro 6-5 Descripción general del proceso de muestreo de agua subterránea....230
Cuadro 6-6 Parámetros de monitoreo de lixiviados y del agua subterránea....231
Cuadro 6-7 Códigos y Descripción del Lugar de Muestreo PM10....233
Cuadro 6-8 Códigos y Descripción del Lugar de Muestreo PM10....235
Cuadro 6-9 Escala de Pierre Boutin para grado de contaminación....235
Cuadro 6-10 Composición de Lixiviados en función de la edad del Relleno Sanitario....256
Cuadro 6-11 Vegetación potencial....267
Cuadro 6-12 Fauna potencial....276
Cuadro 6-13 Inventario Faunístico....277
Cuadro 7-1 Características de Equipo Topográfico....346
Cuadro 8-1 Descripción litológica del pozo SU-01....395
Cuadro 8-2 Descripción litológica del pozo SU-02....396
Cuadro 8-3 Descripción litológica del pozo SU-03....396
Cuadro 8-4 Descripción litológica del pozo SU-04....397
Cuadro 8-5 Descripción litológica del pozo SU-05....398
Cuadro 8-6 Descripción litológica del pozo SU-06....398
Cuadro 8-7 Descripción litológica del pozo SU-07....399
Cuadro 8-8 Descripción litológica del pozo SU-08....399
Cuadro 8-9 Designación de símbolos para suelos....403
Cuadro 9-1 Factor Aire....412
Cuadro 9-2 Factor Agua....414
Cuadro 9-3 Factor Suelo....415
Cuadro 11-1 Medidas de Adecuación del Manifiesto Ambiental....436

Cuadro 11-2 Impactos Ambientales Negativos Factor Aire....438
Cuadro 11-3 . Impactos Ambientales Negativos Factor Aguas....439
Cuadro 11-4 Impactos Ambientales Negativos Factor Residuos Sólidos....439
Cuadro 11-5 Impactos Ambientales Negativos Factor Sustancias Peligrosas....440
Cuadro 11-6 Impactos Ambientales Negativos Factor Seguridad e Higiene....440
Cuadro 11-7 Impactos Ambientales Negativos Factor Riesgos....440
Cuadro 11-8 Impactos Ambientales Negativos Factor Suelos y Subsuelos....440
Cuadro 11-9 Análisis de Alternativas de Adecuación y/o Remediación....441
Cuadro 12-1 Fechas de contratos y modificaciones....446
Cuadro 12-2 Aspectos Contractuales....458
Cuadro 12-3 Base de datos de la documentación remitida a la empresa auditora....462
Cuadro 14-1 Revisión de Manifiesto Ambiental Lista de Verificación 1:....487
Cuadro 14-2 Manifiesto Ambiental Lista de Verificación 2:....488
Cuadro 14-3 Cuadro Comparativo entre Licencia y Manifiesto....518

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 6-1 Vista de vías de acceso....164
Fotografía 6-2 Área de Influencia Indirecta (1)....165
Fotografía 6-3 Área de Influencia Indirecta (2)....165
Fotografía 6-4 Ingreso al Predio....165
Fotografía 6-5 Cerco Perimetral....165
Fotografía 6-6 Caseta de Seguridad....166
Fotografía 6-7 Ingreso a la Planta de Clasificación....166
Fotografía 6-8 Residuos plasticos acumulados al ingreso....166
Fotografía 6-9 Oficina Administrativa (1)....167
Fotografía 6-10 Oficina Administrativa (2)....167
Fotografía 6-11 Extintores identificados en el área administrativa....167
Fotografía 6-12 Residuos sólidos acumulados clasificados – plásticos....167
Fotografía 6-13 Residuos sólidos acumulados clasificados – papeles y cartones....167
Fotografía 6-14 Espacio de acumulación de pilas y baterías....168
Fotografía 6-15 Planta en Operación (1)....168
Fotografía 6-16 Planta en Operación (2)....168
Fotografía 6-17 Instalaciones Comedor y Cocina....169
Fotografía 6-18 Comedor y Cocina....169
Fotografía 6-19 Comedor....170
Fotografía 6-20 Vestidores....170
Fotografía 6-21 Baños....171
Fotografía 6-22 Vestidores....171
Fotografía 6-23 Invernadero....171
Fotografía 6-24 Instalaciones de las Oficinas administrativas....172
Fotografía 6-25 Baño y ducha....172
Fotografía 6-26 Oficinas administrativas....173
Fotografía 6-27 Mirador....173
Fotografía 6-28 Instalaciones del Taller de Mantenimiento....174
Fotografía 6-29 Taller de Mantenimiento....174
Fotografía 6-30 Área operativa....175
Fotografía 6-31 Área operativa (Planta de Tratamiento de Lixiviados)....175
Fotografía 6-32 Celda de disposición final de los servicios actuales....176
Fotografía 6-33 Estanque de recepción de aguas residuales....176
Fotografía 6-34 Impermeabilización de Celda, conformada por una capa de geomembrana de caras lisas....176
Fotografía 6-35 Drenaje pluvial perimetral corresponde al drenaje del relleno en general....176
Fotografía 6-36 Celda especial N°1, sin cerco perimetral al norte y este (A la fecha cumplido con su vida útil)....177
Fotografía 6-37 Celda especial N°2, al este no se evidencia la presencia de cerco perimetral (celda en operación)....177
Fotografía 6-38 Arribo de residuos patógenos a celda especial N°2. Vehiculo La Paz Limpia cap 6 toneladas....177
Fotografía 6-39 Cerco perimetral lado sueste incompleta (a la fecha aun no fue completada)....177
Fotografía 6-40 Cerca perimetral al noreste de la celda, con señalización adecuada....178
Fotografía 6-41 Personal de LPL adecuadamente equipado....178

Fotografía 6-42 Disposicioon Final de Residuos Patogenos 178
Fotografía 6-43 Quebrada Alpacoma area colindante vista al Oeste del RSNJ 179
Fotografía 6-44 Quebrada Alpacoma area colindante vista al Este del RSNJ 179
Fotografía 6-45 Solidos Suspendidos Totales....179
Fotografía 6-46 Quebrada contribuyente a la Quebrada Alpacoma 180
Fotografía 6-47 Quebrada Alpacoma a 100 m aguas abajo del RSNJ 180
Fotografía 6-48 Cabecera de la Quebrada Alpacoma 181
Fotografía 6-49 Entorno de la Cabecera de la Quebrada Alpacoma 181
Fotografía 6-50 Sifonamientos de Area Dique N°3....182
Fotografía 6-51 Ubicación del area del dique N°3....182
Fotografía 6-52 Impermeabilización de Celdas 182
Fotografía 6-53 Preparación de sistema de captación de lixiviados 183
Fotografía 6-54 Captadores de lixiviados....183
Fotografía 6-55 Peinado manual de taludes y habilitacion de banquinas....183
Fotografía 6-56 Equipo de Perforación PM4....222
Fotografía 6-57 Perforación Pozo PM4 223
Fotografía 6-58 Desarrollo de Pozo de Monitoreo....224
Fotografía 6-59 Materiales....225
Fotografía 6-60 Sitio de Monitoreo de Lixiviado....228
Fotografía 6-61 Toma de Muestras y Monitoreo....229
Fotografía 6-62 Medición de PM-10. 234
Fotografía 6-63 Colector N° 71 sobre banquina 7 238
Fotografía 6-64 Colector s/n sobre Banquina 7 238
Fotografía 6-65 Captadores de Biogás 239
Fotografía 6-66 Medición de la concentración de olor a través del nivel de SH2 en el aire....243
Fotografía 6-67 Toma de muestra AG-01 AA-ALPA....244
Fotografía 6-68 Toma de muestra AG-02....244
Fotografía 6-69 Toma de muestra AG-03 AA-ALPA....244
Fotografía 6-70 Toma de muestra AG-04 AA-ALPA....244
Fotografía 6-71 Toma de muestra AG-05 AA-ALPA....245
Fotografía 6-72 Talud banquina 7 252
Fotografía 6-73 Sobre banquina 7....252
Fotografía 6-74 Sobre banquina 7....253
Fotografía 6-75 Base de talud banquina 7 253
Fotografía 6-76 Pozo de control 10....253
Fotografía 6-77 Depósito de “queques” 254
Fotografía 6-78 Panorama del sitio 1 cercana a la zona de trabajo del RSNJ 261
Fotografía 6-79 Línea de transecto 1 y 2 respectivamente....261
Fotografía 6-80 Panorama del sitio 2. Terraplén en descanso 262
Fotografía 6-81 Línea de transecto 3 y 4....262
Fotografía 6-82 Área de muestreo Sitio 3 263
Fotografía 6-83 Vista superior del sitio 4 263
Fotografía 6-84 Sitio 4 – Vista del transecto 7 (3515 msnm) 264
Fotografía 6-85 Panorama del sitio 5 264
Fotografía 6-86 Sito 5 – Transectos implementados en el RSNJ 265
Fotografía 6-87 Panorama Sitio 6....266
Fotografía 6-88 Especies frecuentes en el sitio 6 saliendo del RSNJ 266
Fotografía 6-89 Renacuajos de Pleuroderma sp. observados en una poza en el sector sur del RSNJ 279
Fotografía 6-90 Patagioenas maculosa 279
Fotografía 6-91 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ – 2004....282
Fotografía 6-92 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - 2011....282
Fotografía 6-93 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - 2018....283
Fotografía 6-94 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - marzo 2019....283
Fotografía 6-95 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - octubre 2019 284
Fotografía 8-1 Pozo SU-01....396
Fotografía 8-2 Pozo SU-02....396
Fotografía 8-3 Pozo SU-03....397

Fotografía 8-4 Pozo SU-04....397
Fotografía 8-5 Pozo SU-05....398
Fotografía 8-6 Pozo SU-06....398
Fotografía 8-7 Pozo SU-07....399
Fotografía 8-8 Pozo SU-08....400
Fotografía 8-9 Perforación del pozo PP-4. 407

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1 Área Directa – RSNJ....33
Ilustración 2-2 Área Directa – Área de Deslizamiento....35
Ilustración 2-3 Área Excedente entre el RSNJ y el área de deslizamiento 36
Ilustración 2-4 Celda 15 RSNJA....37
Ilustración 2-5 Total Área de Influencia Directa 38
Ilustración 2-6 Área de influencia Indirecta....40
Ilustración 2-7 Ubicación general de sitio y cursos de agua....43
Ilustración 2-8 Clases de Corriente 44
Ilustración 2-9 Orden de Corriente 45
Ilustración 4-1 Puntos de Muestreo de Aguas Superficiales y Subterráneas 69
Ilustración 4-2 Mapa de Puntos de Muestreo de Aire, Biogas y Olores 81
Ilustración 4-3 Mapa de Ubicación de Muestreo – Suelos....84
Ilustración 4-4 Mapa de ubicación de los transectos de evaluación de vegetación....87
Ilustración 4-5 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de fauna....89
Ilustración 5-1 Diseño Electródico Schulumber 100
Ilustración 5-2 Ubicación de Perforaciones....106
Ilustración 5-3 Mapa de Amenazas....107
Ilustración 5-4 Mapa Geológico Área de Proyecto....110
Ilustración 5-5 Mapa de Riesgos Geológicos....115
Ilustración 5-6 Mapeo de Tipos de Vegetación y Formaciones Vegetales Terrestres 126
Ilustración 5-7 Comportamiento de LBA – Partículas Biológicas Viables 145
Ilustración 6-1 Área intervenida por el deslizamiento 157
Ilustración 6-2 Fuentes Metodológicas Fundamentales 161
Ilustración 6-3 RSNJ – Localización General (Google Earth)....163
Ilustración 6-4 Localización puntual....163
Ilustración 6-5 Vista lateral del deslizamiento 187
Ilustración 6-6 Área afectada por el colapso....188
Ilustración 6-7 Precipitación Mensual vs Altura....194
Ilustración 6-8 Ubicación de las Estaciones Meteorológicas....195
Ilustración 6-9 Precipitación confiable....196
Ilustración 6-10 Resumen del Clima....197
Ilustración 6-11 Temperatura Máxima y Mínima Promedio 198
Ilustración 6-12 Temperatura Promedio por hora 198
Ilustración 6-13 Nubosidad 199
Ilustración 6-14 Probabilidad Diaria de Precipitación 200
Ilustración 6-15 Horas de luz natural 201
Ilustración 6-16 Niveles de Humedad 201
Ilustración 6-17Velocidad Promedio del Viento....202
Ilustración 6-18 Dirección del Viento 202
Ilustración 6-19 Zona de Estudio....204
Ilustración 6-20 Mapa Hidrográfico 207
Ilustración 6-21 Mapa Isoyetas 208
Ilustración 6-22 Mapa de Isotermas 209
Ilustración 6-23 Características Hídricas 213
Ilustración 6-24 Curvas de intensidad Duración y Frecuencia Estación Achocalla 216
Ilustración 6-25 Método Hvoslev y Rising Head....226
Ilustración 6-26 227
Ilustración 6-27Sonda "Water Level" 227
Ilustración 6-28 Perfil de Concentración de SH2 en RSNJ 242

Ilustración 6-29 Formularios de monitoreo de lixiviados....255
Ilustración 6-30 Mapa de ubicación de los transectos de evaluación de vegetación....260
Ilustración 6-31 Mapa de ubicación de puntos de conteo en aves....274
Ilustración 6-32 Modelo del Campo de la Salud de Marc Lalonde (1974)....294
Ilustración 6-33 Perfil epidemiológico de síntomas que presentaron después del deslizamiento....313
Ilustración 6-34 Perfil epidemiológico después del deslizamiento en ambos grupos de estudio. Gestión 2019....314
Ilustración 6-35 Percepción de problemas ambientales en ambos grupos de estudio....315
Ilustración 6-36 Distribución de la población por edades, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Gestión 2019....317
Ilustración 6-37 Frecuencia de EDA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019....319
Ilustración 6-38 Frecuencia de EDA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019....319
Ilustración 6-39 Frecuencia de EDA´S por grupo etario, Centro de Salud Alpacoma Bajo. 320
Ilustración 6-40 Frecuencia de IRA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019. 321
Ilustración 6-41 Frecuencia de IRA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019. 321
Ilustración 6-42 Frecuencia de IRA´S por grupo etario....322
Ilustración 6-43 Frecuencia de neumonías por sexo....323
Ilustración 6-44 Frecuencia de neumonías por sexo....323
Ilustración 6-45 Frecuencia de neumonías por grupo etario 324
Ilustración 6-46 Tendencia del peso en niños menores de 4 años....331
Ilustración 6-47 Tendencia de la talla en niños menores de 4 años....331
Ilustración 6-48 Marco de Área seleccionada para la Caracterización Socioeconómica....333
Ilustración 6-49 Pirámide Poblacional Área de Influencia....334
Ilustración 6-50 Crecimiento Poblacional 335
Ilustración 6-51 Energía Eléctrica....336
Ilustración 6-52 Agua de Consumo 336
Ilustración 6-53 Servicio Sanitario....337
Ilustración 6-54 Eliminación de Residuos Sólidos 337
Ilustración 6-55 Tipo de Combustible 338
Ilustración 6-56 Vías de Acceso al RSNJ 338
Ilustración 6-57 Actividades Económicas....339
Ilustración 6-58 Categoría Ocupacional 339
Ilustración 6-59 Fuerza de Trabajo....340
Ilustración 6-60 Actividades Económicas Ocupadas por el Género Femenino 341
Ilustración 6-61 Centros de Educación....342
Ilustración 7-1 Ubicación del Proyecto....344
Ilustración 7-2 Area Efectiva de Trabajo 347
Ilustración 7-3 Sobrevuelo del terreno 348
Ilustración 7-4 . Imagen Ortorectificada 349
Ilustración 7-5 Modelo Digital de Elevación....350
Ilustración 7-6 Curvas de nivel 350
Ilustración 8-1 Mapa de regiones fisiográficas....352
Ilustración 8-2 Cuadro cronoestratigráfico del valle de La Paz 354
Ilustración 8-3 Ubicación del área del RSNJ respecto al mapa geológico del Gobierno Municipal de La Paz 355
Ilustración 8-4 Delimitación del lago Calacoto y distribución del torrente de barro Achocalla 355
Ilustración 8-5 Columna litológica de la Formación La Paz, sector Achocalla 357
Ilustración 8-6 Columna litológica general del valle de La Paz....359
Ilustración 8-7 Mapa de Geología Estructural Regional 361
Ilustración 8-8 Etapas de formación de los pseudo-karst 365
Ilustración 8-9 Afloramientos de la Formación Sica Sica....366
Ilustración 8-10 Afloramientos de la Formación Sica Sica....367
Ilustración 8-11 Afloramientos de la Formación Sica Sica....367
Ilustración 8-12 Contacto entre rocas devónicas....368
Ilustración 8-13 Gravas polimícticas 369
Ilustración 8-14 Secuencia de la Formación La Paz....369
Ilustración 8-15 Secuencia de la Formación La Paz....370
Ilustración 8-16 Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ 370
Ilustración 8-17 Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ 371
Ilustración 8-18 Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ 371

Ilustración 8-19 Contacto entre nivel limo arcilloso y gravas 372
Ilustración 8-20 Niveles de arenas y gravas rojizas 372
Ilustración 8-21 Niveles de arenas de grano fino bien consolidadas 373
Ilustración 8-22 Depósitos de la Formación La Paz 373
Ilustración 8-23 Depósitos de la Formación La Paz 374
Ilustración 8-24 Depósitos de la Formación La Paz 374
Ilustración 8-25 Depósitos de la Formación La Paz 375
Ilustración 8-26 Depósitos del torrente de barro o flujo detritos 375
Ilustración 8-27 Bloques de la Cinerita Chijini 376
Ilustración 8-28 Depósitos del torrente de barro 376
Ilustración 8-29 Quebrada Alpacoma, colindante al extremo sur del RSNJ 377
Ilustración 8-30 Quebrada Alpacoma, en cercanías a la confluencia con el río Achocalla 377
Ilustración 8-31 Ubicación de la Dorsal Sur 378
Ilustración 8-32 Escarpes y área de material perturbado en terrenos del RSNJ 379
Ilustración 8-33 Vista desde el oeste del sector de las celdas de acopio de residuos del RSNJ 380
Ilustración 8-34 Plano de falla normal, talud aledaño a la celda 11 381
Ilustración 8-35 Planos de fallas, talud aledaño a la celda 11 381
Ilustración 8-36 Red de drenaje para el año 2004 383
Ilustración 8-37 Red de drenaje para el año 2005 384
Ilustración 8-38 Red de drenaje para el año 2014 385
Ilustración 8-39 Red de Drenaje para el año 2018 386
Ilustración 8-40 Diagrama de las partes de un deslizamiento de tipo rotacional 387
Ilustración 8-41 Mapa de actividad sísmica en Bolivia 388
Ilustración 8-42 Ubicación de estaciones geomecánicas 390
Ilustración 8-43 Estaciones Geomecánicas 391
Ilustración 8-44. Lámina 2 de Estaciones Geomecánicas 392
Ilustración 8-45. Lámina 3 de Estaciones Geomecánicas 393
Ilustración 8-46 Ubicación de pozos de exploración 395
Ilustración 8-47Ubicación de líneas de estudio geofísico en el RSNJ 406
Ilustración 8-48Ubicación del pozo PP-4 en el RSNJ 408
Ilustración 8-49 Descripción Litológica y Diseño de Pozo PP-4 409
Ilustración 12-1 Levantamiento Topográfico año 2004 447
Ilustración 12-2 Ejemplo del juego de planos que conforma el diseño original donde se muestra la morfología proyectada 451
Ilustración 12-3 Detalle de posibles causas del deslizamiento 459
Ilustración 12-4 Detalle de la falta de zanja de coronamiento 460
Ilustración 12-5 Detalle del salto hidráulico 460
Ilustración 12-6 Ubicación y secuencia de las celdas de residuos construidas 465
Ilustración 12-7 Comparación entre las celdas construidas versus las celdas del proyecto original 466
Ilustración 13-1 Captura de Pnatalla del PASA (1) 473
Ilustración 13-2 Captura de Pantalla del PASA (2) 474
Ilustración 17-1Esquema de Auditoría de Cumplimientos 528
Ilustración 17-2 Infracciones y Penalidades 531

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 6-1 Aguas superficiales AA Alpacoma 247
Gráfico 6-2 Aguas Subterráneas 251

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Concordancia de Actividades de Propuesta 5
Tabla 1-1 Correspondencia de Solicitud al MMAyA 7
Tabla 1-2 Correspondencia de solicitud al GADLP 11
Tabla 1-3 Correspondencia de Solicitud al GAMLP 15
Tabla 1-4 Correspondencia de Solicitud a TERSA S.A. 22
Tabla 1-5 Recopilación Información Ambiental 27
Tabla 2-1 Superficie de Área Directa 32
Tabla 2-2 Superficie de Área Indirecta 39

Tabla 2-3 Superficie Total Área de Estudio 41
Tabla 3-1 Número Total de Inspecciones al RSNJ....49
Tabla 4-1 Aguas Superficiales – Ubicación Georeferenciada de puntos de muestreo 68
Tabla 4-2 Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores 71
Tabla 4-3 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo 72
Tabla 4-4 Códigos y Descripción Muestra de Lixiviado 72
Tabla 4-5 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo PM-10....80
Tabla 4-6 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo PBV....80
Tabla 4-7 Coordenadas Ubicación Puntos de Muestreo Biogás....80
Tabla 4-8 Coordenadas Ubicación Puntos de Muestreo Olor 80
Tabla 4-9 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo Suelos....83
Tabla 4-10 Criterios Referenciales de Calidad del Suelo 85
Tabla 5-1 Poblaciones colindantes RSNJ 131
Tabla 5-2 Informe de Análisis de Agua (1)....134
Tabla 5-3 Informe de Análisis de Agua (2)....135
Tabla 5-4 Análisis Fisicoquímico Aguas Superficiales - Alpacoma 136
Tabla 5-5 Ruido Ambiental en el RSJNA 137
Tabla 5-6 Resultados de la Calidad del Aire – PST....138
Tabla 5-7 Partículas Biológicas Viables....139
Tabla 5-8 Composición del Biogás en la Zona E 140
Tabla 5-9 Composición del Biogás en las Zona E y M operación 140
Tabla 5-10 Calidad del Aire en el RSNJ – IMA's 2010-2018 143
Tabla 5-11 Concentración de Partículas Biológicas Viables 2010 a 2018 144
Tabla 5-12 Concentración del Biogás entre 2010 a 2018 RSNJ 145
Tabla 5-13 Resultados de Análisis Químicos Promedio de Aguas Superficiales de IMA's 147
Tabla 5-14 Resultados de Análisis Químicos Promedio de Aguas Superficiales de IMA's. 148
Tabla 5-15 Excesos a Límites Permisibles RA-50 149
Tabla 5-16 Excesos a Límites Permisibles RA-100 150
Tabla 5-17 Resultados de Análisis Químicos Promedio de Aguas Subterráneas de IMA's. 151
Tabla 5-18 Excesos a Límites Permisibles....152
Tabla 5-19 Muestras A. Resultados de Análisis Químicos Promedio de Suelos de los IMA's. 153
Tabla 5-20 Muestras B. Resultados de Análisis Químicos Promedio de Suelos de los IMA's. 153
Tabla 6-1 Relación de áreas afectadas por el deslizamiento....187
Tabla 6-2 Estaciones Meteorológicas Disponibles 193
Tabla 6-3 Precipitación Confiable....196
Tabla 6-4 Distribución Mensual de la Precipitación 200
Tabla 6-5 Precipitaciones en 24 Hrs. Aeropuerto El Alto 211
Tabla 6-6 Sub-Cuencas 212
Tabla 6-7 Método Racional para determinación de escorrentía....214
Tabla 6-8 Método Racional para determinación de escorrentía....215
Tabla 6-9 Tipos de Suelos según la SCS de los E.U. 215
Tabla 6-10 calculo de caudales probables Lt/seg. 217
Tabla 6-11 Caudal de diseño (Metodo Racional) 218
Tabla 6-12 Resultados de la Calidad del Aire – PM10 233
Tabla 6-13 Partículas Biológicas Viables....234
Tabla 6-14 Partículas Biológicas Viables....234
Tabla 6-15 Captadores de Biogás Existentes en el RSNJ (1) 236
Tabla 6-16 Resumen Captadores 237
Tabla 6-17 Ubicación de Captadores de Biogás 238
Tabla 6-18 Concentración del Biogás en condiciones normales 239
Tabla 6-19 Composición del biogás derivado de diversas fuentes....240
Tabla 6-20 Comparación de mediciones con valores de Referencia 240
Tabla 6-21 Determinación de la máxima concentración de SH_2 emitida 242
Tabla 6-22 Puntos de monitoreo de olores....242
Tabla 6-23 Resultados de la calidad de Aguas Superficiales, Quebrada Alpacoma y río Achocalla 243
Tabla 6-24 Valores Relativos respecto a Límites de Elementos contenidos en Aguas Superficiales 246
Tabla 6-25 Análisis Químicos de Aguas Subterráneas....248

Tabla 6-26 Valores Relativos respecto a Límites de Elementos contenidos en Aguas Subterráneas 249
Tabla 6-27 Resultados Analíticos de los suelos del RSNJ 257
Tabla 6-28 Muestreo por Calicatas 257
Tabla 6-29 Valores Relativos o Índices de Calidad de los Suelos 257
Tabla 6-30 Resultados Analíticos de queque del RSNJ 258
Tabla 6-31 Valores Relativos o Índices de Calidad del Queque 258
Tabla 6-32 Vegetación Real 271
Tabla 6-33 Composición Típica de Lixiviados en Rellenos Sanitarios según su edad 286
Tabla 6-34 Composición de los gases en un relleno sanitario 287
Tabla 6-35 Concentración típica de oligogases 287
Tabla 6-36 Niveles promedio a 24 horas de SO_2 y partículas en suspensión y sus efectos sobre la salud. 296
Tabla 6-37 Efectos encontrados PM10 296
Tabla 6-38 Características sociodemográficas en la población del área directa e indirecta. 304
Tabla 6-39 . Ocupación de la población del área indirecta. 305
Tabla 6-40 Ocupación de la población del área indirecta 305
Tabla 6-41 Ocupación de la pareja de la población del área indirecta. 305
Tabla 6-42 Ocupación de la población del área indirecta 306
Tabla 6-43 Procedencia de grupo del área indirecta. 306
Tabla 6-44 Procedencia de grupo del área directa. 306
Tabla 6-45 Residencia de grupo del área indirecta 307
Tabla 6-46 Residencia del grupo del área directa 307
Tabla 6-47 Características socioculturales en ambas poblaciones de estudio 309
Tabla 6-48 Características de la vivienda de las dos poblaciones estudiadas 310
Tabla 6-49 Características de salud en ambos grupos de estudio 312
Tabla 6-50 Perfil epidemiológico de síntomas que presentaron durante la gestión 2019 en ambos grupos 312
Tabla 6-51 Perfil epidemiológico después del evento del deslizamiento en ambos grupos 313
Tabla 6-52 Reporte de mortalidad de algún familiar durante el último año 314
Tabla 6-53 Principales causas de mortalidad en ambos grupos. Gestión 2019 314
Tabla 6-54 Capacitaciones realizadas a las poblaciones de estudio. Gestión 2019 315
Tabla 6-55 Principales 15 causas de morbilidad 316
Tabla 6-56 Población según grupo etario 318
Tabla 6-57 Número de consultas por sexo en el Centro de Salud de Alpacoma Bajo, Año 2019 318
Tabla 6-58 Frecuencia de IRAS en el centro de salud de Alpacoma Bajo en la Gestión 2019. 320
Tabla 6-59 Frecuencia de neumonías en el centro de salud de Alpacoma Bajo en la Gestión 2019 322
Tabla 6-60 Principales afecciones en la población de Alpacoma Bajo, posterior al deslizamiento 324
Tabla 6-61 Principales diagnósticos a los 8 días de producido el deslizamiento 2019 325
Tabla 6-62 Principales diagnósticos a los 9 días de producido el deslizamiento 2019 325
Tabla 6-63 Principales diagnósticos a los 10 días de producido el deslizamiento 2019 326
Tabla 6-64 Principales diagnósticos a los 11 días de producido el deslizamiento 2019 326
Tabla 6-65 Principales diagnósticos a los 14 días de producido el deslizamiento 2019 327
Tabla 6-66 Principales diagnósticos a los 15 días de producido el deslizamiento 2019 327
Tabla 6-67 Principales 15 causas de morbilidad. Centro de salud Achocalla. Primer semestre. Gestión 2019 328
Tabla 6-68 Principales causas de mortalidad 329
Tabla 6-69 Datos generales sobre el seguimiento del peso y talla 330
Tabla 6-70 Frecuencia por sexo en el seguimiento del peso y talla en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma 330
Tabla 6-71 Distribución por edades sobre el seguimiento del peso y talla en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma. 330
Tabla 6-72 Distribución de la relación peso/talla en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma. 332
Tabla 6-73 Distribución de la relación talla/edad en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma. 332
Tabla 6-74 Crecimiento Poblacional 334
Tabla 6-75 Crecimiento Poblacional 335
Tabla 6-76 Lugar de Residencia Actual 335
Tabla 6-77 Problemas Ambientales 341
Tabla 6-78 Nivel de Instrucción Predominante 342
Tabla 8-1 Detalle de ubicación de estaciones geomecánicas 389
Tabla 8-2 Detalle de ubicación de pozos de exploración 394
Tabla 8-3 Propiedades de suelos arcillosos 400

Tabla 8-4 Resumen de ensayos SPT 401
Tabla 8-5 Relación entre el tipo de suelo y el coeficiente de permeabilidad 402
Tabla 8-6 Resumen de ensayos SPT 402
Tabla 8-7 Resumen de clasificación unificada de suelos 403
Tabla 8-8 Resumen de ensayos de cohesión. 404
Tabla 8-9 Resumen de ensayos de cohesión 405
Tabla 8-10 Resumen de ensayos de peso específico 405
Tabla 8-11 Ubicación de perfiles TER 406
Tabla 8-12 Ubicación de pozo PP-4 407
Tabla 8-13 Descripción del pozo PP-4 410
Tabla 10-1 Escala de evaluación 416
Tabla 10-2 impactos Ambientales (vulnerabilidad) 416
Tabla 10-3 Evaluación determinación del area de las celdas 417
Tabla 10-4 Evluación proyección de ingresos 417
Tabla 10-5 Evaluación generación de lixiviados 418
Tabla 10-6 Evaluación generación de biogas 418
Tabla 10-7 Evaluación recepción de residuos 418
Tabla 10-8 Evaluación vida util del RSNJ 419
Tabla 10-9 Evaluación caracteristicas del terreno 419
Tabla 10-10 Evaluación factor agua 423
Tabla 10-11 Evaluación factor agua subterranea 425
Tabla 10-12 Evaluación factor suelo 426
Tabla 10-13 Evaluación factor aire 428
Tabla 10-14 Evaluación factor ecológico biológico 429
Tabla 10-15 Evaluación componente biotico 429
Tabla 10-16 Evaluación componente social y económica 430
Tabla 10-17 Rando de significancia 433
Tabla 10-18 Matriz de evaluación de impactos negativos 433
Tabla 12-1 Datos de Generación de Residuos Sólidos – Proyecto Original 449
Tabla 12-2 Calendarización del Relleno Sanitario Nuevo Jardín 453
Tabla 12-3 Ficha Técnica RSNJ 456
Tabla 12-4 Capacidad de estanques 461
Tabla 14-1 Síntesis de la correspondencia 476
Tabla 14-2 Síntesis de la correspondencia 479
Tabla 14-3 Descripción del personal del RSNJ reportado en el Formulario del MA 482
Tabla 14-4 Descripción de las colindantes del RSNJ reportado en el Formulario del MA 483
Tabla 14-5 Detalle de los procesos y actividades reportados en el Punto 3 del MA 483
Tabla 14-6 Análisis de las respuestas y subsanaciones, aclaraciones y modificaciones presentadas por el GAMLP en el Manifiesto Ambiental 499
Tabla 14-7 Compromisos ambientales establecidos en el Manifiesto Ambiental 505
Tabla 14-8 Evaluación del cumplimiento de los compromisos ambientales 507
Tabla 14-9 Análisis y Evaluación del PASA aprobado en el Manifiesto Ambiental 513
Tabla 15-1 Responsabilidades Legales 521
Tabla 15-2 Matriz de Cumplimiento 524
Tabla 16-1 Lineamientos de cierre 526
Tabla 17-1 Contravenciones y Penalidades 529
Tabla 19-1 Contenido de Cuadros, Figuras, Tablas, etc. 534

I. Introducción

I.1. Introducción

Durante la Fase 1 (Planificación de la AA), la información facilitada a la Consultora Auditora fue mínima, de parte del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAYA), Gobierno Autónomo Departamental de La Paz (GADLP), Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP), TERSA y EPSA, además de insuficiente, fue entregada de manera inoportuna.

En la Fase 2 (Actividades en el Sitio a Auditar), continúo la recepció de información de forma intermitente, por tal motivo, se acudió a la búsqueda de información secundaria, pero particularmente con inspecciones in situ al Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, por cada uno de los especialistas ambientales, personal de apoyo (empresas subcontratadas de geofísica, geotecnía, laboratorios ambientales de suelos) y profesionales especialistas.

Para este propósito, la programación estimada para lograr la totalidad de los objetivos de la AA fue de 180 reconocimientos y evaluaciones en el RSNJ. Durante las dos fases (Fase 1 y Fase 2), se lograron llevar a cabo 161, tanto en las áreas de influencia directa e indirecta del RSNJ. Se espera completar o exceder dichas inspecciones con visitas de ajustes al RSNJ durante la Fase 3 de la AA.

El registro de cada actividad, objetivo y resultado logrado en las inspecciones técnicas al RSNJ, están plasmadas en cada uno de los Formularios de Campo que se encuentran en anexo correspondiente. Asimismo, tal como se determinó, el Auditor Líder resultó realizando el acompañamiento a cada especialista cuando fue necesario.

Los ingresos al RSNJ fueron autorizados a requerimiento de la Consultora Auditora por la Máxima Autoridad Ejecutiva del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, a través de la Secretaría del Sistema de Regulación Municipal (SIREMU) y la Secretaria Municipal de Gestión Ambiental (GMGA) para el seguimiento de cada una de las visitas.

También resulta importante señalar que la elaboración del presente informe de la Fase 2, que tiene un formato definido según el DS 28499, fue modificado en su desarrollo secuencial para su mejor comprensión, habiendo sido ordenado y sistematizado para que su lectura sea fácil e integral.

Además, a parte del formato de la Fase 2, se ha integrado cada uno de los objetivos específicos de los Términos de Referencia, esa secuencia ordenada nos permite presentar un documento de desarrollo holístico que facilita su comprensión.

De este modo, el presente documento contiene diecinueve puntos desarrollados que responden a la totalidad del alcance exigido por el documento base de contratación y los términos de referencia, inicia con la recopilación de la información; establecimiento del área de influencia; programa de muestreo de los factores ambientales; caracterización de la línea base ambiental, diagnóstico de la situación actual; levantamiento topográfico; identificación, inventario y evaluación de impactos ambientales negativos que inciden en el área de estudio; detección de los impactos ambientales negativos, identificación de factores que posiblemente ocasionaron el evento; efectividad y grado de cumplimiento; cumplimiento del Manifiesto Ambiental y Plan de Contingencias; identificación, verificación de actores claves y responsables legales; lineamientos para el cierre del RSNJ; auditoría de cumplimiento; incorporación del SIG y elaboración del Informes Fase 2.

I.2. Actividades en el Sitio a Auditar

Las Actividades en el Sitio a Auditar, Fase 2, se desarrollaron de acuerdo a lo establecido en el artículo 12°, capítulo IV del DS 28499 y los TDR's del contrato suscrito.

Estas actividades de forma general comprenden:

a) Inspección y evaluación ambiental del área de estudio de la AOP.
b) Recopilación de información de campo y generación de información ambiental (físico-natural; socioeconómico-cultural) con la finalidad de establecer un diagnóstico de la situación y de los factores ambientales en estudio.
c) Caracterización de la línea base ambiental (físico-natural; socio – económico – cultural), en base a la caracterización preliminar realizada en el informe de la Fase I.
d) Implementación del programa de muestreo de los factores ambientales, desarrollado en el informe de la Fase I.
e) Identificación, inventario y evaluación de impactos ambientales negativos que inciden en el área de estudio, en base a la identificación preliminar elaborada en la Fase I.
f) Identificación de las principales fuentes de contaminación.
g) Identificación, verificación de actores claves y responsabilidades legales.
h) Detección de los impactos ambientales negativos de la AOP en la construcción, operación, cierre y abandono; realizando análisis de alternativas de adecuación y/o remediación.
i) Evaluación de la efectividad y grado de cumplimiento de las medidas de respuesta a contingencias implementadas.
j) Preparación del informe de la fase 2.

Complementariamente, en la Fase 1 se establecieron 19 Actividades, que deben responder a cada uno de los Objetivos Específicos de la AA, muchos de ellos de desarrollo único que tienen un contenido multidisciplinario.

La planificación final fue desarrollada de manera específica y conceptual de modo se alcance una integralidad en conjunto del Informe de Fase 2. Una lluvia de ideas (brainstorm) fue la metodología global que se empleó para lograr integrar las 19 Actividades, el formato de la Fase 2 y responder a cada uno de los Objetivos Específicos, con la participación activa del Auditor Líder y cada Especialista, con los siguientes resultados:

- Solicitud de documentos oficiales para ser sometidos a revisión y evaluación
- Recepción, revisión y evaluación de la documentación entregada por distintas instituciones MMAYA; GAMLP; GADLP; TERSA y EPSAS
- Elaboración y empleo de Formularios de Campo por cada Especialista.
- Caracterizarla Línea Base Ambiental (físico-natural; socio-económico-cultural)
- Establecer un Diagnóstico de la situación actual de todos los factores ambientales en estudio: aire, agua (superficial y subterránea), suelo y socioeconómico.

- Elaboración de subcontratos con empresas prestadoras de servicios de Geotécnica, Geofísica, Topografía, Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's), desarrollo del Modelo Hidrogeológico (ModFlow), Perforación de Pozos de Muestreo de Suelos, Laboratorios Acreditados para la toma de muestras de aguas superficiales, suelos, calidad del aire (PM10), Partículas Biológicas Viables, Olores, Biogás, Evaluación biológica de la Vegetación y Fauna en el entorno del RSNJ
- Sistematización, clasificación y ordenamiento de la información útil y veraz proporcionada por las instituciones mencionadas.
- Inspecciones técnicas in situ al RSNJ y a las áreas de interés técnico, ambiental y de la salud y áreas de influencia directa e indirecta
- Participación en reuniones de coordinación de actividades y de seguimiento a la ejecución de tareas establecidas de acuerdo con el Cronograma de la Auditoria establecido
- Elaboración del Programa de Monitoreo Ambiental para los factores ambientales de aguas superficiales, subterráneas, calidad del aire (PM10, biogás, partículas biológicas viables, olores) y suelos.
- Definición de los límites físicos territoriales para establecer las Áreas de Influencia Directa AID) e Indirecta (AII).
- Determinar el volumen de lixiviado que fue descargado producto del deslizamiento
- Definir el flujo subsuperficial o Pluma Contaminante.
- Elaboración de Mapas de población habitante circundante que son incluidas dentro de área de influencia indirecta, como parte componente de salud de la AA.
- Elaboración de un informe de avance y participación de dos reuniones de coordinación con el Fiscal Ambiental.
- Reconstrucción del diseño ingenieril original de la construcción de macroceldas mediante el empleo de sistema de información geográfica (SIG).
- Verificación del cumplimiento del Manifiesto Ambiental aprobado y Plan de Contingencias.
- Compra de información georeferenciada para definir la superficie y volumen total del área desestabilizada por el deslizamiento de la masa de residuos sólidos.
- Establecer si el cuerpo de agua Alpacoma es un río o quebrada
- Establecer lineamientos para el cierre técnico del RSNJ.

I.3. Requerimientos del DBC

Los diferentes requerimientos de los Términos de Referencia del DBC, se resumen en dos requerimientos principales: Los Objetivos Específicos y las Actividades en el sitio a Auditar (incisos a) hasta j) señalados en el punto 8.2 de dicho documento. Ambos requerimientos son satisfechos con la ejecución de Actividades (19 para esta Fase), como está enseñada en la tabla que sigue a continuación.

Tabla 1-1 Concordancia de Actividades de Propuesta

Términos de Referencia		**Actividades de Propuesta**	
Actividades en el Sitio	**Objetivos Específicos.**		
		1	Recopilación de Información
La actividad en campo (b) cumple con los objetivos: ***1 y 3***	La actividad (2) cumple con el objetivo: ***1 y 3***	2	Establecimiento del Área de Influencia
La actividad en campo (a) cumple con el objetivo: ***1***	La actividad (3) cumple con el objetivo: ***1***	3	Inspección y Evaluación Ambiental del Área de Estudio
La actividad en campo (d) cumple con los objetivos: ***6, 7 y 8***	La actividad (4) cumple con los objetivos: ***6, 7 y 8***	4	Programa de Muestreo de los Factores Ambientales
La actividad en campo (c) cumple con los objetivos: ***1 y 8***	La actividad (5) cumple con los objetivos: ***1 y 8***	5	Caracterización de la Línea Base Ambiental
	La actividad (6) cumple con los objetivos: ***6, 7 y 8***	6	Diagnóstico de la Situación Actual
	La actividad (7) cumple con los objetivos: ***1, 8 y 12***	7	Levantamiento Topográfico
	La actividad (8) cumple con los objetivos: ***6 y 8***	8	Geología/Geotecnia
La actividad en campo (f) cumple con los objetivos: ***1, 4, 7 y 8***	La actividad (9) cumple con los objetivos: ***1, 4, 7 y 8***	9	Identificación de las principales fuentes de contaminación
La actividad en campo (e) cumple con los objetivos: ***6, 7, 8 y 11***	La actividad (10) cumple con los objetivos: ***6, 7, 8 y 11***	10	Identificacion, Inventario y Evaluacion de Impactos Ambientales Negativos que inciden en el Area de Estudio
La actividad en campo (h) cumple con los objetivos: ***1, 7, 8 y 10***	La actividad (11) cumple con los objetivos: ***1, 7, 8 y 10***	11	Detección de los impactos ambientales negativos de la AOP
	La actividad (12) cumple con los objetivos: ***2, 5 y 8***	12	Identificación de Factores que Posiblemente Ocasionaron el Evento
La actividad en campo (i) cumple con el objetivo: ***9***	La actividad (13) cumple con el objetivo: ***9***	13	Efectividad y Grado de Cumplimiento
	La actividad (14) cumple con los objetivos: ***8, 5***	14	Cumplimiento del Manifiesto Ambiental aprobado y Plan de Contingencias
La actividad en campo (g) cumple con los objetivos: ***9***	La actividad (15) cumple con el objetivo: ***9***	15	Identificación, verificación de actores claves y responsabilidades legales

Términos de Referencia		**Actividades de Propuesta**	
Actividades en el Sitio	**Objetivos Específicos.**		
	La actividad (16) cumple con los objetivos: ***8 y 13***	16	Lineamientos para el Cierre del RSNJ
	La actividad (17) cumple con el objetivo: ***9***	17	Auditoría de Cumplimiento
	La actividad (13) cumple con el objetivo: ***8***	18	Incorporación en SIG
La actividad en campo (j) cumple con ***todos*** objetivos	La actividad (19) cumple con ***todos*** los objetivos	19	Preparación del informe de la Fase 2

Fuente: Elaboracion Propia en Base a la referencia del DBC

Actividad 1. Recopilación de la Información

1.1 Recopilación y Generación de Información

Uno de los principales obstáculos que han tenido que tratarse y resolverse, es la entrega tardía de información o la falta de entrega de la misma; acción conocida como Recopilación de Información. (Ver Anexo 1, Correspondencia AA).

En las tablas que siguen, se muestran las solicitudes que se hicieran a las fuentes de información y la respuesta de las mismas.

1.1.1 Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMAyA

Tabla 1-1 Correspondencia de Solicitud al MMAyA

Fecha	Cite	Descripción	Fecha	Cite	Observaciones
13/09/2019	AA/007/2019	1. Documentos Ambientales de proyecto			
		a) Línea Base Ambiental y/o diagnóstico ambiental			No corresponde
		b) Permisos Ambientales			No corresponde
		c) Manifiesto Ambiental	19/09/2019	MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/ UPCAM/MA1617 N° 0934/2019	Entregado
		d) Licencia Ambiental			Entregado
		e) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas			No corresponde
		f) Informes de monitoreos mensuales, trimestrales y Anuales o en base al período que corresponda según sus compromisos.	19/09/2019	MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/ UPCAM/MA1617 N° 0934/2019	Entregado
		g) Actualización de Licencias			No corresponde

Fecha	Cite	Descripción	Fecha	Cite	Observaciones
		h) Observaciones medioambientales a los monitoreos	19/09/2019	MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/ UPCAM/MA1617 N° 0934/2019	Entregado
		i) Adendas			No corresponde
		2. Estudio previo del área respecto al estado biofísico, social inicial y actual	19/09/2019	MMAYA/VMABCCGDF/DGMAC C/UPCAM/MA1617 N° 0934/2019	Entregado
		3. Estudio de uso de Suelos, planos de delimitación de áreas.			Entregado
		4. Áreas Protegidas municipales, georreferenciadas			
		a) Documentación de respaldo del procedimiento administrativo para la obtención de la Licencia ambiental			No corresponde
		b) Línea Base ambiental y/o diagnóstico ambiental			No corresponde
		c) Permisos Ambientales			No corresponde
		d) Manifiesto Ambiental			No corresponde
		e) Licencia Ambiental			No corresponde
		f) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas			No corresponde
		g) Informes de monitoreo Anual o en base al periodo que corresponda según sus compromisos			No corresponde
		h) Actualización de Licencias			No corresponde
		i) Adendas			No corresponde

Fecha	Cite	Descripción	Fecha	Cite	Observaciones
		5. Proceso administrativo, amonestaciones, infracciones.			No corresponde
		6. Denuncias civiles e institucionales	19/09/2019	MMAYA/VMABCCG DF/DGMACC/UPCA M/MA1617 N° 0934/2019	Entregado
		7. Correspondencia que sostenga la tramitación del Licenciamiento Ambiental para la actividad RSNJ a partir del inicio de estudios del área.			Entregado
		8. Otros estudios y documentos no mencionados a criterio de la Dirección.			Entregado
		9. Estudios de Ingeniería Básica de los Predios del RSNJ que sirvieron para la elaboración del Proyecto			
		a) Estudios de Topografía			No entregado
		b) Estudio de Geología y Geotecnia			No entregado
		c) Estudios hidrológicos (incorporando registros de precipitación y vientos)			No entregado
		d) Estudios Socioeconómicos			No entregado
		10. Documentación legal respecto de la Supervisión del Servicio			No entregado
		11. Proyecto Original del Relleno Sanitario (A diseño Final)			
		a) Especificaciones Técnicas durante la vida útil del Proyecto Original			No entregado
		b) Capacidad Proyectada de cada Macroceldas			No entregado
		c) Cronología Proyectada de Adecuación de Macroceldas			No entregado
		d) Capacidad (vida útil proyectada) de cada Macrocelda			No entregado
		e) Sistema de Manejo y Control de Lixiviados			No entregado
		f) Sistema de Manejo y Control de Biogás			No entregado
		g) Sistema de Impermeabilización y protocolo de Instalación del mismo, en el nivel de deslante de Macroceldas			No entregado
		h) Sistema de Manejo y Control de aguas de lluvia dentro del predio del RSNJ			No entregado
		i) Manuales de Operaciones del Proyecto Original			No entregado
		j) Penalidades Incorporadas en Reglamentación de Operación Original			No entregado
		12. Modificaciones al Proyecto Original (si lo hubiere)			

Fecha	Cite	Descripción	Fecha	Cite	Observaciones
		a) Adecuaciones y Modificaciones Técnicas			No entregado
		b) Adecuaciones y/o Modificaciones Administrativas y de Operación			No entregado
		c) Adecuación y/o Modificaciones Legales			No entregado
		13. Aspectos de Operación del Servicio			
		a) Manual o Sistema de Calificación y Seguimiento de la Operación de la Disposición Final de Residuos Sólidos			No entregado
		b) Red de Monitoreo Ambiental			No entregado
		c) Reportes de Monitoreo Ambiental			No entregado
		d) Registro de ingresos de Residuos Sólidos desde el inicio de la operación (registros mensuales y formato de registros diarios)			No entregado
		e) Reportes de aforo mensual de lixiviados			No entregado
		f) Reporte mensual de tratamiento de lixiviados			No entregado
		g) Reporte de Monitoreo Mensual de Lixiviados			No entregado
		h) Aforo mensual de volúmenes de Biogás			No entregado
		i) Reporte del monitoreo mensual de Biogás			No entregado
		j) Manual de Tratamiento de Residuos Infecciosos en Disposición Final			No entregado
		k) Manual de Bioseguridad del Operador			No entregado
		14. Aspectos relacionados con el Evento			
		a) Informes y/o notas cursadas a la GAMLP relacionadas a prevención (antes del evento)			No entregado
		b) Plan de Contingencia del Operador después del evento			No entregado
		c) Acciones tomadas por su empresa luego del Evento			No entregado

Fuente: Elaboración propia a partir de la correspondencia enviada y recibida en la Auditoria Ambiental.

Nota: Los antecedentes de las solicitudes enviadas se detallan en el Anexo 1 (Correspondencia AA)

1.1.2 Gobierno Autónomo Departamental de La Paz GADLP

Tabla 1-2 Correspondencia de solicitud al GADLP

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
13/09/2019	AA/005/2019	1. Documentos Ambientales de proyecto	9/10/2019	GADLP/SDDMT/NEX-922-A/2019	
		a) Línea Base Ambiental y/o diagnóstico ambiental			No entregado
		b) Manifiesto Ambiental			No entregado
		c) Licencia Ambiental			No entregado
		d) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas			No entregado
		e) Informes de monitoreos mensuales, trimestrales y Anuales o en base al período que corresponda según sus compromisos.			Entregado
		f) Actualización de Licencias			No entregado
		g) Notas cursadas de Seguimiento al PPM-PASA desde la aprobación de Licencia Ambiental hasta la fecha			No entregado
		h) Informes y/o Notas, memorándum, cartas, llamadas de atención, etc., relativos al deslizamiento del Relleno Sanitario; entre GAMLP y GADLP			Entregado[1]
		2. Estudio previo del área respecto al estado biofísico, social inicial y actual			No entregado
		3. Estudio de uso de Suelos, planos de delimitación de áreas.			No entregado
		4. Proceso administrativo, amonestaciones, infracciones.			No entregado
		5. Denuncias civiles e institucionales			No entregado
		6. Correspondencia que sostenga la tramitación del Licenciamiento Ambiental para la actividad RSNJ a partir del inicio de estudios del área.			No entregado
		7. Otros estudios y documentos no mencionados a criterio de la Dirección.			No entregado
		8. Estudios de Ingeniería Básica de los predios del RSNJ que sirvieron para la elaboración del Proyecto			
		a) Estudios de Topografía			No entregado

[1] NOTA: La consultora Auditora, se encargó de sacar copias de la poca información predispuesta por la Secretaria Departamental de la Madre Tierra.

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		b) Estudio de Geología y Geotecnia			No entregado
		c) Estudios hidrológicos (incorporando registros de precipitación y vientos)			No entregado
		d) Estudios Socioeconómicos			No entregado
		9. Documentación legal respecto de la Supervisión del Servicio.			
		10. Proyecto Original del Relleno Sanitario (A diseño Final)			
		a) Especificaciones Técnicas durante la vida útil del Proyecto Original			No entregado
		b) Capacidad Proyectada de cada Macroceldas			No entregado
		c) Cronología Proyectada de Adecuación de Macroceldas			No entregado
		d) Capacidad (vida útil proyectada) de cada Macrocelda			No entregado
		e) Sistema de Manejo y Control de Lixiviados			No entregado
		f) Sistema de Manejo y Control de Biogás			No entregado
		g) Sistema de Impermeabilización y protocolo de Instalación del mismo, en el nivel de deslante de Macroceldas			No entregado
		h) Sistema de Manejo y Control de aguas de lluvia dentro del predio del RSNJ			No entregado
		i) Manuales de Operaciones del Proyecto Original			No entregado
		j) Penalidades Incorporadas en Reglamentación de Operación Original			No entregado
		11. Modificaciones al Proyecto Original (si lo hubiere)			
		a) Adecuaciones y Modificaciones Técnicas			No entregado
		b) Adecuaciones y/o Modificaciones Administrativas y de Operación			No entregado
		12. Aspectos relacionados con el Evento			
		a) Informes y/o notas cursadas a la GAMLP relacionadas a prevención (antes del evento)			No entregado
		b) Plan de Contingencia del Operador después del evento			No entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
19/09/2019	AA/10/2019	Solicitud de Información referente a Auditoría Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín - Municipio de La Paz			No se recibió respuesta
19/09/2019	AA/013/2019	Se reitera información - consultoría por producto: "Auditoría Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín" - Municipio de La Paz	03/10/2019	ADLP/SDDMT/NEX-941-A/2019 En atención y respuesta a su reiterada de Información CITE:AA/013/2019	Nota respondida
24/09/2019	AA/019/2019	Por tercera vez reitera solicitud de información dentro de la "Auditoría Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín" - Municipio de La Paz	03/10/2019	GADLP/SDDMT/NEX -942-A/2019	Nota respondida
24/09/2019	AA/019/2019	1. Documentos Ambientales de proyecto	03/10/2019	GADLP/SDDMT /NEX-942-A/2019	Nota respondida
		a) Línea Base Ambiental y/o diagnóstico ambiental			
		b) Manifiesto Ambiental			
		c) Licencia Ambiental			
		d) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas			
		e) Informes de monitoreos mensuales, trimestrales y Anuales o en base al período que corresponda según sus compromisos.			
		f) Actualización de Licencias			
		g) Notas cursadas de Seguimiento al PPM-PASA desde la aprobación de Licencia Ambiental hasta la fecha			
		h) Informes y/o Notas, memorándum, cartas, llamadas de atención, etc, relativos al deslizamiento del Relleno Sanitario; entre GAMLP y GADLP			
		2. Estudio previo del área respecto al estado biofísico, social inicial y actual			
		3. Estudio de uso de Suelos, planos de delimitación de áreas.			

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		4. Proceso administrativo, amonestaciones, infracciones.			
		5. Denuncias civiles e institucionales			
		6. Correspondencia que sostenga la tramitación del Licenciamiento Ambiental para la actividad RSNJ a partir del inicio de estudios del área.			
30/09/2019	AA/020/2019	Conminatoria de entrega de información dentro de la "Auditoría Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín" del Municipio de La Paz	02/10/2019	GADLP/SDDMT/NEX-976-A/2019	Nota respondida
30/09/2019	AA/021/2019	1. Información sobre existencia de un perfil epidemiológico en el área de influencia del Relleno Sanitario Nuevo Jardín			No entregado
		2. Información sobre detalle de establecimientos de salud a cargo del SEDES			No entregado
		3. Acciones del SEDES emergentes del deslizamiento del 15 de enero de 2019, producida en el Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma			No entregado
02/10/2019	AA/022/2019	1. Información sobre existencia de un perfil epidemiológico en el área de influencia del Relleno Sanitario Nuevo Jardín			No entregado
		2. Información sobre detalle de establecimientos de salud a cargo del SEDES LA PAZ			No entregado
		3. Acciones asumidas por el SEDES en el Relleno Sanitario Nuevo Jardín emergentes del deslizamiento del 15 de enero 2019			No entregado
03/10/2019	AA-125/2019	Se hace conocer al Gobernador que se recibió una nota extraña nota GADLP/SDDMT/NEX-976/2019 de 2/10/2019 de la Secretaría Deptal. de los Derechos de la Madre Tierra con la referencia "Por cuarta vez reitera respuesta y conmina a la recepción y recojo de la solicitud de información y respuesta a la nota AA/020/2019", por lo cabe señalar que los Ingenieros Consultores han estado peregrinando a diario por la información.			No se recibió respuesta
04/10/2019	AA-/027/2019	Información – Auditoria Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio de La Paz			No se recibió respuesta

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
09/10/2019	AA-037/2019	Solicitud complementación de Información Proceso Técnico Administrativo y Legal para la obtención de las Licencias Eventuales para la operación del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma a cargo del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GMALP), desde el 29 de septiembre de 2004 hasta 28 de octubre de 2009			No entregado
17/10/2019	AA-043/2019	Se reitera Solicitud – Información complementaria Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma			No se recibió respuesta
			03/10/2019	GADLP/SDDMT/NEX-942/2019	Nota recibida

Fuente: Elaboración propia a partir de la correspondencia enviada y recibida en la Auditoria Ambiental.

Nota: Los antecedentes de las solicitudes enviadas se detallan en el Anexo 1 (Correspondencia AA)

1.1.3 Gobierno Autónomo Municipal de La Paz GAMLP

Tabla 1-3 Correspondencia de Solicitud al GAMLP

Información Solicitada				Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**		**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
13/09/2019	AA/004/2019	1. Documentos Ambientales de proyecto				
			a) Línea Base Ambiental y/o diagnóstico ambiental	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
			b) Permisos Ambientales	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
				20/09/2019	Acta de entrega	Entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		c)Manifiesto Ambiental	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
			20/09/2019	Acta de entrega documentación	Entregado
		d)Licencia Ambiental	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
			20/09/2019	Acta de entrega documentación	Entregado
		e) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		f) Informes de monitoreos mensuales, trimestrales y Anuales o en base al período que corresponda según sus compromisos.			Entregado
		g) Actualización de Licencias			Mencionan que no corresponde
		h) Observaciones medioambientales a los monitoreos			Entregado
		i)Adendas			No corresponde
		2. Estudio previo del área respecto al estado biofísico, social inicial y actual			Entregado
		3. Estudio de uso de Suelos, planos de delimitación de áreas.	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		4. Áreas Protegidas municipales, georreferenciadas			
		a) Documentación de respaldo del procedimiento administrativo para la obtención de la Licencia ambiental	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	No es aplicable (Ver Anexo 1)
		b) Línea Base ambiental y/o diagnóstico ambiental			
		c)Permisos Ambientales			
		d)Manifiesto Ambiental			
		e) Licencia Ambiental			
		f) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas			

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		g) Informes de monitoreo Anual o en base al periodo que corresponda según sus compromisos			
		h) Actualización de Licencias			
		i)Adendas			
		5. Proceso administrativo, amonestaciones, infracciones.			Entregado
		6. Denuncias civiles e institucionales			Entregado
		7. Correspondencia que sostenga la tramitación del Licenciamiento Ambiental para la actividad RSNJ a partir del inicio de estudios del área.			Entregado
		8. Otros estudios y documentos no mencionados a criterio de la Dirección.	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	No corresponde
		9. Documentos de Adjudicación a su Empresa			
		a) Documentación Legal, tanto del H. Concejo Municipal como del Ejecutivo Municipal respecto del Relleno Sanitario Nuevo Jardín	20/09/2019	Acta de entrega documentación	Entregado
		b) Términos de Referencia			Entregado
		c) Propuesta de la empresa operadora que al final se adjudicó	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		d) Contrato con empresa operadora	20/09/2019	Acta de entrega documentación	Entregado
			27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	
		10. Estudios de Ingeniería Básica de los Predios del RSNJ que sirvieron para la elaboración del Proyecto			
		a) Estudios de Topografía	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		b) Estudio de Geología y Geotecnia	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		c)Estudios hidrológicos (incorporando registros de precipitación y vientos)			Entregado
		d)Estudios Socioeconómicos			Entregado
		11. Documentación legal respecto de la Supervisión del Servicio	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		12. Proyecto Original del Relleno Sanitario (A diseño Final)			
		a) Especificaciones Técnicas durante la vida útil del Proyecto Original	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		b) Capacidad Proyectada de cada Macroceldas			Entregado
		c)Cronología Proyectada de Adecuación de Macroceldas			Entregado
		d)Capacidad (vida útil proyectada) de cada Macrocelda			Entregado
		e) Sistema de Manejo y Control de Lixiviados			Entregado
		f) Sistema de Manejo y Control de Biogás			Entregado
		g) Sistema de Impermeabilización y protocolo de Instalación del mismo, en el nivel de deslante de Macroceldas			Entregado
		h) Sistema de Manejo y Control de aguas de lluvia dentro del predio del RSNJ			Entregado
		i)Manuales de Operaciones del Proyecto Original			Entregado
		j) Penalidades Incorporadas en Reglamentación de Operación Original			Entregado
		13. Modificaciones al Proyecto Original (si lo hubiere)			
		a) Adecuaciones y Modificaciones Técnicas	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		b) Adecuaciones y/o Modificaciones Administrativas y de Operación			Entregado
		c)Adecuación y/o Modificaciones Legales			Entregado
		14. Aspectos de Operación del Servicio			
		a) Manual o Sistema de Calificación y Seguimiento de la Operación de la Disposición Final de Residuos Sólidos	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		b) Red de Monitoreo Ambiental			No corresponde (Ver Anexo 1)
		c)Reportes de Monitoreo Ambiental			Entregado
		d)Registro de ingresos de Residuos Sólidos desde el inicio de la operación (registros mensuales y formato de registros diarios)	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado
		e) Reportes de aforo mensual de lixiviados			Entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		f) Reporte mensual de tratamiento de lixiviados			Entregado
		g) Reporte de Monitoreo Mensual de Lixiviados			Entregado
		h) Aforo mensual de volúmenes de Biogás			Entregado
		i)Reporte del monitoreo mensual de Biogás			Entregado
		j) Manual de Tratamiento de Residuos Infecciosos en Disposición Final	27/09/2019	DESP. GAMLP	Entregada información genérica
		k) Manual de Bioseguridad del Operador			Entregado
		15. Aspectos relacionados con el Evento			
		a) Informes y/o notas cursadas a la GAMLP relacionadas a prevención (antes del evento)	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/20199	Entregado
		b) Plan de Contingencia del Operador después del evento			Entregado
		c)Acciones tomadas por su empresa luego del Evento			Entregado
19/09/2019	AA/014/2019	Se reitera Información - Consultoría por producto: "Auditoria Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín - Municipio de La Paz"	27/09/2019	DESP.GAMLP N° 1460 /2019	Se recibió respuesta
20/09/2019	AA/015/2019	Consultoría por producto: "Auditoria Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín - Municipio de La Paz" - Comunicar Cronograma - Solicitar Interlocutor y Visitas irrestrictas al Relleno Sanitario	27/09/2019	DESP.GAMLP N° 1460 /2019	Se recibió respuesta
08/10/2019	LA-030/2019	Otorgarnos la siguiente información:			
		1. Manifiesto Ambiental (completo), anexando planos de diseño del Relleno Sanitario	21/11/2019	SMGA-DESP N° 660/2019	Entregado
		2. Estudios de posibles lugares de relleno, realizado por el Ing. José Velarde, anexando mapas			Entregado
		3. Estudios geológicos realizado por la consultora CAEM, anexando mapas geológicos			No entregado
		4. Estudios de riesgos del Relleno Sanitario realizado por la consultora CAEM anexando mapas			No entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		5. Plan de contingencias aplicado durante el deslizamiento del Relleno	21/11/2019	SMGA-DESP N° 660/2019	Entregado
		6. Resultado de los análisis químicos (agua superficiales y subterráneas y suelos) con sus respectivos puntos georreferenciados			Entregado
		7. Topografía actual del relleno			Entregado
		8. Libros de órdenes de la construcción de la operación del relleno, y la empresa encargada de la construcción del Relleno	28/11/2019	SMGA-DESP Nº 661/2019	Entregado
19/10/2019	LA-043/2019	Falta de la siguiente documentación:			
19/10/2019	LA-043/2019	IMA 2012 - I Aire - Falta tablas de monitoreos y resultados	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado (Información incompleta)
19/10/2019	LA-043/2019		06/11/2019	SMAGA-DESP Nº 628 / 2019	Mencionan que no cuenta con tablas. (Ver Anexo 1)
		IMA 2012 - II Aguas Subterráneas - Informe de Monitoreo de aguas incompleto Aguas superficiales Suelo Olores	06/11/2019	SMAGA-DESP Nª 628/2019	Entregado
		IMA 2014 - II Ruido - Tablas de monitoreo y resultados Aguas Superficiales y subterraneas con respaldos Aire			Entregado
19/10/2019	LA-043/2019	IMA 2016 - II Ruido	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado (Información incompleta)
		IMA 2018 - II Resta que entreguen ese semestre	06/11/2019	SMAGA-DESP Nª 628/2019	Entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
23/10/2019	LA-044/2019	Solicitud de entrega de información complementaria			
		1. Planos as built del Relleno Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma			No entregado
		2. Estudios Geofísicos recientes realizados en el Relleno Sanitario			No entregado
		3. Resultados de las perforaciones efectuadas por la empresa Fujita			No entregado
		4. Estudios de Riesgos realizados por la Secretaria Municipal de Gestión Integral de Riesgo sobre el Relleno			No entregado
07/11/2019	AA-070/2019	Documentación Complementaria			No entregado
20/11/2019	AA/091/2019	El GAMLP ha proporcionado parte de la infomacion solicitada, en copias digitales y en copia física. Sin embargo, existe mucha información que aun no ha sido remitida, motivo por el que nos permitimos enviar la presente nota.			No se recibió respuesta a la nota
19/11/2019	AA/092/2018	Reiteramos solicitud de información - Consultoría por producto: "Auditoria Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín - Municipio de La Paz"			No se recibió respuesta a la nota
06/12/2019	AA/103/2019	Auditoría Ambiental - Antecedentes de Requerimiento de Información			No se recibió respuesta a la nota
07/12/2019	AA/113/2019	1. Información sobre la cantidad de residuos enterrados en cada Macrocelda desde el año 2010 hasta enero del 2019, generación de lixiviados, evaporación, precipitación.	27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado (2016 – 2019)
		2. Mediciones in situ: aforo volumétrico en cámaras desde el año 2010 hasta la fecha.			Entregado (2014-2015)
09/01/2019	LA-102/2019	1. Cantidad y descripción del equipo y maquinaria empleada en el RSNJ	14/01/2020	SMGA-DESP N° 0025/2020	Entregado
		2. Resolución Administrativa del Consejo Municipal, referente al amparo de la situación de Emergencia para la tramitación del EEIA que prosiguió en el MA.			Solicitan aclarar
		3. Reglamento Interno de Seguridad e Higiene Ocupacional			Entregado
		4. Descripción del Sistema de Mantenimiento de Equipo y maquinaria			No cuentan con la información

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		5. Cantidad de combustible, aceites y lubricantes para el Equipo y Maquinaria	14/01/2019	DESP Nº 0025/2020	No cuentan con la información
			27/09/2019	DESP. GAMLP N°1460/2019	Entregado (Anexo 1)
		6. Registro de venta o disposición final de hidrocarburos usados.	14/01/2020	SMGA-DESP N° 0025/2020	Entregado
09/01/2019	LA-102/2019	7. Información de la Planta de Clasificación de Residuos Sólidos			Entregado
		8. Información de Aforo de Lixiviado			Entregado (Anexo 1)
		9. Plan de Cierre Actualizado y Aprobado	14/01/2019	DESP Nº 0025/2020	Entregado
		10. Información de la estación meteorológica			Entregado
		11. Contrato empresa operadora			Entregado

Fuente: Elaboración propia a partir de la correspondencia enviada y recibida en la Auditoria Ambiental.

Nota: Los antecedentes de las solicitudes enviadas se detallan en el Anexo 1 (Correspondencia AA)

1.1.4 Empresa Operadora TERSA S.A.

Tabla 1-4 Correspondencia de Solicitud a TERSA S.A.

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
23/09/2019	AA/18/2019	1. Documentos Ambientales de proyecto			
		a) Línea Base Ambiental y/o diagnóstico ambiental			No entregado
		b) Permisos Ambientales			No entregado
		c) Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas			No entregado
		d) Informes de monitoreos mensuales, trimestrales y Anuales o en base al período que corresponda según sus compromisos.			No entregado
		e) Actualización de Licencias			No entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		f) Observaciones medioambientales a los monitoreos			No entregado
		g) Adendas			No entregado
		2. Estudio previo del área respecto al estado biofísico, social inicial y actual			No entregado
		3. Estudio de uso de Suelos, planos de delimitación de áreas.			No entregado
		4. Proceso administrativo, amonestaciones, infracciones.			No entregado
		5. Denuncias civiles e institucionales			No entregado
		6. Correspondencia que sostenga la tramitación del Licenciamiento Ambiental para la actividad RSNJ a partir del inicio de estudios del área.			No entregado
		7. Otros estudios y documentos no mencionados a criterio de la Dirección.			No entregado
		8. Documentos de Adjudicación a su Empresa			No entregado
		a) Consejo Municipal como del Ejecutivo Municipal respecto del Relleno Sanitario Nuevo Jardín			No entregado
		b) Términos de Referencia			No entregado
		c) Propuesta de la empresa operadora que al final se adjudicó			No entregado
		d) Contrato con su empresa			No entregado
		9. Estudios de Ingeniería Básica de los Predios del RSNJ que sirvieron para la elaboración del Proyecto			
		a) Estudios de Topografía			No entregado
		b) Estudio de Geología y Geotecnia			No entregado
		c) Estudios hidrológicos (incorporando registros de precipitación y vientos)			No entregado
		d) Estudios Socioeconómicos			No entregado
		10. Documentación legal respecto de la Supervisión del Servicio			No entregado
		11. Proyecto Original del Relleno Sanitario (A diseño Final)			

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		a) Especificaciones Técnicas durante la vida útil del Proyecto Original	28/11/2019	TERSA/GG/ 583/2019	Entregado
		b) Capacidad Proyectada de cada Macroceldas			No entregado
		c) Cronología Proyectada de Adecuación de Macroceldas			No entregado
		d) Capacidad (vida útil proyectada) de cada Macrocelda			No entregado
		e) Sistema de Manejo y Control de Lixiviados			No entregado
		f) Sistema de Manejo y Control de Biogás			No entregado
		g) Sistema de Impermeabilización y protocolo de Instalación del mismo, en el nivel de deslante de Macroceldas			No entregado
		h) Sistema de Manejo y Control de aguas de lluvia dentro del predio del RSNJ			No entregado
		i) Manuales de Operaciones del Proyecto Original			No entregado
		j) Penalidades Incorporadas en Reglamentación de Operación Original			
		12. Modificaciones al Proyecto Original (si lo hubiere)			
		a) Adecuaciones y Modificaciones Técnicas			No entregado
		b) Adecuaciones y/o Modificaciones Administrativas y de Operación			No entregado
		c) Adecuación y/o Modificaciones Legales			No entregado
		13. Aspectos de Operación del Servicio			
		a) Manual o Sistema de Calificación y Seguimiento de la Operación de la Disposición Final de Residuos Sólidos			No entregado
		b) Red de Monitoreo Ambiental			No entregado
		c) Reportes de Monitoreo Ambiental			No entregado
		d) Registro de ingresos de Residuos Sólidos desde el inicio de la operación (registros mensuales y formato de registros diarios)			No entregado
		e) Reportes de aforo mensual de lixiviados			No entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
		f) Reporte mensual de tratamiento de lixiviados			No entregado
		g) Reporte de Monitoreo Mensual de Lixiviados			No entregado
		h) Aforo mensual de volúmenes de Biogás			No entregado
		i) Reporte del monitoreo mensual de Biogás			No entregado
		j) Manual de Tratamiento de Residuos Infecciosos en Disposición Final			No entregado
		k) Manual de Bioseguridad del Operador			No entregado
		15. Aspectos relacionados con el Evento			
		a) Informes y/o notas cursadas a la GAMLP relacionadas a prevención (antes del evento)	28/11/2019	TERSA/GG /583/2019	Entregado
		b) Plan de Contingencia del Operador después del evento	28/11/2019	TERSA/GG/ 583/2019	Entregado
		c) Acciones tomadas por su empresa luego del Evento	05/12/2019	TERSA/GG/ 588/2019	Entregado
			20/12/2019	TERSA/GG/ 593/2019	Entregado
30/09/2019	AA/007/2019	Reitera solicitud de información			No se recibió respuesta
18/10/2019	AA/041/2019	Se reitera solicitud de documentación - Relleno Sanitario Nuevo Jardín - Municipio de La Paz			No se recibió respuesta

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
07/11/2019	AA/70/2019	i. El punto 3 del listado mencionado, referido a los estudios de Uso de Suelo y delimitación			No entregado
		ii. Los incisos a), b) y c) del punto 9.			No entregado
		iii. Los incisos a) hasta h) inclusive del punto 11.			No entregado
		iv. El inciso a) del punto 12			No entregado
		v. Los incisos b), e), f) y j) del punto 13.			No entregado
		vi. Respecto del punto 12, ante la solicitud de aclaración que se nos hiciera respecto a la necesidad aclaramos que, en el entendido de que se hubieran producido modificaciones en los diseños del proyecto original, la solicitud del inciso a) se refiere a dichas modificaciones, proyectos, diseños que hubieran sido elaborados para las obras construidas dentro del tiempo de concesión desde el principio hasta el día del deslizamiento.			No entregado
		vii. Aunque en la anterior Cite (AA/18/2019) no se incluyera la solicitud del plan de contingencias, solicitamos se nos proporcione la información acerca de dicho Plan de Contingencias y los reportes e informes de las acciones que ejecutó su estimada empresa después del evento.			No entregado
19/11/2019	AA/090/2019	Reiteramos por quinta vez, solicitud de información - Consultoría por producto: "Auditoria Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín - Municipio de La Paz"			No se recibió respuesta
26/11/2019	A AA/100/2019	Reiteramos por sexta vez, solicitud de Información - Consultoría por producto: "Auditoría Ambiental por peligro inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín - municipio de La Paz"	28/11/2019	TERSA/GG/ 583/2019	Entregado
			05/12/2019	TERSA/GG/ 588/2019	Entregado

Información Solicitada			Respuesta		
Fecha	**Cite**	**Descripción**	**Fecha**	**Cite**	**Observaciones**
			20/12/2019	TERSA/GG/593/2019	Entregado

Fuente: Elaboración propia a partir de la correspondencia enviada y recibida en la Auditoria Ambiental.

Nota: Los antecedentes de las solicitudes enviadas se detallan en el Anexo 1 (Correspondencia AA)

1.2 Clasificación de Información Recabada

La recopilación y generación de información Ambiental fue recabada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Gobierno Autónomo Departamental de La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz y TERSA S.A. (Ver Anexo 2, Recopilación de Información).

Tabla 1-5 Recopilación Información Ambiental

FECHA	CONTENIDO/TITULO	ESPECIFICACIONES	Calidad de información
Septiembre 2004	Plan de Emergencia para la Prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental Proyecto: Relleno Sanitario "Nuevo Jardín"	• Estudios Y Análisis Previos • Identificación y evaluación de impactos ambientales • Plan de aplicación y seguimiento ambiental (PASA) Anexo 1: Memoria descriptiva del Diseño de la celda de Emergencia Anexo 2: Planillas de análisis de suelos Anexo 3: Perfiles litográficos Anexo 4: Documentos legales Anexo 5: Mapa Geológico Anexo 6: Plano de la jurisdicción del Municipio La Paz Anexo 7: Plano de la ciudad de La Paz Anexo 8: Plano del sector Bajo Anexo 9: Plano de ubicación del "RELLENO SANITARIO NUEVO JARDÍN"	Documento legible
Septiembre 2010	Manifiesto Ambiental Relleno Sanitario Nuevo Jardín	• Descripción físico natural del área circundante a la A.O.P. • Descripción de las operaciones de la A.O.P. • Seguridad e higiene Industrial • Plan de Contingencias • Plan de Adecuación Ambiental • Programa de Monitoreo • Plan de Higiene Seguridad ocupacional y Bienestar • Manual de Operaciones Relleno Sanitario Nuevo Jardín • Manual de operaciones Celda Patógenos	Documento legible

FECHA	CONTENIDO/TITULO	ESPECIFICACIONES	Calidad de información
Agosto 2010	Registro y Licencia para actividades con Sustancias Peligrosas (RLASP)	• Descripción Técnica - Descripción de las operaciones • Procedimientos de contingencias / manipulación de Sustancias Peligrosa • (Plan de contingencias - Análisis de riesgo Ambiental) • Hojas de datos de Seguridad de materiales (MSDS) • Manuales de Salud y Seguridad Ocupacional	Documento legible
Julio - septiembre 2010	IMA-II/2010 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Segundo periodo de la gestión 2010	• Disposición final de residuos sólidos • Monitoreo de Lixiviados • Aguas superficiales y subterráneas • Emisiones de Biogás • Generación de material particulado - Partículas viables • Monitoreo de suelos • Monitoreo de olores • Monitoreo de ruido ambiental	Documento legible
Agosto 2011	IMA-I/2011 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Primer periodo de la gestión 2011	• Disposición final de residuos sólidos • Monitoreo de Lixiviados • Aguas superficiales y subterráneas • Emisiones de Biogás • Generación de material particulado - Partículas viables • Monitoreo de suelos • Monitoreo de olores • Monitoreo de ruido ambiental	Documento legible
Enero 2012	IMA-II/2011 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Segundo periodo de la gestión 2011	• Disposición final de residuos sólidos • Monitoreo de Lixiviados • Aguas superficiales y subterráneas • Emisiones de Biogás • Generación de material particulado - Partículas viables • Monitoreo de suelos • Monitoreo de olores • Monitoreo de ruido ambiental	Documento legible
Agosto 2012	IMA-I/2012 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Primer periodo de la gestión 2012		Documento legible, pero incompleto en Aire - Falta tablas de monitoreos y resultados
Enero 2013	IMA-II/2012 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa		Informe de Monitoreo incompleto, no presentaba Aguas Subterráneas Aguas

FECHA	CONTENIDO/TITULO	ESPECIFICACIONES	Calidad de información
	Segundo periodo de la gestión 2012		superficiales, Suelo, Olores
Agosto 2013	IMA-I/2013 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Primer periodo de la gestión 2013	• Informe sobre implementación del Plan de • Adecuación Ambiental - PASA • Monitoreo de emisiones de biogás, partículas aerotransportables • Monitoreo de lixiviados, agua subterránea y cuerpos de agua Monitoreo de suelos • Monitoreo de olores • Monitoreo de emisiones de ruido al ambiente • Monitoreo de emisiones fugitivas de biogás	Documento legible
Marzo 2014	IMA-II/2013 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín Segundo periodo de la gestión 2013		Documento legible
2014	IMA-I/2014 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Primer periodo de la gestión 2014		Documento legible
2014	IMA-II/2014 Informe de Monitoreo Ambiental de los Rellenos Sanitarios Nuevo Jardín y Mallasa Segundo periodo de la gestión 2014		Documento legible
2015	IMA-I/2015 Informe de Monitoreo Ambiental del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Primer periodo de la gestión 2015	• Monitoreo de emisiones de biogás, partículas aerotransportables - RSNJ • Monitoreo de lixiviados, aguas subterráneas y cuerpo de agua - RSNJ • Monitoreo de suelos - RSNJ • Monitoreo de emisiones de olores - RSNJ • Monitoreo de emisiones de ruido al ambiente - RSNJ • Monitoreo de emisiones fugitivas de biogás - RSNJ	Documento legible
2015	IMA-II/2015 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe Semestral de Monitoreo Ambiental correspondiente al Segundo Periodo de la gestión 2015		Documento legible
2016	IMA-I/2016 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe Semestral de Monitoreo Ambiental		

FECHA	CONTENIDO/TITULO	ESPECIFICACIONES	Calidad de información
	correspondiente al Primer Periodo de la gestión 2016		
2016	IMA-II / 2016 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe Semestral de Monitoreo Ambiental correspondiente al Segundo Periodo de la gestión 2016	• Monitoreo de emisiones de biogás, partículas aerotransportables - RSNJ • Monitoreo de lixiviados, aguas subterráneas y cuerpo de agua - RSNJ • Monitoreo de suelos - RSNJ • Monitoreo de emisiones de olores - RSNJ • Monitoreo de emisiones de ruido al ambiente - RSNJ • Monitoreo de emisiones fugitivas de biogás - RSNJ	Informe de Monitoreo incompleto Ruido
Noviembre 2018	IMA-I / 2017 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe de Monitoreo Ambiental Periodo Semestral enero 2017 - junio 2017		Documento legible
Noviembre 2018	IMA-II / 2017 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe de Monitoreo Ambiental Periodo Semestral julio 2017 - diciembre 2017	• Monitoreo de emisiones de biogás, partículas aerotransportables - RSNJ • Monitoreo de lixiviados, aguas subterráneas y cuerpo de agua - RSNJ • Monitoreo de suelos - RSNJ • Monitoreo de emisiones de olores - RSNJ • Monitoreo de emisiones de ruido al ambiente - RSNJ • Monitoreo de emisiones fugitivas de biogás - RSNJ	Documento legible
Octubre 2018	IMA-I / 2018 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe de Monitoreo Ambiental Periodo Semestral enero 2018 - junio 2018		Documento legible
Enero 2019	IMA-II / 2018 Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma Informe de Monitoreo Ambiental Periodo Semestral Julio 2018 - diciembre 2018		Documento legible
2017	(Informe Técnico) Informe de monitoreo de la presencia de SH_2 como indicador de olor en las operaciones del Relleno Sanitario nuevo Jardín de Alpacoma	Evaluación de la presencia de SH_2, como indicador de olor en Las operaciones del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma • Caracterización de olores Umbrales de concentración de olor • Marco Legal • Procedimiento de medición • Resultados encontrados	Documento legible

FECHA	CONTENIDO/TITULO	ESPECIFICACIONES	Calidad de información
Enero 2019	Estudio del Área respecto al estado biofísico y social actual extraído del Plan de Cierre Aprobado	Análisis Ambiental al interior del Relleno Sanitario Factor aire: • Olores (Resultados época seca y húmeda) • Material Particulado y viables biológicas • Biogás Factor agua: • Generación de Lixiviados Análisis Ambiental en el área circundante Factor aire: • Olores Factor agua: • Aguas superficiales	Documento legible
31 de enero del 2019	Plan de Contingencia Especifico Deslizamiento relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma	• Delimitación del Área contaminada • Actividades a desarrollar • Actividades inmediatas y corto plazo • Descripción de las actividades inmediatas • Descripción de las actividades a corto plazo • Frentes de trabajo • Programa de monitoreo ambiental • Equipo y maquinaria • Plan de control de vectores • Seguimiento y evaluación del presente plan • Restricción el ingreso de personal • Atención a denuncias • Revegetación del área afectada • Matriz de actividades	Documento legible

Fuente: Elaboración propia a partir de la correspondencia enviada y recibida en la Auditoria Ambiental.

Actividad 2. Establecimiento del Área de Influencia

2.1 Definición Área de Estudio

2.1.1 Área Directa

Se establece que el Área de Influencia Directa (A.I.D.) está referida al espacio donde acontencen o pueden oscurrir los impactos ambinetales negativos y las áreas donde alcanzan sus efectos en el medio ambiente, la salud humana y área de amortiguamiento. Adicionalmente, para este efecto se ha considerado como AID las áreas excedentes del deslizamiento; adicional y la ocupada por la Celda 15.

Esta definición consolida el planteamiento de que el RSNJ constituye una fuente puntual y potencial de contaminación ambiental. Si bien es posible delimitar físicamente o territorialmente el área de influencia de una fuente puntual de posible contaminación, como lo es el RSNJ de residuos sólidos, algunos de los impactos ambientales que se generan, podrían ir más allá de sus límites físicos, por ejemplo, los olores generados por la disposición final de los residuos sólidos ocasionados por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica.

El AID es el espacio físico en el que se desarrollan todas las operaciones de disposición final de los residuos sólidos municipales, desde el inicio de su funcionamiento en octubre de 2004 hasta el 15 de enero de 2019 cuando ocurrió el evento identificado como el deslizamiento. En este sentido, los impactos ambientales negativos que se generan en forma directa tienen sus efectos en los factores ambientales de Calidad del Aire, Suelos, Agua superficial (cursos de agua superficial Alpacoma y Achocalla) y Aguas Subterráneas.

En la Ilustración 2-5 se aprecia la delimitación geográfica del Área de Influencia Directa (AID), con una superficie aproximada de 56.98 hectáreas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2-1 Superficie de Área Directa

Descripción	Superficie	
	m^2	Has.
Relleno Sanitario Nuevo Jardín (RSNJ)	400,000.00	40.00
Área excedente de deslizamiento	2,492.56	0.25
Área Adicional	115,713.66	11.57
Área Ocupada por Celda 15	51,593.78	5.16
Total		56.98

Fuente: Elaboración propia, con base en los estudios de campo

2.1.1.1 RSNJ

En el mapa siguiente podemos apreciar la delimitación del área de influencia directa (AID) de manera inicial, la línea roja demarca perfectamente el área que tiene una superficie de 40 Has. Ilustración 2-1.

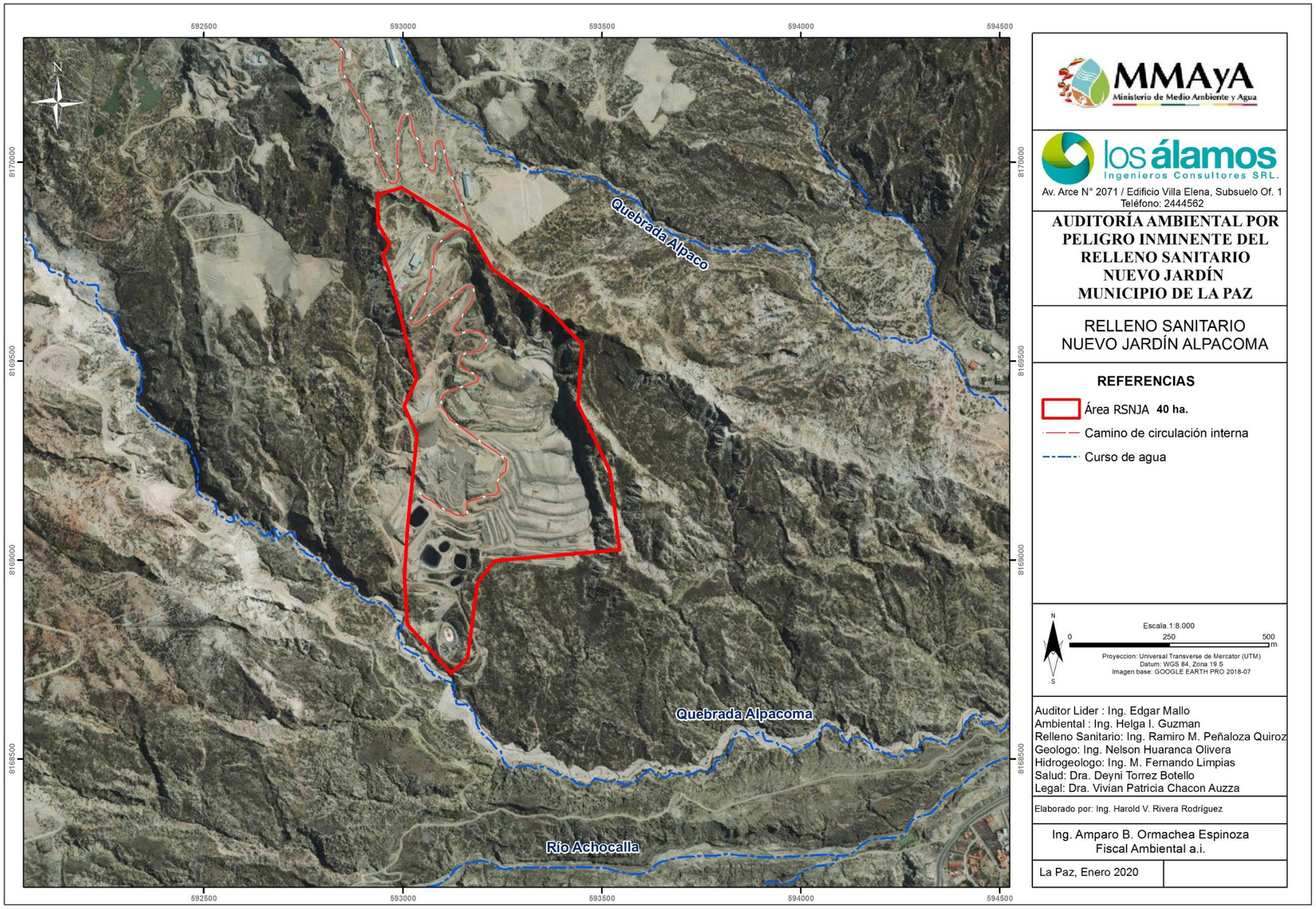


Ilustración 2-1 Área Directa – RSNJ
Fuente: Elaboración Propia

En concordancia con la información de áreas de la Tabla 2-1 explicamos que existen superficies que deben ser consideradas en el AID, como, por ejemplo, el deslizamiento, derrame y la celda 15 en la cual se depositaron parte de los residuos sólidos deslizados. Los siguientes mapas muestran de manera gráfica las áreas incorporadas y considerada dentro del AID.

2.1.1.2 Deslizamiento y Derrame

Se refiere al área que ocuparan los Residuos Sólidos luego del deslizamiento. Esta área está calculada en 9.5 Has (Ver Ilustración 2-2).

Gran parte del área de deslizamiento se encuentra dentro del área del RSNJ, sin embargo, existe un área que se encuentra fuera de dichos predios. El área asciende aproximadamente a 2,492.56 m^2 (ver Ilustración 2-3)

2.1.1.3 Material de Préstamo

Se ha verificado que la mayor cantidad de material de préstamo ha sido obtenido dentro de lo que significa el predio, por tanto, no existe un sitio adicional que hubiera sido empleado para material de préstamo, no existiendo por tanto un área adicional a las anteriores consideradas.

2.1.1.4 Celda 15

Por haber sido habilitada esta celda para descargar parte de los residuos sólidos proveniente del deslizamiento, se ha visto conveniente incorporar el área de esta celda y su s accesos y área de circulación como parte del Área Directa. El área alcanza a aproximadamente 51,593.78 m^2 (ver Ilustración 2-4).

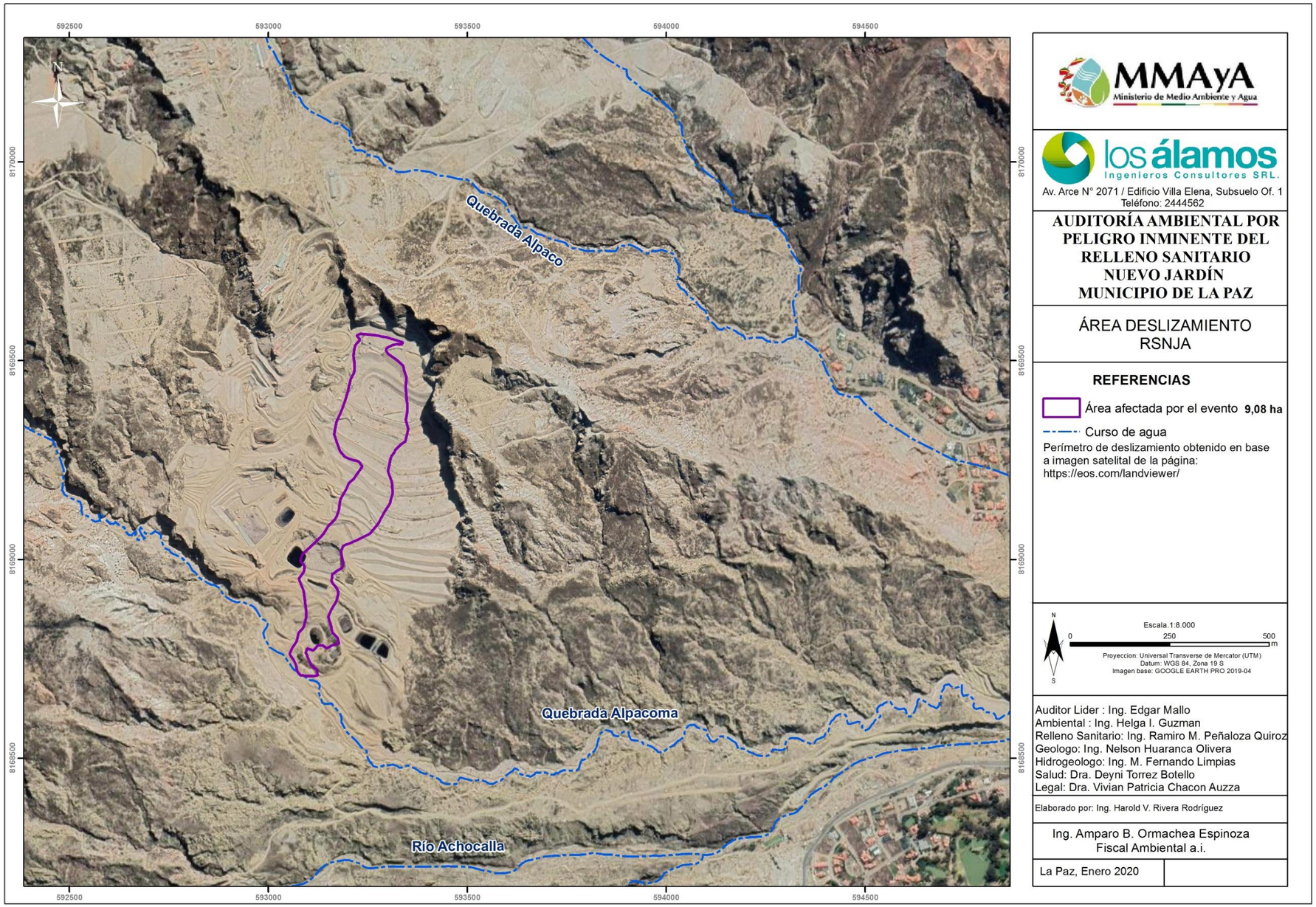


Ilustración 2-2 Área Directa – Área de Deslizamiento
Fuente: Elaboración Propia

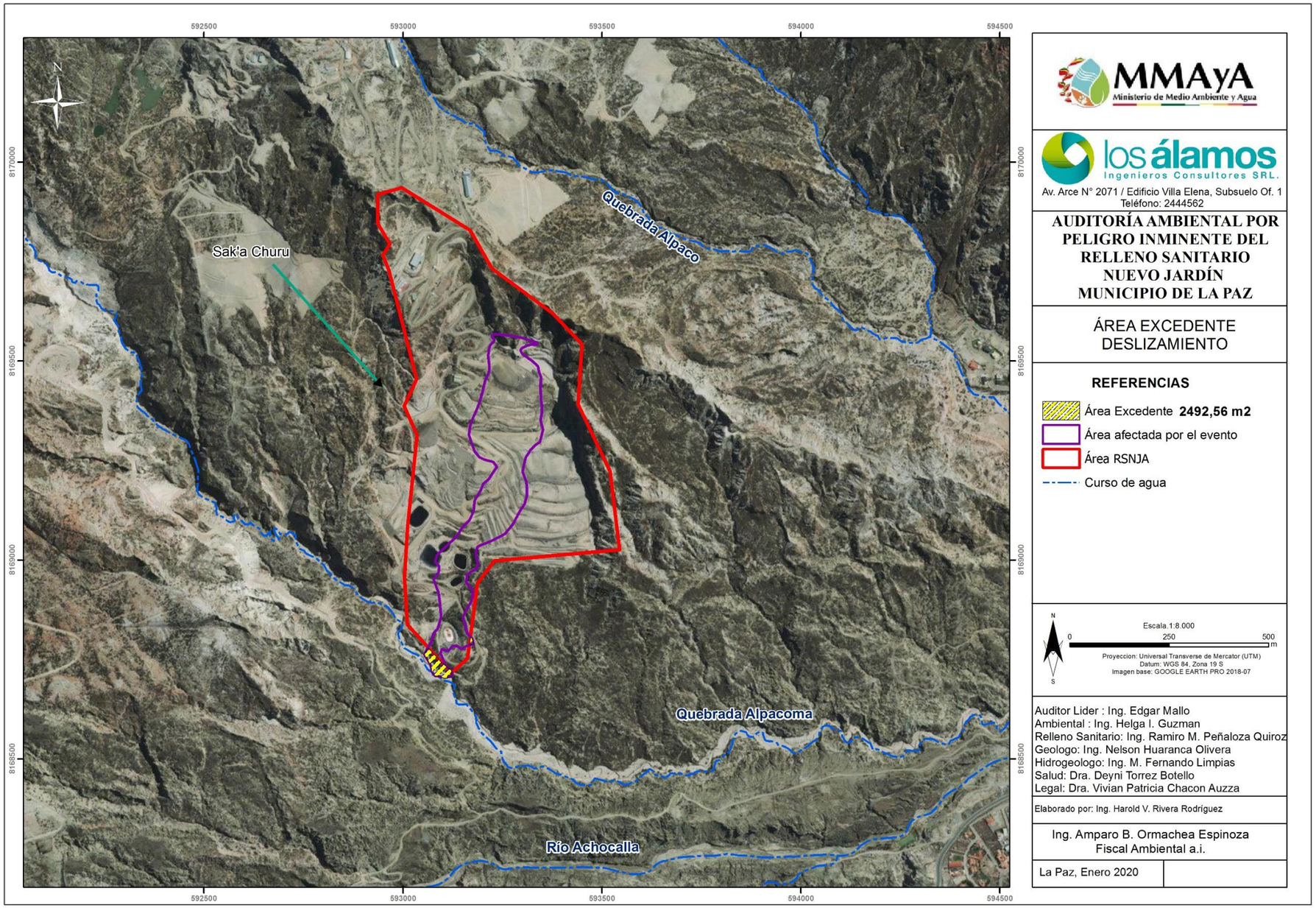
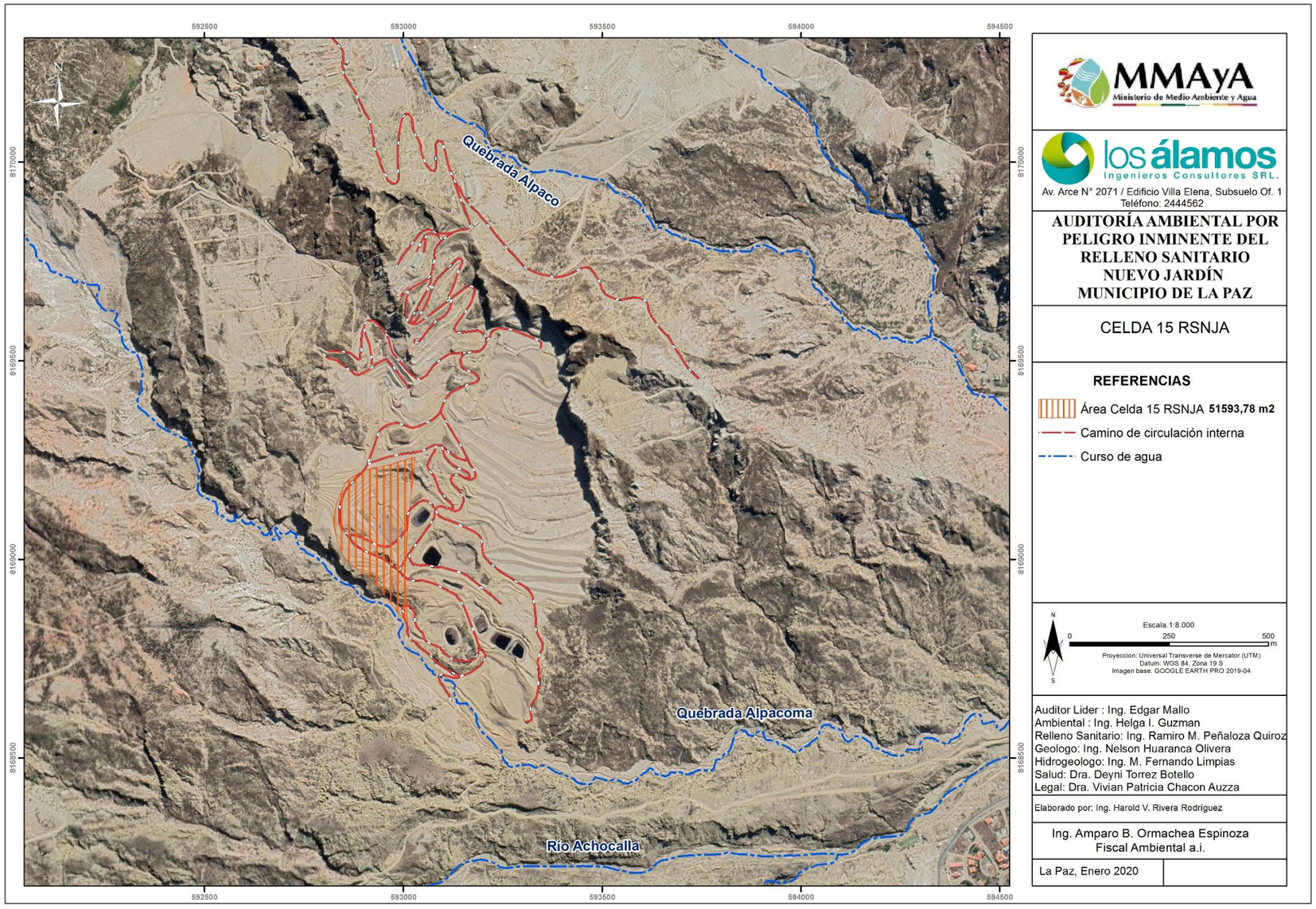


Ilustración 2-3 Área Excedente entre el RSNJ y el área de deslizamiento
Fuente: Elaboración Propio



MMAyA
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

los álamos
Ingenieros Consultores SRL.
Av. Arce N° 2071 / Edificio Villa Elena, Subsuelo Of. 1
Teléfono: 2444562

AUDITORÍA AMBIENTAL POR PELIGRO INMINENTE DEL RELLENO SANITARIO NUEVO JARDÍN MUNICIPIO DE LA PAZ

CELDA 15 RSNJA

REFERENCIAS

- Área Celda 15 RSNJA **51593,78 m2**
- Camino de circulación interna
- Curso de agua

Escala 1:8.000
0 250 500 m
Proyeccion: Universal Transverse de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 19 S
Imagen base: GOOGLE EARTH PRO 2019-04

Auditor Lider : Ing. Edgar Mallo
Ambiental : Ing. Helga I. Guzman
Relleno Sanitario: Ing. Ramiro M. Peñaloza Quiroz
Geologo: Ing. Nelson Huaranca Olivera
Hidrogeologo: Ing. M. Fernando Limpias
Salud: Dra. Deyni Torrez Botello
Legal: Dra. Vivian Patricia Chacon Auzza

Elaborado por: Ing. Harold V. Rivera Rodríguez

Ing. Amparo B. Ormachea Espinoza
Fiscal Ambiental a.i.

La Paz, Enero 2020

Ilustración 2-4 Celda 15 RSNJA
Fuente: Elaboración Propia

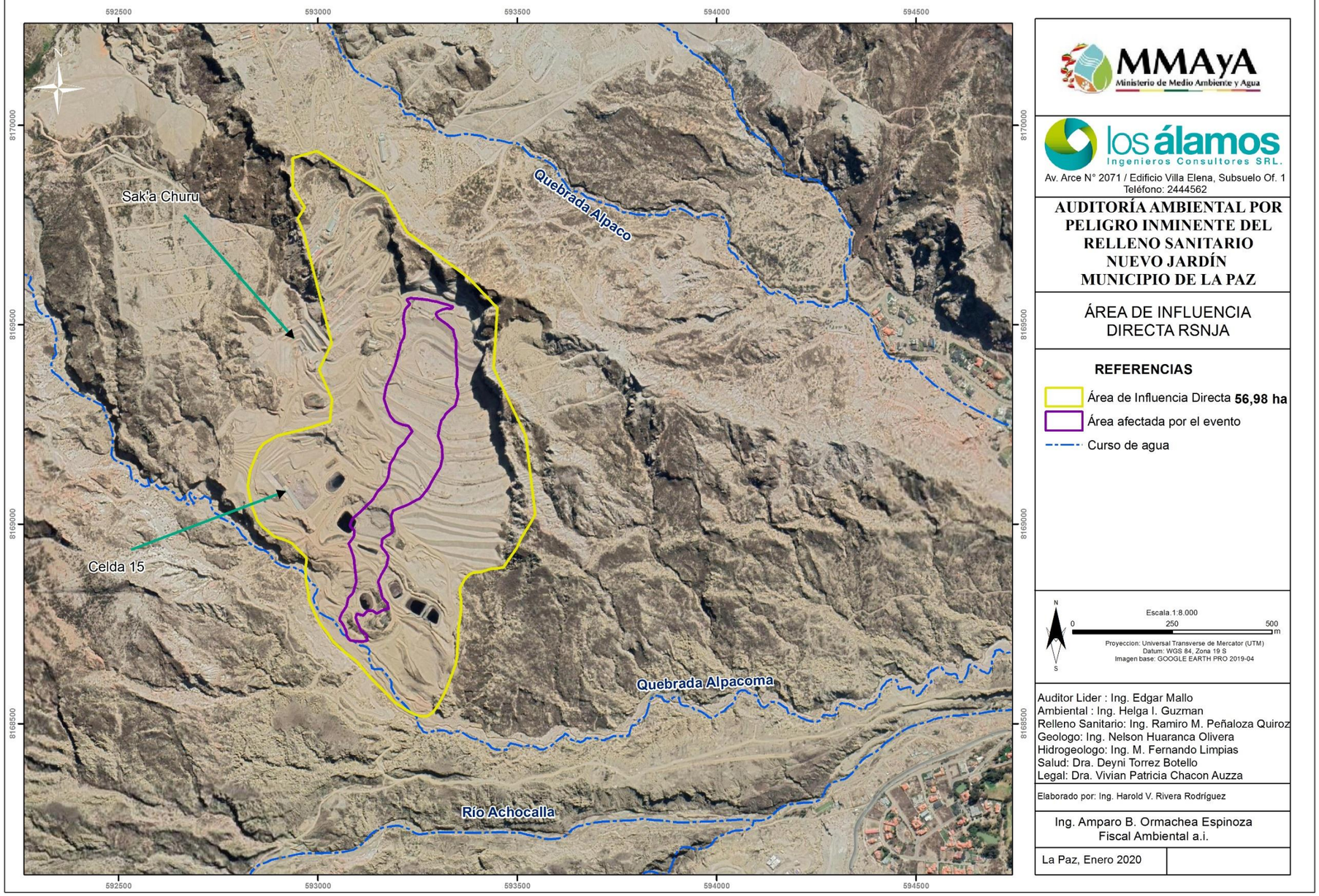


Ilustración 2-5 Total Área de Influencia Directa
Fuente: Elaboración Propia

2.1.2 Área Indirecta

De acuerdo a la NB 759 que establece las condiciones de ubicación de un Relleno Sanitario, el A.I.I. referencial está circunscrito a un radio de 2,5 Km a partir de un núcleo habitado cercano al RSNJ. Esta distancia referencial aparentemente es suficiente para determinar el alcance de los posibles impactos que podrían generar los factores ambientales como el deterioro del Aire, Suelos y Aguas (superficial y subterránea).

En el transcurso de los trabajos de campo de la Fase 2, ha sido posible evidenciar que el AII no puede tener un perímetro regular para los diferentes factores que fueron identificados, colectados y medidos. Téngase en cuenta que el RSNJ se encuentra ubicado en un área casi rural, debido a que no existen poblaciones aledañas cercanas a los puntos cardinales Este, Sur y Oeste. Sin embargo, en la parte Norte del RSNJ existe una población dispersa asentada (ladrilleras) desde varios años atrás.

En este sentido y en base a los trabajos de campo realizados con cada uno de los especialistas, particularmente por las Especialistas Ambiental y Salud (socioeconomía, encuestas sociales a los vecinos de los barrios colindantes del Norte del RSNJ), se puede asumir una distancia referencial de afectación máxima de 2,0 Km desde el RSNJ.

Para determinar el AII se seleccionó dos criterios: De Medio Ambiente y Socioeconómica (con énfasis en salud). El área proveniente de dichos criterios se refleja en la tabla 2-2:

Tabla 2-2 Superficie de Área Indirecta

Descripción	Superficie	
	m^2	Has.
Área Indirecta – Criterio Ambiental	1,735,300.00	173.53
Área Indirecta – Criterio Socioeconómico	455,200.00	45.52
Total		219.05

Fuente: Elaboración propia

2.1.2.1 Criterios de Medio Ambiente

Se establece criterios de Medio Ambiente para establecer el Área de Influencia Indirecta. El grado de influencia indirecta esta determinado por el alcance de afectación al medio ambiente, particularmente, por el probable impacto sobre los recursos hídricos circundantes y el deterioro de la calidad del aire por partículas biológicas viables, biogás y olores; por estas razones se tomaron en cuenta los siguientes criterios técnicos y operativos:

- Efecto ambiental negativo debido a la calidad de las aguas superficiales hasta una distancia máxima de 2.0 km.
- Efecto ambiental negativo en la población ubicada en la parte Norte del RSNJ por posible contaminación del aire (biogás y olores)

La existencia de una posible afectación por “descargas” subsuperficiales del RSNJ hacia el curso de agua superficial Alpacoma que afectaría o no su deterioro de calidad ambiental. La evidencia de este impacto se determina con dos puntos de muestreo de aguas AG-02 AA ALPA y AG-03 AA ALPA, ubicados en puntos de monitoreo a 100 m y 2 Km, respectivamente, en dirección Este respecto a la ubicación del RSNJ. El deterioro de la calidad del Aire por concentraciones de biogás (CH_4, $CO_{2)}$ y olores (SH_2) y su transporte debido a corrientes de aire convectivo hacia el noroeste (población) puede afectar hasta una distancia de 1.6 km, empero, para efectos de seguridad se asumió una afectación hasta una distancia de 2.0 km. La Ilustración 2-6 muestra dicha área.

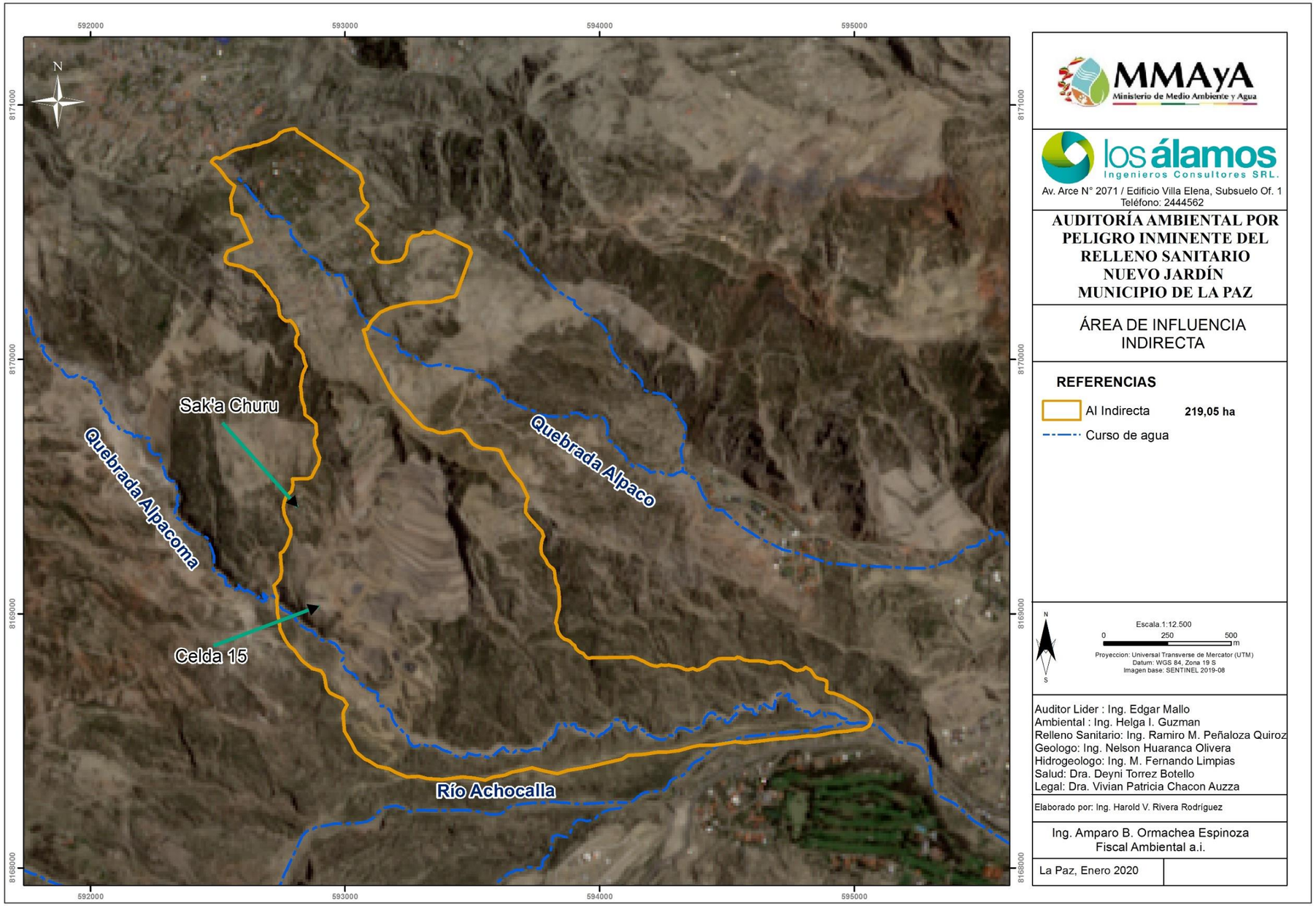


Ilustración 2-6 Área de influencia Indirecta
Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.2 Criterio Socioeconómico (Predominancia de Salud)

Para lograr determinar el radio de influencia de los impactos socioeconómicos que ocasionó y ocasiona la existencia del RSNJ, se toma en consideración la información secundaria colectada de centros de salud que en su momento atendieron los efectos en la salud de la población debido al deslizamiento de los residuos sólidos municipales ocurrido el 15 de enero de 2019. Téngase en cuenta que al inicio de la operación de RSNJ no existía población aledaña cercana al mismo. Hoy el grado de afectación del RSNJ a la población aledaña actual podrá contar con indicios valederos por medio del levantamiento de encuestas directas.

Se considera dos criterios de salud (socioeconómicos):

- Impacto por malos olores provenientes del RSNJ que son dispersados por la dirección prevalente del viento hacia la parte noroeste donde existe población aledaña (ladrilleras).
- En esa misma dirección, debido a la circulación de los carros de transporte de residuos sólidos municipales hasta una distancia de 2,0 km. Factor suelo.

2.1.3 Área Total de Estudio, sumadas las áreas directa e indirecta.

A continuación, se inserta la tabla que refleja las superficies del Área Directa y el Área Indirecta.

Tabla 2-3 Superficie Total Área de Estudio

Descripción	Superficie		Has
	m^2	Has.	Parcial
Área Directa			56.98
Relleno Sanitario Nuevo Jardín (RSNJ)	400,000.00	40.00	
Área excedente de deslizamiento	2,492.56	0.25	
Área Adicional	115,713.66	11.57	
Área Ocupada por Celda 15	51,593.78	5.16	
Área Indirecta			219.05
Área Indirecta – Criterio Ambiental	1,735,300.00	173.53	
Área Indirecta – Criterio Socioeconómico	455,200.00	45.52	
Total			276.03

Fuente: Elaboración propia

2.2 Definición de Curso Superficial de agua Alpacoma

Para poder establecer el nombre apropiado al curso superficial de agua, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Los diferentes mapas y planos existentes en el país, generalmente denominan río a un cuerpo de agua sin necesariamente haber analizado su estado, simplemente haber identificado topográficamente su existencia y su curso.

Esto ha hecho que existan numerosos cuerpos denominados como ríos y, sin embargo, cuando los conocimientos, con base en visitas y levantamientos, eran más profundos, se estilaba colocar el nombre de quebrada, arroyo u otros.

De una manera práctica, se han adoptado denominaciones internacionales sobre la denominación de diferentes cursos de agua, tomándose los más importantes y adecuándolos a la realidad boliviana.

2.2.1 Río

Un río es una corriente natural de agua que fluye permanentemente y va a desembocar en otra, en un lago o en el mar.

Posee un caudal determinado, rara vez constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación: es el caso de los ríos alóctonos (llamados así porque sus aguas proceden de otros lugares con clima más húmedo). Cuando el río es corto y estrecho, recibe el nombre de riacho, riachuelo o arroyo. Un río está compuesto por varias partes básicas

El curso de agua superficial Alpacoma no corresponde con esta definición, puesto que su corriente no fluye permanentemente.

2.2.2 Quebrada

Esta palabra describe, en varios países de Latinoamérica como Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Perú y Venezuela, a un arroyo, un río pequeño o riachuelo, de poco caudal si se compara con un río, y no apto para la navegación o la pesca significativa; Generalmente las quebradas tienen poca y casi nula profundidad, muy poco caudal y sirven como bañaderos y lugares campestres para camping, y se pueden vadear y cruzar caminando. Suelen ser muy apetecidas para vacacionar y hacer turismo ecológico o de aventura.

El curso Alpacoma corresponde con esta definición, salvo por haber sido utilizado para descarga de aguas servidas de un sector de El Alto.

2.2.3 Arroyo

Río pequeño de escaso caudal y profundidad, que puede secarse.

Puede ser un pequeño riachuelo, una entrada de mar o lago o un estrecho canal que conecta cuerpos de agua. Es por lo general una ramificación menos profunda de un río y es mucho más pequeño. Mientras que los ríos pueden tener varias ramificaciones o afluentes, un arroyo no las tiene.

Los arroyos son flujos de agua casi continuos, pero a diferencia de los ríos, su longitud es menor, así como su caudal, entendiendo este como el volumen de agua que contiene. A veces se dice que un río es muy caudaloso; esto alude al hecho de poseer “mucha agua”, lo que no sucede con los arroyos.

Esta definición también podría adecuarse al curso Alpacoma. Sin embargo, en Bolivia se utiliza esta denominación a cursos con flujo más regular que una quebrada.

2.2.4 Definición

1. El curso de agua Alpacoma ha sido definido como quebrada, debido a que un río tiene un nacimiento o fuente natural. La quebrada Alpacoma nace de descargas de aguas residuales.
2. Los ríos tienen ramificaciones o afluentes, mientras que una quebrada no las tiene.
3. Los ríos, especialmente los grandes, son importantes fuentes electricidad, mientras que las quebradas no tienen el poder suficiente para ser usados en estos propósitos.
4. Los ríos son buenos medios para transportar objetos grandes y pesados, río abajo, como troncos, mientras que las quebradas son poco profundas y muy pequeñas para hacer esto.

2.2.5 Redes de ríos

Horton (1945) dio origen al estudio cuantitativo de red de ríos. Desarrollo un sistema de para ordenar las redes de ríos las redes de ríos y derivó algunas leyes al relacionar el número y la longitud de los ríos de diferente ordenes. El sistema de ordenamiento de ríos de Horton, levemente modificada por Strahelr (1964), es como sigue:

- Los canales reconocibles más pequeños se designan como de orden 1: normalmente estos canales fluyen sólo durante tiempo húmedo.
- Cuando dos de orden 1 se unen, resulta un canal de orden 2 hacia aguas abajo; en general, cuando dos canales del orden *i* se unen, resulta un canal de orden *i + 1.*
- Cuando un canal de orden gajo se une con un canal de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los dos órdenes.
- El orden de la cuenca de drenaje es el mismo del río a su salida. El mayor orden en la cuenca.
- Con la ayuda de la información que proporciona el viceministerio de Planificación y coordinación, por medio de http://si-spies.planificacion.gob.bo, en Bolivia se tiene Unidades Hidrográficas que van desde 1 a 5 niveles.
- El cuerpo de agua denominado Alpacoma, que figura en las cartas topografías IGM 25000.
- En la Ilustración 2-7 adjunta se identifica un cuerpo de agua que no tiene afluente asignado un orden 1, correspondiente a Riachuelo, arroyo o quebrada.

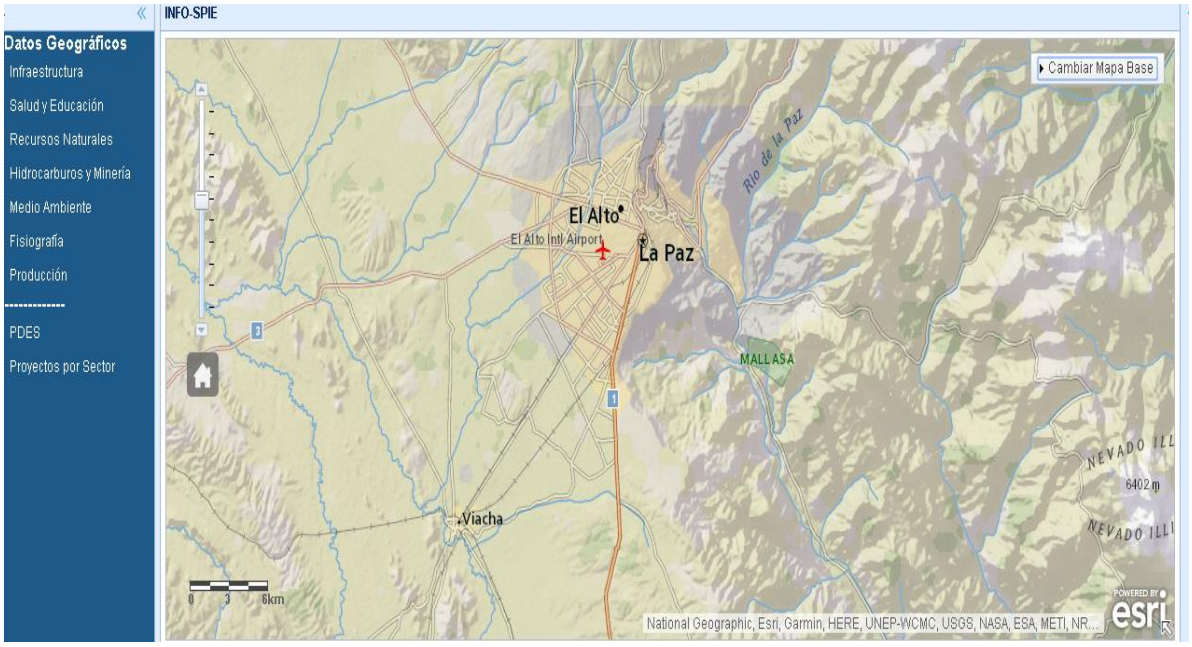


Ilustración 2-7 Ubicación general de sitio y cursos de agua
Fuente: National Geographic, ESRI, basemap.

Información Primaria

Los estudios de campo se refieren a inspecciones del curso de agua y se basan en la ratificación de los conceptos utilizados en el documento que describen en nuestro medio la definición adoptada.

En efecto, al descartar que se trata de un río, puesto que su fuente natural (drenaje del área de cuenca) no es naturalmente permanente (los caudales del Alpacoma son variables desde 50 l/s a 500 l/s), al haberse convertido este curso de agua en una cloaca, ya que un sector de El Alto descarga sus aguas servidas en él, responde a la

definición de quebrada por seguir drenando el área de la microcuenca que le pertenece, y al estar sus características dentro de la definición de Quebrada, se puede clasificar este cuerpo de agua como tal.

Líneas abajo se incluye la justificación de la caracterización y los componentes para su clasificación, además de las fuentes consultadas.

Información Secundaria

Entre los documentos examinados para poder clasificar el curso de agua Alpacoma como quebrada, fue de nuestro conocimiento la existencia de un Informe INF/MMAYA/VRHR/DGCR/UGRHPTE No. 0009/2019 que fue solicitado de forma oficial al Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, para que como cabeza del sector nos brinde una opinión, sin embargo, no se tuvo respuesta hasta el plazo de entrega del Informe Fase 2.

Por esta razón, se tuvo que recurrir a definiciones de información secundaria, ya que nuestra normativa para este caso es inexistente. Además, se referenció los conceptos, además se incluyen las definiciones, las fuentes y la caracterización de los cuerpos de agua por su drenaje.

CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA SEGÚN SU RED DE DRENAJE

La red de drenaje de una cuenca se refiere a las trayectorias de los cauces de las corrientes naturales dentro de ella, las mismas manifiestan la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe (eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante).

El orden de las corrientes es una característica de la red de drenaje y se pueden dividir en tres clases (Ilustración 2-8):

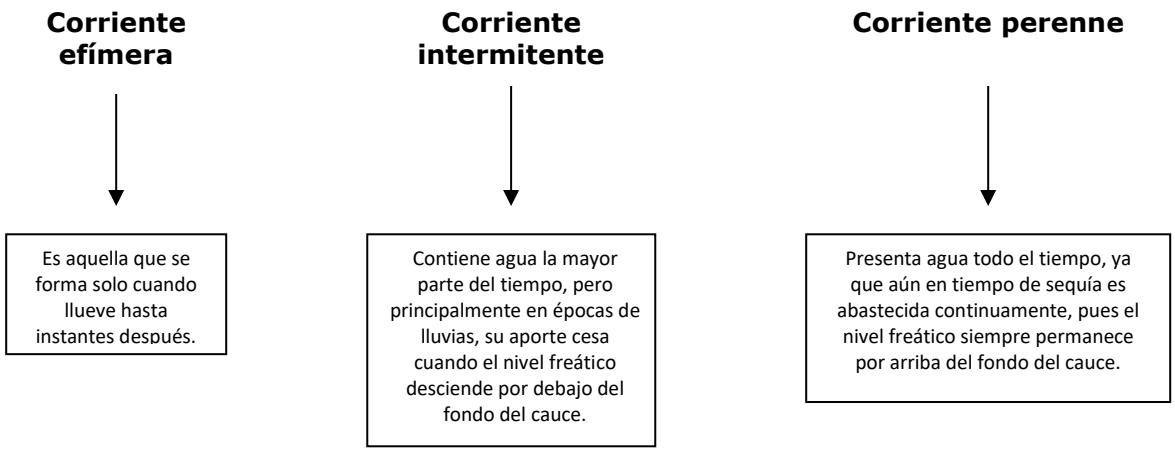


Ilustración 2-8 Clases de Corriente

Fuente: Elaboración propia

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca para esto se consideran como corrientes de (ver Ilustración 2-9):

- **Orden 1** aquellas que no tienen ningún tributario (Quebradas, arroyos, riachuelos)
- **Orden 2** aquellas que solo tienen tributarios de orden 1 (Pueden ser también algunas quebradas)
- **Orden 3** aquellas que le llegan dos o más tributarios de orden 2 (Ríos)
- **Orden 4** aquellas que le llegan dos o más tributarios de orden 3 (Ríos)

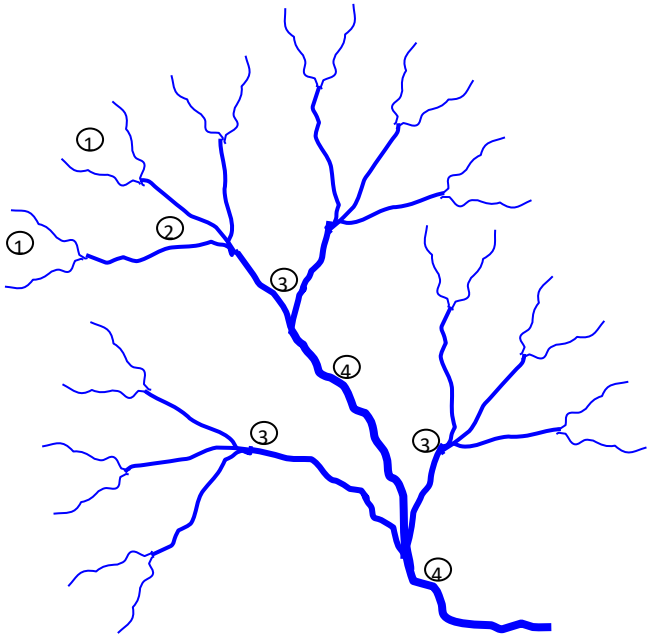


Ilustración 2-9 Orden de Corriente
Fuente: Morris – Fan (1998)

El orden de la corriente principal indicará la extensión de la red de corrientes dentro de la cuenca.

Río:

Definiciones: Autores: Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado: 2009. Actualizado: 2009. Definición de río (https://definicion.de/rio/)

Clasificación: "Applied River Morphology" Dave Rosgen
Copyright 1996 by Wildland Hydrology 1481 Stevens Lake Road Pagosa Springs Colorado

Quebrada:

Definiciones: Autores: Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado: 2009. Actualizado: 2009. Definición de quebrada (https://definicion.de/quebrada/)

Clasificación: "Applied River Morphology" Dave Rosgen
Copyright 1996 by Wildland Hydrology 1481 Stevens Lake Road Pagosa Springs Colorado

Arroyo:

Definiciones: Autores: Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado: 2009. Actualizado: 2009. Definición de arroyo (https://definicion.de/arroyo/)

Clasificación: "Applied River Morphology" Dave Rosgen
Copyright 1996 by Wildland Hydrology 1481 Stevens Lake Road Pagosa Springs Colorado
"Fild Guide for Stream Classification" Dave Rosgen and Lee Silvey – Wildland Hydrology (second Edition). 1998.
Hechas las comparaciones y adecuaciones, la quebrada Alpacoma corresponde a la clasificación A4 (Rosgen ©).
A continuación, se añade la descripción de Rosgen.

Descripción Morfológica y Ejemplos de Tipos de Corrientes

Tipo de Corriente A4

El tipo de flujo A4 es un canal empinado, profundamente arraigado y confinado, que está incrustado en materiales de deposición gruesos. Los accidentes geográficos en los que se desarrollan los tipos A4 son principalmente morrenas glaciales o labranza glacial, abanicos aluviales, depósitos rezagados, restos de deslizamientos de tierra y otros depósitos aluviales y / o coluviales de textura gruesa. Los tipos A4 también pueden situarse como corrientes tributarias laterales que se cruzan con el tren del valle e incidir profundamente en las terrazas glaciales y del río Holoceno tipo flujo A4 aparece en los tipos de valle I, III y VII, en los que algunos de los suelos son residuales y están asociados con rocas altamente erosionadas, como el granito grussic. Las relaciones de ancho de profundidad son bajas (<12), con baja sinuosidad, (<1.2). Los materiales del canal A4 son típicamente materiales no consolidados, heterogéneos, no cohesivos, dominados por grava, pero que también contienen pequeñas cantidades de rocas, adoquines y arena. Las características del lecho del canal A4 se pueden describir como un escalón / piscina o canal en cascada, que a menudo está influenciado por la presencia de escombros leñosos orgánicos que forman presas de escombros, detrás de los cuales se almacenan cantidades significativas de sedimentos en las piscinas. Los tipos de flujo A4 generalmente tienen un alto suministro de sedimento que se combina con un flujo de flujo de alta energía para producir velocidades de transporte de sedimento de carga de lecho muy altas. Los tipos de flujo A4 son generalmente inestables, con bancos muy empinados y rejuvenecidos que contribuyen con grandes cantidades de sedimento. Los procesos erosivos característicos del banco de la corriente para el tipo A4 son el arrastre fluvial, el colapso del banco, el deshilachado seco, la congelación / descongelación y el fregado lateral de los flujos de escombros. Los tipos de corrientes A4a + (pendientes> 10%) generalmente se ubican en formas de tierra de asentamiento / flujo de tierra y a menudo se asocian con avalanchas de escombros y procesos erosivos de torrente de escombros[2]

2.2.6 Conclusión

Por lo expuesto y considerando que en las cartas geográficas oficiales se suele utilizar la denominación de quebrada en su abreviación (Qda.) o in extenso, se adopta el nombre de Quebrada para identificar el curso de agua superficial Alpacoma.

[2] "Fild Guide for Stream Classification" Dave Rosgen and Lee Silvey – Wildland Hydrology (second Edition) 1998.

Actividad 3. Inspección y Evaluación Ambiental en el Área de Estudio

La inspección y evaluación ambiental es la verificación por cada uno de los especialistas de la AA del cumplimiento de la normativa ambiental, además de analizar los efectos previsibles sobre el medio ambiente de la ejecución, operación, mantenimiento, cierre y post cierre del RSNJ; por parte del Representante Legal y operador.

Para lograr los resultados esperados cada especialista llevó a cabo su preparación, desarrollo y presentó los resultados encontrados en el alcance de los Términos de Referencia. (Ver Anexo 3, Formularios de Campo)

Objetivos de la inspección

- Verificar que el proyecto, según sus fases, etapas y procesos, hubieran cumplido con las condiciones y requerimientos medio ambientales.
- Comprobar el cumplimiento de los compromisos asumidos en su documentación ambiental, por la operación del RSNJ.
- Corroborar el cumplimiento de la Legislación medioambiental.

3.1 Tipos de inspección

3.1.1 Inspección de Oficio

Es una actividad que se desarrolla sin previo aviso y por iniciativa de la Instancia Ambiental Competente con el propósito de verificar el cumplimiento a la normativa ambiental de un proyecto, obra o actividad, según el art. 86 del RGGA.

3.1.2 Inspección por Denuncia

Es cuando la Instancia Ambiental Competente recibe una denuncia presentada mediante oficio o memorial por un ciudadano, Organización de Base u otra entidad legalmente constituida.

La denuncia se interpondrá ante la Autoridad Ambiental, debiendo incluir las generales de Ley del denunciante, los datos que permitan identificar la fuente, objeto de la denuncia y las normas ambientales vigentes incumplidas, si puede hacerlo, cumpliendo lo establecido en el art. 83 del RGGA.

3.1.3 Inspección por Emergencia

El Art. 128 del RPCA establece que en caso de peligro inminente para la salud pública y/o el medio ambiente, la Autoridad Ambiental Competente realizará una inspección de emergencia para determinar las causas y proponer medidas correctivas inmediatas, concordante con el Art. 98 de la Ley 1333 de Medio Ambiente.

3.2 Planificación de las Inspecciones

Antes de llevar a cabo las inspecciones y evaluaciones del RSNJ se recopiló información, tanto primaria como secundaria de diversas fuentes como del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), Gobernación Autónomo Departamental de La Paz (GADLP), Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP) y la operadora del relleno TERSA S.A.

Esta información recopilada (reducida) representó la base de nuestra planificación de inspecciones llevadas a cabo en el RSNJ. Después se determinó las dos áreas de Influencia Directa e Indirecta (AID y AII) que nos delimitó el alcance de los impactos ambientales de la calidad del aire, aguas superficiales, subterráneas y suelos.

Además, para este fin, contar con una copia (poco clara) del Manifiesto Ambiental y su evaluación preliminar nos permitió valorar y determinar las condiciones previas (antes) con las inspecciones actuales (después) del evento o deslizamiento ocurrido el 15 de enero de 2019. Por otra parte, donde corresponda, se considerarán los procesos (17) operativos de la disposición final de residuos sólidos municipales. Su infraestructura civil y el equipo y maquinaria. También se confirmó la emisión de la Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA) N° 020101-10-DAA-1617/10 de fecha 27 de octubre de 2010, obtenida después de tramitar Licencias Eventuales ante la Gobernación Autónoma Departamental de La Paz (por emergencia) por el tiempo de seis (6) años consecutivos desde el 2004 al 2010.

Otra línea de información fueron los informes de monitoreos ambientales (semestrales o anuales) que corresponden al cumplimiento del Plan de Seguimiento y Aplicación Ambiental (PASA) y que representan una base comparativa de inspección y evaluación ambiental in situ del RSNJ. El Plan de Contingencias representó también una documentación de evaluación.

Las inspecciones y evaluaciones realizadas fueron complementadas por la colecta y medición de muestras ambientales de la calidad del aire por medio del control de partículas menores a 10 micrones (PM10), partículas biológicas viables (PBV), biogás y olores, aguas superficiales, subterráneas, suelos, flora, fauna y socioeconomía. Adicionalmente, se complementó con la apreciación de aspectos de seguridad industrial y ocupacional.

3.3 Inspecciones y Evaluaciones del Sitio a Auditar

Donde sea posible ratificaremos que el acceso y/o entrega de la información ambiental y técnica integral para llevar de forma óptima la AA fue deficiente en tiempo y contenido por cada una de las Autoridades, llámense Ambiental Competente Nacional (AACN), Ambiental Competente Departamental (AACD), Ambiental Municipal (AAM) y/o el operador del RSNJ.

Ante esta deficiencia, la totalidad del equipo de profesionales y/o especialista tuvo que planificar la Auditoría Ambiental (AA) profundizando la búsqueda de información secundaria, más aún cuando el plazo total (180 días calendario) fue reducido. El reconocimiento y actividades en el sitio a auditar fue con ingresos autorizados por la Máxima Autoridad Ejecutiva (MAE) del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP), a través de dos áreas operativas como son el Sistema de Regulación Municipal (SIREMU), sea en la etapa de Fase 1 – Planificación, Fase 2 Actividades en el Sitio a Auditar y Fase 3 Reporte Final de la Auditoría Ambiental.

Bajo este contexto se han realizado 161 visitas y llevado a cabo actividades en el sitio a auditar de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 3-1 Número Total de Inspecciones al RSNJ

PERSONAL CLAVE						COORDINACION		APOYO			EMPRESAS DE SERVICIO									Total Visitas
Ing. Edgar Mallo	Ing. Ramiro Peñaloza	Ing. Fernando Limpias	Ing. Helga Guzman	Ing. Nelson Huaranca - Romina Rojas	Dra. Deyni Torrez	Mario Bejarano Roca	Ing. Cristian Kellert	Ing. Harold Rivera Ing. Valentin Garcia	Lic. Hugo Aranibar Biologo	Ings. Viviana Condori y Patricia Fernández	Equipo de Geofísica con 5 miembros	Ing. Pedro Valverde. Geotecnia	Leoncio Condori	Virginio Chamaca Quispe	Juan Carlos Avini	Angel Villasante Mamani	Ing. Ramiro Rodriguez	GreenLab. Tres Ríos	SGLAB	
6/9/2019								6/9/2019												2
							10/9/2019													1
16/9/2019					16/9/2019		16/9/2019	16/9/2019												4
					18/9/2019															1
19/9/2019			19/9/2019				19/9/2019													3
			20/9/2019																	1
			23/9/2019																	1
24/9/2019																				1
8/10/2019				8/10/2019				8/10/2019			8/10/2019									4
9/10/2019				9/10/2019	9/10/2019	9/10/2019		9/10/2019			9/10/2019	9/10/2019								7
				10/10/2019	10/10/2019						10/10/2019									3
					11/10/2019															1
					14/10/2019															1
15/10/2019								15/10/2019												2
					18/10/2019															1
					20/10/2019															1
			23/10/2019	23/10/2019		23/10/2019														3
				24/10/2019		24/10/2019						24/10/2019		24/10/2019	24/10/2019	24/10/2019				6
				25/10/2019								25/10/2019		25/10/2019	25/10/2019	25/10/2019				5
				26/10/2019										26/10/2019	26/10/2019	26/10/2019				4
				27/10/2019								27/10/2019	27/10/2019	27/10/2019		27/10/2019				5
			3/11/2019																	1
			4/11/2019																	1
6/11/2019	6/11/2019	6/11/2019	6/11/2019	6/11/2019		6/11/2019	6/11/2019	6/11/2019												8
		8/11/2019	8/11/2019	8/11/2019							8/11/2019									4
9/11/2019	9/11/2019	9/11/2019	9/11/2019																	4
10/11/2019	10/11/2019		10/11/2019	10/11/2019	10/11/2019	10/11/2019	10/11/2019	10/11/2019		10/11/2019									10/11/2019	10
																			11/11/2019	1
					20/11/2019													20/11/2019		2
					21/11/2019															1
					22/11/2019															1
					25/11/2019															1
26/11/2019	26/11/2019			26/11/2019	26/11/2019			26/11/2019												5
27/11/2019			27/11/2019						27/11/2019											3
			28/11/2019		28/11/2019															2
			29/11/2019						29/11/2019											2
			30/11/2019		30/11/2019	30/11/2019														3
					2/12/2019															1
					3/12/2019															1
			4/12/2019	4/12/2019					4/12/2019											3
5/12/2019		5/12/2019	5/12/2019	5/12/2019	5/12/2019												5/12/2019			6
					7/12/2019															1
9/12/2019		9/12/2019																		2
10/12/2019		10/12/2019	10/12/2019		10/12/2019															4
11/12/2019		11/12/2019	11/12/2019														11/12/2019			4
	12/12/2019			12/12/2019	12/12/2019	12/12/2019	12/12/2019	12/12/2019												6
				13/12/2019											13/12/2019	13/12/2019				3
14/12/2019				14/12/2019			14/12/2019													3
				15/12/2019																1
	20/12/2019							20/12/2019												2
23/12/2019			23/12/2019				23/12/2019													3
				28/12/2019																1
29/12/2019							29/12/2019													2
8/1/2020		8/1/2020																		2
10/1/2020		10/1/2020																10/1/2020		3
12/1/2020		12/1/2020																12/1/2020		3
18/1/2020		18/1/2020																		2
21/1/2020			21/1/2020																	2
24	6	11	20	19	22	7	9	10	3	1	4	4	1	4	4	5	2	3	2	161

Fuente: Elaboración propia. Inspecciones a las AID y AII. El especialista Legal no visitó el RSNJ. Cabe aclarar que los 100 formularios presentados correspoden a las 161 inspeciones realizadas, ya que en muchos casos un formulario esta referido a dos o más inspecciones.

El personal que intervino en esta Fase 2, Actividades en el Sitio a Auditar, está compuesto por cuatro grupos, los primeros son los especialistas profesionales integrantes del personal clave de la AA, un segundo grupo por coordinación general y logística, el tercero por el personal profesional de apoyo a la AA y finalmente los profesionales y/o personas integrantes de cada una de las empresas de servicios contratadas para el propósito de la AA; tal cual se describe en la Tabla 3-1

Las inspecciones que se llevaron a cabo por cada especialista están descritas en el Formulario de Campo con un contenido del desarrollo de la Actividad, su Objetivo y los Resultados logrados. Con 21 inspecciones al RSNJ registradas por el Ing. Edgar Mallo, Auditor Líder tuvo el objetivo del acompañamiento a cada especialista.

El detalle de las inspecciones y evaluaciones (resultados) realizadas por cada especialista presentado en los siguientes Cuadros:

Cuadro 3-1 Actividades Ing. Edgar Mallo – Auditor Líder

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
1	Supervisar trabajo de topografía por dron del 6, 15, 16, 19 y 24 de septiembre 2019,	Elaborar mapa topográfico	- Mapa topográfico concluído que abarca 207 hectáreas del AID y AII. Cinco días. Tres en AII y dos en AID. - Establecer de manera preliminar el alcance de las AID y AII
2	Inspección ambiental al RSNJ, 8 y 9 de octubre del 2019	Verificar **in situ** estado ambiental del RSNJ.	- Excesivas partículas suspendidas (polvo) por tránsito interno de equipos y volquetas con Residuos Sólidos Domésticos (RSD). - Fuertes olores en el AID debido a fugas de lixiviado en banquinas. - Residuos Sólidos Domesticos expuestos en dos lugares del AID. - Planta de Tratamiento de Lixiviados sin funcionamiento, inutilizada durante el evento (deslizamiento). Actualmente rehabilitada con una fase de tratamiento de lixiviado. - Aguas residuales del funcionamiento administrativo recibe un tratamiento biológico mediante macrofitas, se descarga en dos fosas. - Planta de Clasificación de Residuos Sólidos sin funcionamiento continuo durante as inspecciones. - Escasa facilidad de infraestructura para el Sistema de Supervisión de la operación (baños y vestidores de profesionales). - Canales de drenaje pluvial y de lixiviado deficiente en las partes Norte y Este (cercano al Farallón). - Banco de queques con emision de olores - Escasa cobertura vegetal o reforestación - Abundante presencia de aves, particularmente gaviotas y marías. Que se desplazan entre el Farallón y el Sector Sak´a Churu. - Chatarra dispuesta en la parte Este del predio RSNJ - Inadecuado manejo de aceites usados con derrame a los suelos circundantes en el área de manejo y descarga de hidrocarburos y taller de mantenimiento. - Reducida señalización informativa y preventiva en el AID - Inadecuada disposición de queques (combinación de tierra con lixiviado).

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
3	Supervisar el trabajo de geofísica, 15 de octubre de 2019	Conocer el alcance del trabajo de geofísica	Seis líneas de geofísica, una longitudinal de casi 800 m y tres transversales.
4	Definir puntos de monitoreos ambientales, 6 de noviembre del 2019	Fijar puntos de aguas superficiales, subterráneas y suelos	Puntos ubicados de aguas y suelos
5	Ingreso grupal de especialistas al RSNJ con varios objetivos, 9 y 10 de noviembre del 2019	- Coordinar alcance de la Fase 2 in situ (RSNJ). - Colectar muestras de suelos por laboratorio acreditado.	- Responsabilidades establecidas para cada especialista. - Cinco muestras de suelos colectadas.
6	Coadyuvar trabajos de especialistas en Relleno Sanitario, Hidrogeólogo y Ambiental, 26 de noviembre de 2019.	Verificar cumplimiento de medidas de adecuación. Comprobar puntos de aguas subterráneas	- Vías de circulación de equipo, maquinaria y volquetas sin ripio y riego. - Sin cerca perimetral del predio RSNJ. - Existencia de un pozo de muestreo de agua subterránea. - Excavado de pozas
7	Coadyuvar trabajos de especialistas, 27 de noviembre de 2019	- Monitorear calidad del Aire (PM10) - Acompañar a los especialistas en sus inspecciones.	- Equipos instalados para medir la calidad del aire (PM10) en el AID y AII. - Evaluación geológica del maciso rocoso. - Definir y ajustar trabajos de los especialistas. - Verificar funcionamiento de la celda de patógenos dentro del AID de RSNJ.
8	Inspeccionar captadores de biogás, 5 de diciembre de 2019	- Seleccionar puntos de control para evaluar el biogás.	- Ocho puntos seleccionados para monitorear
9	Evaluar flora y fauna del RSNJ, 9 de diciembre del 2019	- Elaborar Diagnóstico Ambiental	- Generar informe de especialista Biólogo (Lic Hugo Araníbar) supervisado por la especialista ambiental
10	Evaluar calidad del aire (partículas biológicas viables, olores y biogás), 10 de diciembre de 2019	- Elaborar Diagnóstico Ambiental	- Generar informes finales sobre la calidad del aire para PBV, olor y biogás en el RSNJ por el Ing. Ramiro Rodríguez, supervisado por el Auditor Líder.

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
11	Instalar los piezómetros, 11 de diciembre de 2019	- Obtener muestras representativas de aguas subterráneas	- Cinco piezómetros instalados diseñados y construidos específicamente para este fin.
12	Segunda evaluación de la calidad del aire, 14 de diciembre del 2019	- Elaborar Diagnóstico Ambiental	- Generar tres informes finales sobre la calidad del aire para PBV, olor y biogás en el RSNJ por el Ing. Ramiro Rodriguez, supervisado por el Auditor Líder.
13	Seleccionar punto de perforación a diamantina, 23 de diciembre del 2019	- Obtener muestra de agua subterránea para determinar pluma contaminante	- Punto seleccionado en base a información de geofísica.
14	Apoyar a la perforación de pozo profundo, 29 de diciembre del 2019	- Dotar agua de perforación	- Avance en la perforación hasta 36 metros de profundidad
15	Inspeccionar el funcionamiento de los pozos somero y profundo, 8 de enero del 2020	- Verificar su funcionalidad para la toma de muestras de agua subterránea	- Medición con piezómetro, se verificó el nivel estático a 8.20 metros de profundidad del pozo profundo. El pozo somero tenía agua a
16	Inspeccionar el funcionamiento del pozo profundo, 10 de enero del 2020.	- Verificar su funcionalidad para la toma de una muestra de agua subterránea	- Medición con piezómetro, se verificó el nivel estático a 9.95 metros de profundidad.
17	Desarrollo del pozo profundo, 12 de enero del 2020	- Verificar su funcionalidad para la toma de una muestra de agua subterránea	- Se profundizo el pozo a 15 m con el empleo de una compresora de 40 bares. Se elimino el lodo acumulado.
18	Desarrollo del pozo profundo, 18 de enero del 2020	- Verificar su funcionalidad para la toma de una muestra de agua subterránea	- Se profundizo el pozo a 27 m con el empleo de una compresora de 40 bares. Se elimino el lodo acumulado.
19	Colecta de muestra de aguas subterráneas con laboratorio acreditado, 21 de enero del 2020	- Análizar en laboratorio	- Obtener resultados para su evaluación de la calidad de aguas subterráneas.

Fuente: Elaboración propia. Actividades de los especialistas.

Cuadro 3-2 Actividades Ing. Ramiro Moisés Peñaloza Quiroz – Especialista en Relleno Sanitario

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
1	Inspección y reconocimiento del área exterior afectada por el deslizamiento de residuos sólidos y por derrame de lixiviados. 6 noviembre del 2019	- Relevamiento visual del territorio afectado (Sector Sur), aledaño al curso de agua superficial. - Evaluar el posible hecho de contaminación de agua superficial	Identificacion y demarcacion del sector sur afectado por el evento. Verificacion de las obras de contención de emergencia realizadas con diques de tierra y desvío del cauce del curso de agua de la quebrada Alpacoma.
2	Inspección y reconocimiento de las áreas de estudio, celdas y marcoceldas de disposición final de residuos sólidos domiciliarios, 9 de noviembre de 2019	Relevamiento visual y registro fotográfico.	Se ha inspeccionado el área de operación debido a la extensión del área y de la variedad de factores que intervienen en la operación. Se ha verificado que no existe pozos de monitoreo de aguas subterraneas antes y despues de las macroceldas.
3	Inspección conjunta con el equipo de especialistas consultores, 10 de noviembre del 2019	- Compartir y discutir conocimientos de la operación RSNJ. - Definir los estudios respectivos de los especialistas.	- Se ha compartido el conocimiento del proceso de confinamiento de los residuos sólidos domiciliaros. - Se ha compartido el conocimiento del manejo y control de líquidos lixiviados y biogás.
4	Identificación de captadores de biogás, 26 de noviembre del 2019	Seleccionar los puntos de muestreo de biogás	Identificacion y demarcacion los elementos representativos para el muestreo.
5	- Definición del área de estudio, sector del deslizamiento y derrame. - Estabilidad de taludes – elaboración de perfiles, 12 de diciembre de 2019	- Demarcación territorial del perímetro de las macroceldas 3, 4 y 11, afectadas por el desprendimiento de RSD. - Medición de los ángulos de inclinación de taludes conformados con tierra y residuos sólidos.	- Límite georeferenciado del área afectada por desprendimiento de RSD. - Ángulos de inclinación determinados.
6	Definición del área de estudio directa, 20 de diciembre del 2019	Relevamiento de las áreas componentes de la operación de disposición final de RSD y patógenos	Identificación y ubicación georeferenciada de las áreas.

Fuente: Elaboración propia. Actividades de los especialistas.

Cuadro 3-3 Actividades Ing. Nelson Huaranca Olivera/Romina Rojas – Especialistas Geólogos

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
1	Estudios geofísicos mediante la ejecución de perfiles eléctricos, 8 de octubre de 2019	Realizar dos (2) perfiles eléctricos en áreas correspondientes a las celdas de residuos sólidos.	- Se ejecutaron 2 perfiles eléctricos, líneas Ter-1 y Ter-6, ambas con una longitud de 258 m. - Se efectuó el registro de datos en campo y su almacenamiento para su posterior procesamiento e interpretación.
2	Estudios geofísicos mediante la ejecución de perfiles eléctricos, 9 de octubre de 2019	Realizar dos (2) perfiles eléctricos en áreas correspondientes a las celdas de residuos sólidos y la dorsal sur.	- Se ejecutaron 2 perfiles eléctricos, líneas Ter-2 y Ter-3, ambas con una longitud de 258 m. Se efectuó el registro de datos en campo y su almacenamiento para su posterior procesamiento e interpretación.
3	Estudios geofísicos mediante la ejecución de perfiles eléctricos, 10 de octubre de 2019	Realizar dos (2) perfiles eléctricos en áreas correspondientes a las celdas de residuos sólidos y la dorsal sur.	- Se ejecutaron 2 perfiles eléctricos, líneas Ter-4 y Ter-5, ambas con una longitud de 258 m. Se efectuó el registro de datos en campo y su almacenamiento para su posterior procesamiento e interpretación.
4	Reconocimiento del RSNJ. 23 de octubre de 2019	Reconocer las características actuales del RSNJ	Obtener visión macro del terreno.
5	- Ubicación de pozos para excavación y muestreos ambientales. - Reconocimiento geológico, 24 de octubre de 2019	- Ubicación de pozos para describir los materiales para la toma de muestras de laboratorio. - Reconocer la geología del sector	- Excavación de 3 pozos ubicados en el área de operación del RSNJ. Profundidad de 3 m. - Reconocimiento de la geología del RSNJ con geólogos del SIREMU.
6	Ubicación de pozos para excavación. Reconocimiento Geológico. Descripción de pozos de muestreo ambiental, 25 de octubre de 2019	Describir los materiales para los estudios ambientales y geotécnicos. Mapeo geológico	- Cinco (5) pozos ubicados en el RSNJ, en puntos con suelo natural. - Mapa geológico de sectores aledaños a los pozos. - Descripción de los materiales de los pozos de muestreo ambiental.
7	- Excavación de pozos. - Toma de muestras para laboratorio.	- Describir los materiales presentes en las excavaciones. - Obtener muestras de suelos para análisis de laboratorio para geotecnia.	- Cinco (5) pozos descritos SU-04, SU-05, SU-06, SU-07 y SU-08. - Cinco (5) muestras colectadas para laboratorio de suelos y materiales. - Mapa geológico de los sectores aledaños a los pozos.

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
	- Reconocimiento geológico, 26 de octubre de 2019	- Mapeo de la geología del sector.	
8	- Toma de muestras y ensayos en pozos, 27 de octubre de 2019	- Ensayos en laboratorio de suelos y materiales. - Ensayos de permeabilidad en pozo (in situ). - Ensayo SPT en pozo (in situ)	- Siete (7) muestras en pozos SU-04, SU-05, SU-06, SU-07 y SU-08. - Ensayos de permeabilidad en pozos SU-04 y SU-06. - Colecta de muestras para ensayos de corte directo en pozos SU-04 y SU-06.
9	- Colecta de muestras de suelos para laboratorio ambiental. - Descripción de materiales de los pozos. - Reconocimiento geológico de diques de contención del evento 1, 2 y 3, 6 de noviembre de 2019	- Análisis en laboratorio ambiental acreditado. - Conocer características de los suelos. - Mapeo geológico de las áreas destinadas a la contención del evento.	- Tres muestras de suelo colectadas para análisis de laboratorio ambiental. - Se describió los materiales de los pozos. - Se reconoció la geología de los sectores destinados a la contingencia del evento.
10	- Estudios Geofísicos mediante perfiles eléctricos. - Reconocimiento geológico del sector sur, 8 de noviembre de 2019	- Realizar 2 perfiles eléctricos en el sector sur de las operaciones del RSNJ. Areas aledañas a la quebrada Alpacoma. - Mapeo geológico del sector sur.	- Se ejecutaron 2 perfiles eléctricos, líneas TER-7 y TER-8, ambas con una longitud de 258 m. Se registraron datos de campo para su posterior procesamiento e interpretación en gabinete. - Mapa geológico del extremo sur del RSNJ y áreas colindantes.
11	- Descripción de las características del macizo rocoso, sector sur, 10 de noviembre de 2019	- Ejecución de estaciones geomecánicas en afloramientos de roca expuestos en ambas márgenes de la quebrada Alpacoma.	- Tres (3) estaciones geomecánicas EG-01, EG-02 y EG-03. Descripción del macizo rocoso, toma de datos estructurales y observaciones de litología para su posterior procesamiento y análisis en gabinete.
12	- Reconocimiento geológico área de colectores de biogás, extremo este y dorsal sur, 26 de noviembre de 2019	- Programar los trabajos relacionados a estabilidad de taludes.	- Observaciones de las banquinas y taludes del sector, mapeo de grietas y planificación del trabajo a ejecutarse posteriormente.
13	- Mapeo geológico, 4 de diciembre de 2019	- Complementar el mapeo geológico del RSNJ	- Mapa geológico de áreas colindantes al evento.
14	- Reconocimiento geológico geotécnico de banquinas	- Programar los trabajos relacionados a estabilidad de taludes.	- Observaciones de las banquinas y taludes del sector, mapeo de grietas y planificación del trabajo a ejecutarse posteriormente.

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
	extremo sur del RSNJ, 5 de diciembre de 2019		
15	- Verificación de situación y caracterización de banquinas y taludes. - Ingreso de equipo de perforación a diamantina, 12 de diciembre de 2019	- Descripción de morfología y medidas de ángulos en taludes y banquinas de refuerzo en la dorsal sur y estanques del sector sur. - Perforación de pozo profundo.	- Datos para efectuar cálculos de estabilidad de taludes. - Equipo de perforación a diamantina ubicado en el punto PP-4.
16	- Perforación a diamantina, sin recuperación de testigos, 13 de diciembre de 2019	- Instalación de piezómetro profundo, diámetro del pozo HQ.	- Perforación avanzada hasta los 6.80 m de profundidad. Pozo denominado PP-4.
17	- Perforación a diamantina, sin recuperación de testigos, 14 de diciembre de 2019	- Instalación de piezómetro profundo, diámetro del pozo HQ.	- Perforación avanzada hasta los 27 m de profundidad.
18	- Perforación a diamantina, sin recuperación de testigos, 15 de diciembre de 2019	- Instalación de piezómetro profundo, diámetro HQ para la instalación de piezómetro profundo. Entubado del pozo: niveles con tubos ranurados (filtro) y niveles ciegos de acuerdo a diseño.	- Pozo terminado, profundidad 35 m, pozo entubado. Requiere desarrollo del mismo.
19	- Muestreo de agua subterránea en pozo profundo, 28 de diciembre de 2019	- Agua para análisis químicos de acuerdo a TR´s.	- Resultados de análisis químicos de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia. Actividades de los especialistas.

Cuadro 3-4 Actividades Ing. Helga I Guzmán Arce – Especialista Ambiental

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
1	Inspección de campo con el director de SIREMU, Ing. Rubén Ledezma, 19 y 20 de septiembre de 2019	- Conocer el área de ubicación de los diques de contención.	Medidas de contingencia para la captación de residuos sólidos y lixiviados, producto del deslizamiento.
2	Reconocimiento del área norte del RSNJ, 23 de septiembre de 2019	- Realizar un levantamiento de información para descripción preliminar de flora y fauna del área.	- Se identificó especies de vegetación, así como especies de fauna. - Se verificó áreas reforestadas y sin intervención. - Impacto ambiental por partículas suspendidas.

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
3	Reconocimiento ambiental del área sur del RSNJ, 23 de octubre de 2019	- Realizar un levantamiento de información para descripción preliminar de flora y fauna del área. - Apreciar la calidad del aire	- Se identificó especies de vegetación, así como especies de fauna. - Existe un elevado impacto por la generación de partículas suspendidas en el aire, por el tránsito de equipo y maquinaria pesada.
4	Reconocimiento del area de desembocadura de aguas residuales provenientes de Ciudad Satélite El Alto (AII), 3 de noviembre de 22019	- Verificar procedencia de la quebrada Alpacoma.	- Identificado el nacimiento del curso de agua Alpacoma. - Área con residuos sólidos domiciliarios - Sistema de alcantarillado de descarga directa al suelo.
5	Reconocimiento del área directa del RSNJ celdas 11 y 15; 4 de noviembre de 2019	- Verificar la ubicación geográfica de las celdas 11 y 15.	- Georefenciación de las celdas 11 y 15, fotografías. En el área se identificó la elaboración de queques.
6	Reconocimiento de puntos de muestreo de agua, aire y suelo, 6 de noviembre de 2019	Definir puntos de muestreo de los factores aire, agua y suelo.	Se obtuvo los puntos de referencia geográfica (GPS).
7	Inspección del área interna del RSNJ, 8 de noviembre de 2019	Determinar las áreas reforestadas	Se comprobó áreas reforestadas no impactadas por el deslizamiento.
8	Colecta de muestras de agua y suelo, 9 de noviembre de 2019	Ejecutar plan de monitoreo	Se obtuvo las muestras programadas con participación del laboratorio GreenLab. Se colectaron 5 muestras de agua superficial y 5 muestras de suelos.
9	Visita de áreas de evaluación del PASA, 10 de noviembre de 2019	Verificar el cumplimiento de las medidas de adecuación propuestas	Se verificó y recibió información del personal de SIREMU. Se generan puntos de ubicación y fotografías.
10	Inspección de los pozos sépticos, 27 de noviembre de 2019	Verificar el cumplimiento de las medidas de adecuación propuestas en el MA	Se identificaron las pozas con registros fotográficos.
11	Instalar equipos de medición de aire con laboratorio acreditado (SGLAB), 28 de noviembre de 2019	Evaluar la calidad del aire (PM10)	Valores de calidad del aire para PM10 en dos puntos AID y AII
12	Conteo estadístico de aves y rastros de fauna, 29 de noviembre de 2019	Evaluar flora y fauna para diagnóstico	Registros representativos en base a metodología propuesta
13	Levantamiento de datos de flora por transectos en AII, 30 de noviembre de 2019	Evaluar flora para diagnóstico	Datos de campo de los transectos en el AII
14	Levantamiento de datos de flora por transectos en AII, 4 de diciembre de 2019	Evaluar flora para diagnóstico	Datos complementarios de transectos en el AII, fotografías y ubicación de puntos de muestreo

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
15	Inspección a la celda de patógenos, 5 de diciembre de 2019	Verificar su funcionamiento y operación	Información visual y objetiva de su manejo. Operación de la celda de patógenos cuando el RSNJ se encuentra en etapa de cierre.
16	Acompañamiento avistamiento de aves, 10 de diciembre de 2019	Establecer el estado biótico del RSNJ	Complementación con datos relevantes
17	Acompañamiento a laboratorio SIM2, 11 de diciembre de 2019	Verificar calidad del aire en los parámetros de partículas biológicas viables, biogás y olores	Dos puntos evaluados para partículas biológicas viables.
18	Acompañamiento a laboratorio SIM2, 23 de diciembre de 2019	Verificar calidad del aire en los parámetros de biogás y olores	Ocho puntos evaluados para partículas biogás y tres olores.
19	Inspección de áreas complementarias operativas del RSNJ, 21 de enero de 2020	Verificar medidas de adecuación del MA	Respaldos fotográficos para describir el cumplimiento o no de las medidas de adecuación.

Fuente: Elaboración propia. Actividades de los especialistas.

Cuadro 3-5 Actividades Ing. Fernando Mauricio Limpias Camacho - Especialista Hidrogeólogo

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
1	Inspección al AID del RSNJ, 6 y 8 de noviembre de 2019	- Apropiar elementos conceptuales generales en la especialidad.	- En el AID se verificó que no tiene sistema de agua de la red. - En el AII existencia de actividad económica (ladrilleras). - Pozos de muestreo de aguas subterráneas inexistentes. - Curso de agua Alpacoma de flujo reducido con alto sedimento. - Vertiente en la parte oeste del RSNJ. - Estanques de acumulación de lixiviados. - Fugas de lixiviados en banquinas. - Escasas canaletas de drenaje pluvial - PTL sin funcionamiento.
2	Acompañar el trabajo de geofísica, 9 de noviembre de 2019	- Conocer perfiles con ubicación de agua subsuperficial, residuos sólidos domésticos y la estructura de las celdas.	- Determinar puntos de agua subterránea para instalar los piezómetros. - Analizar una posible pluma contaminante
3	Coordinar con geología in situ criterios hidrogeológicos, 5 de diciembre de 2019	- Optimizar ubicación de puntos de monitoreo	- Accionar el excavado y/o instalación de piezómetros
4	Buscar alternativas de ubicación de puntos de aguas subterráneas, 9 de diciembre de 2019	- Fijar los puntos	- Acondicionar los seis (6) puntos

5	Colocar los piezómetros, 10 de diciembre de 2019	- Obtener muestras de aguas subterráneas	- Instalados tres (3) piezómetros
6	Colocar los piezómetros, 11 de diciembre de 2019	- Obtener muestras de aguas subterráneas	- Instalados tres (3) piezómetros
7	Iniciar perforación a diamantina de pozo profundo hasta 40 metros, 8 de enero de 2020	Obtener muestra de agua subterránea representativa	Perforación terminada hasta los 36 metros.
8	Desarrollo del pozo profundo, 10 de enero de 2020	Medición del nivel estático y dinámico del agua.	Nivel estático a 1,80 metros y dinámico a 25 metros
9	Desarrollo y limpieza del pozo profundo, 12 de enero de 2020	Medición del nivel estático y dinámico del agua.	Nivel estático a 15 metros y dinámico a 25 metros
10	Colectar la muestra de agua subterránea, 18 de enero de 2020	Analizar en laboratorio acreditado Determinar la posible pluma contaminante	Resultados de análisis químicos Modelar la pluma contaminante

Fuente: Elaboración propia. Actividades de los especialistas.

Cuadro 3-6 Actividades Dra. Deyni Torres Botello - Especialista en Salud

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
1	Reconocimiento e inspección del RSNJ, 16 de septiembre de 2019	- Observar y conocer el funcionamiento del RSNJ	Se conoce el RSNJ y su funcionamiento.
2	Reconocimiento de la zona norte del RSNJ, 18 de septiembre de 2019	- Observar el área y conversar con los vecinos sobre sus problemas relacionados con el RSNJ.	- Se observo el origen de las aguas residuales. - Se inspeccionó la zona de la iglesia y cementerio de Alpacoma. - Se visito el centro de salud de Alpacoma - Se verificó las áreas donde se encuentra basura y vectores (cadáver de can).
3	Reconocimiento de la AII (ladrilleras), 18 de septiembre de 2019	- Inspeccionar el área. - Entablar conversaciones con vecinos.	- Se estableció el alcance del área de las ladrilleras. - Se logró comunicación verbal con los vecinos sobre sus percepciones a vivir cerca al RSNJ, lograr información sobre los posibles efectos por el deslizamiento
4	Visita al centro de Salud de Alpacoma (AII), 9 de octubre de 2019	- Conocer el centro de salud y recabar información sobre el perfil epidemiológico de la zona.	- Sin resultado. A pesar de sostener una conversación con la Dra. Roxana Chambi.
5	Visita a SEDES La Paz – SNIS, se entrega nota solicitando datos de centros de salud	- Recolección de datos estadísticos epidemiológicos.	- Entrevista con el señor Ángel Chapi para la entrega de datos solicitados.

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
	que están ubicados alrededor de Alpacoma, 10 de octubre de 2019		
6	Solicitud de información a la RED 5 – Alto Obrajes, 11 de octubre de 2019	Obtener información de específica de los centros de salud que están alrededor del RSNJ	En entrevista con el señor Juan José Méndez Sánchez quién entregó la información solicitada; después de cuatro visitas.
7	Inspección grupal al RSNJ, 14 de octubre de 2019	Coordinar el trabajo de la Fase 2	Conseguir alcances contextualizados en el Informe Fase 2.
8	Recolectar información de la ONG Sociedad Católica San José. 18 de octubre de 2019	Caracterizar la función socioeconómica de la ONG	Recibir información socioeconómica de la población circundante
9	Colectar de datos de la ONG Sociedad Católica San José, 20 de octubre de 2019	Obtener datos sobre peso y talla de los niños que viven en el área circundante	Información de peso y talla de los niños
10	Encuestas a vecinos en la zona Acermach, 10 de noviembre de 2019	Obtener datos socioeconómicos y salud	Siete encuestas logradas
11	Encuestas a vecinos en la zona Acermach, 20 de noviembre de 2019	Obtener datos socioeconómicos y salud	Seis encuestas logradas
12	Visita al centro de Salud Alpacoma Bajo, 21 de noviembre de 2019	Obtener datos epidemiológicos de la zona	Datos epidemiológicos logrados
13	Colecta de información en AII, 22 de noviembre de 2019	Obtener datos socioeconómicos y salud	Siete encuestas logradas
14	Colecta de información en AII, 25 de noviembre de 2019	Obtener datos socioeconómicos y salud	Cinco encuestas logradas
15	Colecta de información en AII, llenado de encuesta, 26 de noviembre de 2019	Obtener datos socioeconómicos y salud	Seis encuestas logradas
16	Colecta de información en AII, llenado de encuesta, 28 de noviembre de 2019	Obtener datos socioeconómicos y salud	Siete encuestas logradas
17	Inspección al RSNJ, 30 de noviembre de 2019	Disposición de los residuos infecciosos	Muestras fotográficas y videos
18	Colecta de información en AII, 2 de diciembre de 2019	Obtener datos estadísticos, socioeconómicos y de salud en población vecina	Ocho encuestas llenas con información socioeconómica y de salud
19	Colecta de información en AII, 3 de diciembre de 2019	Obtener datos estadísticos, socioeconómicos y de salud en población vecina	Tres encuestas llenas con información socioeconómica y de salud
20	Entrevista en portería del RSNJ a trabajadores, 5 de diciembre de 2019	Obtener datos estadísticos, socioeconómicos y de salud a trabajadores del RSNJ	Siete encuestas llenas con información socioeconómica y de salud
21	Entrevista en portería del RSNJ a trabajadores, 7 de diciembre de 2019	Obtener datos estadísticos, socioeconómicos y de salud a trabajadores del RSNJ	Ocho encuestas llenas con información socioeconómica y de salud

N°	Actividad	Objetivos	Resultados
22	Entrevista en portería del RSNJ a trabajadores, 10 de diciembre de 2019	Obtener datos estadísticos, socioeconómicos y de salud a trabajadores del RSNJ	Siete encuestas llenas con información socioeconómica y de salud
23	Entrevista en portería del RSNJ a trabajadores, 12 de diciembre de 2019	Obtener datos estadísticos, socioeconómicos y de salud a trabajadores del RSNJ	Ocho encuestas llenas con información socioeconómica y de salud

Fuente: Elaboración propia. Actividades de los especialistas

3.4 Evaluación Ambiental del Área de Estudio

En base a las inspecciones al AID del RSNJ podemos concluir con la evaluación ambiental bajo los siguientes criterios:

Cuadro 3-7 Criterios de Evaluación Ambiental

Factores	Parámetros	Resultados de Inspección	Evaluación
Aire	PM10/PST	En las vías de tránsito del RSNJ existe una generación significativa de partículas suspendidas totales y respirables.	Se verificó que se efectúa el riego de forma intermitente de las vías de circulación o alternativamente se coloca ripio para evitar o reducir la generación de polvo.
	Partículas Biológicas Viables (PBV)	Se detectó fugas de lixiviados al pie de las banquinas en distintos lugares. Estas fugas incrementan el flujo de partículas aerotransportables.	El factor aire se encuentra contaminado con particulas aéreas transportables
	Olores	Los olores producidos por la concentración del ácido sulfhídrico (SH_2) en el AID y AII son apreciados con mayor intensidad en las primeras horas de la mañana, con mayor intensidad cuando existe neblina baja.	Esta intensificación de la concentración del SH_2 puede deberse a las fugas de lixiviado del interior del RSNJ y fluyen superficialmente por canales construidos en los pies de las banquinas; debido a la interfase de mayor exposición de líquido en el aire.
	Biogás	Se verificó la existencia de 76 captadores de Biogás, en combustión (25), apagados (39). Con lixiviado (10) e intermitentes (2).	A la fecha los captadores cumple parcialmente su función, se ubican de manera dispersa en las banquinas. Emiten CH_4 y CO_2.
	Ruido	Durante las inspecciones se apreció que no existen ruidos molestos continuos o intermitentes en el AID y AII.	Los niveles de ruido tanto en el AID y AII se estima que no excedan sus límites permisibles en horario diurno.
	Gases de Combustión	A pesar de la cantidad de equipo, maquinaria y carros de transporte de los residuos sólidos domésticos que emplea la operación del RSNJ no se apreció emisiones de gases de combustión de los motorizados.	No se apreció un impacto visual por emanación de gases de combustión, pero estaba comprometido en el Plan de Monitoreo del MA
Aguas	Superficiales	Se verificó el curso de agua superficial Alpacoma desde su nacimiento en la ciudad de El Alto hasta la confluencia con el río Achocalla. Se trata de una quebrada que tiene un caudal de aguas residuales	Las aguas de la quebrada Alpacoma tiene un olor característico de aguas residuales, de caudal variable (promedio 150 l/s). Transporta una alta

Factores	Parámetros	Resultados de Inspección	Evaluación
		provenientes de las descargas de viviendas de esa ciudad.	concentración de SST y otros elementos de que le proporciona un color pardo.
	Subterráneas	Personeros de SIREMU señalaron que los puntos de control para monitoreo de aguas subterráneas fueron colapsados por el deslizamiento.	En dos pozos de 4 metros cada uno se comprobó la existencia de agua subterránea, ambas turbias y de color verdusco.
Flora	Abundancia	En el AID se comprobó escasa vegetación, algunos relictos de cactus y gramíneas. En el AII la flora nativa al Este se encuentra intervenida, al Oeste es muy rala. Existen algunos árboles de eucaliptus en la parte Sur del RSNJ.	Vegetación escasa en el AID. En el AII se comprobó la existencia de vegetación nativa.
Fauna	Abundancia	En el AID se comprobó a simple vista la existencia de aves (gaviotas y marías). En el AII, parte sureste se comprobó la existencia de vizcachas, ratas y microroedores.	El lugar del emplazamiento del RSNJ no es apto por su calidad de suelos, clima y disponibilidad de alimento para la abundancia de fauna.
Suelo	Formación Geológica	El suelo corresponde a la Formación La Paz deslizada y Formación La Paz in situ. La Qda alpacoma tiene afloramientos de la Formación. Sica Sica.	La Formación La Paz está compuesta por alternancias de arcillas, arenas y gravas, los depósitos deslizados de esta formación no presentan características idóneas para el emplazamiento de obras civiles.
Ecología	Vectores	Sólo se comprobó un avistamiento de microroedores. Sin embargo, en el RSNJ conviven gran cantidad de canes que pueden ser temporales, pero se nota grupos que procrean y se desarrollan de manera semisalvaje.	Representa un riesgo para la seguridad de los operadores y habitantes de zonas pobladas cercanas
Socioeconomía	Actividad económica	La parte norte del RSNJ se encuentra poblada con personas que se encuentran dedicadas a la fabricación de ladrillos. La parte sureste en la confluencia de la quebrada Alpacoma con el río Achocalla se verificó pobladores que están dedicados a una agricultura artesanal y a la explotación de áridos del río Achocalla.	Casi la totalidad de las viviendas cuentan con su horno para quemar los ladrillos, no se comprobó su funcionamiento, tampoco la energía que emplean. Al sureste los cultivos están en superficies reducidas regado con aguas del. Río Achocalla.
	Vivienda	Son viviendas precarias de ladrillo visto	Cuentan con energía, agua, pero no tienen alcantarillado.
	Educación	ONG San José Centro de apoyo educativo	Apoyo a niños y jóvenes en reforzamiento académico.
	Salud	Cuentan con dos centros de salud en el AII	Realizan sólo atención primaria
	Servicios básicos	Tienen disponibilidad de agua potable a través de la dotación de cisterna, no de red.	Podría representar un riesgo a la salud.

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 4. Programa de Muestreo de los Factores Ambientales

La implementación del Programa de Muestreo Ambiental corresponde a la Fase 2 de la Auditoría Ambiental (AA) para establecer los lineamientos de obtención de resultados sobre la calidad de los factores ambientales, como aguas (superficiales y subterráneas), calidad del aire: Partículas Menores a 10 micrones (PM10), partículas biológicas viables, biogás, olores y suelos. Además, de muestreos de los factores bióticos en sus componentes flora, fauna (proliferación de vectores) y socioeconómicos.

De acuerdo a los TDR´s desarrollamos el muestreo ambiental de los distintos factores ambientales y sus atributos que los componen. En la presente propuesta de muestreo se logrará cumplir con el marco genérico y específico. Su desarrollo comprende la aplicación del método, procedimiento y protocolo de colecta del muestreo y medición de cada parámetro por laboratorio acreditado, ubicación de los puntos de control; parámetros analíticos que serán utilizados para caracterizar el estado y evolución de dichos factores; niveles de los límites permisibles o referenciales; duración y frecuencia del plan de muestreo.

El muestreo de un sitio potencialmente contaminado por sustancias inorgánicas y/u orgánicas tiene como objetivo la obtención de información sobre la concentración de tales sustancias en cada uno de los factores ambientales predeterminados para su evaluación, de manera que pueda establecerse una comparación con los niveles de referencia propuestos para la protección de la salud humana y los ecosistemas. La importancia del muestreo radica en que la información sobre sustancias contaminantes ha de ser significativa y fiable, de manera que la toma de decisiones sobre el sitio potencialmente contaminado sea adecuada a su particular problemática.

En concreto, la problemática ambiental del Relleno Sanitario Nuevo Jardín (RSNJ) queda referida a los riesgos que existan para la salud humana y la protección de su ecosistema.

Los laboratorios que fueron contratados para llevar a cabo el programa de muestreo son **SGLAB** Inspección y Laboratorio de Calidad para medición de la calidad del aire (PM10), **GreenLab** para colecta y análisis fisicoquímicos de aguas superficiales, subterraneas y suelos (durante el transcurso del tiempo de duración de la Fase 2, cambio su razón social a TresRios Laboratorio Ambiental), además del laboratorio **SI2M**, Ingeniería que evaluó partículas biológicas viables, biogás y olores. (Ver Anexos, Tomo I, Anexo 4, Resultados de Laboratorio).

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo General

Realizar todos los estudios, análisis, mediciones y evaluaciones de campo que se requieran para el cumplimiento de los objetivos y alcance de los términos de referencia, generando documentos de respaldo, los cuales serán emitidos y firmados por profesionales y laboratorios acreditados para tal fin.

4.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar toma de muestras representativas de los factores ambientales aguas superficiales y subterráneas, calidad del aire (PM10 y partículas biológicas viables), suelo, flora, fauna, ecológicos (vectores) y socioeconómicos.
- Contratar laboratorios acreditados para el logro del objetivo general.
- Conocer las condiciones actuales de la calidad ambiental de cada uno de los factores evaluados con base a los resultados de laboratorio.
- Disponer de parámetros indicadores de una posible contaminación ambiental.

Los grados de significación y fiabilidad de la información a obtener en el sitio potencialmente contaminado están estrechamente relacionados con la adecuación del muestreo a las peculiares características ambientales del sitio. Esto es así porque dependiendo del muestreo, el valor estadístico obtenido para cada contaminante reflejará con mayor o menor precisión el valor real existente en el sitio. Por tanto, la selección del procedimiento de muestreo es crucial, y de él depende en gran medida que las decisiones tomadas sobre un sitio potencialmente contaminado sean eficaces para abordar y solucionar su problemática.

4.2 Agua superficial

Dentro de las áreas AID y AII contamos con dos cursos de agua superficial, la quebrada Alpacoma y el río Achocalla. La calidad de estos dos cursos de agua superficial será referencial para determinar un posible grado y alcance del impacto ambiental debido al RSNJ o alternativamente desechar su influencia incremental de un aporte de carga másica. Ambas posibilidades serán hallazgos con la evaluación de resultados históricos y actuales que se desarrolla en otro título de la presente AA.

4.2.1 Metodología de Muestreo de Aguas Superficiales

Este procedimiento define la toma de muestras, la preparación, el transporte y preservación de todo tipo de aguas corrientes. El muestreo de aguas superficiales servidas es objeto del procedimiento PT-L04.

El muestreo en aguas superficiales o corrientes puede ser afectado por diferentes factores. Entre estos se consideran condiciones meteorológicas e hidrológicas, o también condiciones de mezclas incompletas debajo de dos corrientes.

4.2.1.1 Equipos

- Envases para las muestras, blanco y algunos envases adicionales en caso de ruptura o muestras duplicadas.
- Termómetro.
- Sistema de refrigeración (caja térmica con hielo y/o cooler)
- Medidores de campo de pH, conductividad.
- Cronómetro.
- Sistema de Posición Geográfica (GPS)

- Accesorios, tales como: toalla, papel absorbente, gancho para levantar tapas de registro, martillo, soga y soguilla, lastres, bolsas de plástico, linterna, baterías, cinta engomada, etc.
- Ropa de protección, como: mandiles, guantes, botas, mascarilla, lentes, correas y cascos.

4.2.1.2 Reactivos

- Preservantes.
- Ácido nítrico (HNO_3), para preservación de muestras para metales.
- Disoluciones amortiguadoras de pH nominal cercano a 4, 7 y 10, cuyo valor de pH.
- Solución de KCl 1413 ± 10 µS/cm para la calibración del equipo de medición de conductividad electrolítica.
- Agua desionizada para enjuaguar el equipo

4.2.1.3 Procedimiento

4.2.1.3.1 Preparación de Envases para Toma de Muestras: Análisis físico-químicos

Los envases podrán ser de plástico o vidrio, debe lavarse perfectamente y enjuagarse con agua destilada o desionizada preferiblemente refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible.

P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; V(A) o P(A) = enjuagado con HNO_3

1+1; V (B) = vidrio, enjuagado con solventes orgánicos o secado en estufa.

4.2.1.3.2 Procedimiento para Toma de Muestra

- Antes de la colecta, el envase debe enjuagarse con la misma calidad de agua que serán colectadas al menos tres veces.
- El muestreo debe realizarse cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.
- En captación de un cuerpo de agua superficial, tanque de almacenamiento, pozo somero o fuente similar, debe manejarse el envase siguiendo las indicaciones anteriores.

4.2.1.4 Manejo de las Muestras

Las muestras tomadas como se indican deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo para su transporte al laboratorio, de preferencia a una temperatura entre los 4 y 10ºC, cuidando de no congelar las muestras. (Ver Anexos, Tomo I, Anexo 5, Protocolos de Laboratorio).

El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el análisis es:

- Para análisis bacteriológico 24 horas (algunos gérmenes y pueden reproducirse después de 6 horas).
- Para análisis físico-químico, el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro.

4.2.1.5 Identificación, Control de Muestras y Análisis

Para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:

- Código de muestra para identificar la muestra, nombre del recolector,
- Fecha y hora de muestreo y preservación realizada.

Para el control de la muestra debe llevarse un registro con los datos indicados en la etiqueta del frasco o envase referida con la siguiente información:

- Identificación del punto o sitio de muestreo.
- Fecha y hora de recolección
- Temperatura ambiente y temperatura del agua, pH, tipo de análisis a efectuar.
- Distribución y método de transporte de la muestra (tal como mapas o fotografías del sitio de muestreo).
- Técnica de preservación empleada.
- Observaciones relativas a la toma de muestra, en su caso Nombre y firma de la persona que realiza el muestreo.

En la planilla de muestreo se debe registrar el control y vigilancia de las muestras con la siguiente información:

- Identificación del número de la muestra.
- Firma del recolector.
- Fecha y hora de sito de muestreo.
- Tipo de muestra.
- Firma del personal encargado del proceso de control, vigilancia, posesión de muestras y fechas correspondientes.

4.2.1.6 Transporte y entrega de muestras en el Laboratorio:

- La entrega de la muestra debe ser entregada en un transcurso de 24 horas como máximo.
- Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio
- El recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control en la Planilla de Trabajo.
- Fecha y hora de entrega y número de código de la muestra.

En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable. Incluir el formato de la compañía transportadora y el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra.

4.2.2 Selección de los Puntos de Muestreo Aguas Superficiales

La selección de los puntos de muestreo fue definida teniendo en cuenta su ubicación histórica en los Informes de Monitoreos Ambiental (IMA´s). El criterio oficial de los puntos de muestreo está sustentado en que son oficiales aprobados por la AAC y concluye en que son representativos de lugares más susceptibles a la contaminación. Los dos cursos de agua superficial tienen un caudal constante y

son representativos de la calidad hídrica del área de estudio. Además, se utiliza el criterio de considerar esas ubicaciones porque contendrían concentraciones máximas relacionadas con la fuente contaminante (RSNJ) o su afectación a la salud del personal operativo. En la Tabla 4-1 y la Ilustración 4-1 se dispone la información numérica y visual de los puntos de muestreo de aguas superficiales.

Se colectaron cinco (5) muestras de aguas superficiales. Tres (3) sobre el curso de agua Alpacoma y dos (2) sobre el río Achocalla.

Tabla 4-1 Aguas Superficiales – Ubicación Georeferenciada de puntos de muestreo

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AG-01 AA ALPA	592976	8168862	3435	19
2	AG-02 AA ALPA	593339	8168491	3395	
3	AG-03 AA ALPA	594837	8168646	3359	
4	AG-04 AA ACHO	594870	8168560	3365	
5	AG-05 AA ACHO	595035	8168575	3336	

Fuente: Elaboración propia.

.

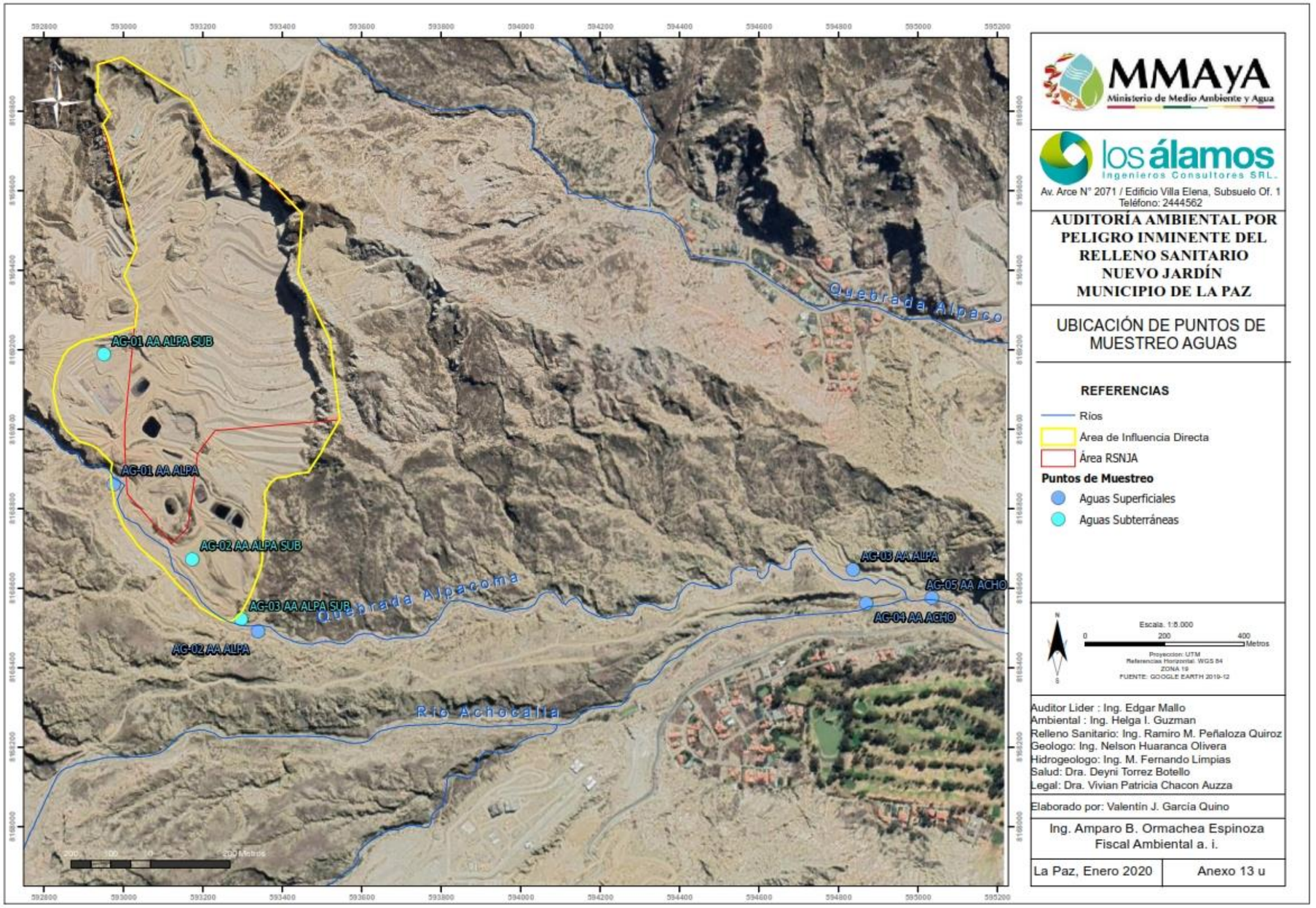


Ilustración 4-1 Puntos de Muestreo de Aguas Superficiales y Subterráneas
Fuente: Elaboración propia

Los códigos que se utilizaron para las aguas de ambos cursos de agua superficiales fueron:

Cuadro 4-1 Códigos y Descripción Muestras Aguas Superficiales

N°	CODIGO	DESCRPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	AG-01 AA ALPA	50 m aguas arriba del RSNJ, límite sudoeste, sobre el curso de agua superficial Alpacoma
2	AG-02 AA ALPA	100 m aguas debajo de influencia de RSNJ
3	AG-03 AA ALPA	130 m (aprox.) aguas arriba sobre el Alpacoma antes de la confluencia con el río Achocalla
4	AG-04 AA ACHO	100 m aguas arriba sobre el río Achocalla antes de la confluencia con el curso de agua superficial Alpacoma.
5	AG-05 AA ACHO	80 m (aprox.) aguas abajo sobe el río Achocalla después de la confluencia con el curso de agua superficial Alpacoma.

Fuente: Elaboración propia en base al DBC

4.2.3 Parámetros Analíticos: Aguas Superficiales

Los parámetros analíticos establecidos por el DBC de la consultoría son los siguientes:

Cuadro 4-2 Parámetros Analíticos

No	Parámetro	No	Parámetro
01	Cianuros	*11*	Manganeso
02	Cloruros	*12*	pH
03	Conductividad Eléctrica	*13*	Plomo
04	DBO_5	*14*	Sodio
05	DQO	*15*	Solidos Totales
06	Fosforo Total	*16*	Sólidos Suspendidos Totales
07	Grasas y Aceites	*17*	Sulfatos c. SO_4
08	Hierro	*18*	Sulfuro Total
09	Nitratos	*19*	Mercurio
10	Nitrógeno Amoniacal	*20*	Nitritos

Fuente: DBC de la AA.

Los resultados en concentración (mg/l) de cada parámetro evaluado proporcionarán información sobre la calidad de las aguas superficiales de cada uno de los cursos de aguas superficiales que se encuentran en las áreas directa e indirecta al RSNJ.

4.2.4 Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales

Los niveles de los Límites Permisibles para la calidad hídrica fueron dispuestos por el Decreto Supremo N° 24176 de 8 de diciembre de 1995, Reglamentos a la Ley de Medio Ambiente con su Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH). También podríamos emplear valores referenciales límites de otros países o normas que podrán ser utilizados en caso de que la normativa ambiental boliviana no lo considere como tal.

Para establecer los niveles de los Límites Permisibles (LP) aplicables a la presente AA, se considera el Título I, Capítulo III, artículo 5 del RMCH. En consecuencia, los valores son los que se describen en la Tabla 4-2:

Tabla 4-2 Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores

Norma Parámetros	Unidades	Clase D
pH	Escala	6 - 9
Conductividad In Situ	µS/Cm	ND
DBO_5	mg/l	<30
DQO	mg/l	<60
Cloruros	mg/l	500
Sulfatos	mg/l	400
Nitritos	mg/l	1.0
Nitratos	mg/l	50
Sólidos Totales	mg/l	ND
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	60
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	2.0
Fósforo Total	mg/l	0.32
Sulfuro Total	mg/l	1.0
Cianuros	mg/l	0.10
Aceites y Grasas	mg/l	1.0
Hierro	mg/l	1.0
Manganeso	mg/l	1.0
Plomo	mg/l	0.1
Sodio	mg/l	200
Mercurio	mg/l	0.001

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH). Anexo A-1.

Estos valores, así como los referenciales que podrán ser empleados, servira para determinar por comparación, la calidad hídrica de los dos cuerpos de agua superficial Alpacoma y Achocalla medidos y evaluados. Además, se genera índices de calidad denominados Valor Relativos (VR) para cada compuesto químico, por relación del resultado obtenido por laboratorio entre el límite permisible.

4.2.5 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo

De acuerdo a la planificación, Trabajo de Campo efectuada por Los Álamos IC SRL, la duración del muestreo de los factores ambientales es de aproximadamente diez días para la colecta de muestras de flora, fauna, aguas superficiales, subterráneas, suelos, calidad del aire (PM10) y partículas biológicas viables, vectores y encuestas socioeconómicas.

La frecuencia del muestreo y la entrega de información a la AAC son por única vez.

4.3 Agua Subterránea

Se confirma que el trabajo de campo para esta fase se inició el 2 de noviembre de 2019 en el área del RSNJ, donde se verificó la existencia dos pozos excavados para muestreo de aguas subterráneas, con una profundidad de 5 metros.

4.3.1 Metodología de Muestreo de Aguas Subterráneas

La metodología aplicable es la misma que para las aguas superficiales (Tabla 4-3).

Tabla 4-3 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AG-01 AA ALPA SUB	592951	8169187	3511	19
2	AG-02 AA ALPA SUB	593174	6168673	3385	19
3	AG-03 AA ALPA SUB	593297	8168521	3400	
4	AG-04 AA ALPA LIX	593312	8169110	3532	

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo

Los códigos y descripción que se utilizaron para las aguas subterráneas fueron (Cuadro 4-3):

Cuadro 4-3 Códigos y Descripción Muestras Aguas Subterráneas

N°	CODIGO	DESCRPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	AG-01 AA ALPA SUB	Piezómetro ubicado cerca de EG-10 con una profundidad de 5 m. Agua a 34 m desde la superficie.
2	AG-02 AA ALPA SUB	Piezómetro ubicado en la última banquina al sur del RSNJ de una profundidad de 36 m. Agua a 8.20 m desde la superficie.
3	AG-03 AA ALPA SUB	Pozo excavado por el GAMLP de una profundidad de 5,20 m con agua en el fondo, ubicado al sudeste del RSNJ.

Fuente: Elaboración propia en base al DBC.

Adicionalmente a las muestras colectadas se tomó una adicional del lixiviado que aflora en la banquina N° 1. Los resultados del análisis fisicoquímico practicado sirven de referencia para valorar su calidad y como fuente de una posible contaminación e impacto sobre el medio ambiente según:

Tabla 4-4 Códigos y Descripción Muestra de Lixiviado

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AG-04 AA ALPA SUB	593312	8169110	3532	19

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

Cuadro 4-4 Códigos y Descripción Muestra de Lixiviado

N°	CODIGO	DESCRPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	AG-04 AA ALPA SUB	Banquina N° 1 del RSNJ, al pie del talud.

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

4.3.2 Selección de los Puntos de Muestreo Aguas Subterráneas

La selección de los puntos de muestreo debe estar definida teniendo en cuenta su ubicación histórica en los Informes de Monitoreo Ambiental (IMA´s), sin embargo, el DBC establece de manera condicional que se llevará a cabo el muestreo de aguas subterráneas *"en los pozos ubicados al interior del RSNJ, y a la altura de los estanques EG 7, 8 y 9, verificar la presencia de napa freática, en caso de encontrar agua subterránea se debe proceder a la medición de los siguientes parámetros"* (textual).

4.3.3 Parámetros Analíticos: Aguas Subterráneas

Los parámetros analíticos establecidos por el DBC de la consultoría son los siguientes:

Cuadro 4-5 Aguas Subterráneas – Parámetros Analíticos

No	Parámetro	No	Parámetro
01	Cianuros	*11*	Manganeso
02	Cloruros	*12*	pH
03	Conductividad Eléctrica	*13*	Plomo
04	DBO_5	*14*	Sodio
05	DQO	*15*	Solidos Totales
06	Fosforo Total	*16*	Sólidos Suspendidos Totales
07	Grasas y Aceites	*17*	Sulfatos c. SO_4
08	Hierro	*18*	Sulfuro Total
09	Nitratos	*19*	Mercurio
10	Nitrógeno Amoniacal	*20*	Nitritos

Fuente: DBC de la AA.

Los resultados en concentración (mg/l) de cada parámetro evaluado proporcionarán información sobre la calidad de las aguas subterráneas que se encuentran en el área directa del RSNJ.

4.3.4 Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales

Los niveles de los límites permisibles que se utilizarán para establecer una calidad hídrica de las aguas subterráneas serán los mismos que para las aguas superficiales. El criterio es la ausencia de normativa específica para este fin. Entonces, emplearemos esos límites permisibles como referenciales.

4.3.5 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo

De acuerdo a la planificación, Trabajo de Campo efectuada por Los Álamos IC SRL, la duración del muestreo de los factores ambientales es aproximadamente diez días para la colecta de muestras de flora, fauna, aguas superficiales, subterráneas, suelos, calidad del aire (PM10) y partículas biológicas viables, vectores y encuestas socioeconómicas.
La frecuencia del muestreo y la entrega de información a la AAC serán por única vez.

4.4 Calidad del Aire

La importancia de medir la calidad del aire en el Relleno Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma reviste un alto nivel de jerarquía. Para lograr una evaluación sistémica de la calidad del aire se requiere una planificación integral, plazos y presupuesto, acordes a los objetivos y tiempos de al menos un par de años, teniendo en cuenta, que representa un problema de salud ambiental, no sólo para los operadores, sino para entorno ambiental circundante; tanto directo como indirecto.

Para efectos de la AA los plazos son extremadamente cortos y la medición, análisis y evaluación esta centrada en los parámetros: Partículas Menores a 10 micrones (PM10), biológicas viables (PBV), biogás y olores. Entonces este alcance limitativo nos permitirá evaluar la calidad del aire solamente con las cuatro parametros.

4.4.1 Metodología de Muestreo de la Calidad del Aire

4.4.1.1 Partículas Menores a 10 Micrones (PM10)

Consiste en el muestreo de material particulado de PM10. El muestreador de aire situado correctamente en el lugar de medición extrae un volumen de aire ambiente en un alojamiento cubierto que atraviesa por un filtro durante un periodo de muestreo de 24 horas.

El procedimiento que se lleva a cabo desde el transporte del equipo y accesorios que deben ser instalados en lugares donde no sufran daños. Se debe verificar el funcionamiento de la bomba, carga de las baterías y la selección del lugar de muestreo debe ser seguro.

Se debe pasar el filtro antes y después del muestreo. Para el muestreo se debe contar con información preliminar como las características de los procesos y operaciones, se registra el nombre de la empresa, descripción del lugar y se anota las coordenadas del punto de muestreo.

La instalación o montaje del equipo se lleva a cabo en un lugar abierto, lejos de objetos que obstruyan la circulación del aire y la entrada del muestreador debe estar a 1,5 metros por encima del nivel del suelo; se debe utilizar pinza para la manipulación del filtro, desajustar el porta filtro y el filtro no debe tener perforaciones, partículas y otras imperfecciones.

Para el encendido y programación del equipo se debe verificar la fecha y hora, seleccionar el programa donde se tiene día de inicio y la hora, registrar el día y la hora de inicio y final, se regula el flujo de entrada del aire a 3,75 l/min para una altura de 3500 a 4500 msnm.

A las 24 horas de medición se retira el filtro con una pinza, se abre la caja Petri y se guarda el filtro. Se registran los datos como temperatura promedio (°C), presión atmosférica (mm Hg) y el caudal ambiental de muestreo (m^3/h).

La metodología que se aplica es la Norma Boliviana NB 62014 Calidad del Aire – Determinación de material Particulado en suspensión con diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 y 2,5 micrones (PM10 y PM2,5) – Muestreo activo – Método gravimétrico.

4.4.1.2 Partículas Biológicas Viables (PBV), Biogás y Olores

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. La presencia de uno u otro tipo depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia del microorganismo. Algunos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas, pero los más frecuentes son las formas esporuladas, ya que las esporas son metabólicamente menos activas y sobreviven mejor en la atmósfera porque soportan la desecación. En el aire se aíslan frecuentemente bacterias esporuladas de los géneros Bacillus, Clostridium y Actinomicetos. Entre las bacterias también son muy frecuentes los bacilos pleomórficos Gram positivos (*Corynebacterium*) y los cocos Gram positivos (*Micrococcus y Staphylococcus*).

Los bacilos Gram negativos (*Flavobacterium, Alcaligenes*) se encuentran en menor proporción y disminuyen con la altura. Cladosporium es el hongo que predomina en el aire, tierra y mar, aunque también es frecuente encontrar otros mohos como *Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Mucor*. Los virus

también pueden encontrarse en el aire y ser transportados por él. Numerosos virus humanos (*Orto y Paramixovirus, Poxvirus, Picornavirus*) se transmiten por vía respiratoria, principalmente en ambientes cerrados y pueden formarse bioaerosoles de virus entéricos en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, pueden encontrarse virus de vegetales en aerosoles procedentes de plantas infectadas.

La evaluación de la calidad del aire, respecto a la presencia de partículas viables se efectua empleando medios de cultivo. En cada punto de estudio, se expone, tres cajas Petri, preparadas para la determinación de: Recuento Total de bacterias Mesófilas Totales, Recuento de Hongos, y Salmonella. El tiempo de exposición es de 30 minutos, tiempo obtenido por experiencia del personal técnico que aplica dicho procedimiento en otro relleno sanitario.

Cuadro 4-6 Procedimiento, normas y equipos a ser empleados

<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Procedimiento</th><th>Norma/Método de Referencia</th><th>Equipo</th></tr>
<tr>
<td>Biogás – Flujo</td>
<td>Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrico del gas en ductos o chimineas pequeñas (Tubo Pitot estánda

r)</td>
<td><u>NORMA BOLIVIANA NB 760</u>
MONITOREO AMBIENTAL EN RELLENOS SANITARIOS
Para asegurar la adecuada operación de un sitio de disposición final, en las poblaciones que operen rellenos sanitarios independientes del tamaño de su población, se deberá instrumentar un programa de monitoreo ambiental, que incluya la medición y control de los impactos generados en el sitio de disposición final.
Monitoreo de biogás
Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que especifique los parámetros a determinar, así como la frecuencia de muestreo, de acuerdo al siguiente cuadro:
<table>
<tr><th>PARAMETRO</th><th>FRECUENCIA</th></tr>
<tr><td>Composición de BIOGAS: CH_4, CO_2, O_2, N_2.</td><td>Bimestral</td></tr>
<tr><td>Explosividad y toxicidad</td><td>Mensual</td></tr>
<tr><td>Flujo</td><td>Mensual</td></tr>
</table>
Método 2C - EPA – Determinación de la velocidad de gas y flujo volumétrico tarifa en pequeñas pilas o conductos (TUBO DE PITOT ESTANDAR)
Alcance y aplicación</td>
<td>Micro manómetro TSI
Micro manómetro digital de tamaño compacto y ligero para mediciones precisas de presión diferencial y presión estática en sistemas de ventilación. Este equipo es perfecto para pruebas y puesta en marcha de sistemas HVAC, balanceo, medición trasversa de ductos con tubos Pitot entre otros.</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Procedimiento</th><th>Norma/Método de Referencia</th><th>Equipo</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>1.1 Este método es aplicable para la determinación de la velocidad promedio y el caudal volumétrico
de corrientes de gas en pequeñas pilas o conductos. Los límites en la aplicabilidad de este método son idénticos a los establecidos en el Método 2, Sección 1.0, excepto que este método se limita a la fuente estacionaria pilas o conductos de menos de aproximadamente 0,30 metros (12 pulg.) de diámetro o 0,071 m2 (113 in.2) en un área transversal, pero igual o mayor que aproximadamente 0,10 metros (4 pulgadas) de diámetro, o 0,0081 m2
(12.57 in.2) en el área de la sección transversal.</td><td></td></tr>
<tr><td>Biogás
Composición, Explosividad</td><td>Medición por Método Infrarrojo No Dispersivo (IRND).
Determinación de concentraciones de oxígeno y bióxido de carbono en emisiones de fuentes estacionarias (Procedimiento del analizador instrumental)</td><td><u>NORMA BOLIVIANA NB 760</u>
MONITOREO AMBIENTAL EN RELLENOS SANITARIOS

Para asegurar la adecuada operación de un sitio de disposición final, en las poblaciones que operen rellenos sanitarios independientes del tamaño de su población, se deberá instrumentar un programa de monitoreo ambiental, que incluya la medición y control de los impactos generados en el sitio de disposición final.
Monitoreo de biogás
Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que especifique los parámetros a determinar, así como la frecuencia de muestreo, de acuerdo al siguiente cuadro:
<table><tr><td>PARAMETRO</td><td>FRECUENCIA</td></tr><tr><td>Composición de BIOGAS: CH_4, CO_2, O_2, N_2.</td><td>Bimestral</td></tr></table></td><td>Analizado de Biogás CUBIC 3200 L

Gasboard 3200L biogás infrarrojo
El analizador funciona con una batería de iones de litio y se puede usar sin corriente alterna suministro. Se puede usar para medición de la concentración de CH_4, CO_2, SH_2 y O_2 en gases de muestra simultáneamente. Se basa en la fuente única dos haces no método de dispersión infrarroja (NDIR) para CH_4, CO_2, método de pila de combustible (ECD) para SH_2 y O_2. La aplicación general es vertedero, digestión anaerobia y otros Procesos de fermentación.</td></tr>
</table>

Parámetro	Procedimiento	Norma/Método de Referencia	Equipo
		Explosividad y toxicidad — Mensual Flujo — Mensual **METODO 3 – EPA** Determinación de concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en emisiones de fuentes estacionarias (procedimiento de analizador instrumental)	
Material particulado (viables)	Determinación de la concentración de material particulado viable en cajas Petri. Determinación en Laboratorio Microbiológico.	**No hay métodos**	**Caja Petri, medio de cultivo, instrumental de laboratorio** La **Caja Petri o Placa de Petri** es un instrumento de laboratorio el cual puede ser de cristal o de plástico, se utiliza en los laboratorios principalmente para el cultivo de bacterias, mohos y otros microorganismos, soliéndose cubrir el fondo con distintos medios de cultivo (por ejemplo agar) según él microorganismo que se quiera cultivar. El medio de cultivo, es el material alimenticio en el que crecen los microorganismos.
Condiciones meteorológicas	Instrumental	**No aplica**	**ANEMOMETRO SM-28 SKYMASTER** El medidor de tiempo portátil muestra la velocidad del viento, la temperatura, el enfriamiento del viento, la humedad relativa, el punto de rocío, la presión barométrica, la altitud y el índice de calor.
Olores	Método Dinámico, Modelo de dispersión de la EPA	**Modelo SCREEN 3**	**GASALERTMICRO BW**

Parámetro	Procedimiento	Norma/Método de Referencia	Equipo
			Es un detector de gas portátil compacto con una gran pantalla LCD. Puede monitorizar el CO, H2S, O2 y gases combustibles simultáneamente. El instrumento dispone de dos alarmas instantáneas con avisador/visual y los indicadores de vibradores, batería recargable, y la sencillez de uso. Este pequeño clip de cinturón-style instrumento pesa 211 gramos. Está diseñado para ser intrínsecamente seguro. Características: 1. Alta sensibilidad y alta precisión 2. La concentración de gas de forma continua y la composición de la pantalla LCD de visualización en tiempo real 3. Alarmas audibles vibración visual 4. Dos etapas (Alta/Baja) los valores de ajuste de alarma pueden ser cambiados 5. Calibración simple 6. Totalmente funcional autodiagnóstico 7. La capacidad de

Parámetro	Procedimiento	Norma/Método de Referencia	Equipo
			protección de contraseña: Sólo el usuario autorizado puede modificar el parámetro preestablecido

Fuente: SI2M Ingeniería, Ing. Ramiro Rodríguez.

El procedimiento para determinar los efectos de sustancias odoríferas en el perímetro del relleno sanitario, involucra la medición directa de las principales fuentes de emisión de SH_2 y mediante el empleo de un software de modelación de la dispersión del compuesto químico, determinar la concentración a diferentes distancias, desde el punto de emisión principal. Este procedimiento es conocido como procedimiento dinámico.

Con el uso de equipo ***GASALERTMICRO BW*** como instrumento de medición, con bomba de aspiración de flujo estandarizado se realizan mediciones en áreas específicas del relleno sanitario. En cada punto se mide la concentración de sulfuro de hidrógeno expresado en ppm. Dichos valores son expresados en concentración de emisión de fuente de aérea, considerando el aérea de la principal fuente de emisión, altura, flujo y velocidad.

Las condiciones meteorológicas imperantes en el lugar, pueden promover el desplazamiento de los contaminantes hacia fuera del relleno sanitario, de manera preferencial en la dirección predominante de viento. Una vez determinada la cantidad de emisión de sulfuro de hidrógeno, expresado en $g/s\text{-}m^2$, con el empleo del modelo de dispersión gaussiano, se determina la concentración a diferentes distancias de la fuente.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos emplea modelos matemáticos para cuantificar la concentración de contaminantes en varios escenarios. Siendo que no existen edificaciones ni centros poblados de manera próxima al relleno sanitario, se emplea el sistema de modelación simple.

El valor final, es comparado con el valor reglamentado del Anexo 2, del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica que, aunque no es un límite aplicable a olores, señala la máxima concentración permisible de SH_2 en el aire público.

4.4.2 Selección de los Puntos de Muestreo: PM10, PBV, BIOGAS Y OLORES

Los criterios que se emplean para la selección de los puntos de muestreo o medición de la calidad ambiental del aire en el parámetro PM10 (partículas menores a 10 micrones), se basan en la posible afectación a la salud de los trabajadores en el área administrativa y en la posible afectación a población circundante, puntos AI-01 AA ALPA y AI-02 AA ALPA.

Con un criterio similar al que se seleccionó el punto de muestreo de PM10, se establece los puntos de muestreo para las Partículas Biológicas Viables (PBV). Se decide valorar a las PBV en dos puntos, el primero, en pleno Relleno Sanitario (Celda 4, lugar de mayor emisión de PBV) y el segundo en la Administración de RSNJ, que representa una probable afectación a los operadores y personal profesional.

Sus coordenadas se establecen según:

Tabla 4-5 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo PM-10

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AI-01 AA PM10	593041	8169668	3503	19
2	AI-02 AA PM10	592700	8170466	3659	

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo

Cuadro 4-7 Códigos y Descripción del lugar de Muestreo PM10

N°	CODIGO	DESCRPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	AA-01 AA ALPA SUB	Ubicado en el área Administrativa de oficinas de SIREMU en el RSNJ
2	AA-02 AA ALPA SUB	Ubicado sobre la vía de acceso principal al RSNJ. Lugar poblado por actividades de fabricación de ladrillos

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo

Tabla 4-6 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo PBV

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AI-01 AA PVB	593121	8169701	3669	19
2	AI-02 AA PVB	593276	8169440	3587	

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

La selección de los puntos de control de las emisiones del biogás también se basa en los mismos criterios que los explicados para PM10 y PBV; en fuente de emisión y la posible afectación o impacto a los trabajadores. Se selecciónó ocho (8) puntos que se identifican en la Ilustración 4-2. Los captadores de biogás se encuentran ubicados en:

Tabla 4-7 Coordenadas Ubicación Puntos de Muestreo Biogás

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AI-01 AA BIO	593308	8169404	3578	19
2	AI-02 AA BIO	593338	8169382	3584	
3	AI-03 AA BIO	593355	8169355	3578	
4	AI-04 AA BIO	593355	8169185	3536	
5	AI-05 AA BIO	593371	8169190	3538	
6	AI-06 AA BIO	593418	8169198	3540	
7	AI-07 AA BIO	593362	8169097	3517	
8	AI-08 AA BIO	593326	8169093	3517	

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se selecciona los puntos de control para los olores, del primero al tercero dentro del RSNJ. Los puntos de evaluación del olor son:

Tabla 4-8 Coordenadas Ubicación Puntos de Muestreo Olor

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84			
		ESTE	NORTE	ALTURA, m	ZONA
1	AI-01 AA OL	593440	8169198	3556	19
2	AI-02 AA OL	593324	8169180	3551	
3	AI-03 AA OL	593404	8169222	3552	

Fuente: Elaboración propia.

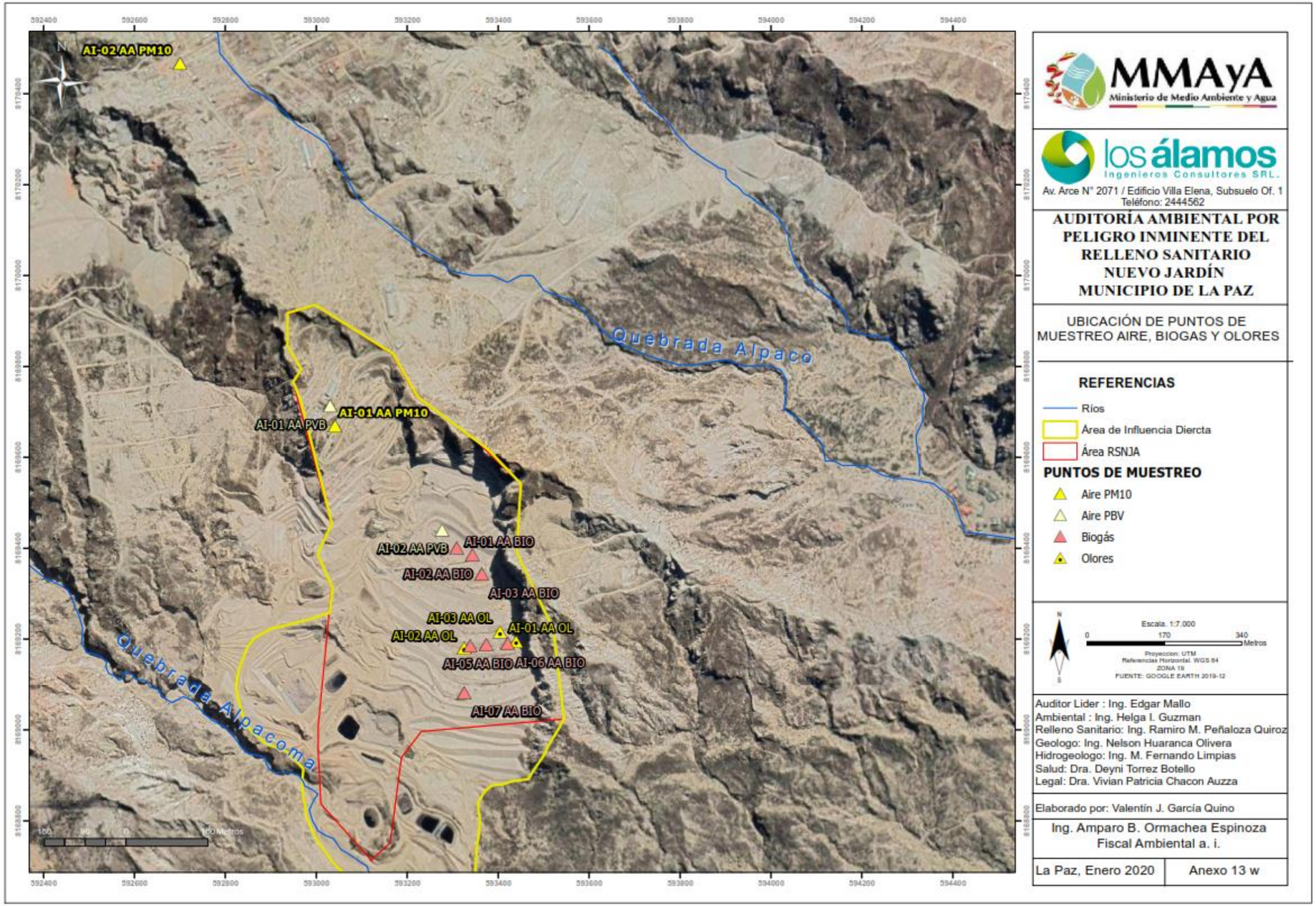


Ilustración 4-2 Mapa de Puntos de Muestreo de Aire, Biogas y Olores
Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Parámetros Analíticos: PM10, PBV, BIOGÁS Y OLOR

Los parámetros analíticos establecidos por el DBC de la consultoría son los siguientes:

Cuadro 4-8 Calidad del Aire - Parámetros

N°	PARAMETROS
1	Partículas Menores a 10 Micrones,
2	Partículas Biológicas Viables. Recuento Total de Bacterias, Hongos y Salmonela
3	Biogás: Flujo, Composición y Explosividad
4	Olor: Concentración de SH_2

Fuente: Elaboración propia.

Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales

El parámetro analítico para la calidad del aire está establecido en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA), Anexo 1 como se detalla:

Cuadro 4-9 Límites Permisibles de Calidad del Aire

Productos secundarios	Valor de Concentración	Periodo y caracterización estadística
Partículas Menores de 10 Micras (PM-10)	150 µg/m^3 50 µg/m^3	24 horas Media geométrica anual

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica, Anexo 1.

Por su parte, los Límites Permisibles para las Partículas Biológicas Viables (PBV, Pierre Boutin) son referenciales y aceptados como tales en los Informes de Monitoreo Ambiental (IMA's), razón por la cual se emplean como Límites Referenciales de acuerdo a la siguiente escala:

Cuadro 4-10 Límites Referenciales Permisibles Partículas Biológicas Viables

UFC, m^3	Cantidad
Menor a 200	No contaminado
De 200 hasta 800	Ligeramente contaminado
De 801 hasta 2500	Contaminado
De 2501 hasta 8000	Muy contaminado
Mayor a 8000	Fuertemente contaminado

Fuente: Informes de Monitoreo Ambiental del RSNJ.

Los límites permisibles para el biogás no son aplicables bajo norma alguna. Por su parte, el límite permisible para el olor es la concentración del sulfuro de hidrógeno (SH_2) con un valor de 150 µg/m^3.

4.4.4 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo

La duración de la medición de la calidad del aire para el parámetro PM10 es de 24 horas para cada uno de los dos puntos seleccionados, tanto en el área de influencia directa como indirecta. Esta valoración se realiza utilizando equipos TAS (**T**ask **A**ir **S**ampler) de mediano volumen, se realiza en un solo día en los dos lugares georeferenciados.

Con el mismo concepto se lleva a cabo la valoración de la PBV en otros dos lugares, ubicados, el primero dentro del RSNJ y el segundo en el área de Administración del Relleno en coordenadas georeferenciadas.

Para la medición de las características del biogás, se realizan durante un tiempo de tres horas en siete (7) puntos de control. La evaluación de la concentración de olores (SH_2) se lleva a cabo en dos (2) lugares, tomando un tiempo de dos horas.

4.5 Suelos

Realizar calicatas en suelo firme (al menos 3, en orientación de la Macrocelda 4 hacía el río Alpacoma) de una profundidad de 3 metros y ejecutar muestreo por cuarteo en cada horizonte de suelo identificado.

La descripción y su evaluación de la calidad de los suelos en los tres (3) pozos de muestreo son idénticos y corresponden a arenas, arcillas y limos de color marrón con presencia de materia orgánica y antrópico. Con excavaciones de un metro de largo por 70 cm de ancho, aireados y sin verificar humedad o agua en la base de los mismos.

4.5.1 Metodología de Muestreo

Este procedimiento define la toma de muestra, la preparación, el transporte y preservación de suelos.

El muestreo de suelos en un procedimiento para la obtención de una o más muestras representativas en un terreno. El muestreo se realiza en base en los parámetros a ser evaluados.

Previamente a la colecta de la muestra del suelo el Especialista Geólogo realiza una evaluación geológica para determinar la heterogeneidad u homogeneidad de las calicatas de muestreo. En base a esta evaluación in situ se obtiene una muestra de la primera calicata; dos de la segunda y dos de la tercera.
La metodología específica que se considera para la toma de muestra fue colectar la misma de la base de la calicata a una profundidad de 3 m, muestra compuesta por cuarteo hasta lograr un peso aproximado de 1 kilogramo. En el caso de la colecta de dos muestras en las calicatas 1 y 2 se identifican dos horizontes de donde se extraen la misma cantidad de muestras.

4.5.2 Selección de los Puntos de Muestreo

Se seleccionan tres (3) puntos de muestreo (Ilustración 4-3), tal como dispone el DBC, partiendo de la Macrocelda 4 en dirección hacia el curso de agua Alpacoma. Las tres (3) calicatas son distribuidas en una longitud estimada de 700 metros.
Sus coordenadas son:

Tabla 4-9 Coordenadas de Ubicación Puntos de Muestreo Suelos

N°	CODIGO	COORDENADAS, WGS 84		
		ESTE	NORTE	ZONA
1	SS-01-01 AA ALPA	593196	8169450	19
2	SS-02-02 AA ALPA	593073	8169178	
3	SS-02-02 AA ALPA	593070	8169177	
4	SS-03-01 AA ALPA	593092	8168753	
5	SS-03-02 AA ALPA	593097	8168754	
6	SS-04 AA ALPA (1)	592831	8169118	

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo. (1) Muestra de queque.

AA ALPA 101

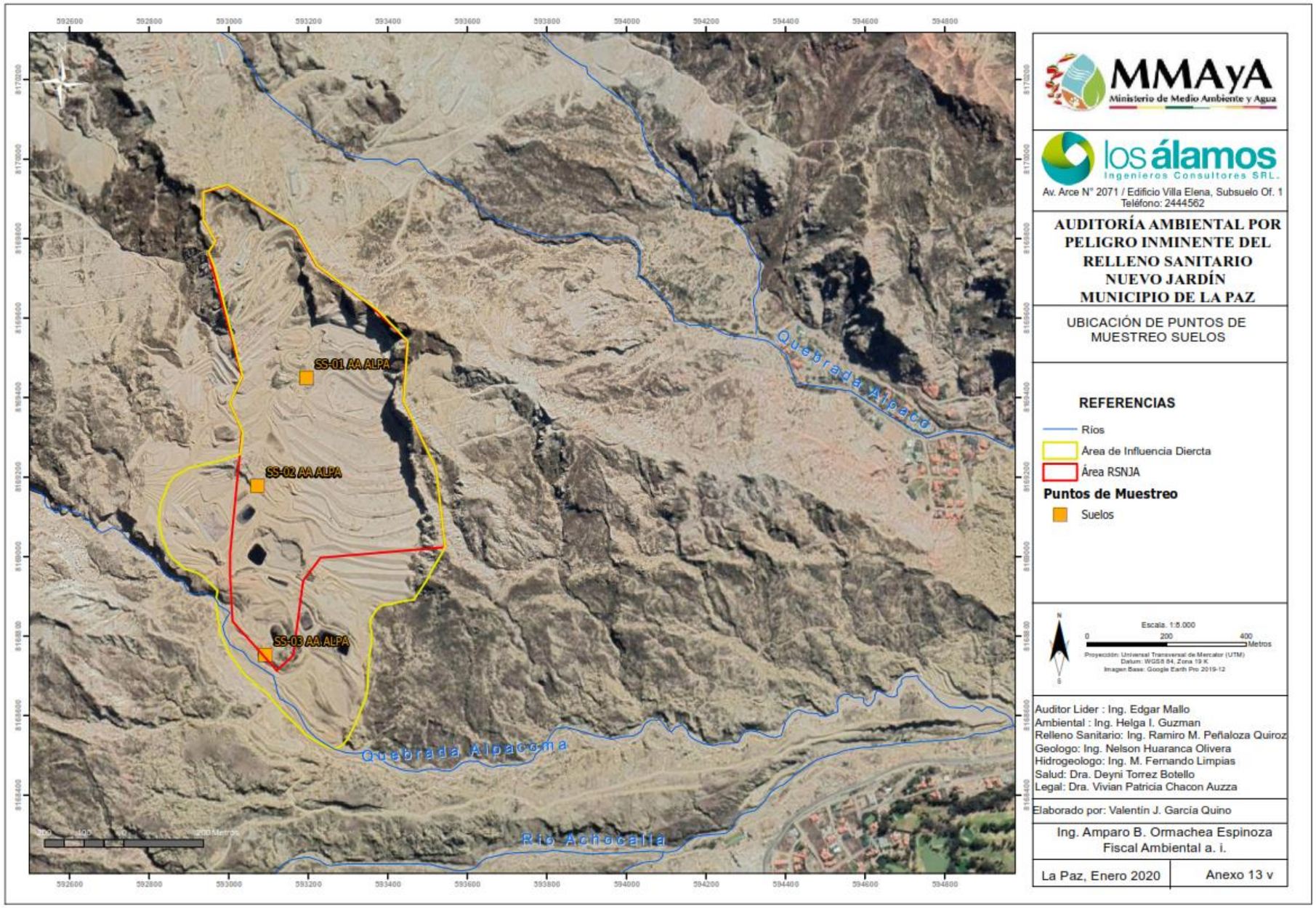


Ilustración 4-3 Mapa de Ubicación de Muestreo – Suelos
Fuente: Elaboración propia

4.5.3 Parámetros Analíticos: Suelos

Los parámetros analíticos establecidos por el DBC de la consultoría son los siguientes:

Cuadro 4-11 Parámetros de Suelos

N°	Parámetro
01	pH
02	Mercurio
03	Zinc
04	Plomo
05	Cobre
06	Aceites y grasas

Fuente: DBC

4.5.4 Niveles de los Límites Permisibles o Referenciales: Suelos

En nuestro país no se cuenta con una normativa específica para la calidad de los suelos, excepto para el sector de hidrocarburos. Entonces, tenemos que acudir al empleo de normativas de países vecinos (Ecuador) porque se considera que eventualmente podrían ser comparativos en un medio ambiente regional.

Los límites permisibles para suelos dependen del uso actual y potencial que podría tener un determinado suelo, en este sentido, se propone los límites permisibles de la normativa ecuatoriana.

La Tabla 4-10 proporciona la calidad indicada:

Tabla 4-10 Criterios Referenciales de Calidad del Suelo

N°	Parámetros	Unidades	Valor
1	pH	Escala	6 a 8
2	Mercurio	mg/kg	0.1
3	Zinc	mg/kg	60
4	Plomo	mg/kg	25
5	Cobre	mg/kg	30
6	Aceites y grasas	mg/kg	500

Fuente: www.quitoambiente.gob.ec. Biblioteca virtual

4.5.5 Duración y Frecuencia del Plan de Muestreo

El tiempo requerido para la toma de las cinco (5) muestras de suelo es de un día. El laboratorio acreditado GreenLab con su personal especializado colecta la cantidad de muestras indicadas. A su vez, dichas muestras son enviadas bajo la cadena de custodia de norma hacia el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Se opta por este camino, debido a que LCA es requerida para realizar los mismos análisis fisicoquímicos de muestras ambientales anteriores.

La frecuencia de muestreo es única para efectos de cumplimiento de la AA definida por el alcance en el DBC.

4.6 Flora y Fauna

En cualquier ecosistema la presencia de la Flora y la Fauna son vitales para la subsistencia del ser humano, imaginar un ecosistema sin la presencia de vegetación sería muy poca posibilidad de tener

una buena concentración de oxígeno que es el elemento principal para que todo ser vivo se desarrolle, o de igual manera la falta de animales que den seguimiento a la cadena alimenticia, pero que también se encargará de realizar sus funciones para las cuales de alguna manera ha sido clasificado cada ser vivo. Por ejemplo, si no existieran las aves (gaviotas) o ratas que por desagradables que parezcan tienen la función de generar equilibrio sistémico junto al hombre en su medio ambiente.

4.6.1 Metodología de Flora

Se opta por el método de los transectos, el cual es ampliamente utilizado por la rapidez con que se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación[3] Así también, este método permite generar datos estimativos sobre cobertura, frecuencia, y dominancia para los índices requeridos en la presente consultoría (Shannon-Wiener, Sorensen y Índice de Valor de Importancia) además de generar una caracterización y clasificación de la vegetación.

En el AII del RSNJ se determinan previamente 5 sitios de muestreo desde la zona norte al ingreso del RSNJ y hasta la salida en la zona sur hasta el lecho del afluente hídrico más cercano. En los sitios 1 a 4 se realizan 2 transectos de 50 x 2 m cada uno (0.1 ha c/u), donde se determina y contabiliza las especies vegetales presentes, y se estima el porcentaje de cobertura vegetal por especie dentro de los transectos. Este mismo procedimiento se desarrolla en la AID del RSNJ, denominádo sitio 5 (Ilustración 4-4).

[3] Mostacedo y Fredericksen, 2000

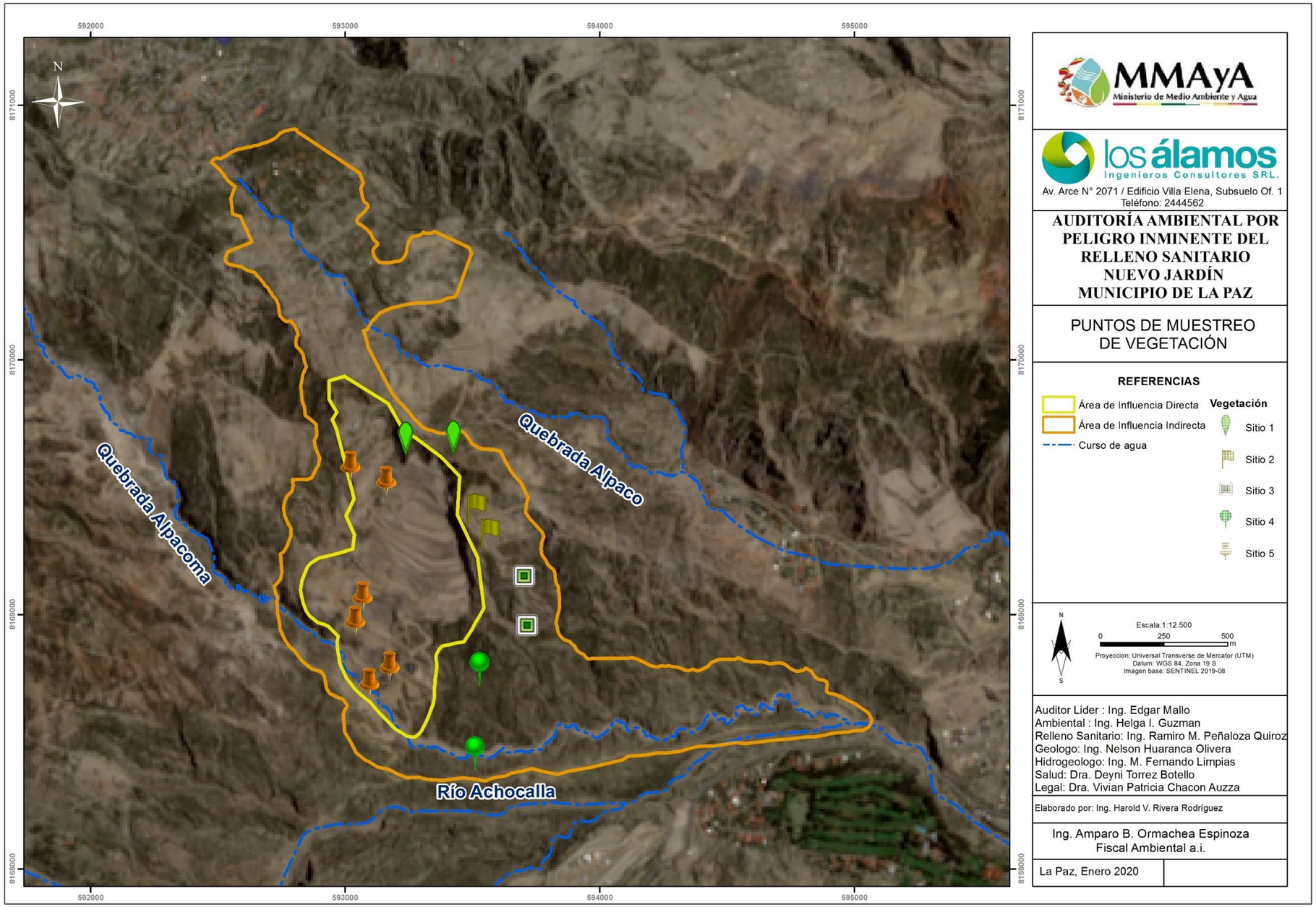


Ilustración 4-4 Mapa de ubicación de los transectos de evaluación de vegetación
Fuente: Elaboración propia

Sitio 1. Al norte del relleno sanitario.

Transectos 1 y 2.

Muy cerca al área de intervención del RSNJ, son laderas hacia el norte

Sitio 2. Este sitio se encuentra descendiendo unos 270 m en línea recta desde el último punto de muestreo de sitio 1 por el lado este del farallón.

Transectos 3 y 4 (3683 msnm – 3649 msnm)

Ambos transectos se encuentran en un sitio donde se realizan remociones de tierra

Sitio 3. Se encuentra descendiendo desde el sitio 2.

Transectos 5 y 6

Los transectos se encuentran donde no se realiza ninguna remoción de tierra, se observa la presencia de caminos vecinales.

Sitio 4. Este sitio ubicado al sur, cerca al afluente más cercano del RSNJ y donde impacta el deslizamiento

Transecto 7 se ubica en altura Al sur en línea recta desde sitio 3

Transecto 8 se encuentra descendiendo hasta llegar directamente al lecho del afluente hídrico más cercano: quebrada Alpacoma, al sudeste del relleno.

Sitio 5. Este sitio se encuentra dentro de la zona del RSNJ en áreas donde se desarrollan actividades de implementación de infraestructura.

Sitio 6. Zona sur, hacia la carretera vehicular.

4.6.2 Metodología Fauna

En cada sector la obtención de registros para aves se desarrolla mediante puntos de conteo que estan separados a una distancia aproximada de 150 a 300m (Ilustración 4-5); en cada punto se registran las aves durante 3 minutos en un radio de avistamiento de 30m. De forma paralela al momento de realizar el desplazamiento a otro punto de observación de aves, se toma registros de los otros grupos de fauna (avistamiento, heces, huellas). Los registros de datos para los puntos de conteo se desarrollan entre las 06:30am a 11:00am y durante todo el tiempo de la estadía en el área de prospección. Cabe remarcar que la distancia entre cada punto de conteo y su número de repeticiones por sector, estaban limitados principalmente por la accesibilidad del terreno.

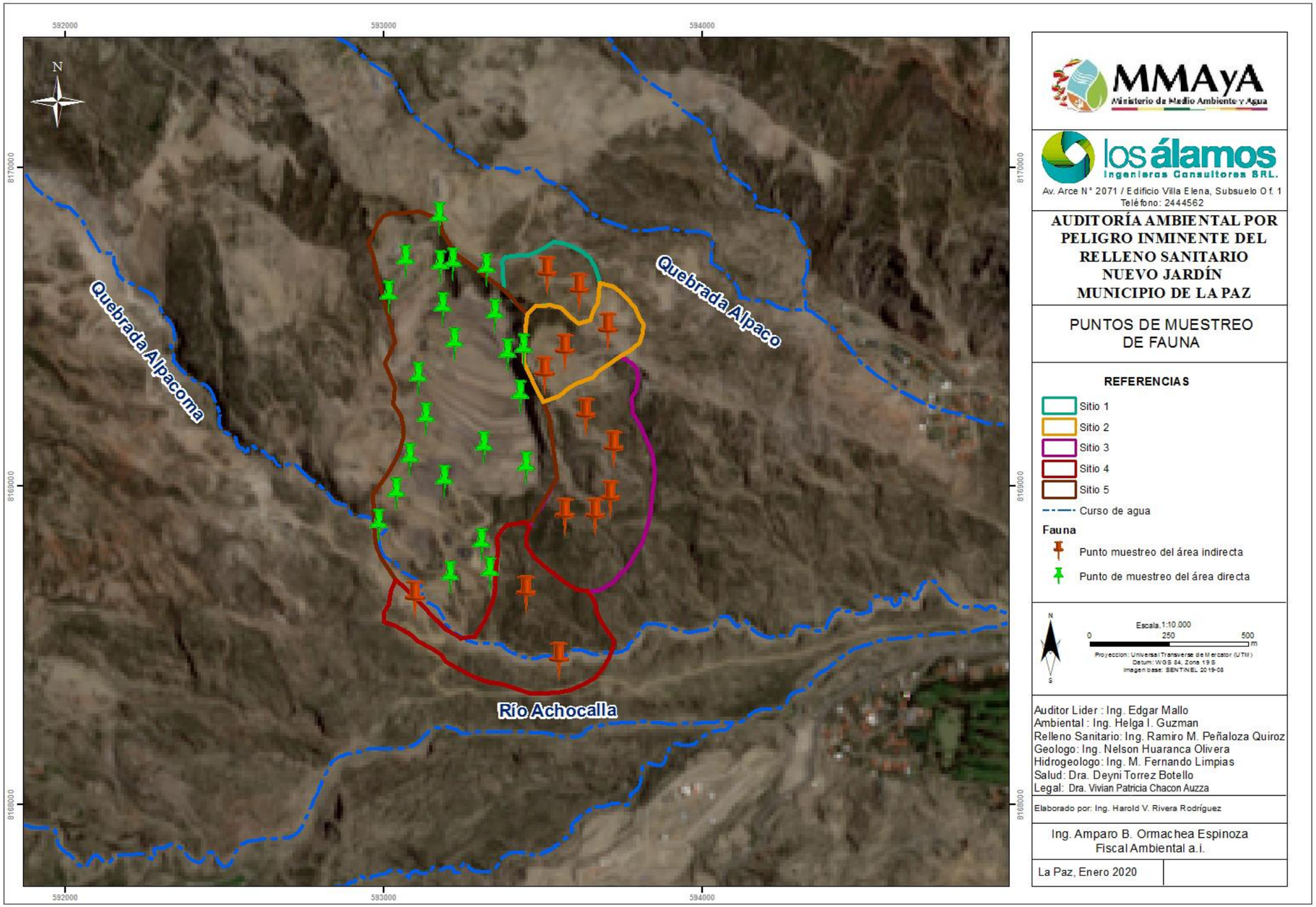


Ilustración 4-5 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de fauna
Fuente: Elaboración propia

Se realiza la evaluación en los mismos puntos de muestreo de vegetación en Sitios 1 a 5.

4.6.3 Selección de los Puntos de Muestreo

Ver mapas de muestreo de Flora y Fauna tanto en el AID como en la AII.

4.6.4 Parámetros medibles

No aplica

4.6.5 Niveles de los límites permisibles

No aplica

4.6.6 Duración y frecuencia.

La evaluación de la flora y fauna se lleva a cabo desde el 23 de septiembre hasta el 4 de diciembre de 2019 de manera periódica, en base a las inspecciones de campo.

4.7 Análisis Socioeconómico y de Salud

El análisis socioeconómico y de salud se lleva a cabo de manera distinta. El primero a través del análisis de datos socioeconómicos de Instituto Nacional de Estadística (INE 2012) y el segundo por medio de encuestas directas, abiertas y de selección múltiple.

4.7.1 Metodología de muestreo socioeconómico

El estudio en la población tiene dos componentes: uno cuantitativo y otro cualitativo. En el primer componente, se realiza un ***estudio transversal*** y para ello se utiliza una encuesta estructurada con preguntas dicotómicas, abiertas y de selección múltiple. El segundo componente, un ***estudio cualitativo***, se orienta a explorar la auto-percepción del impacto del relleno sanitario de Alpacoma en la salud y en el ambiente social y físico, para lo cual se usa como técnica el grupo focal.

4.7.2 Selección del área de muestreo

El estudio se realiza en la población vecina al relleno sanitario de Alpacoma y a los trabajadores del relleno sanitario. En el mes de agosto septiembre y octubre de 2019, se realizan varias visitas a la zona de influencia indirecta o expuesta.

4.7.3 Parámetros medibles

Se realiza una encuesta estructurada con preguntas dicotómicas, abiertas y de selección múltiple. Donde se valoran variables que incluyen sexo, edad, procedencia, estado civil, religión, educación, idioma, ocupación, hábitos, servicios básicos, mascotas, características de la vivienda, seguro de salud, y características de salud.

4.7.4 Niveles de los límites permisibles

No aplicable al tipo de estudio en el área de salud.

4.7.5 Duración y frecuencia.

La duración del estudio se realiza en el mes de agosto, septiembre y octubre de 2019, donde se realizan 15 visitas a la zona de influencia o expuesta.

4.8 Pluma Contaminante

- Establecimiento del Problema

Durante la etapa de trabajo correspondiente a esta Fase de la consultoría, se efectuarón tres muestreos de aguas subterráneas, en la parte norte, al centro y al sur del RSNJ donde se perforó un sondeo profundo a objeto de determinar las características del líquido subsuperficial (subterraneo).

De las tres muestras, la colecta más representativa es del pozo profundo porque fue ubicada en función al estudio de los sondeos geofísicos. Las tomografías efectuadas determinaron la existencia de agua subterránea en varios lugares del predio por donde se produjo el deslizamiento de los residuos sólidos y posteriormente el derrame directo de lixiviados, producido un tiempo después del deslizamiento.

Para calibrar y validar la exactitud de los estudios tomográficos, se procedió a la perforación de un pozo y se corroboró la exactitud de la tomografía. Con base a esta reducida información de las muestras colectadas se podrá presentar los resultados en la Fase 3.

- Proceso de solución del modelo matemático

Una vez conocida la característica preliminar del líquido subsuperficial, se aplicará la metodología de solución, con las ecuaciones pertinentes.

Del mismo modo, durante la Fase 2 se identifica el objeto de la búsqueda, que consiste en los hallazgos de los siguientes aspectos:

- Si existen lixiviados libres dentro de la estructura del predio: Efectivamente se constata su presencia, tanto por medio de las tomografías como por la exploración mediante pozos.
- Si la composición de los fluidos corresponde a lixiviados con un grado determinado de contaminación. En efecto, la composición química de agua del pozo profundo contiene determinados grados de contaminantes. En el presente, se está complementando por medio de una sola colecta del lixiviado para análisis químico adicional a efecto de calibración del modelo.
- Si existe acumulación de lixiviados en varios lugares del predio: Se encontraron bolsones de lixiviados en sitios donde anteriormente no existían depósitos de residuos sólidos. Esto quiere decir que existe flujo del lixiviado a distintos lugares del predio.

Una vez verificado lo anterior, se procede al módulo del problema hidrodinámico para determinar los campos de velocidades.

- Aplicación Preliminar

Como se había previsto durante la elaboración del Informe Fase 1, se tropezó con la insuficiencia de datos, que está siendo salvado con los trabajos de campo efectuados y el sometimiento a análisis de laboratorio adicional para la calibración del modelo.

Como se explica en el Informe de la Fase 1, se encuentra en proceso de elaboracion un modelo propio, el MMRRSS – LA 001, con base en el MODFLOW MT3 DMS.

Para culminar el proceso de calibración, se deben tomar muestras adicionales del lixiviado, actividad que no será posible llevar a cabo debido al corto plazo con el que se cuenta para finalizar la presente AA.

- Calibración

Como se manifesta en el Informe Fase 1, el proceso de calibración es complejo. Se inició la “puesta a tono” del modelo, empleando parámetros de los que dependen las ecuaciones para que la solución sea

fiable. Se emplearán datos de monitoreos anteriores para hacer correr el modelo MODFLOW MT3 DMS, de manera experimental para su adaptación al modelo propio de la consultora.

- Validación

El proceso de validación consistirá precisamente en la utilización de los datos de análisis anteriores, datos individuales de laboratorios actuales para verificar el comportamiento del modelo y viendo que las posibles diferencias encontradas correspondan a diferencias de entrada. El proceso de verificación de la calidad del modelo adoptado se efectuará antes de la incorporación de los datos finales provenientes de análisis pendientes.

- Usos de Gestión

El modelo adoptado MODFLOW MT3 DMS podrá ser validado de manera definitiva con resultados de análisis químicos frecuentes del agua del pozo profundo, actividad que podrá ser desarrollada en al menos 12 meses a partir de la fecha. Al amparo de esta afirmación, el modelo será de utilidad para correrlo en situaciones de tiempo diferentes, para efectuar un monitoreo de avance o disminución de la situación actual (en el momento de corrida) y pueda ser corrido con la incorporación de datos actualizados en el momento deseado.

Actividad 5. Caracterización de la Línea Base Ambiental

(Físico-natural; socio-económico-cultural)

5.1 Introducción

La Línea de Base Ambiental (LBA) describe con información del Manifiesto Ambiental los medios que la componen: Físico Abiótico, Biótico y Socioeconómico con alcance geográfico de las áreas de influencia de la actividad Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

Se caracterizará el estado de cada factor del medio ambiente anterior al evento del deslizamiento con información para clima, suelos, geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología, ecología y calidad del medio ambiente en todas sus acepciones. La Línea de Base Ambiental (LBA) considera el requerimiento de los Términos de Referencia del DBC y se desarrolla el alcance en base a información del estudio oficialmente aprobado a través de Licencia Ambiental: el documento Manifiesto Ambiental que data del año 2010, además del complemento de otros estudios que pueden referenciar como información disponible del área puntual.

5.2 Caracterización del medio físico

5.2.1 Clima

5.2.1.1 Información disponible año 2010

Manifiesto Ambiental del Relleno Sanitario Nuevo Jardín (septiembre-2010)

En la elaboración de la línea Base se emplearon los datos de la estación de Calacoto reportado como registro referencial en el punto 2.1.1 del documento Manifiesto Ambiental:

- Tipo de clima: Valle Seco o Mesotérmico Clima Frío y Seco
- Precipitación promedio anual: 626 mm/año
- Humedad relativa: 55%
- Temperatura promedio anual: 11 °C
- Temperatura máxima: 17°C
- Temperatura mínima: 4,9°C
- Dirección de viento predominante: Los vientos predominantes provienen de las masas gaseosas que suben por el río La Paz, cruzando los cordones montañosos y discurren conforme a la topografía del terreno en dirección noroeste. La conformación del área hace que la formación del cerro Chullpani y el cerro Hujata, se constituyen en una barrera natural desviando los vientos que no logran alcanzar el área del terreno el cual se encuentra "encajonado".
- Velocidad promedio del viento: 7 Km/h.

En Anexo 2 del MA, podemos encontrar la siguiente descripción referente a la generación de información sobre el factor climático:

5.2.1.2 Análisis Pluviométrico

Las precipitaciones pluviales se presentan durante el verano, es decir, desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo, que corresponde a la época normal de lluvias, producto de la influencia del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que se introduce notablemente en el territorio boliviano hasta los 17 ° y 18 ° de latitud Sur.

Para el análisis se ha considerado estudios existentes en el GAMLP con información pluviométrica de las Estaciones de San Calixto en La Paz que cubre registros desde 1917, de las estaciones de El Alto y Chacaltaya con registros desde 1943 y 1960, respectivamente, además de otras como Laikacota, Palcoma, Mecapaca, Pasankeri y otras.

5.2.2 Suelos[4]

5.2.2.1 Clasificación de suelos presentes en el área de la AOP

Composición: La geología de la zona está conformada por rocas de edad paleozoica y Cretásica no diferenciadas y sobre éstas, en discordancia, se tiene sedimentos arcillosos consolidados de la Formación La Paz, seguidas de un nivel de toba volcánica denominada Cinerita Chijiñi.

Sobre esta columna estratigráfica se han acumulado una serie de depósitos recientes (retrabajados) como torrentes de barro, coluvios y deslizamientos principalmente.

Los procesos erosivos han dejado profundas huellas en el paisaje con la formación de escarpes semiverticales y cárcavas en los materiales arcillosos de la Formación La Paz y túneles y sifonamientos en los materiales deslizados principalmente.

Uso de suelo

Actual. Relleno Sanitario
Potencial: Área recreacional**.**

5.2.2.2 Geología

La siguiente información está extraída del formulario Manifiesto Ambiental, la Geología local demuestra una descripción que se desarrolló en base al estudio preliminar para el *Plan de Emergencia para la Prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental* que fue aprobado para la obtención de la Licencia Eventual en el año 2004, como sigue:

5.2.2.3 Fisiografía[5]

El sistema ecológico que rodea al área de emplazamiento del relleno sanitario, está comprendido en la faja de transición de la pre puna y el valle seco. La expansión de las actividades humanas, ha modificado dicho sistema.

Geomorfología: **Montañosa: x** **Ondulada.** **Plana:**

Susceptibilidad de la zona a sismicidad, deslizamientos, derrumbes, actividad volcánica, otros movimientos, etc.:

En el área estudiada, concretamente en ambas márgenes de la serranía de Alpacoma se pueden presentar los siguientes riesgos:

- Reactivación de deslizamientos
- Deslizamientos nuevos
- Asentamientos por erosión subterránea

[4] Manifiesto Ambiental RSNJ 2010

[5] Manifiesto Ambiental, 2010; Punto 2.1.2. Geológicos mineralógicos.

5.2.2.4 Geología local[6]

En el área estudiada no afloran rocas de edad Paleozoica ni Cretácica, sin embargo, su presencia tiene que ser inferida a pocos metros de profundidad, debido a su presencia en zonas aledañas y a algunos afloramientos que se observan al fondo del río Alpacoma y en el fondo de algunos sifonamientos y quebradas.

Por otra parte, afloramientos de la Cinerita Chijini, solo se observan en la cumbre de la serranía de Lauramarca como bloques esporádicos, en el resto del área, la erosión ha eliminado esta Formación.

En la serranía de Alpacoma y laderas que dan hacia los ríos Alpacoma y Alpaco afloran sedimentos pertenecientes a las siguientes unidades geológicas:

- Formación La Paz
- Torrentes de barro antiguos
- Deslizamientos antiguos
- Deslizamientos recientes
- Rellenos artificiales

a) Formación La Paz

Casi la totalidad del área estudiada se encuentra conformada por sedimentos de esta unidad cubriendo rocas Silúricas y de la Formación Aranjuez (cretácico), estos materiales presentan dos características fácilmente identificables:

Por una parte, constituyen la cumbre de las serranías desarrollando taludes verticales coronados con pilares y crestas inaccesibles; esta configuración obedece a la constitución litológica que presenta estos depósitos, generalmente intercalaciones de arcillas y gravas fuertemente estratificadas en bancos de espesor variable. Otra característica constituye la ausencia de erosión subterránea en estos afloramientos.

Desde el punto de vista litológico esta formación se compone de una alternancia de niveles de arena de grano fino, arcilla y micro conglomerados; los bancos se encuentran consolidados, el color para las arenas y arcillas varía desde un gris blanquecino a un rojo ladrillo. El espesor de las capas de arena varía desde 1 a 3 metros y en las arcillas desde 30 centímetros hasta 2 metros.

b) Torrentes de barro antiguos

Costras de materiales provenientes de antiguos flujos de barro se presentan en ambas laderas de la serranía de Alpacoma en cotas elevadas, buenos afloramientos se presentan en San Miguel de Alpacoma y en Lauramarka, la extensión de estos afloramientos es limitada y en muchos casos muestran una inversión de relieve. Litológicamente se caracterizan por presentar una mezcla heterogénea de gravas arenas y arcillas, los clastos son subangulares con diámetros que no sobrepasan los 15 centímetros de cuarcitas, areniscas, pizarras y en menor proporción granitos.

El espesor de estos depósitos no sobrepasa los 30 metros su presencia ha evitado que los procesos erosivos afecten a los materiales que cubren.

[6] Plan de Emergencia para la Prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental, 2004; Capítulo 2. Estudios y Análisis previos y Manifiesto Ambiental, 2010; Punto 2.3.2.4, Anexo 2. Descripción de la actividad

c) Deslizamientos

Los deslizamientos presentes en la zona de estudios necesariamente tienen que ser subdivididos en antiguos y recientes debido a la mecánica de su formación:

- Deslizamientos antiguos**.**

Remociones en masa antiguos abundan en el sector principalmente en ambas laderas de la serranía de Alpacoma, estos deslizamientos son de gran magnitud y deben su origen a condiciones hidrogeológicas diferentes a las actuales, es decir que se han formado en épocas geológicas antiguas cuando los aportes de aguas superficiales y subterráneas eran de consideraciones posible que su formación haya estado ligada al periodo en que se produjo el gran torrente de barro Achocalla.

Estos fenómenos afectan íntegramente a las arcillas de la Formación La Paz, consiguientemente presentan una mezcla heterogénea de gravas, arcillas, limos y areniscas. Al pie de los cerros Alpacoma y Kutukutuni, se observa la corona de los deslizamientos conformados por bloques deslizados de la formación La Paz, pendiente abajo los bloques disminuyen de tamaño para pasar paulatinamente a verdaderos flujos de barro.

- Deslizamientos recientes.

Estas remociones en masa deben su presencia a la acción de los ríos y quebradas al pie de los taludes, grandes deslizamientos periódicos se presentan en ambas márgenes del río Alpacoma como consecuencia de la profundización incontrolada del fondo del valle por aguas provenientes de una descarga de aguas servidas provenientes de El Alto.

Deslizamientos de pequeña magnitud y cuyo origen obedece a casusas recientes de erosión al pie de los taludes, se presentan en las quebradas tributarias del río Alpaco. Como en los casos anteriores estos materiales retrabajados presentan composición litológica similar a los materiales de los cuales provienen.

d) Rellenos artificiales

En el sector estudiado los rellenos artificiales están representados por la acumulación de escombros y escoria provenientes de la fabricación de las ladrilleras ubicadas a lo largo del antiguo terraplén del ferrocarril (prolongación final Buenos Aires); estos rellenos no responden a ninguna planificación y constituirán problemas en el futuro.

5.2.2.5 Geomorfología

La geomorfología en todo el sector de Alpacoma muestra un paisaje muy accidentado, el cual refleja de alguna manera las condiciones geodinámicas actuales responsables del modelado del terreno, que son la erosión, el transporte y la deposición final. De esta manera, se puede observar diferentes tipos de rasgos geomorfológicos como ser:

a) Cárcavas

Este es un rasgo morfológico que se presenta como barrancos o farallones, asemejando canales en posición casi vertical. Son estrechos y anchos, bastante profundos llegando a las decenas de metros y separados por vértices agudos. Estas expresiones se encuentran en todas las zonas donde aflora la Formación La Paz, con anchos que varían de 50 centímetros a 3 metros y donde las arenas y arcillas que la componen son capaces de generar y modelar este paisaje. La formación de las cárcavas es debida a la presión lineal hídrica y son frecuentes donde falta una cobertura vegetal continua, capaz de impedir la concentración y penetración del agua.

b) Escarpes

Es una geoforma que se presenta en todas las serranías y cerros del área, se caracterizan por presentar pendientes abruptas a moderadas, con variaciones entre 60 a 80 % de inclinación. Este relieve es visible en las fotografías aéreas y en campo.

Los escarpes más notorios se ubican en el flanco sur del cerro Lauramarka, esto debido a la erosión lineal que está desgastando rápidamente los bordes de este escarpe. También se observan estas geoformas en ambas laderas del cerro Alpacoma.

c) Deslizamientos

En la zona de estudio se advierte la presencia de remociones en masa; los mismos que cubren la mayor parte de las laderas de la serranía de Alpacoma;

Los deslizamientos que se ubican hacia la ladera del río Alpaco se encuentran estables, mientras los que se desarrollan en las laderas del río Alpacoma en la actualidad se mantienen activos.

Litológicamente los deslizamientos están compuestos por bloques, cantos rodados y material fino proveniente de las arcillas y arenas de la Formación La Paz, Cinerita Chijini y de las gravas Purapurani. Las gravas debido a su coherencia, acostumbran formar paredes verticales, donde la erosión lineal fácilmente disgregando uno a uno sus fragmentos.

d) Sifonamientos

Es común ver en los terrenos deslizados gran cantidad de depresiones verticales o huecos. Sus formas son irregularmente circulares o semicirculares con diámetros que varían desde centímetros a más de 3 metros. La profundidad de estos es difícil determinar ya que se observa la base de estas depresiones.

Debido a esta singular morfología, estos lugares a menudo actúan como drenaje para las aguas superficiales que caen durante la época de lluvias, las que al infiltrarse producen el crecimiento de las depresiones tanto en sentido radial como vertical. Los hundimientos, en contraste con otros tipos de remoción en masa, se desarrollan por el asentamiento del material, con poco movimiento horizontal.

5.2.2.6 Hidrogeología

En la zona de estudio se observa la existencia de tres tipos de unidades hidrogeológicas, los cuales se describen a continuación:

a) Rocas Paleozoicas

Esto materiales se encuentran presentes en la parte más baja de la cuenca de Alpacoma y afloran en el lecho del río homónimo, este material debido a sus características litológicas no se constituye en depósitos acuíferos debido a su grado de compactación, presentan muy poca porosidad y muy baja permeabilidad.

b) Formación La Paz

Esta unidad en su mayoría se encuentra compuesta por materiales arcillosos con presencia de pequeños lentes de arenas de grano fino y micro-conglomerados poco consolidados, los cuales en alguna forma se constituyen en depósitos de aguas pero que, debido a su matriz arcilloso, presentan una muy baja permeabilidad.

c) Depósitos cuaternarios

Estos materiales están constituidos por torrentes de barro y masas deslizadas que se encuentran diseminados en casi toda la zona estudiada, los cuales presentan una composición heterogénea con

clastos de areniscas de hasta 15 centímetros de diámetro y materiales finos como arcillas que en la mayoría de los casos se encuentran distribuidos de manera caótica, se tiene la presencia de pequeños bolsones de agua, producto de la acumulación de las aguas de lluvia en los sectores arenosos, los cuales se van acumulando aprovechando los lechos arcillosos, y a medida que estos se van saturando, fluyen a través de las quebradas, en pequeños ojos de agua a manera de manantiales intermitentes, y en algunos casos estos dan lugar a la formación de sifonamientos que provocan el posterior movimiento de material o remoción de masas.

Estos depósitos en la zona de estudio presentan huecos y sifonamientos que favorecen la infiltración de las aguas; de manera general estos materiales presentan una gran porosidad y permeabilidad, comportándose a manera de una inmensa esponja que favorecida por las grietas existentes (permeabilidad secundaria) reciben una gran cantidad de agua, pero por su distribución caótica, no se constituyen en depósitos acuíferos.

Las observaciones de campo realizadas han permitido establecer que no existen afloramientos de aguas subterráneas ni zonas de máxima humedad lo que se explica debido a la granulometría fina de los materiales componentes del suelo, a la baja permeabilidad de los mismos y sobre todo que las áreas de recarga no son de gran extensión.

En la ladera suroeste del río Alpacoma las condiciones cambian fundamentalmente debido a que los materiales que componen este sector se encuentran ligados a las recargas del altiplano por lo que los afloramientos de corrientes subterráneas son abundantes y afloran en diferentes niveles.

De manera general se puede concluir estableciendo que el área de interés es seca y con niveles freáticos profundos.

5.2.3 Consideraciones Geotécnicas.

Parámetros físico-mecánicos de los suelos constituyentes del área de interés, se han tomado 7 muestras en lugares representativos abarcando tanto a los depósitos de la Formación La Paz como a los materiales deslizados. En estas muestras se han realizado los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis granulométricos de suelo
- Límites de Atterberg
- Ensayos de peso específico, densidad y compactación.

5.2.3.1 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico, no pertenece a los llamados ensayos cuantitativos, de los cuales se deducen índices que expresan las propiedades mecánicas de los suelos; es en cambio, un ensayo de identificación que, en unión a otros (Límites de Atterberg), permiten obtener una descripción del material ensayado. Desde el punto de vista de las siete muestras analizadas, tres constituyen suelos esencialmente finos (arcillas de baja a media plasticidad), con porcentajes de material que pasa el tamiz N° 200, comprendido entre 97% a 99.6% y que corresponden a las muestras designadas como “Loma diente de perro”, “M-2” y “Wila Wila M-2”. Los restantes, consisten en mezclas de suelos arcillo-limosos con contenidos de arena, de los cuales, las muestras designadas como “farallón” que corresponde al área de Azusazani y “Colindancia con Chajraña M-1”, acusan las mayores proporciones de arena, es decir, de un 38% a 40% en peso.

5.2.3.2 Límites de Atterberg

La determinación de los límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), permite establecer que el índice de plasticidad (IP) de las muestras a ser sometidas a ensayos, se halle comprendido en el intervalo de 6% a 21%, correspondiendo, en general, los mayores valores, a los suelos esencialmente finos, en tanto que las magnitudes menores, se encuentran asociadas con las mezclas de suelos (arcilla, limo y arena).

5.2.3.3 Clasificación Unificada de Suelos

La información a ser obtenida de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, permitirá clasificar a los suelos de acuerdo con el sistema unificado, como Arcillas de baja a media plasticidad (CL) y Limos y arcillas de baja plasticidad (ML-CL), con contenidos de arena.

5.2.3.3.1 Suelos CL

Comprende las denominadas arcillas inorgánicas, es decir, el material compuesto de partículas sumamente finas cuyo diámetro es menor de 0,005 mm con límite Líquido < 50% e índice de Plasticidad (IP) > 7.

En general, los suelos arcillosos son muy susceptibles de modificar sus propiedades físico - mecánicas y de deformabilidad, tanto por cambios de humedad, como por carga impuesta. Generalmente es un material muy duro cuando está seco y durante el secado, se contrae y fisura de un modo excesivo para luego entumecerse nuevamente en contacto con una mayor humedad.

En estado húmedo, es un material plástico y comprensible; puede incluso fluir lentamente bajo una presión continua en el tiempo.

5.2.3.3.2 Suelos ML

Es un material compuesto de partículas finas de roca cuyos tamaños varían desde 0.05 a 0.005 mm, aproximadamente. Los limos inorgánicos se encuentran definidos por un Límite Líquido < 50% y un Índice de Plasticidad (IP) <4%. Suele presentarse casos de frontera doble (ML -CL), para Índice de Plasticidad comprendidos en el siguiente intervalo: 4% < IP < 7%.

Los limos inorgánicos, son suelos con elevada capilaridad, no plásticos, presentan resistencia de rozamiento baja y tienden a fluir dentro de las excavaciones. Los limos finos con arcilla, pueden tener impermeabilidad importante, plasticidad y poder cohesivo.

5.2.3.4 Ensayos de Peso específico relativo, densidad y compactación[7]

En razón de que los materiales circundantes tienen que servir con cobertura compactada a las capas de basura, se han realizado tres ensayos de compactación por el método AASHTO T 99 B. Los ensayos efectuados permiten afirmar que se pueden alcanzar densidades de entre 1.69 y 1.89 Kg/dm^3.

5.2.4 Estudios geofísicos

Ante la imposibilidad de ingresar con equipos de perforación para determinar los espesores de los diferentes materiales componentes del subsuelo, se ha optado por realizar estudios mediante sondeos eléctricos verticales; es importante mencionar que estos ensayos se han realizado íntegramente en la zona central donde se pretende implantar el relleno sanitario.

[7] Manifiesto Ambiental, 2010; Anexo 2, Descripción de la Actividad.

5.2.4.1 Metodología técnica y dispositivo

El método utilizado en este estudio geofísico, es aquel relacionado a la medición de diferentes resistividades a partir del sistema de Sondeos Eléctricos Verticales S.E.V.; método denominado también como geoeléctrico, con un dispositivo de cuatro electrodos dispuestos en forma lineal.

Un sondeo eléctrico consiste en establecer una curva de variación de las resistividades aparentes con la profundidad en un terreno o suelo, a través de medidas en superficies realizadas con ayuda de un dispositivo de cuatro electrodos denominados como AMNB.

La profundidad de investigación puede regularse variando las distancias entre los electrodos de corriente A, B como se indican en el esquema adjunto.

Este método ayuda a determinar las características litológicas y estructurales del subsuelo, determinando los contactos e interfaces, así como las profundidades en las que se encuentran las discontinuidades litológicas. En base a transmisión de corriente eléctrica de alto voltaje introducida en el subsuelo.

5.2.4.1.1 Dispositivo Schumberger

Para este tipo de estudios se utiliza el diseño electródico Schumberger que es un dispositivo rectilíneo y simétrico, con centro común en el punto “O”; los cuatro electrodos que se utilizan, están alineados, y es el centro común de AB y MN como se muestra en la siguiente figura:

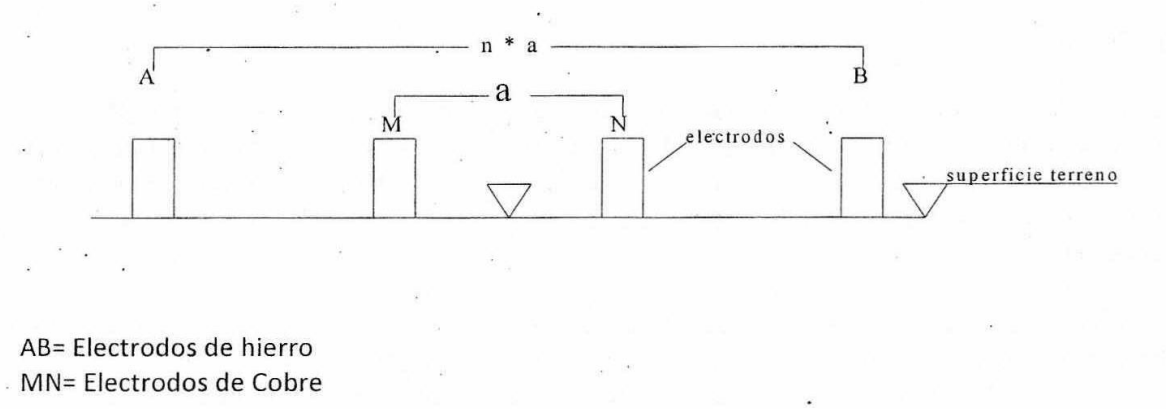


Ilustración 5-1 Diseño Electródico Schulumber
Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Básicamente se ha utilizado el diseño Schlumberger para cada punto o sitio de sondeo, que nos permita investigar las características litológicas de la cubierta y de las rocas en profundidad.

Resultados de los sondeos geo-eléctricos.

Se han realizado 7 sondeos geoeléctricos cuyos resultados han permitido construir dos perfiles geofísicos P-1 y P-2.

5.2.4.1.2 Perfil Geofísico P-1

Este perfil tiene una NW-SE, en el cual se observa la potencia de los materiales cuaternarios deslizados con un espesor aproximado de 9.0 metros, compuesto en su mayoría por material heterogéneo de arcillas y limos, en la parte superficial seco y húmedo en profundidad; luego se tiene la presencia de arcillas de la Formación La Paz con un espesor considerable de aproximadamente 96.0 metros. Por debajo de este nivel se asume la existencia de un conglomerado semiconsolidado, el cual estaría por debajo de la formación La Paz.

5.2.4.1.3 Perfil Geofísico P-2

Este perfil se ha construido en forma perpendicular al interior con dirección N-S, donde se tiene la existencia de un banco de materiales cuaternarios de aproximadamente 30.0 metros de potencia en la parte central y de 14 metros como promedio en los extremos; por debajo se tiene la presencia de las arcillas de la Formación La Paz con una potencia aproximada de 80.0 metros para luego pasar a un nivel de conglomerados que se encontrarían en la base de la Formación La Paz.

La siguiente información fue desarrollada en un anexo propio dentro del documento Manifiesto Ambiental (anexo 5), complementa la información anterior y otorga datos relevantes del área.

5.2.5 Geología del Área de Estudio[8]

El área de estudio que comprende 40 has establecidas para la construcción del nuevo relleno sanitario de Alpacoma, está constituida por sedimentos poco consolidados de la Formación La Paz, depósitos de remoción en masa que cubren más del 80% de la superficie del área y depósitos aluviales y coluviales recientes. A continuación, se muestra en forma resumida las unidades geológicas diferenciadas en el área de estudio a partir de los depósitos más antiguos: (ver mapa Geológico)

TERCIARIO (PLIOCENO)
Formación La Paz
CUATERNARIO
Deslizamiento de Achocalla
Depósitos Aluviales
Depósitos Coluviales Deslizamientos

5.2.5.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica a partir de los sedimentos más antiguos observados en el área es la siguiente:

5.2.5.1.1 Terciario Neógeno Formación La Paz: (Plioceno)

En la cuenca de La Paz, está expuesta como una secuencia de gran potencia de sedimentos poco consolidados y ligeramente plegados que afloran como resultado de un proceso de erosión regresiva y comprende una serie de estratos sedimentarios de origen fluvio lacustre de edad pliocena, depositada en forma discontinua y variable tanto en sentido vertical como horizontal (variación de facies), cuya base está constituida por un paquete de gravas y cuyo techo está limitada por un horizonte de cinerita denominada Chijini. En el área de estudio, afloran claramente sedimentos de la formación La Paz ligeramente plegados, con ángulos de buzamiento que varían de 3° a 15°, constituidos por estratos de arena de grano fino, limos arcillosos, arcillas y algunos lentes de gravas que presentan una alternancia en capas de diferente espesor que van de 1 m a 3 m en las capas arenosas y de 30 cm a 2m en las arcillas, las mismas que presentan una coloración que va desde gris blanquecino a marrón rojizo. Algunos bancos de arena muestran estratificación laminar fina y entrecruzamiento.

Se observan farallones o escarpes con alturas importantes de más de 30 metros en el río Alpacoma y otros de mayor altura en aforamientos del área.

[8] Manifiesto Ambiental, 2010; Anexo 5. Estudio de Identificación de aspectos geológicos críticos en el área destinada al Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

5.2.5.1.2 Cuaternario:

Los sedimentos cuaternarios cubren la mayor superficie de la zona y corresponden a material detrítico de composición variable y clasificados mayormente por su posición topográfica y génesis, o agentes geológicos que los produjeron, pues los mismos corresponden a materiales desintegrados y deslizados provenientes de las unidades preexistentes de la Formación La Paz, acumuladas por acción mecánica, escurrimiento de aguas superficiales y la gravedad.

- Deslizamiento de Achocalla

El deslizamiento más importante de la zona constituye el deslizamiento de la cuenca de Achocalla cuyo Unjo se extiende hasta la zona de Aranjuez, Lipari y Mecapaca. La parte inferior de las laderas del río Alpacoma, corresponde a depósitos entremezclados, constituidos por arenas, limos, arcillas y gravas. Morfológicamente se presenta como una capa subhorizontal de aproximadamente 10 m de espesor y que actualmente está muy erosionada, formando cañones y pilares de erosión y efectos de deslizamiento.

- Deslizamientos recientes

En toda la zona de estudio se observan numerosos deslizamientos importantes en las laderas a lo largo de los ríos Alpacoma y Achocalla y otros ríos y quebradas menores, deslizamientos que fluyen pendiente abajo y que han alcanzado en muchos casos los lechos de los ríos anteriormente mencionados cubriendo en su mayor parte el substrato geológico de la Formación La Paz.

Varios depósitos de flujos de barro, cubren el área de interés, especialmente las partes con cambios de pendientes, como son las cabeceras de las serranías, en ambas laderas del valle de Alpacoma, en su parte alta.

La composición litológica es muy heterogénea, pues contiene material detrítico poco compacto.

Fácilmente erosionables constituidos por limos areno arcillosos y restos de material cinerítico procedente del horizonte Chijini

- Depósitos Aluviales

En los lechos de los ríos y quebradas se pueden observar depósitos aluviales, producidos por la erosión y arrastre de los cursos de aguas temporales. Estos depósitos de poca importancia están constituidos por sedimentos de granulometría fina, principalmente arenas y limos con pocos elementos granulares.

- Depósitos Coluviales

Estos depósitos se encuentran principalmente en la desembocadura de quebradas de cierta importancia, acumulados en forma de conos de deyección, por la acción de corrientes de agua.

5.2.5.2 Geomorfología

La geomorfología del área de estudio, elegida para el relleno sanitario, muestra un paisaje escarpado, muy accidentado y geológicamente activo, con una superficie escabrosa y pendientes que varían de media a pronunciada en el que se observa altos topográficos constituidos por sedimentos de la Formación La Paz, deslizamientos y flujos de barro como producto de procesos de remoción en masa sobre los cuales se ha desarrollado una red de drenaje irregular de cárcavas y quebradas de ciclo juvenil, con anchos y profundidades variables y valles profundos como producto de la fuerte acción erosiva de las aguas meteóricas durante la época de lluvias. Así mismo, se pueden observar numerosos escarpes tanto de erosión como de deslizamiento con pendientes altas a lo largo del valle del río Alpacoma, así como en las partes altas de los afloramientos de la Formación La Paz. Indudablemente el agua es el agente más importante del e modelado de la superficie y los efectos geodinámicos tales como la

erosión, transporte y deposición final de los sedimentos, observándose diferentes rasgos geomorfológicos que se describen a continuación.

5.2.5.2.1 Cárcavas

Como resultado del estado más avanzado de la erosión en surcos, se presentan en toda el área cárcava estrecha cuyo ancho y profundidad varia de acuerdo al grado de desarrollo, las mismas que se unen entre sí con diferentes ángulos, formando una red de drenaje desordenado especialmente debido a la condición de los suelos poco consolidados del área sin cobertura y vegetal que mitigue el impacto la precipitación pluvial y pendientes elevadas que facilitan el escurrimiento rápido de las aguas de lluvia. La tendencia general del drenaje sigue la pendiente pronunciada de las laderas y desembocan en el valle del río Alpacoma. En la Formación La Paz, se presentan como canales verticales resultado de la erosión lineal hídrica. El desarrollo de cárcavas en general es típico en terrenos o suelos de baja compacidad.

5.2.5.2.2 Escarpes o farellones

Se presentan en las partes altas de las serranías de la Formación La Paz, originadas por deslizamientos y derrumbes antiguos y recientes, cuyos flancos muestran pendientes abruptas con paredes casi verticales en cuya base se encuentran acumulaciones del material deslizado.

Asimismo, se observan escarpes de erosión a lo largo del valle del río Alpacoma y otros de menor desarrollo caracterizadas por escarpes en ambos lados de los valles con pendientes altas y paredes bastante elevadas. Otros escarpes de menor magnitud corresponden a los frentes de los deslizamientos formados por efecto de los procesos de remoción en masas en sentido perpendicular al flujo de los deslizamientos y que se encuentra desgastado por procesos de erosión reciente. Algunos de estos escarpes posiblemente estén relacionados con movimientos tectónicos durante el plioceno y cuaternario.

5.2.5.2.3 Deslizamientos.

Como consecuencia de la naturaleza desfavorable de los terrenos de origen poco cohesivo, las altas pendientes, saturación de los suelos y otros factores, el área de estudio presenta numerosos deslizamientos activos de diferente tipo (rotacional, de bloques y de flujo) los mismos que están constituidos por una mezcla de limos, arcillas, gravas y restos de cinerita, que fluyen pendiente abajo alcanzando en muchos casos los lechos de los ríos y cubren en su mayor parte el área de estudio Estos deslizamientos de tipo gravitacional presentan escarpes escalonados, los que posteriormente llegan a formar los flujos de detritus o de barro debido a la sobresaturación producida por el agua durante la época de lluvias y se superponen a los más antiguos tal como muestra claramente en el mapa geológico.

5.2.5.2.4 Sifonamiento

Los suelos presentan numerosas depresiones o pozos verticales de forma semi circular con diámetros pequeños de 10 cm. hasta 1.5 metros y salidas horizontales que se pueden observar en las paredes de las cárcavas. El sifonamiento se debe principalmente a la infiltración del agua superficial, que aprovecha fracturas y grietas existentes en la superficie y las capas más permeables especialmente arenas del subsuelo, erosionando y transportando sedimentos finos que son descargados en los niveles topográficamente más bajos. Este proceso continuo de erosión incrementa el diámetro de estos conductos cada año.

La dirección o curso de estos túneles es variable, sin embargo, se pueden observar la salida de los mismos en niveles topográficamente más bajos y en las paredes verticales de las cárcavas quebradas, con diámetros entre 10 cm. hasta 0.5 m.

5.2.5.2.5 Conos de talud

En la confluencia de las quebradas tributarias y el río Alpacoma se observan conos de talud, de 41 diferentes dimensiones que varían entre 20 a 40 metros desde el ápice hasta el borde de los mismos, formados en general por material fino en la parte cercana al ápice y más gruesos en el borde de los mismos.

5.2.5.3 Tectónica

Los sedimentos de la Formación La Paz, fueron ligeramente plegados y fallados por efectos de los movimientos tectónicos durante el y Plioceno superior, así como durante el cuaternario, en diferentes fases y con esfuerzos de compresión y distensión horizontales de diferente orientación (C. Martínez 1977).

Los estratos areno - limosos de la formación La Paz, presentan en el área de estudio pliegues discontinuos con inclinación suave de los estratos de hasta 15° con un rumbo NW. En los que se pueden observar pequeñas fallas normales de poco desplazamiento. Si bien en el área de estudio no se observan fallas de magnitud, el análisis fotogeológico de la imagen satelital permite identificar lineamientos con trazos continuos y discontinuos.

Un primer grupo en dirección NW -SE paralelos al desarrollo del valle del río Alpacoma y otros ríos fuera del área de estudio que coinciden con esta dirección.

Un segundo grupo, está representado por lineamientos con dirección E-W que se observan en sedimentos del flujo de Achocalla, ubicados al sud oeste del mapa geológico, al norte y sud en el lado este, relacionados con el desarrollo de ríos. Un ejemplo claro se observa en el curso de la quebrada ubicada en el extremo este, la misma que presenta inicialmente una dirección noroeste y hace un quiebre pronunciado en dirección Este-Oeste.

Los rasgos topográficos generales que sugieren fallamiento son los frecuentes deslizamientos de tierra, cursos de agua paralelos, desplazamiento de cursos de agua en ángulos casi rectos como los ya descritos.

5.2.6 Geotecnia[9]

En consideración a las características geológicas y procesos geodinámicos anteriormente descritos y con el propósito de eliminar en lo posible riesgos de estabilidad y dificultades constructivas futuras, el diseño ha considerado el movimiento de volúmenes importantes de suelos deslizados hasta llegar al nivel de la formación La Paz que aparentemente presentan mejores condiciones para el implante de las celdas, sin embargo, se deberá tomar en cuenta que por el tipo de obra, la excavación debe ser realizada dentro de límites determinados y del modo más expedito y económico posible, para esto, el diseño del proyecto debería repasar los aspectos geotécnicos necesarios para conocer con bastante aproximación la naturaleza, características y propiedades de los suelos que han de manejarse, su disposición estructural relativa, su comportamiento cuando se los saca de su posición natural, la posibilidad de encontrar agua durante la excavación y los efectos de la propia excavación en los terrenos adyacentes, así como el costo y tiempo que representará movimiento de suelos y la excavación de las celdas.

El nivel de fondo de la excavación para el implante de las celdas debería ser determinado por las características de los suelos a un nivel que reúna las condiciones mecánicas e hidrológicas requeridas,

[9] Manifiesto Ambiental, 2010; Anexo 5. Estudio de Identificación de aspectos geológicos críticos en el área destinada al Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

incluso sin llegar a sedimentos de la formación La Paz, principalmente por consideraciones de tipo económico, considerando así mismo, factores que dependen de otras partes de la obra total.

En ambos casos será importante la influencia del talud natural sobre el volumen del material que hay que remover y por tanto sobre el costo total y la vida útil de la obra; por lo que dentro los márgenes de seguridad y características mecánicas de los suelos, los taludes de corte deberán ser de mayor pendiente para reducir al mínimo el volumen de las excavaciones y movimiento de tierra que reducirán considerablemente el costo de operación del relleno.

Por otra parte, es importante determinar la posible, aunque poco probable existencia de acuíferos en la masa de los sedimentos deslizados, como un factor de inestabilidad de los suelos a ser excavados y dificultades que podrían ocasionar durante la excavación y operación del relleno sanitario.

Las muestras de suelos estudiadas en laboratorio provienen de un reducido número de pozos someros y dispersos con profundidades de entre 1.20 a 2.60 m que no son representativas para niveles más profundos. Considerando que el movimiento de tierra para la construcción de las celdas según el diseño sobrepasa los diez metros para el nivel de implante, no aportan conocimiento espacial ni a profundidad para el conjunto de suelos del área estudiada.

De la misma manera, los estudios geofísicos solamente representan los resultados de una línea sobre el terreno y no así del área en su conjunto, existiendo la posibilidad de que la profundidad de la Formación La Paz varíe tanto vertical como horizontalmente, existiendo la posibilidad de encontrar la formación La Paz a profundidades menores, lo que representaría un menor volumen de suelo a ser excavado.

Los cortes geológicos preparados tomando en cuenta los resultados de estos estudios adicionales, deberán mostrar los diferentes niveles y límites de los diferentes tipos de suelo y sus características, sus propiedades índice, propiedades hídricas y propiedades mecánicas y la posibilidad de encontrar agua subterránea durante la excavación que pudieran afectar los trabajos; de esta manera, el ingeniero proyectista y los operadores de la ejecución de la obra tendrán un mejor conocimiento de las condiciones de la masa de suelo que serán excavadas y tomar las previsiones necesarias para evitar riesgos futuros.

Básicamente deben tomarse en cuenta tres puntos importantes para el análisis de los aspectos geotécnicos con relación a las obras civiles proyectadas para el relleno sanitario de Alpacoma:

- El tipo de suelos y sus características geomecánicas
- El comportamiento de las aguas subterráneas y determinación de los parámetros - hidráulicos
- La resistencia del suelo y la pendiente del talud.
- La falta de conocimiento de dichos aspectos podría ocasionar eventualmente pérdidas monetarias y dificultades constructivas.

Para este propósito y para obtener la mayor cantidad de información posible se deberán realizar perforaciones a diamantina y ejecutar ensayos en sitio que mejor se relacionen con el suelo en cuestión, ya que a partir de ellos y mediante correlaciones y cálculos se podrán inferir ciertas propiedades y el comportamiento de los mismos.

Los objetivos de las perforaciones son: definir la litología del área de estudio, determinar la profundidad de la Formación La Paz, tomar muestras y la ejecución de pruebas de penetración estandarizada (SPT); la información de este último ensayo permitirá determinar la densidad relativa de los suelos granulares y la consistencia de los suelos cohesivos.

En el caso de las primeras 20 has tomando en cuenta el talud, se deberán realizarse como mínimo 6 perforaciones distribuidas en dos líneas paralelas en dirección a la pendiente; este número se puede

incrementar dependiendo de la altura del talud. Se podrían realizar dos perforaciones en la cresta o en la parte superior con una profundidad aproximada de 1,5 veces la altura del talud, otras dos hacia la parte media del talud con una profundidad comparable con la altura del talud y las dos últimas al pie del mismo, con una profundidad de 1/3 de la altura mencionada. (Ilustración 5-2)

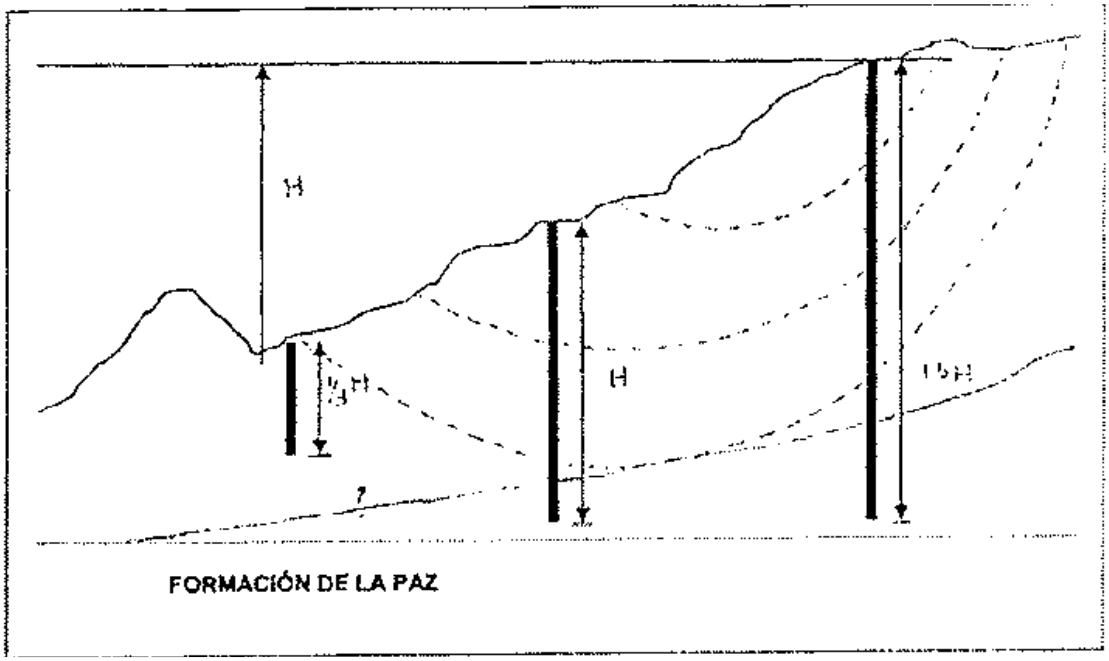


Ilustración 5-2 Ubicación de Perforaciones
Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

5.2.6.1 Comportamiento de las aguas subterráneas

La mezcla de partículas de diferente tamaño como es el caso de los suelos del área estudiada presenta en general las características de permeabilidad del tamaño más pequeño y de mayor porcentaje que corresponde a las arcillas. Estos suelos se encuentran mejor consolidados a profundidad reduciendo tanto los espacios vacíos, así como la permeabilidad estimada en un rango de 10^{-4} a 10^{-6}, reduciendo la velocidad de infiltración de las aguas. Las aguas meteóricas en niveles de suelo superiores que se encuentran fracturados y agrietados probablemente hasta una profundidad de 10 a 12 m tienen una actividad de percolación y de erosión que se manifiesta en fenómenos aislados de sifonamiento.

No se han evidenciado en el trabajo de campo rasgos o manifestaciones superficiales como filtraciones en las paredes de las cárcavas profundas o en las laderas de los ríos o formación de zonas de acumulación de aguas en forma de charcos o suelos con humedad superficial permanente asociadas a acuíferos cercanos a la superficie corroboran la poca posibilidad de la existencia de acuíferos.

5.2.6.2 Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos como la conductividad hidráulica, porosidad, carga hidráulica, gradiente hidráulico y coeficiente de almacenamiento, son determinados cuando se ha verificado la existencia de aguas freáticas o acuífero constantemente activo y que yace sobre la primera capa permeable de potencia uniforme en el área. La ausencia de acuífero en el área estudiada hace imposible realizar la determinar de los parámetros

5.2.6.3 Resistencia del suelo y pendiente de talud.

El suelo tiene dos comportamientos básicos ante la aplicación del esfuerzo cortante. Uno, a través de la fricción intergranular de las partículas que lo integran y la otra por medio de fuerzas que unen a las partículas que lo integran entre si. La primera se llama también condición drenada o a largo plazo y la segunda condición drenada a corto plazo.

En base a la determinación de esta resistencia deberán establecerse factores de seguridad correspondiente a la combinación de la resistencia del suelo con la pendiente del talud que pueden originar situaciones de inestabilidad bajo la resistencia del suelo, en este caso viene dada por el ángulo de fricción interna del suelo.

5.2.7 Mapa de Amenazas

Ilustración 5-3 Mapa de Amenazas
Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Este mapa (Ilustración 5-3) fue elaborado para delimitar aproximadamente sectores dentro el área de estudio, afectados en mayor o menor grado por procesos naturales, que pudieran tener impacto en la construcción del nuevo relleno sanitario de Alpacoma. Para este fin, se tomaron en cuenta aspectos como la magnitud de los deslizamientos ocurridos, característica de los suelos, sectores de mayor actividad y posibilidad de ocurrencia de nuevos deslizamientos, y los posibles, efectos de inestabilidad de los suelos deslizados por actividad hídrica superficial y el agua subterránea.

Se han definido dos sectores de riesgo. El primer sector ubicado al oeste, entre el río Alpacoma y el flanco oeste de la serranía que aflora casi al centro del área de estudio en dirección Nor, noroeste,

donde se observa una mayor actividad geodinámica con movimientos de remoción en masa importantes.

El segundo ubicado al este del área de estudio, corresponde a las 20 has en las que se viene construyendo las celdas de emergencia, la misma que está delimitada por afloramiento de la formación La Paz, con mediana posibilidad de ocurrencia de remoción en masa y la posibilidad de realizar obras de drenaje poco costosas para estabilizar los suelos y un tercer sector sin relevancia para el propósito del presente estudio. (Ver mapa de amenazas)

5.2.7.1 Rango de amenaza alta.

Este sector está afectado por la ocurrencia frecuente de procesos de remoción en masa como deslizamientos, escurrimiento de flujo o torrentes de barro y erosión hídrica superficial y subterránea, existiendo la posibilidad de reactivación de deslizamientos antiguos en reposo y producirse nuevos deslizamientos debido a erosión y saturación de los suelos en época de lluvias.

Potencialmente podrían producirse deslizamientos de magnitud a partir del flanco Este de la serranía debido a la existencia de grietas de tensión observadas.

5.2.7.2 Rango de amenaza media.

Este sector presenta pendiente moderada, donde se observa menor actividad geodinámica, la posibilidad de movimientos de masa de magnitud son menores por las características de estabilidad que presenta el afloramiento de sedimentos de la formación La Paz al este y pendientes que han sido trabajadas al norte para eliminar las cárcavas y quebradas que existían mediante rellenado de las mismas. Al oeste la quebrada o cárcava que limita este sector será utilizada para el drenaje de aguas escurrimiento superficial por lo que se realizaran obras de estabilización.

5.2.7.3 Rango de amenaza baja.

Ubicada en el flanco este de los afloramientos de la Formación La Paz, de poca relevancia para el propósito del estudio.

Cuadro 5-1 Zonificación de sectores y consecuencias potenciales

Zona de Peligro	Descripción	Consecuencias
Zona Roja	Zona de alto peligro de remoción en masa frecuente y de magnitud y posibilidad reactivación Erosión importante en cárcavas	Obras de mitigación estructural muy costosa.
Zona Amarilla	Zona de moderado peligro de remoción en masa y erosión	Mitigación estructural es posible mediante obras de drenaje y tratamiento de la quebrada que servirá
Zona Verde	Zona de bajo peligro que no afecta directamente a las obras.	Simplemente realizar acciones de prevención.

Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Nota: En el MA del RSNJ no se cuenta con un mapa de Zonificacion legible (ver Ilustración 5-3). Tanto el Mapa Riesgo como el cuadro de zonificacion de sectores fueron extraidas del MA.

5.2.8 Geología – Información disponible año 2014

5.2.8.1 Vertedero de Alpacoma Estudio Geotécnico y de Estabilización del Muro Dorsal Sur. (2014)

5.2.8.1.1 Geología

Antecedentes

El proyecto se encuentra ubicado en la zona oeste de la ciudad de La Paz, más exactamente en las Serranías de Alpacoma y está se caracterizada por la presencia de depósitos de torrentes de barro tipo Achocalla y afloramientos de la Formación La Paz. "

Estratigrafía

El sector que corresponde al terreno en estudio presenta una cobertura de materiales sueltos de rocas sedimentarias, los cuales corresponden a los depósitos de torrente de barro.

Por debajo de estos depósitos de torrente de barro se encuentran los sedimentos neógenos de la Formación La Paz.

Además, en ciertos sectores se encuentran rellenos artificiales que al no haber sido controlados se han convertido en una incógnita importante en la estabilidad de las diferentes estructuras construidas con estos materiales, localmente denominados queque por su composición de suelos natural y lixiviado, en la cual la acción de los lixiviados se ha manifestado en un incremento de las partículas de tamaño coloidal.

5.2.8.1.2 Rocas del neógeno

Siguiendo la tendencia de los macizos del sector se puede deducir sin margen a error importante que el basamento rocoso está constituido por las rocas que corresponden al Neógeno pertenecientes a la Formación La Paz (Cuadro 5-2)

Cuadro 5-2 Descripción Formación La Paz

Nombre	La Paz
Rango	Formación
Litología	Areniscas, limolitas y conglomerados poco consolidados
Edad	Neógeno (Plioceno)
Distribución	Borde oriental del Altiplano norte
Espesor	Sobrepasa los 500 m.

Fuente: Elaboración propia

La Formación La Paz, de edad Neógena y Cuaternaria, abarca ambos flancos de la serranía de Aranjuez infrayace toda el área estudiada al norte de la serranía. Se encuentra ampliamente expuesta en las partes inferiores de los valles principales.

Normalmente se incluyen, bajo la denominación de Formación La Paz, a los sedimentos poco consolidados que yacen debajo de un drift, y donde éste está ausente, a los sedimentos debajo de un banco de ceniza volcánica. Estos sedimentos descansan sobre rocas del Cretácico Superior o Neógeno o sobre rocas del Devónico inferior.

La formación consiste estratos lenticulares poco consolidados de limo, arcilla, arena, grava y algunas franjas delgadas de arcilla muy carbonácea. Los estratos individuales no pueden seguirse por más de 1 Km. El espesor máximo inferido de la Formación La Paz es no menor de 500 metros.

Con el propósito de una descripción más detallada se ha dividido la formación en tres unidades: inferior, media y superior, aunque, en ningún trabajo se las ha mapeado por separado (Ilustración 5-4)

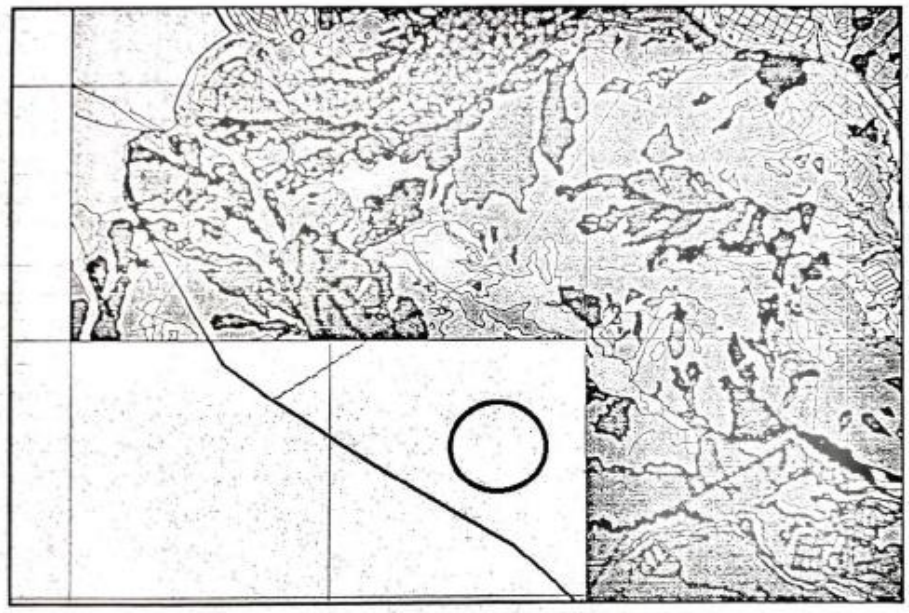


Ilustración 5-4 Mapa Geológico Área de Proyecto

La Figura (Mapa Geológico de la zona del proyecto) tiene una inscripción que dice: *"Observar la falta total de información, Vertedero de Alpacoma, ciudad de La Paz"*

Unidad Inferior

La unidad inferior, con aproximadamente 130 m de espesor, está compuesta por bancos alterados de arcilla limosa de color gris o canela, arcilla, arena y grava. Esta unidad aflora a lo largo de los ríos principales desde la angostura de Aranjuez rio arriba hasta San Pedro y Miraflores y forma parte de la pendiente meridional de Pampahasi. En ella se pueden observar dos capas lenticulares distintivas de grava limosa de color rojo con un espesor de hasta 15 metros. La capa superior se ha elegido como límite superior de la unidad inferior.

Localmente la arcilla limosa y la arcilla, están bien estratificadas, aunque localmente muestran una apariencia maciza con algunos clastos bien redondeados e irregularmente distribuidos de pizarra y granito. La arena y la grava presentan localmente estratificación cruzada, donde la grava está constituida por fragmentos bien redondeados de pizarra, latitan, cuarcita y granito. Los dos bancos de grava limosa roja están separados por 30 a 40 metros de limo y arcilla limosa de color gris o canela y están compuestos por clastos bien redondeados de granito, cuarcita, pizarra y lulitas.

Al noreste de Obrajes se presentan varias capas de arcilla limosa roja, limo, arena y grava arenosa cuyo espesor no pasa de los 6 metros y su extensión lateral es solo de pocos cientos de metros. Hacia el sudeste de Obrajes se observa solamente una capa de grava limosa roja que posiblemente corresponde a la capa superior del este de Obrajes.

Aunque el fallamiento y depósitos más recientes han ocultado las relaciones entre estos estratos, se asume que los pequeños afloramientos de capas limosa rojas a lo largo del rio Choqueyapu, al oeste del Miraflores, se correlacionan con el estrato superior de grava limosa roja al noreste de Obrajes.

La base de esta unida no aflora en ningún sitio por lo que su espesor podría ser mayor a los 130 metros asumidos.

En la ladera occidental de la serranía de Aranjuez al norte del rio La Paz, estos estratos descansan horizontalmente sobre una superficie de erosión de rocas Cretácicas o Neógenas que tienen una inclinación de 45° - 65 ° al SO.

Al sud del rio La Paz los estratos de la unidad inferior están en contacto de falla sobre pizarras devónicas o rocas del Cretácico Superior o Neógeno Inferior.

Unidad Intermedia

La unidad intermedia está compuesta por una alteración de estratos de arcilla limosa color gris o canela y limo con lentes delgados de arena, arcilla arenosa y grava. Esta unidad aflora al noreste de Obrajes en una pequeña colina que separa La Paz de Miraflores, a lo largo de la serranía de Aranjuez y en el valle de Achocalla. El límite Inferior de esta unidad es la capa de grava limosa roja ya descrita. El límite superior se ha tomado arbitrariamente a unos150 metros por encima del límite inferior y corresponde al nivel en el que las gravas grises empiezan a predominar en la sección. El espesor de los estratos de arcilla limosa y de limo de esta unidad varía de 1 a 15 metros. Estos estratos contienen localmente clastos redondeados e irregularmente distribuidos de pizarra de hasta de 1 cm de diámetro.

Las capas de arena y arena arcillosa varían en espesor de 1 a 50 cm.

Un análisis de difracción de rayos X demuestra la presencia de la Formación La Paz está en una colina entre Miraflores y La Paz donde se explotaba la arcilla para la fabricación de ladrillos y tejas.

Unidad superior

La unidad superior de la Formación La Paz, con espesor aproximadamente de 230 metros, está constituida por una alternación de estratos poco consolidados de arenas lenticulares de color gris a gris claro, limo arcilla limosa, grava y arcilla carbonosa gris oscura a negra. Esta unidad aflora a lo largo de las partes superiores de los valles de Chuquiaguillo y Choqueyapu, al sud d Sopocachi Alto y en las partes superiores de la serranía de Aranjuez hasta la región del Kenko. El límite inferior de esta unidad se ha ubicado en el nivel donde se produce un cambio gradual de los sedimentos finos inferiores hacia los sedimentos de grano más grueso que caracterizan a esta unidad. Por lo general su límite superior está en la base de una capa de ceniza volcánica. El espesor de los estratos de la unidad superior varía desde 1-10 metros. Los bancos de grava son más potentes en la parte superior y consisten de clastos bien redondeados de granito, pizarra, arenisca y cuarcita. En partes los clastos tienen hasta 10 cm de diámetro. Los estratos de limo y arena están finamente laminados y localmente presentan estratificación cruzada. En el valle de Chuquiaguillo, afloran dos capas de arcilla carbonosa con un espesor medio de 1.30 metros. En el centro de cada una de estas capas se pueden observar fragmentos de material lignitico.

El límite superior de esta unidad y en consecuencia de la Formación La Paz, se ha ubicado en la base de una capa de ceniza volcánica, excepto cerca de Patapatani donde se presenta un til entre la Formación La Paz y la cinerita. El contacto entre el til y la unidad superior de la Formación La Paz no aflora.

Origen y ambiente de deposición

En este informe se emplea el término de cuenca de La Paz para designar a la depresión topográfica en que se encuentran confinados los sedimentos de Formación La Paz y otros más recientes. Ahlfeeld se refiere a esta hoyada como la cuenca La Paz. La cuenca La Paz tiene como límite occidental una serranía que se extiende desde el lago Titicaca, cerca de Aigachi, hasta cerca de 8 Km al oeste de Calamarca y está compuesta de rocas devónicas. El límite oriental se extiende a lo largo de la pendiente occidental de la Cordillera Real, desde puerto Pérez hasta más al sudeste de La Paz. La serranía de Aranjuez es un rasgo topográfico secundario dentro de la cuenca La Paz y la decide en dos partes. La unidad inferior de la Formación La Paz termina contra la serranía mientras que los sedimentos posteriores la traspasan.

Los sedimentos de la Formación La Paz se originaron en la Cordillera Real y fueron transportado s hasta la cuenca La Paz por corrientes de gran caudal. Es también probable que existieron algunos lagos efímeros. Localmente ríos pudieron haber rebalsado hacia el oeste hasta desembocar en el rio Colorado de curso hacia el norte, como se ilustra actualmente en el caso de los ríos Pallina, Vivanque y el antiguo curso inferido del rio Seguenca. Por otro lado, los ríos que existían en el área actualmente drenada por los ríos Chuquiaguillo e Irpavi podían tener un curso similar al rio Milluni que corre hacia al sudeste hasta confluir con el rio Palllina.

Edad y correlación

La edad y origen de los sedimentos debajo de la capa de cinerita han sido objeto de interminables discusiones y su correlación con depósitos localidades vecinas no ha sido bien definida. Orbigny pensaba que los depósitos sedimentarios de los alrededores de La Paz eran de origen diluvial e hizo notar que los estratos superiores se componen de clastos más gruesos que los inferiores. Ahlfels definió la Formación La Paz y la dividió en una unidad inferior compuesta de clastos finos y una unidad superior formada por granos más gruesos. Ambas unidades estaban separadas por una capa conspicua de ceniza volcánica. A la unidad superior se atribuía una edad pleistocena mientras que la inferior se la signaba al Plioceno. Hauthak y Douglas pensaban que todos de los depósitos de La Paz eran de origen glacial. Felsch creía que los sedimentos debajo de la cinerita eran de edad miocena, 300 metros encima de la misma corresponderían al Plioceno y el resto de Pleistoceno. Ahlfeld compara la Formación La Paz con los conglomerados Taraco que se extienden desde unos 15 Km al oeste de Viacha hasta el Lago Titicaca. Este autor piensa que estos conglomerados son de origen pedemontano y les asigna una edad pliocena. Ahlfeld hace notar que los conglomerados Taraco están ausentes en la cuenca de La Paz y cree que son más antiguos que los sedimentos de la Formación La Paz. Este su razonamiento se basa en el lecho de que la Formación La Paz contiene clastos de granito proveniente de la erosión de los baltitos de la Cordillera Real, mientras que la ausencia de estos en los conglomerados Taraco indicaría que los batolitos todavía no afloraban durante la deposición de los conglomerados Taraco.

Actualmente el criterio más generalizado es el de considerar a los fósiles que sirvieron para datar la formación La Paz como de edad pleistocena, por tanto, los sedimentos donde estos se encuentran deberían ser correlacionados con una de las formaciones del grupo Pampeano de la república Argentina. Por falta de evidencias más definitivas y en base a las inferencias indicadas se asigna provisionalmente una Eda pliocena superior a la unidad inferior de la formación La Paz. En la misma forma se atribuye una edad pleistocena inferior a las unidades media y superior, las mismas que pueden representar materiales depositados en gran parte por glaciares existentes en la Cordillera Real. En resumen, la Formación La Paz incluye depósitos que varían de edad desde el Plioceno Superior al Pleisteceno inferior.

5.2.8.1.3 Depósitos recientes

Algunos de los depósitos descritos anteriormente son de edad esencialmente pleistocena, aunque la acumulación de otros, tales como los depósitos lacustres y la Grava Miraflores, pueden haber continuado hasta tiempo pos glacial. De acuerdo a las determinaciones del radiocarbono se puede considerar que la edad reciente se ha iniciado hace 9000 – 8000 años atrás. Bajos este capítulo se describirá los deslizamientos de terreno, torrentes de barro, sedimentos lacustres, coluvio, abanicos aluviales, terrazas recientes y depósitos de llanura aluvial. Todos estos depósitos formados después del último retroceso del glacial de valle que ocupaba los valles Choqueyapu y Chuquiaguillo.

Durante la época histórica, es decir, posterior a la fundación de La Paz, pudieron haberse producido torrente de barro y deslizamientos de terreno de tal magnitud que su ocurrencia ya se menciona en la literatura histórica del área. Sanjinés (1948, p. 30-31) hace referencia a la completa desaparición de la localidad de Hanko Hanko ubicada entre Lllojeta y el Kenko.

Otras catástrofes que pueden mencionarse son un movimiento de tierra en el Illimani que ha dejado una gran cicatriz observable desde la ciudad, un deslizamiento de terreno en el área de Santa Barbará que ocasiono la desaparición de un lago, el deslizamiento de terreno de Tembladerani en 1837 destruyo completamente la comunidad del mismo nombre en es área. Uno de los movimientos más recientes del deslizamiento de Tembladerani data de 1945, durante el cual el lecho del rio Choqueyapu ascendió unos 8 metros en pocos días (Ahlfeld, 1945,9.8).

La ocurrencia de torrentes de barro, reactivación de viejos deslizamientos y formación de otros nuevos, bloqueo temporal de los ríos y otras formas de erosión son procesos activos que pueden continuar en el futuro.

Torrente de barro

La mayor parte de los movimientos de tierra son una combinación de la acción de deslizamientos de terreno y torrentes de barro y en muchos lugares la línea divisora es necesariamente arbitraria. Se han incluido bajo deslizamientos aquellas áreas donde están presentes escarpas y donde el material desplazado en bloque puede ser identificado como parte de una unidad estratigráfica, aunque tales áreas incluyen invariablemente algo de material que se han movido por flujo. Mientras tanto que aquellas áreas donde están ausentes las escarpas y su masa están constituidas por pocos bloques de materiales correspondientes a unidades estratigráficas identificables, se incluyen como torrentes de barro.

Los torrentes de barro son una mezcla heterogénea de arcilla, limo, arena y grava depositada por corrientes saturadas de escombros. En los torrentes de barro pueden estar presentes fragmentos de algunos o todos los materiales que se encuentran “in situ” pendiente ariba de la ladera del valle.

Localmente el material está clasificado, aunque no es raro encontrar un matriz de limo arenoso o arcilloso en el cual están distribuidos irregularmente clastos conspicuos de otras rocas. Cuando el material está seco se mantiene en paredes bastante abruptas; al humedecerse se disgrega fácilmente y cuando está saturado puede fluir si se encuentra sobre una superficie inclinada.

Los torrentes de barro están localizados en pendientes inclinadas y generalmente concuerdas con los vales actuales. La apariencia global de la superficie representada en un mapa de escala 1:15.000 con líneas de nivel cada 10 metros, es suave y regular, pero en su aspecto más detallado la superficie está cortada por quebradas de paredes abruptas, por fracturas de desecación profundas o huecos verticales llamados tubos, y pueden encerrar pequeñas depresiones sin desagüe.

En el mapa geológico de Dovrovolny se muestran cuatro torrentes de barro presentes en los valles de Achocalla y La Paz. El más extenso de estos es el torrente de Achocalla y el valle de La Paz, al sud de la angostura de Aranjuez. Los otros están ubicados al oeste de la confluencia de los ríos Irpavi y Choqueyapu al este del rio Chuquiaguillo, aproximadamente a 1 Km aguas arriba de su confluencia del rio Choqueyapu, al norte de Purapura. La parte superior del torrente de barro al oeste de la confluencia de los ríos Irpavi y Choqueyapu, está cubierta por sedimentos lacustres más recientes Choqueyapu, está cubierta por sedimentos lacustres más recientes.

Torrente de barro de Achocalla

Sin duda el torrente de barro más extenso y espectacular del área es el originado en el valle de Achocalla y que se extiende hasta el valle de La Paz, más debajo de la angostura de Aranjuez, en una distancia de por lo menos 18 Km. Este torrente bloqueo el curso del rio La Paz y el lago originado por la acumulación del agua se lo denomina lago Calacoto. El lago Calacoto tenía una profundidad máxima de 150 metros y los sedimentos depositados en este lago.

A lo largo del valle de Achocalla pueden observarse escombros de los torrentes de barro. Los ríos han lavado en gran parte estos materiales y localmente pueden observarse las rocas que infrayacen a tales depósitos. En las cabeceras de las corrientes los torrentes y deslizamientos de terreno son considerablemente extensos, particularmente en los anfiteatros. Estos se hacen muy activos durante las épocas de lluviosas. Se tiene evidencia de la destrucción completa de la línea de ferrocarril, abandonada en 1928, que entraba al valle de Achocalla por el oeste de Kenko, cruzaba la serranía de Aranjuez a través de un túnel y descendencia a la ciudad por la parte superior de Sopocachi.

Al sud de rio Mallasa y hacia el oeste, hasta un punto debajo del borde del Altiplano, la mayor parte del valle de Achocalla está cubierta por escombros provenientes del torrente de barro. Mas o menos a 5 Km al sudeste de la comunidad de Achocalla se encuentra una franja de terreno de 1.5 Km de longitud con topografía típica de torrentes de barro, su superficie es irregular y sobre ella se encuentran algunos lagos sin drenaje, pilares bajos y bloques de la Cinerita Chijini desplazados hasta tres metros como sombreros en los pilares. En otros lugares, los bloques de cineritra están distribuidos irregularmente en todo el detritus del torrente de barro.

En el valle de La Paz, aproximadamente a 2 Km aguas debajo de Mecapaca, se encuentran cerros aislados del torrente de Achocalla cuyas elevaciones alcanzan hasta 40 metros. Entre este punto y otros 5 kilómetros mas abajo existen pequeños remanentes de torrente que no han sido eliminados por la erosión ya que se encuentran en tributarios más o menos protegidos. La elevación máxima de tales remanentes es de 75 metros sobre el nivel del rio. Mas abajo de estos residuos no se han observado evidencias del torrente de barro de Achocalla.

No se conoce una sola sección donde este expuesta la potencia total del torrente de barro de Achocalla. Al sud de Lipari, cerca de la confluencia de los ríos de Mallasa y La Paz, el torrente tiene un espesor aproximado de 100 metros, posee un color canela y localmente esta estratificado. En la base del torrente donde se superponen a las lutitas del Devónico Inferior, se encuentra una grava estratificada que contiene fragmentos de granito, cuyo diámetro alcanza hasta 10 cm. Localmente se observan lentes de arena y grava cerca del centro del torrente. La parte superior está compuesta esencialmente de limo y arena muy fina. Bloque y fragmentos de la Cinerita Chijini están distribuidos muy irregularmente a lo largo de todo el torrente, aunque son más comunes en su superficie.

El hecho de que el torrente de barro de Achocalla representa un solo movimiento de tierra superficial esta evidenciado por la continuidad de los escombros del torrente, la superficie regular que desciende con una gradiente uniforme y por la presencia de estratos lacustres arriba de la angostura La Paz. El fenómeno ocurrió un tiempo después de la deposición del torrente de barro al oeste de la confluencia de los rio Irpavi y Choqueyapu ya que los sedimentos lacustres del lago Calacoto descansan sobre parte de su superficie. El torrente al oeste de la confluencia de los ríos Irpavi y Choqueyapu descansa sobre la Grava Miraflores, la que por correlación con los sedimentos lacustres del Drift Choqueyapu tiene una edad de 9000 años (determinación por radio carbono). Por tanto, la edad máxima del torrente de barro de Achocalla es menor de 9000 años.

5.2.8.1.4 Riesgo Geológico

Como se puede apreciar en el mapa, el vertedero de Alpacoma, a pesar de su gran importancia y de los riesgos que conlleva la disposición de los residuos sólidos de una ciudad ha sido ubicado en un sector donde, la estabilidad de la zona debió ser verificada con anterioridad a la disposición de los desechos sólidos que, por otro lado deberían ser seleccionados a fin de poder controlar la producción tanto de gas como de lixiviados que convierten en problemas a veces insolubles en casos similares al de Alpacoma.

Las inspecciones realizadas a la zona indican que los mayores riesgos potenciales del sector son: los asentamientos diferenciales de magnitudes muy difíciles de prever, los deslizamientos locales y generalizados y las filtraciones de aguas subterráneas asociadas a escapes de lixiviados; riesgos de elevada peligrosidad para el vertedero y las áreas urbanas y agrícolas ubicadas aguas debajo de esta instalación que se verían completamente comprometidas en el caso de una falla generalizada del sistema de celdas.

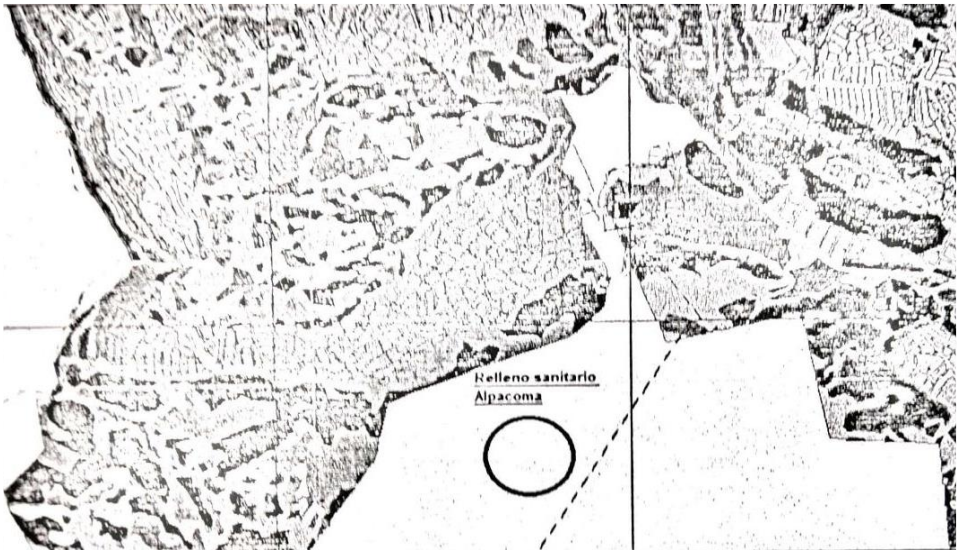


Ilustración 5-5 Mapa de Riesgos Geológicos
Fuente: Estudio Geotécnico y de Estabilización del Muro Dorsal Sur, 2014.

Observar la total falta de información sobre los riesgos geológicos de la zona (ver Ilustración 5-5), Vertedero de Alpacoma, ciudad de La Paz.

5.2.9 Hidrología

La información recopilada para descripción de este punto se basa en lo reportado en el formulario del Manifiesto Ambiental del RSNJ, punto 2.1.4 Recursos hídricos (rango hasta 5km.), como sigue:

Cuadro 5-3 Principales Ríos o Arroyos cercanos

Nombre	Permanente o intermitente	Caudal estimado en época estiaje	Actividad para la que se aprovecha	Observaciones
Río Alpacoma	Permanente	0,05 m^3/s	Ninguna	No se utiliza agua de la quebrada Alpacoma ni se incrementa su caudal.

Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Cuadro 5-4 Lagos, pantanos y embalses artificiales

Nombre	Localización y distancia a la AOP.	Volumen estimado	Observaciones
No existe			

Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Cuadro 5-5 Aguas Subterráneas

Profundidad y dirección	Uso principal	Distancia al proyecto	Observaciones
A 5 m. de profundidad del este a oeste (estanque anaerobio)	Ninguno	En el proyecto	Afloramiento natural y direccionamiento mediante tubería hacia drenaje pluvial.
A 6 m. de profundidad de este a oeste (estanque aerobio)	Ninguno	En el proyecto	Afloramiento natural y direccionamiento mediante tubería hacia drenaje pluvial.

Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

5.2.10 Hidrografía[10]

La red hidrográfica de la ciudad de La Paz hasta el puente Lipari, está conformada por cinco macrocuencas: Choqueyapu, Orkojahuira, Irpavi, Huañajahuira y Achocalla.

El área del proyecto corresponde a la subcuenca del curso superficial de agua Alpacoma que tiene 543 Has que a su vez es tributaria del río Achocalla cuya superficie es de 5,500 Has y desemboca al río La Paz. La característica principal de la subcuenca es que geológicamente corresponde a un torrente de barro, fácilmente erosionable en presencia de aguas pluviales por lo que está surcada por varias quebradas.

La subcuenca donde se encuentra el área del proyecto tiene una superficie de 12.3 Has y se encuentra localizada en la ladera Norte del curso de agua Alpacoma, tiene una pendiente promedio de 6 % y se encuentra surcada por pequeñas quebradas.

El principal curso de agua cercano al área de estudio y que sería la causa principal de los procesos dinámicos que afectan a la zona, lo constituye el río Alpacoma, que drena sus aguas en dirección NO a SE y que recibe a lo largo de su curso, aportes de numerosas cárcavas y quebradas con flujos temporales y desemboca en el río Achocalla, de curso Oeste - Este, el mismo desemboca en el río Choqueyapu, que pertenece a la cuenca hidrográfica del río La Paz.

5.2.11 Hidrogeología

5.2.11.1 Aguas Superficiales

La zona de estudio presenta una red de drenaje bastante densa conformada por numerosos riachuelos y quebradas secundarias que drenan aguas de origen pluvial solamente en tiempo de lluvias con caudales importantes, donde las aguas escurren rápidamente debido a la gradiente del terreno y producen una intensa erosión y socavación vertical buscando su nivel de base local, creando de esta manera canales profundos que se ensanchan sus valles por socavación del pie de sus taludes y deslizamientos frecuentes.

Los únicos cursos permanentes de agua constituyen los ríos Achocalla y Alpacoma, este último que recibe cierto caudal de aguas residuales desde lugares poblados en la ceja de El Alto y constituyen el nivel de base local y que regulan la profundidad de erosión.

5.2.11.2 Aguas Subterráneas.

El origen de las aguas subterráneas está relacionado principalmente con aguas gravitacionales temporales que se forman en el periodo de infiltración de las precipitaciones pluviales en época

[10] 5.2.11 Y 5.2.12 se encuentra en el Manifiesto Ambinetal RSNJ 2010

lluviosa, las mismas que se insumen parcialmente aprovechando las fracturas y grietas de los sedimentos poco consolidados de los depósitos cuaternarios. La alimentación y difusión se encuentran en las zonas altas y se hallan en dependencia de las condiciones metereológicas, con fluctuaciones de temperatura y tienen carácter estacional.

Estas aguas meteóricas tienen una actividad en la zona de intemperización, y se mueven principalmente en dirección vertical descendente, carecen de presión y su corriente laminar obedecen a la ley de Darcy La movilidad o circulación del agua vadosa debido a la endiente alta del terreno se manifiesta como fenómenos aislados de sifonamiento que no constituyen por si mismos un flujo laminar que caracteriza a la presencia de aguas subterráneas

5.2.11.3 Acuíferos y nivel freático

Las aguas gravitacionales por sus características de movilidad y la ausencia de un horizonte permeable continuo, no forman acuíferos, en relación con ello la misma no puede desplazarse en el plano horizontal bajo la acción del gradiente de presión, sino que se mueve verticalmente hacia abajo a expensas de la fuerza de la gravedad o en cualquier dirección bajo las fuerzas capilares por lo que no puede crear desagüe lateral en la masa del suelo.

La posibilidad de la presencia de aguas colgadas es baja debido a la influencia de la pendiente del terreno en la que las precipitaciones se consumen casi por completo por la escorrentía superficial y su infiltración en el terreno es baja y drenada.

La prospección geofísica realizada mediante el método de resistividad eléctrica ha determinado un nivel de saturación o nivel freático a una profundidad mayor a los 120 m., que posiblemente sea coincidente el material gravoso permeable que constituye base de la Formación de La Paz.

5.2.12 Riesgos Naturales[11]

En el área estudiada, concretamente en ambas márgenes de la serranía de Alpacoma se pueden presentar los siguientes riesgos:

- Reactivación de deslizamientos
- Deslizamientos nuevos
- Asentamientos por erosión subterránea.

5.2.12.1 Reactivación de deslizamientos

Estos fenómenos de inestabilidad pueden presentarse en ambas márgenes del curso superficial de agua Alpacoma en razón de la ausencia de obras de control en el mismo; se requiere elevar el nivel de este curso mediante la construcción de una serie de muros de gaviones, esta medida producirá el automático recalce del pie de los deslizamientos y consiguientemente un incremento en los factores de seguridad.

Es importante señalar que los antiguos deslizamientos ubicados en la ladera nororiental de la serranía de Alpacoma se mantienen estables debido a la escasa pendiente imperante en el sector y por la ausencia de flujos subterráneos que pudieran lubricar los planos de deslizamiento.

[11] Plan de Emergencia para la Prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental, 2004; Capítulo 2. Estudios y Análisis previos y Manifiesto Ambiental 2010; Anexo 2, Descripción de la Actividad

5.2.12.2 Formación de nuevos deslizamientos

A lo largo de las quebradas menores pueden presentarse pequeños deslizamientos y derrumbes, por la profundización del lecho de las quebradas secundarias, por lo que es importante planificar obras de control en estas torrenteras.

5.2.12.3 Asentamientos por erosión subterránea

Es evidente que la erosión subterránea continuará en el futuro en los materiales finos, aspecto que se traducirá en asentamientos por el derrumbe de los sifonamientos y túneles en especial en los sectores ubicados al borde de los taludes y quebradas. Un control de estos fenómenos es importante aspecto que se puede conseguir mediante movimientos de tierras para la habilitación de áreas deportivas y de recreación, ligados a programas forestales, así como la elevación paulatina del fondo de las quebradas, medida que permitirá rellenar las cárcavas y túneles con material sedimentario.

5.2.13 Riesgos de la acción Hídrica Superficial[12]

5.2.13.1 Erosión del suelo

Considerando la poca o ninguna cobertura vegetal de los suelos, la constitución y características de los mismos, así como las fuertes pendientes del terreno, el proceso de erosión en el área es intenso, habiéndose desarrollando una red desordenada de quebradas y cárcavas que ensanchan y profundizan sus causes, creando condiciones de inestabilidad en ambas márgenes de sus valles en las que se producen continuamente deslizamientos y derrumbes y flujos de barro que representan una amenaza para el futuro relleno sanitario debido a la destrucción lenta de los suelos contiguos a las mismas y en las propias obras. Por otra parte, la saturación podría comprometer la estabilidad del suelo y las obras implantadas, por lo que se deberán realizar drenajes y estabilización de las laderas de los ríos como medida preventiva.

5.2.13.2 Movimientos de remoción en masa

Constituyen el fenómeno de mayor riesgo en el área de estudio y como ya se ha dicho afectan la mayor superficie del área estudiada. Los procesos de remoción en masa que involucran deslizamientos antiguos y recientes, torrentes de barro, derrumbes y otros, se han producido a lo largo de la cuenca del Río Alpacoma especialmente en ladera Este en la que está ubicada el área destinada para el nuevo relleno sanitario.

Los terrenos origen de estos movimientos, son los sedimentos de la Formación La Paz que afloran como altos topográficos con escarpes elevados que rodean el área seleccionada para el relleno sanitario, en cuyas crestas se observan coronas de deslizamiento de diferente magnitud con anchos variables de entre 80 a 300 metros aproximadamente que evidencian la importancia de los mismos, en las que también se observan grietas de tensión abiertas de 10 a 30 cm. de ancho de cierta extensión, alineadas con la cresta de la serranía y cerca de los escarpes de deslizamiento.

Los diversos tipos de materiales producidos por la remoción en masa, expuestos en la zona con un contenido relativamente alto de elementos finos, arcillas y limos serían potencialmente propensos a escurrimiento por fluidez, asociados a precipitaciones pluviales y saturación de los suelos, ya que una

[12] Manifiesto Ambiental 2010; Anexo 5. Estudio de Identificación de aspectos geológicos críticos en el área destinada al Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

vez que se inicia el movimiento las arcillas húmedas podrían hacerse mas plásticas y escurrir fácilmente aun en superficies con pendiente baja.

5.2.13.3 Derrumbes

En zona inferior a los terrenos estudiados y hasta las laderas del río Alpacoma se observan algunos derrumbes en forma de gradas, que afectan a deslizamientos antiguos.

La socavación al pie de los taludes en especial en la Formación La Paz presenta derrumbes con bloques de relativa importancia, formando depósitos de talud, alguno de estos fragmentos rodó pendiente abajo y pueden observarse en la zona de ampliación del relleno sanitario, al NO de las celdas en construcción. Asimismo, en todos los ríos, quebradas y cárcavas profundas de la zona estudiada se observan bloques de derrumbes como parte del proceso de ensanche de sus causes.

5.2.13.4 Deslizamientos

Los deslizamientos antiguos, algunos en estado de reposo presentan signos de estabilidad en parte o en su totalidad, sin embargo, debido a la característica de los suelos constituidos por una mezcla de arcilla, limos, arena, grava y restos de cinerita, son erosionados actualmente y podrían ser reactivados por la presión de agua intersticial y las variaciones de la fuerza de cizalla dentro la masa de suelo en combinación con la pendiente del terreno. La zona muestra numerosos deslizamientos y desprendimientos recientes.

El peligro que representan estos deslizamientos recientes es grande como el que se produjo en el mes de junio del 2003 en la ladera Este, en la parte alta del valle del río Alpacoma y se evidencian en la destrucción parcial del camino que vinculaba Alpacoma con Alto Llojeta, el taponamiento del túnel que formaba parte del camino mencionado, y la destrucción del puente de acceso entre la comunidad de Alpacoma y la serranía de Huancarani, incluso formando embalse de agua, que constituye una amenaza para la estabilidad de los terrenos de la zona inferior.

5.2.14 Riesgos por acción de Aguas Subterráneas

5.2.14.1 Saturación

La posible saturación de los suelos en época de lluvia podría afectar principalmente a los depósitos de material detrítico no consolidado y de porosidad media producto de los movimientos en masa, produciendo un aumento de peso y de acuerdo a la pendiente del terreno, reptaciones o posiblemente flujos violentos de material, comprometiendo la estabilidad del suelo y de las obras ejecutadas.

5.2.14.2 Hundimientos

Como ya se mencionó, el proceso de erosión de las aguas meteóricas produce conductos con diámetros relativamente importantes en el subsuelo (sifonamiento) constituyendo un riesgo por colapsos o hundimientos debidos a la carga de los suelos superiores y que podrían afectar la estabilidad de las obras del relleno sanitario y la contaminación por lixiviados.

Podrían producirse, asimismo, asentamientos o hundimientos superficiales por la sobrecarga de la basura del relleno sanitario que afecten a capas del subsuelo por con cierto grado de plasticidad como efecto de la compresión y escurrimiento de las mismas, produciendo inestabilidad en las obras.

5.2.14.3 Riesgos por Acción Eólica

Si bien la acción mecánica eólica es menos significativa en la zona, existen vientos de dirección cambiante y de cierta velocidad con direcciones de Sur a Norte por las mañanas y Norte a Sur, por las tardes, que no afectarán a zonas pobladas por el transporte virus, gases y olores emanados del relleno.

5.2.14.4 Riesgos asociados a la Estabilidad de Taludes

Los deslizamientos de taludes ocurren de muchas maneras y aún persiste cierto grado de incertidumbre en su predicción, rapidez de ocurrencia y área a ser afectada, sin, embargo todos los deslizamientos o movimientos en masa están relacionados con la pendiente de taludes, meteorización y fuerzas de filtración. Los riesgos observados en el área de estudio son:

Derrumbes causados por socavación al pie de los taludes con pendientes pronunciadas en las quebradas y cárcavas, así como en los afloramientos de la formación La Paz. Estos derrumbes podrían ser relevantes debido a la caída de uno o varios bloques que ocasionarían daño a las obras previstas para el relleno sanitario cercanos a los mismos y a otros taludes que se encuentran en las partes inferiores.

Deslizamientos rotación debido al incremento de la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración, movimientos que pueden causar severos daños a las obras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores. Flujos de escombros y de barro causados por altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad estacional que se producen repentinamente y movimiento rápido especialmente en pendientes pronunciadas cuyos efectos son desastrosos, como el ocurrido el mes de julio del 2004, afectando una superficie extensa y causando destrozos en las obras civiles y caminos.

Un aspecto importante en cuanto a la estabilidad de los trabajos futuros, en la excavación de celdas del nuevo relleno sanitario, caminos y banquinas, es cuidar de no alterar la pendiente natural de los taludes de corte con altos ángulos, pues al socavar la base de taludes naturales, se podrán crear derrumbes o deslizamientos artificiales.

5.2.14.5 Riesgos asociados a la acción sísmica

La mayoría de las fallas de talud durante sismos se debe al fenómeno de liquefacción en el suelo granular en condiciones no drenadas, la cual puede ser activada por la repetida aplicación de pequeños incrementos o decrementos de esfuerzos de corte inducidos por vibraciones del terreno asociados con terremotos o explosiones. La pérdida de resistencia es de tal magnitud que momentáneamente el suelo alcanza la consistencia de un fluido pesado y se originan grandes deformaciones.

Los fenómenos de liquefacción se han observado generalmente en depósitos aluviales recientes compuestos por material granular, como los que se encuentran típicamente en los deltas o zonas de inundación de ríos y lagos.

Los parámetros más relevantes en la evaluación del potencial de liquefacción son:

1. La granulometría (Tamaño, gradación y forma de los granos)
2. La densidad relativa del depósito.

Estas características son determinadas por el método de deposición, la edad geológica y la historia de esfuerzo del depósito.

Las arenas finas limpias y las arenas limosas no plásticas que contienen menos del 10 % de finos son las más susceptibles a la liquefacción por que tienen la tendencia a depositarse de manera suelta y presentan una permeabilidad baja para impedir el drenaje durante las vibraciones del terreno.

En general los materiales con un coeficiente de uniformidad (definido como el tamaño de 60% de los granos más finos del depósito) entre 2 y 5 y un tamaño promedio dado por D50 que varía entre 0,02 mm y 2,0 mm son los más propensos a la liquefacción. Basado en los resultados de análisis granulométrico en suelos que sufrieron o no liquefacción durante sismos, Tasuchida (1979) propuso las granulometrías de frontera.

5.2.14.6 Riesgos de contaminación de aguas subterráneas.

Las características hidrogeológicas, topográficas y de los suelos existentes en el área de estudio permiten suponer que el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es bajo debido a la profundidad del manto freático ubicado a más de 100 m. de profundidad, la pendiente del terreno y una alta densidad de drenaje de escurrimiento estacional rápido favorecen una mayor escorrentía superficial que disminuye la infiltración y el riesgo de contaminación.

El espesor y característica de los suelos constituidos por arcillas limosas con bajo contenido de arena que presentan permeabilidades de 10^{-5} a 10^{-7} en niveles más profundos donde los suelos se encuentran compactos y la ausencia de horizontes o lentes areno gravosos o arenosos como uno de los condicionantes para la formación de acuíferos colgados disminuye la posibilidad de contaminación por infiltración de lixiviados.

5.2.14.7 Riesgo de contaminación de las aguas de superficiales (Ríos)

En referencia a los riegos de contaminación de las aguas superficiales o cursos de agua por los lixiviados producidos por el relleno sanitario corresponden mayormente a requisitos técnicos de diseño, construcción que permitan captar, drenar, tratar o recircular los lixiviados.

El sistema de drenaje para lixiviados deberá contar con aditamentos para su inspección y mantenimiento el que conducirá a estos líquidos hasta un sistema de tratamiento y disposición final.

Es importante el acondicionamiento del terreno de las celdas con una base de suelo impermeable con un coeficiente máximo de 10-7, con un espesor máximo de 40 cm y compactado al 95% y con pendiente mínima 3% hacia las líneas de tubos de drenaje.

Es importante reiterar la construcción de zanjas de drenaje periféricos al relleno sanitario especialmente en las partes altas y conducirlas hacia un curso de agua alejado del relleno para evitar su contaminación. Por otra parte, un constante control de los lixiviados permitirá detectar fugas y subsanar los riesgos de contaminación.

5.2.14.8 Riesgos de asentamientos susceptibles a ser afectados por roedores, aves y emanaciones de biogás

Los riesgos de proliferación de roedores y aves que podrían afectar a centros poblados como Achocalla, Alpacoma y urbanizaciones contiguas al Club de Golf Mallasilla son bajos debido a que se encuentran a distancias mayores a 1 Km. del Relleno Sanitario.

La disposición de la basura en capas de 60 cm de espesor cubiertas diariamente por arcilla compactada con espesor de 15 cm, el movimiento de los equipos pesados para este fin y el recubrimiento total del paquete de basura por geomembranas desde el piso hasta el techo una vez, concluido el relleno de la celda, aísla y aleja a esta de roedores y aves minimizando la posibilidad de proliferación de los mismos.

En cuanto a los efectos de las emanaciones de biogás producidos por la descomposición de la basura, éste es evacuado y quemado a la salida de las chimeneas. Parte del gas cuya combustión no ha sido completa se dispersa por efecto de los vientos permanentes en la zona. Los olores de estos gases no se

perciben a más de 200 a 300 m del relleno sanitario de acuerdo a recorrido y comprobación realizada en repetidas oportunidades y a diferentes horas en los alrededores del relleno.

Posiblemente podrán realizarse algunas investigaciones posteriores con equipos específicos para este fin.

5.3 Caracterización de la biota

La información disponible y descripción del aspecto biótico del área previo al evento se basa en la descripción del Manifiesto Ambiental, como sigue:

5.3.1 Ambiente biológico[13]

El sistema ecológico que rodea al área de emplazamiento del relleno sanitario, está comprendido en la faja de transición de la pre puna y el valle seco. La expansión de las actividades humanas, ha modificado dicho sistema. Sin embargo, su caracterización típica de flora y fauna asistente al momento es importante enunciar.

5.3.2 Flora

Por la fuerte influencia humana, determinan un tipo de vegetación predominantemente arbustivo, con plantas espinosas y suculentas (cactáceas). El matorral abierto se distribuye en las laderas, quebradas y terrazas altas, sobre los ríos o en las planicies pedregosas. El material consta en su mayor parte de arbustos espinosos de los géneros *Adesmia* (Legum.), *Proustia y Dasyphyllum* (Comp.); cactáceas rastreras y columnares, como especies de Opuntia, de flores amarillas; *Trichocereus bridgesii*, de grandes flores blancas y especies de Borzicoctus, esta última con las espinas cubiertas de largos pelos blancos.

También es común la "tuna", *Opuntia ficus-indica*, y *Corryocactus melanotrichus*, cacto columnar mediano, con flores de color rosado fuerte.

Otros arbustos, comunes en las laderas y abanicos aluviales, son *Baccharis bolivianisis* (Gomp.), *Agaiinis lanceolato* (Scroph., Calceolaria sparsiflora, "zapatilla" (Scroph.); Krámeria triandra, "ratania" (Kram.) y Kageneckia lanceolata (Ros.).

Tanto en las laderas como en las terrazas y planicies al pie de las laderas, la cubierta vegetal es discontinua, formada por hierbas pequeñas, algunas de las cuales son rastreras, como *Dichondra argentea* (Conv.), *Richardia coldenioides* (Rub.); hierbas pubescentes como las compuestas *Gamochaeta spicata* y *G. simplicicaulis*, *Achyrocline ramosissima* y *Gnaphalium cheiranthifoliurn*, las conocidas "huira huira".

Otras especies menos frecuente en las laderas río abajo, son *Peperomia galioides* (pip.), una liliácea de flores naranjadas, *Alstroemeria* cf. revoluta, y una orquídea xerofítica, *Epidendrum ruizianum* y una amarilidacea *Zephyranthes viridi - lutea*.

También se han observado helechos tolerantes a la sequía, en los matorrales de las laderas y abanicos aluviales. Existen helechos rastreros, como Selaginella se.11owii y, los que crecen erectos, *Cheilanthes pruinata*, *Cheilanthes bonariensis* (syn. N. curen), *Notholaena níveo* y *Pellaea ternifolia*.

En lugares donde el matorral es más abierto, donde existen claros y el suelo tiene humedad superficial, crecen cubiertas discontinuas de musgos.

[13] Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

En las planicies más amplias de los valles, formados por cadenas de colinas y cerros, existe una cubierta herbácea como un césped abierto, con arbustos y árboles aislados. En el estrato herbáceo se tienen principalmente gramíneas. Las matas altas y robustas de *Bothriochloa barbinodis* y *Pennisetum chilense*. que son pastoreados por el ganado vacuno, alternan con pastos típicos xerofíticos como *Chloris spp*., *Aristida adscensionis*. *Eragrostis spp*. y *Bouteloua simplex*.

En las laderas más o menos húmedas, con mayor cubierta herbácea y arbustiva, se encuentran las gramíneas *Muhlenbergia rigida* y *Melca adhaerens*.

Los arbustos comunes en los bordes de caminos y sendas son *Nicotiana glauca* (Solan.), de flores tubulosas amarillas, llamada IIkaralahua" o "karallanta", y las compuestas *Pluchea fastigiata*; el "suncho", *Viguiera procumbens*. *V. australis* y la "chilca", *Baccharis latifolia* e *B. rubricaulis*. También se ve esporádicamente la "chinchircoma", *Mutisia acuminata*, con grandes capítulos de color anaranjado fuerte.

En las laderas de fuerte pendiente, con inclinaciones superiores a los 35° y generalmente con exposición este, crecen grandes rosetas grisáceas con hojas provistas de ganchos agudos en los márgenes.

Sobre los troncos y ramas de los arbustos crecen líquenes de varios colores y formas, pertenecientes a los géneros *Usnea* y *Parmelia*. A este tipo de plantas se las llama epífitas, porque crecen sobre otras plantas, pero sin causarles daño. Dentro de esta categoría se encuentran los "claveles del aire", bromeliáceos del género *Tillandsia*. En el valle seco son frecuentes *Tillandsia capillaris*. *T. usneoides* y *T. bryoides* . Son plantas pequeñas, o que crecen como largas cabelleras y tienen un color gris verdoso. Sus hojas están cubiertas de escamas microscópicas, que absorben la humedad del aire y de las escasas lluvias. Los nutrientes que necesitan también entran por esta vía, disueltos en las gotas de agua y son provenientes del polvo en suspensión. Sus pequeñas "raíces" no cumplen la función de absorción de agua y nutrientes, sino sólo les sirven para sujetarse al sustrato.

En esta zona existen también plantas parásitas, como *Cuscuta grandif/ora* (Conv.), la cual se desarrolla órganos de absorción de nutrientes que penetran dentro del sistema vascular de otras plantas, de las cuales se-nutren. Hay igualmente plantas semiparásitas que absorben en parte la savia de otras y a la vez realizan fotosíntesis, como *Quinchamalium chilense* (Santas.), que penetra en las raíces de las "th'olas".

Vegetación predominante: Herbácea
Vegetación endémica: Ninguna
Vegetación de interés comercial: Ninguna
Área protegida y/o reserva forestal: Ninguna

Complementando la información anterior se consideró el desarrollo de lo incluido en el *Plan de Emergencia para la Prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental* que fue aprobado para la obtención de la Licencia Eventual en el año 2004, la misma información fue publicada en Anexo 2. Descripción de la Actividad, en el MA, como sigue:

La expresión prepuna muestra su afinidad con el piso más alto de la puna. Desde el punto de vista fitogeográfico este piso corresponde al piso oreal o altomontano, que se caracteriza por la presencia de heladas sólo en casos raros y no muy fuertes.

Según Cabrera y Willink[14] la presencia de la prepuna está condicionada no sólo por la altura sobre el nivel del mar, sino muy particularmente por la disposición y orientación de las quebradas. En este

[14] Cabrera, A.L. Flora de la Provincia de Buenos Aire. P. Colección Científica del INTA. Buenos Aires 1968

sentido, las quebradas de exposición norte, más húmeda y asoleadas, tienen una cubierta arbustiva y herbácea algo diferente de las quebradas de exposición sur, más frías y secas.

El límite superior de la prepuna varía entre 3400 y 3500 msnm El límite inferior del área de estudio se fijó por razones técnicas (distancia de la ciudad, accesibilidad y homogeneidad del ambiente), a una altura de más o menos 3000 m. A esta altura podrían aún producirse heladas.

Bajo el nombre de valles secos o valles mesotérmicos se consideran, por lo general, los cafiones interandinos y cortes más o menos profundos y anchos, que se caracterizan por 3U clima benigno. Ellos incluyen los pisos altitudinales submontano, montarlo y altomontano.

En nuestra área de estudio, la prepuna y el valle seco se encuentran ubicados hacia el sector sur y suroeste de la ciudad de La Paz, en las faldas de las cadenas montañosas de la Cordillera Occidental. Es una zona semiárida por su ubicación geográfica y también por las lluvias orográficas, éstas se producen al descargarse la humedad del otro lado de la cordillera, al ser ésta un obstáculo o barrera física al paso de las nubes con lluvia. Este efecto está acentuado por la presencia de vientos secos y cálidos que bajan del altiplano.

Esta región se caracteriza por la presencia de formaciones montañosas poco elevadas, de relieve irregular y muy pedregoso. Las unidades geomorfológicas comprenden lechos de ríos, terrazas y planicies, abanicos aluviales, quebradas laterales, y las laderas que, por supuesto, dominan. El sustrato está formado en su mayor parte por roca sedimentaria, del tipo de conglomerado poco consolidado, con suelos franco-arenosos y, en algunas partes, arcillosos. Debido a la naturaleza del sustrato, la erosión hídrica y la eólica son intensas, determinando la formación de sistemas de columnas (por ejemplo, Valle de la Luna, bordes del camino a Mallasa) y cárcavas más o menos profundas. El suelo en algunos sectores es alcalino y presenta afloramientos de sales. En esta área las temperaturas diurnas son elevadas, más o menos 20°C como promedio, mientras que las nocturnas pueden descender a pocos grados sobre los 0°C.

La vegetación actual en estos valles está frecuentemente alterada. Antes dominaba posiblemente un bosque abierto de baja altura con varias especies caducifolias. Ocasionalmente se pueden encontrar unos elementos aislados en Río Abajo. Posibles integrantes de ese bosque eran especies de *Schinopsis y Schinus* (Anac.), *Duranta* y *Citharexylum* (Verb.), *Jacaranda* y *Tecoma* (Sign.), así corno varias leguminosas de los géneros *Caesalpinia. Prosopis* y otros más.

La fuerte influencia humana, determinan un tipo de vegetación predominantemente arbustivo, con plantas espinosas y suculentas (cactáceas). El matorral abierto se distribuye en las laderas, quebradas y terrazas altas, sobre los ríos o en las planicies pedregosas. El material consta en su mayor parte de arbustos espinosos de los géneros *Adesmia* (Legum.), *Proustia y Dasyphyllum* (Comp.); cactáceas rastreras y columnares, como especies de *Opuntia*, de flores amarillas; *Trichocereus bridgesii*, de grandes flores blancas y especies de *Borzicactus*, esta última con las espinas cubiertas de largos pelos blancos.

También es común la "tuna", *Opuntia ficus-indica*, y *Corryocactus melanotrichus*, cacto columnar mediano, con flores de color rosado fuerte.

Aparte de los eucaliptos, que son introducidos, los árboles nativos son escasos y de poca altura. Crecen principalmente en las planicies y en laderas poco inclinadas de las colinas bajas. En forma aislada, crecen en los mismos lugares individuos de un pequeño árbol espinoso, el "algarrobo*", Prosopis laevigata, varo andicola* (Leg. Mimos.), cuyos frutos sirven como forraje.

Otros arbustos, comunes en las laderas y abanicos aluviales, son *Baccharis bolivianisis* (Gomp.), *Agalinis lanceolata* (Scroph., *Calceolaria sparsiflora*, "zapatilla" (Scroph.); *Krámeria triondra*, "ratania" (Kram.) y *Kageneckia lanceolata* (Ros.).

Tanto en las laderas como en las terrazas y planicies al pie de las laderas, la cubierta vegetal es discontinua, formada por hierbas pequeñas, algunas de las cuales son rastreras, como *Dichondra argentea* (Conv.), *Richardia coldenioides* (Rub.); hierbas pubescentes corno las compuestas *Gamochaeta spicata* y *G. simplicicaulis*, *Achyrocline ramosissima* y *Gnaphalium cheiranthifolium*, las conocidas "huira huira".

Otras especies menos frecuente en las laderas río abajo, son *Peperomia galioides* (pip.), unaliliácea de flores anaranjadas, *Alstroemeria cf. revoluta*, y una orquídea xerofítica, *Epidendrum ruizianum* y una amarilidacea *Zephyranthes viridi - lutea*.

También se han observado helechos tolerantes a la sequía, en los matorrales de las laderas y abanicos aluviales. Existen helechos rastreros, como *Selaginella sellowii* y, los que crecen erectos, *Cheilanthes pruinata*, *Cheilanthes bonariensis* (syn. N. aurea), *Notholaena nívea* y *Pellaea ternifolla* como los más frecuentes.

En lugares donde el matorral es más abierto, donde existen claros y el suelo tiene humedad superficial, crecen cubiertas discontinuas de musgos.

En las planicies más amplias de los valles, formados por cadenas de colinas y cerros, existe una cubierta herbáct z corno un césped abierto, con arbustos y árboles aislados. En el estrato herbáceo se tienen principalmente gramíneas. Las matas altas y robustas de *Bothriochloa barbinodis* y *Pennisetum chilense* que son pastoreados por el ganado vacuno, alternan con pastos típicos xerofíticos como, *Thloris spp*., *Aristida adscensionis*. *Eragrostis spp* y *Bouteloua simplex.*

En las laderas más o menos húmedas, con mayor cubierta herbácea y arbustiva, se encuentran las gramíneas *Muhlenbergia rígida* y *Melica adhaerens*.

Los arbustos comunes en los bordes de caminos y sendas son *Nicotiana glauca* (Solan.), de flores tubulosas amarillas, llamada Ilkaralahua" o "karallanta", y las compuestas *Pluchea fastigiata*; el "suncho", *Viguiera procumbens*. *V. australis* y la "chilca", *Baccharis latifolía* o *B. rubricaulis.* También se ve esporádicamente la "chinchircoma", *Mutisia acuminata*, con grandes capítulos de color anaranjado fuerte.

En las laderas de fuerte pendiente, con inclinaciones superiores a los 35° y generalmente con exposición este, crecen grandes rosetas grisáceas con hojas provistas de ganchos agudos en los márgenes.

Sobre los troncos y ramas de los arbustos crecen líquenes de varios colores y formas, pertenecientes a los géneros *Usnea* y *Parmelia*. A este tipo de plantas se las llama epífitas, porque crecen sobre otras plantas, pero sin causarles daño. Dentro de esta categoría se encuentran los "claveles del aire", bromeliáceas del género *Tillandsia*. En el valle seco son frecuentes *Tillandsia capillaris. T. usneoides* y *T. bryoides*. Son plantas pequeñas, o que crecen como largas cabelleras y tienen un color gris verdoso. Sus hojas están cubiertas de escamas microscópicas, que absorben la humedad del aire y de las escasas lluvias. Los nutrientes que necesitan también entran por esta vía, disueltos en las gotas de agua y son provenientes del polvo en suspensión. Sus pequeñas "raíces" no cumplen la función de absorción de agua y nutrientes, sino sólo les sirven para sujetarse al sustrato.

En esta zona existen también plantas parásitas, como *Cuscuta grandif/ora* (Conv.), la cual desarrolla órganos de absorción de nutrientes que penetran dentro del sistema vascular de otras plantas, de las cuales se-nutren. Hay igualmente plantas semiparásitas que absorben en parte la savia de otras y a la vez realizan fotosíntesis, como *Quinchamalium chilense* (Santal.), que penetra en las raíces de las "th'olas" y otras plantas, y la "suelda con suelda" *Phoralkndron sp*. (Loranth.), que se encuentra sobre.los árboles de pera.

En los suelos salinos, algo arenosos, se encuentran pequeñas matas de "kentara", *Atriplex semibaccata, A. rusbyi* (Chenop.) y más raramente otra halófita, *Distichlis spicata* (Gram.).

5.3.3 Mapeo de los tipos de vegetación y formaciones vegetales terrestres

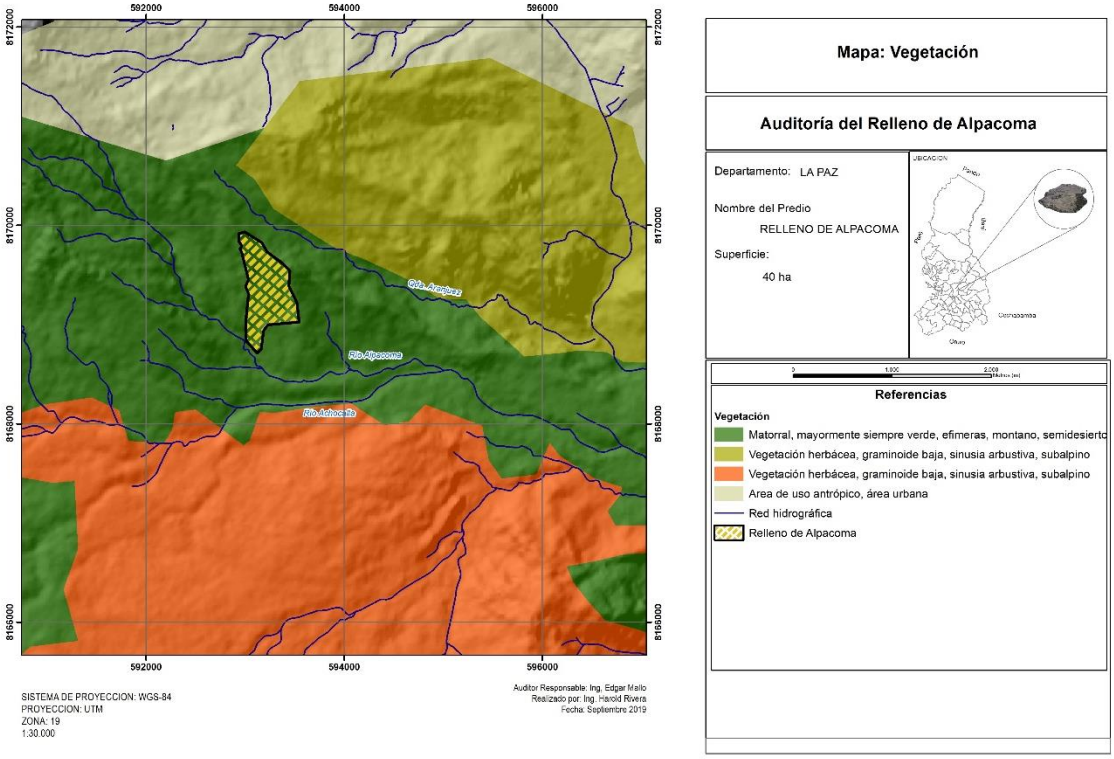


Ilustración 5-6 Mapeo de Tipos de Vegetación y Formaciones Vegetales Terrestres
Fuente: Elaboración propia con base en información de GEO Bolivia, 2000.

5.3.4 Fauna

La siguiente información es extraída del documento Manifiesto Ambiental, punto 2.2.2:

Fauna preponderante: Entre la fauna del lugar tenemos al águila o halcón maría (*Phalcoboenus megalopterus*), *Vanellus resplendens*, el lequeleque (*Gallinula chloropus*), gallineta (*Laru.; serranus*), gaviota andina (*Colibri coruscans*), y otras como ser *Zenaida auriculata*, *Colbri coruscans, Caloptes rupícola, Cinclodes fuscus, Asthenes dorbignyi, Turdus Chiguanco, Zonotrichig capensis, Phrygilus punensis, Phrygilus fruticeti, Diuca speculifera, Sicalis uropygialis, &incitar aurantiirostris, Carduelis atratus, entre mamíferos Akodon jelsky, Phyllotis asilae*.

Fauna endémica de la región: No existe
Especies en peligro de extinción: No corresponde
Especies de interés comercial: No existe

En Anexo 2. Descripción de la Actividad del MA se complementa la información anterior basada en el *Plan de Emergencia para la Prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental* como sigue:

La fauna más importante del sector lo constituyen las aves, cuya relación más representativa es la siguiente:

Phalcoboenus megalopterus

Es una especie muy abundante en los pisos altos, es llamado el "águila" o halcón "maría". Corresponde a una forma atípica de halcones, ocupando un puesto ("nicho") o actividad ecológica similar al de los buitres o gallinazos. Sus alas son muy largas, y robustas; las patas son también largas y poco adaptadas para capturar sino más bien para caminar. Su alimentación le asemeja más a un buitre que a un halcón (desperdicios, carroña), aunque eventualmente captura insectos, ranas y reptiles en el suelo. Su coloración es inconfundible: cabeza, cuello, pecho y espalda negros, cere o región rostral frontal grande desnuda, de color rojo; alas grisáceas; vientre, muslo, rabadilla blancos, cola blanca con amplia banda subterminal negra; patas de color amarillo-naranja. Los juveniles son parduscos con la rabadilla de color crema.

Esta especie de tamaño algo menor que un gallinazo o buitre, se reúne en gran número en las playas del río de La Paz (Aranjuez), alimentándose de desperdicios y animales muertos, por lo que su papel "sanitario" es muy valioso, debiendo ser protegida por autoridades municipales. Nidifica en elevados riscos y barrancos. Usualmente planea a favor de corrientes térmicas en forma similar a los catártidos.

Los otros halcones de la región del valle de La Paz corresponden a "formas de vida" típicas de halcones: alas ahusadas que en vuelo asemejan a una forma de avión a reacción, cola larga y patas cortas con fuertes garras altamente especializadas para capturar presas en movimiento.

Únicamente una especie. Falca sparverius, es residente y frecuente en el valle de La Paz. Este pequeño halcón constituye el principal depredador de pequeños animales, ubicándose así en la cúspide de las cadenas de transferencia de energía, cumple un rol ecológico de singular importancia.

Vanellus resplendens

El "leque-leque", es un chorlito grande, característico por la voz de la o agresión a la que hace referencia su nombre. La cabeza, cuello y pecho son grisáceos, espalda parda con brillo verde o azul iridiscente; vientre, rabadilla y cola blancos, banda subterminal negra, ancha en la cola. Gran especulo alar blanco, notable en vuelo. Las patas y los ojos son rojizos, pico amarillo. Esta especie es de amplia distribución por encima de los 3000 msnm., muy común en el altiplano y restringida en el valle de La paz a áreas bofedales, lagunas o pastizales húmedos. Su alimentación es omnívora, prefiriendo principalmente insectos y pequeños vertebrados (ranas). El nido es ruido burdamente, con pajas apenas amontonadas entre los macollos de gramíneas. Desarrollan, al igual que muchos charadriformes, pautas de comportamiento antidepredatorio, consistentes en vuelos rasantes y veloces, el intruso, acompañados por sus gritos característicos.

Gallinula chlorop.us

Una gallineta de similar aspecto a las anteriores, es de tamaño pequeño, coloración plomiza oscura; cabeza, cuello y espalda negros; pico amarillo de base rojiza al igual que el escudete frontal. Las patas son verdes, lo que hace referencia a su nombre específico. Esta especie es de distribución mundial, existiendo numerosas subespecies geográficas, caracterizándose por su gran abundancia poblacional

Larus serranus

La gaviota andina, es de color blanco con dorso y alas grises, punta de las plumas de vuelo negras; el pico y patas son rojizos y estas últimas palmeadas. El plumaje de verano o reproductor se caracteriza por color negro de la cabeza, a manera de una máscara, que se pierde casi íntegramente en el invierno. Es común a lo largo del río de La paz (Aranjuez), donde compite agresivamente el acceso a las fuentes de alimento con buitres y halcones "maría". Su alimentación es omnívora, abaleando inclusive desperdicios y huevos de nidos de gaviota u otras aves acuáticas; la nidificación se efectúa

principalmente a la orilla de lagunas con vegetación palustre. Esta especie alcanza e: piso nival, ocupando lagunas glaciares como único y solitario morador.

Colibri coruscans

Picaflor común, de color verde metálico, con tintes violáceo azules en pecho y garganta, el pico es largo y curvo, la cola es semiahorquillada y subcaudales blancas Es un activo visitante de jardines y zonas arbustivas con flores nectáreas y asciende hasta 3900 msnm. Nidifica en árboles altos como los cipreses y eucaliptos, principalmente en verano y otoño. Se caracteriza por su alta distribución territorial y agresividad intra e interespecífica.

Patagonagigas

Es sin duda el picaflor más grande del mundo, de color pardo ocre con brillos verduscos en lomo y ala y la rabadilla blanca, su cola es un poco ahorquillada y el pico largo, algo curvo. Aletea visiblemente en forma más lenta que otros picaflores y se posa en ocasiones sobre la planta, para libar de las flores blancas de cactáceas, como *Trichocereus bridgesii* (achuma), asciende hasta 4000 m y es frecuente verlo en ciertas épocas (invierno-otoño), en arboledas y jardines de la ciudad.

Zenaida auriculata

Es una especie de pequeño a mediano tamaño, de coloración pardo-grisácea y pecho rosáceo, característica por los lados blancos de la cola. El pico es negro y las patas rosadas. Esta paloma es una de las más abundantes, siendo común hasta cerca de 4000 msnm y es muy común en áreas rurales, suburbanas y urbanas.

Colibri coruscans

Picaflor común, de color verde metálico, con tintes violáceo azules en pecho y garganta, el pico es largo y curvo, la cola es semiahorquillada y subcaudales blancas. Es un activo visitante de jardines y zonas arbustivas con flores nectáreas y asciende hasta 3900 msnm Nidifica en árboles altos como los cipreses y eucaliptos, principalmente en verano y otoño. Se caracteriza por su alta distribución territorial y agresividad intra e interespecífica.

Calaptes rupícola

Denominado "yakayaka" en los Andes de Bolivia, habita desde Ecuador a Chile y Argentina, por encima de los 2000 msnm Es un "carpintero" insectívoro que busca su alimento entre la tierra, grietas, paredoness verticales o construcciones. Asciende hasta 4500 m y es común en varios ambientes del vzile de La Paz. Presenta coloración amarilla en el lomo, con profusión de barras y estrías. La espalda baja es totalmente amarilla y las partes inferiores crema-parduzcas. Cabeza gris con corona rojiza y línea loral marcada (de color rojo-ladrillo en los machos.

Es característico su trino fuerte y su vuelo ondulado a baja altura. Nidifica usualmente en cavidades excavadas en paredes de quebradas o en construcciones abandonadas.

Cinclodes fuscus

Es una especie muy común y abundante desde la cabecera del valle hasta el piso altoandino e superior. Las partes superiores del animal son parduscas. Rémiges pardas oscuras a rufas, con e membranas internas de las plumas negras, notoria mancha blanca en el ala, cola oscura con bordes pardo-claros. Las partes inferiores son pardo grisáceas claras, con fina puntuación oscura en el pecho; el pico es delgado y algo curvo y posee línea superciliar blanquecina notable. Esta especie es típica de playas, riberas de ríos, bordes de lagunas o sitios húmedos. Se mueve continuamente por el suelo con rápidas carreras y lleva la cola hacia arriba en forma regular.

Nidifica en cavidades excavadas en quebradas verticales de ríos. Su distribución en Sudamérica es amplia, abarcando casi toda la región andina de Venezuela a Tierra del Fuego.

Asthenes dorbignyi

Es la especie más común y abundante en los matorrales de la cabecera del valle de La paz y la puna, acercándose inclusive a ciertos matorrales degradados de sectores agrícolas. El límite superior donde ha sido observada es de 4100 m.s.n.m. La parte superior del animal es pardo claro con coberturas alares y rabadilla rufas; garganta castaña, línea superciliar gris, partes inferiores beige-pardo claro con flancos rufáceos; cola negra con rectrices externas orilladas de castaño.

Turdus Chiguanco

El "chiguanco" más común, presenta coloración pardo-negruzca opaca uniforme y el pico rojo-naranja. Las patas son amarillo pálidas. Esta especie es común en ambientes urbanos y suburbanos, en plazas arboledas y jardines, es menos abundante en lugares, seminaturales, prefiriendo áreas agrícolas. Sus hábitos alimenticios son muy amplios, alimentándose inclusive de desperdicios en vertederos de basura. No asciende por encima de 3900 msnm.

Zonotrichia capensis

Es el emberizido más común y típico del valle, llamado gorrión andino. Esta especie con más de 10 subespecies o raras geográficas ocupa toda Sudamérica, principalmente en zonas intermedias y altas, aunque es también común en la costa de Chile y Pelú. Es conocido como "pichitanka" o "papachiuchi" en Bolivia, en la Argentina recibe el agraciado nombre de "chingolo". Es de color pardusco, con manchas negras en la espalda y rostro; el macho presenta una notable mancha naranja-ocre en el cogote y una cresta eréctil. La hembra es menos llamativa y sin cresta prominente. Z. cqpensis es muy abundante en el valle de La Paz, principalmente en sectores suburbanos y urbanos, es el ave más común de la ciudad en parques y jardines. Es poco abundante y hasta rara en zonas relictuales sin actividad humana, y su densidad aumenta cerca de viviendas o pequeñas pobladas. Nidifica en árboles, matorrales o cavidades de construcciones, construyendo un nido abierto en forma de taza, bien elaborado. Durante el invierno se reúne en pequeños grupos los que forrajean juntos sin ocupar territorios estables. Asciende hasta el nivel altoandino.

Phrygilus puneru.is

Otro emberizido común del valle de La paz, presenta coloración vistosa, con la cabeza gris-ploma al igual que alas y cola, resto del cuerpo amarillo oliváceo a ocráceo. La hembra es de coloración más opaca. Se distribuye ampliamente en la montaña, asciende hasta el piso altoandino inferior (4300 msnm). Frecuenta áreas relictuales, rurales y urbanas, siendo relativamente abundante.

Phrygilus fruticeti

Presenta dimorfismo sexual. El macho es gris-azuloso en el dorso con manchas negras, presentados bandas alares blancas en el ala y una gran mancha negra en frente y pecho. El vientre es blanco y el pico amarillo. La hembra es parduzca con manchas negras ocráceas, las mejillas son acres. Esta especie es común en el piso de puna, principalmente en áreas rurales y relictuales, nunca en ambientes urbanos. Es muy rara en niveles por encima de 4000 msnm Su canto es típico

(Tsrii-dii) y repetitivo, además efectúa curiosos vuelos nupciales con revoloteo y circunvalaciones a gran altura.

Diuca speculifera

Es un gorrión particular por su distribución altitudinal, es raro por debajo de 4000 msnm, ocupando niveles altoandinos a nivales. Es observado a 5100 msnm, llegando inclusive a refugiarse y nidificar en grietas cerca de glaciares. Su tamaño es moderadamente grande, posee un color gris azuloso, la garganta y vientre son de un blanco muy notable. Suele reunirse en grandes grupos para forrajear durante el invierno.

Sicalis uropygialis

Pequeño y amarillento, con cierto dimorfismo sexual. El macho es de cabeza, rabadilla y partes inferiores amarillas; espalda, alas y cola son grisáceas. La hembra es gris-olivácea uniforme. Ocupa todos los pisos, inclusive el piso nival en forma ocasional. Nidifica en grietas o cavidades de barrancos o riscos. Durante el invierno se junta en grandes bandadas, en esta época visita frecuentemente los ambientes urbanos en plazas y áreas ruderales.

Saltator aurantifrostris

Es un gorrión frugivoso, grande y conspicuo. El macho presenta espalda, alas y cola gris, la cola con bordes externos flancos. La cabeza, frente y lores son negros, continuando en una notoria banda pectoral; preseM) línea superciliar blanca, que se curva hacia el cuello, la garganta es blanca, partes inferiores pardas. El pico ancho es de color amarillo naranja brillante. La hembra es similar, pero de colores menos vistosos. Es una especie propia de la puna baja y de la cabecera del valle, más abundante alrededor de Río Abajo; no asciende por encima de 3800 msnm.

Ocupa áreas relictuales, aunque es más frecuente en ambientes rurales, suburbanos y urbanos, en plazas y jardines, se alimenta preferentemente de frutos.

Carduelis atratut

De coloración negra predominante, con ancha banda alar, vientre bajo, subcaudales y porción basal-externa de la cola amarillo-brillantes. La hembra es más gris-negruzca. Ocupa diversos ambientes, desde el piso de puna hasta el altoandino, siendo observada también cerca de los glaciares. Se las encuentra igualmente en ambientes urbanos, y suburbanos en bandadas regularmente grandes, sobre todo en invierno. Durante el verano nidifica en parejas, en grietas o e cavidades de áreas barrancosas.

Carduelis uropygiaiis

Otra "chayña" del valle de La Paz, es de coloración negruzca con tinte oliváceo; parte del pecho, vientre, rabadilla, banda y especulo alar, así como la parte basal de la cola, son amarillos. A diferencia de la anterior especie tiene mayor superficie del cuerpo (mitad inferior) amarilla. Es una especie rara, que frecuenta principalmente niveles de puna y cabecera de valle, no sube a grandes altitudes de la montaña.

También formas pequeñas bandadas en el invierno y visita ocasionalmente, en esta época, los ambientes ruderales y áreas verdes urbanas.

Mamíferos

Son pocas las especies de mamíferos cuyo habitad corresponde al valle seco. Merecen especial mención los de la Familia Cricetidae, que agrupa a la totalidad de ratas y ratones de campo, que, aunque por sus proporciones y aspecto general presentan ciertas semejanzas, se tratan de roedores de diferente pelaje, cola cubierta y desnuda. Son animales tímidos e inofensivos, hecho que hace que sean atrapados por sus enemigos depredadores. Su alimentación básica es herbívora, pero también entomófaga y carnívora.

Akodon jelsky

Este es un ratón mediano vivamente coloreado. Marrón castaño en las partes superiores, en fuerte contraste con las inferiores que son blancas. Se caracteriza por tener una especie de collar incompleto de color blanco, que se extiende desde detrás de las orejas hasta el mentón.

Phyllotis asilae

Su habitad está restringido a zonas donde se encuentra el ichu Stipa ichu (paja brava). Se lo ha encontrado a grandes alturas, sustituyendo a la especie *Phyllotis Darwin* y siendo sustituido a su vez por el Auliszomys pictus. Su habitad corresponde al de suelos desnudos y pedregosos cubiertos con vegetación xerofítica, compuesta por cactos columnares y leguminosas con espinas.

5.4 Caracterización Económica, Social y Cultural

La siguiente información disponible fue extraída del punto 2.3 del documento Manifiesto Ambiental:

5.4.1 Número de habitantes población civil

No existe en la actualidad centros poblados próximos al área de emplazamiento del relleno sanitario. La ausencia de vías de acceso entre el área y los centros poblados en la ciudad de La Paz ha mantenido al área en su estado natural.

Tabla 5-1 Poblaciones colindantes RSNJ

	Nombre colindante	Distancia	N° de habitantes
NORTE	Macro Distrito Cotahuma	2,8 km	153.655
SUR	Macro Distrito Mallasa	2 Km.	5.082
ESTE	Macro Distrito Sur	5 Km.	127.228
OESTE	Ciudad de El Alto	3,5 Km.	938.757

Fuente: Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Grupos étnicos: Ninguno

Cercanía a áreas arqueológicas e históricas: Ninguna en 10 km a la redonda del relleno.

Actividad económica principal: En las cercanías del relleno 1 km. a la redonda no existe actividad económica alguna, sin embargo, a mayores distancias como al norte las familias elaboran ladrillos debido al tipo de suelo arcilloso del área; por otro lado, al Oeste se encuentra el Valle de Achocalla donde se realizan actividades agrícolas minifundistas.

5.4.2 Situación Socioeconómica del Área de Estudio

La evaluación socioeconómica en el Manifiesto Ambiental (texto principal) y en su Anexo N° 2 tienen una descripción genérica con un alcance que se explica a continuación:

En el texto principal y anexo 2, se concluye indicando que al año 2010, no existían centros poblados en el área del emplazamiento del relleno sanitario. De manera textual se declara: "*La ausencia de vías de acceso entre el área del relleno y los centros poblados en la ciudad de La Paz ha mantenido al área en su estado natural*".

En el texto principal del MA se establece las poblaciones colindantes, según:

Cuadro 5-6 Poblaciones Colindantes

	Nombre colindante	Distancia	N° de habitantes
NORTE	Macro Distrito Cotahuma	2,8 km	153.655
SUR	Macro Distrito Mallasa	2 km	5.082
ESTE	Macro Distrito Sur	5 km	127.228
OESTE	Cuidad de El Alto	3,5 km	938.757

Fuente: Punto 2.3. Manifiesto Ambiental RSNJ, 2010.

Se indica que no existe ningún grupo étnico, tampoco existen áreas arqueológicas e históricas en 10 kilómetros a la redonda. En las cercanías, a un kilómetro a la redonda no existe actividad alguna, a distancias mayores hacia el norte las familias elaboran familias. Hacia lado oeste se encuentra el valle de Achocalla donde se realizan actividades agrícolas minifundistas.

El Anexo N° 2 del Manifiesto Ambiental describe las poblaciones colindantes como sigue:

- Urbanización aledaña al Club Golf de Mallasilla, 2 Km
- Población de Llojeta a 2.8 Km de distancia
- Respecto a la mancha urbana central de la ciudad de La Paz, 5 Km
- Distancia hasta el extremo más próximo de ciudad Satélite (jurisdicción municipal de El Alto) 3.5 Km.

Se concluye indicando, que: *"no existe un ambiente antropogénico existente en el área de estudio del relleno sanitario".*

Aunque se menciona que no existe población cercana al relleno sanitario, para la evaluación socioeconómica en el área directa se considera a la Comunidad de Alpacoma, indicando que está compuesta por 150 familias. No cuentan con servicios de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, sistema de recolección de residuos sólidos.

Las vías de acceso existentes son deficitarias y por ellas se comunican con ciudad Satélite en el Municipio de El Alto y con la Avenida Buenos Aires, en la ciudad de La Paz.

Son familias muy pobres, algunas de las cuales desarrollan actividades agrícolas muy incipientes, otros trabajan en las ladrilleras próximas ubicadas en la localidad. Sin duda la implementación y ejecución del proyecto les traerá beneficios importantes y mejoramiento de la calidad de vida en el sector (textual, Anexo N° 6, MA).

5.5 Condiciones de Línea Base Ambiental

La Auditoria Ambiental establece las condiciones de Línea Base Ambiental en el Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma (RSNJ), con base en datos oficiales del Manifiesto Ambiental y los Informes de Monitoreo Ambiental, cuyo desarrollo y alcance se explica en las tres acciones y actividades.

1. **Situación Ambiental General del Área del RSNJ – Manifiesto Ambiental**
   - Situación de las Aguas Superficiales, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH
   - Situación de la Calidad del Aire: Ruido, PST, Partículas Biológicas Viables y Biogás
   - Situación de Flora y Fauna
   - Situación Socioeconómica del Área de Estudio
2. **Situación Ambiental General con Resultados de Monitoreo Ambiental – IMA's**
   - Situación de la Calidad del Aire: Ruido, PST, Partículas Biológicas Viables y Biogás
   - Situación de las Aguas Superficiales y Subterráneas, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH
   - Situación de los Suelos
   - Situación de la Flora y Fauna

- Situación Socioeconómica del Área de Estudio

5.5.1 Situación Ambiental General del Área del RSNJ – Manifiesto Ambiental

La situación general del Área del RSNJ en condiciones de Línea Base Ambiental puede ser determinada a partir de los resultados analíticos de laboratorios considerados dentro del Manifiesto Ambiental y el Anexo N° 6 para los factores de calidad del aire (Ruido, PST, partículas biológicas viables y biogás) y calidad de los recursos hídricos colectadas de la quebrada Alpacoma (50 m aguas arriba del relleno y 100 m aguas abajo del mismo), analizadas tanto por el laboratorio del Municipio de La Paz como por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la UMSA.

Esta primera evaluación de la Línea Base Ambiental (LBA, antes del evento) podrá ser confirmada, incrementada o reducida en los valores monitoreados de la calidad ambiental del RSNJ en el tiempo, desde el año 2010 hasta después del evento en el año 2019 por medio de la valoración de los Informes de Monitoreo Ambientales (IMA's). Las conclusiones finales, después de este análisis integral representarán las condiciones ambientales evaluadas al establecimiento de la Línea Base Ambiental (LBA) de la operación del RSNJ.

5.5.1.1 Situación de las Aguas Superficiales, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH

En esa dirección, las dos tablas que se indican, contienen información acerca de la calidad hídrica de la quebrada Alpacoma, informada en resultados analíticos por la Unidad de Control Ambiental del GAMLP, como sigue:

Tabla 5-2 Informe de Análisis de Agua (1)

Solicitado por:	Unidad de control ambiental		
Lugar / Zona:	Alpacoma		
Responsable de muestreo:	Ing. Amanda Villca Beltran		
Tipo de muestra:	Simple		
Punto de muestreo:	Rio Alpacoma, aguas arriba Relleno Sanitario		
Coordenadas Geograficas:	19 K 0592678 8168982		
Codigo de la muetra:	1		
Fcha de muestreo:	30/08/2010		
Hora de muestreo:	16:30		
Recipiente	Vidrio		
Volumen de la muestra:	1500 ml		
Condiciones de la muestra:	Con gran cantidad de sedimento		
Fecha de recepcion:	30/08/2010		
Fecha de analisis:	31/08/10 a 4/08/10		
Analistas:	Ing. Amanda Villca - Univ. Veronica Surco		
PARAMETRO	**METODO**	**UNIDAD**	**MUESTRA**
pH	Potenciometro	Unid. pH	9.05
T	Potenciometro	ºC	12.5
Oxigeno Disuelto	Potenciometro	mg/l	0
Conductividad	Potenciometro	µS/cm	1250
DQO	Fotometria	mg/l	298
DBO 5	Manometrico	mg/l	181
Sulfatos	Fotometria	mg/l	201
Solidos Sedimentables	Cono Imhoff	mg/l	800
Nitratos	Fotometria	mg/l	0.25
Manganeso	Fotometria	mg/l	1.07
Cadmio	Espectrofotometria	mg/l	0.005
Plomo	Espectrofotometria	mg/l	0
Zinc	Espectrofotometria	mg/l	1.89
Cobre	Espectrofotometria	mg/l	0.583
Coliformes totales	Tubos multiples	NMP/100 ml	> 11.000
Coliformes fecales	Tubos multiples	NMP/100 ml	> 11.000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-3 Informe de Análisis de Agua (2)

Solicitado por:	Unidad de control ambiental		
Lugar / Zona:	Alpacoma		
Responsable de muestreo:	Ing. Amanda Villca Beltran		
Tipo de muestra:	Simple		
Punto de muestreo:	Rio Alpacoma, aguas arriba Relleno Sanitario		
Coordenadas Geograficas:	19 K 0592678 8168982		
Codigo de la muetra:	1		
Fcha de muestreo:	30/08/2010		
Hora de muestreo:	16:30		
Recipiente	Vidrio		
Volumen de la muestra:	1500 ml		
Condiciones de la muestra:	Con gran cantidad de sedimento		
Fecha de recepcion:	30/08/2010		
Fecha de analisis:	31/08/10 a 4/08/10		
Analistas:	Ing. Amanda Villca - Univ. Veronica Surco		
PARAMETRO	**METODO**	**UNIDAD**	**MUESTRA**
pH	Potenciometro	Unid. pH	9.05
T	Potenciometro	ºC	12.5
Oxigeno Disuelto	Potenciometro	mg/l	0
Conductividad	Potenciometro	µS/cm	1250
DQO	Fotometria	mg/l	298
DBO 5	Manometrico	mg/l	181
Sulfatos	Fotometria	mg/l	201
Solidos Sedimentables	Cono Imhoff	mg/l	800
Nitratos	Fotometria	mg/l	0.25
Manganeso	Fotometria	mg/l	1.07
Cadmio	Espectrofotometria	mg/l	0.005
Plomo	Espectrofotometria	mg/l	0
Zinc	Espectrofotometria	mg/l	1.89
Cobre	Espectrofotometria	mg/l	0.583
Coliformes totales	Tubos multiples	NMP/100 ml	> 11.000
Coliformes fecales	Tubos multiples	NMP/100 ml	> 11.000

Fuente: Elaboración Propia

Ambos análisis químicos serán comparados con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), Cuadro A-1 Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores, Clase D de la siguiente manera:

1. La calidad hídrica de la quebrada Alpacoma no tiene una variación significativa en los 16 parámetros analizados desde el pH hasta la concentración de coliformes fecales; entre las dos calidades de agua analizadas.
2. Las concentraciones de ambos análisis en los parámetros: OD, DQO, DBO5, Mn, Coliformes Totales y Fecales, además del pH; exceden sus Límites Permisibles de >50% sat., <60, <30, 1 y <50000 y <5000 en 80%, respetivamente. Por su parte, el pH excede al límite permisible básico con 9.05.

Una segunda evaluación de la calidad de aguas de la quebrada Alpacoma, entre los dos puntos de muestreo, RA -50 m antes y RA +100 m después, con responsabilidad del Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la UMSA (24 de junio al 15 de julio de 2010), concluye con el siguiente examen:

Tabla 5-4 Análisis Fisicoquímico Aguas Superficiales - Alpacoma

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS 80/10	
Cliente:	TERSA S.A.
Solicitante:	Lic. Oscar Navarro
Direccion del Cliente:	Obrajes C/1 Nº4629, Av. Hernando Siles
Procedencia de la muestra:	Relleno Sanitario Nuevo Jardin, Provincia: Murillo, Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Rio Alpacoma
Responsable del muestreo:	Ing. Ramiro Rodriguez
Fecha de muestreo:	23 de junio de 2010
Hora de muestreo:	13:30
Fecha de recepcion de la muestra:	24 de junio de 2010
Fecha de ejecucion del ensayo:	Del 24 de junio al 15 de julio 2010
Caracteristicas de la muestra:	agua de rio
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella plastica de 2 L.
Codigo LCA:	82-1; 82-2
Codigo Original:	RA -50 m antes; Ra +100 m despues

RESULTADOS DE ANALISIS					
PARAMETRO	**METODO**	**UNIDAD**	**LIMITE DE DETERMINACION**	**RA -50 m antes 80-1**	**RA +100 m despues 80-2**
pH	EPA 150.1	Escala	1 - 14	7.2	7.9
Conductividad electrica	EPA 120.1	µS/cm	1	1173	947
DBO 5	EPA 405.1	mg/l	0.2	28	30
DQO	SM 5220-C	mg/l	0.5	44	47
Sulfatos	SM 4500-SO4=E	mg/l	1	92	93
cloruros	SM-4500-Cl-B	mg/l	0.02	58	59
Amonio	SM-4500-NH3-C	mg/l N-NH4	0.3	21	17
Coliformes fecales	SM9221-E	NMP/100 ml	2	7.5 *10E6	1.5*10E7
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0.0002	<0.00020	<0.00020
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0.02	<0.020	<0.020
Cobre	EPA 220.1	mg/l	0.084	<0.084	<0.084
Cromo +3	EPA 218.1	mg/l	0.05	<0.050	<0.050
Hierro	EPA 236.2	mg/l	0.05	0.14	0.056
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0.05	<0.050	<0.050
Zinc	EPA 289.2	mg/l	0.038	<0.038	<0.038

Fuente. Elaboración propia en base a los datos del documento Manifiesto Ambiental 2010.

Ambos análisis químicos siendo comparados con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), Cuadro A-1 Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores, Clase D generan el análisis de la siguiente manera:

1. La calidad hídrica de la quebrada Alpacoma no tiene una variación significativa entre las dos muestras evaluadas en los 15 parámetros analizados. Sin embargo, la concentración de coliformes fecales de ambas muestras difieren significativamente.
2. Las concentraciones de los 15 parámetros se encuentran dentro de los Límites Permisibles para la Clase D; aunque la calificación de la calidad hídrica de la quebrada Alpacoma debido exclusivamente a la concentración de los coliformes fecales corresponde a la Clase D.

Los criterios comparativos de la calidad hídrica de la quebrada Alpacoma reportada por los laboratorios contratados son:

- Las fechas de análisis reportadas por ambos laboratorios no difieren grandemente entre junio a agosto del 2010.
- Empero los resultados son significativamente diferentes para los parámetros de DBO5, DQO, pH, coliformes fecales y las concentraciones de los metales pesados.

- La calidad ambiental de este factor (hídrico) reportada al momento de tramitar la Licencia Ambiental, bajo la modalidad de Manifiesto Ambiental, será comparada con el promedio reportado entre 2010 a 2018.

5.5.1.1.1 Análisis del área respecto a los impactos generados por las actividades del relleno sanitario.

Un mecanismo de transporte alto de compuestos es el hídrico. Téngase en cuenta que por la parte sur del RSNJ, desde la parte oeste hacia la este, recorre la quebrada Alpacoma, cuyo caudal variable es de 100-500 l/s. Por su parte, las aguas subterráneas no tienen una movilidad mediana, se podría señalar que tienen una movilidad de algunos centímetros al año, este hecho depende del sustrato del suelo.

Los factores de la calidad del aire, las aguas superficiales y subterráneas, causan impactos negativos porque podrían deteriorar su calidad.

Empero, existe un factor que tiene un impacto positivo y negativo al mismo tiempo como es el factor socioeconómico. Positivo porque la ubicación del RSNJ impulsó la construcción de un camino de penetración hacia una zona despoblada, pero con algún valor económico como el empleo de la arcilla para la fabricación de ladrillos. Negativo porque la operación del RSNJ genera impactos ambientales que podrían causar enfermedades debido a la contaminación difusa del aire.

Se trata de una obra de ingeniería que fue empezada a operar en octubre de 2004, con cuatro (4) Macroceldas proyectadas. La Macrocelda 4 estaba destinada a operar en época de lluvias, también llamada Celda de Emergencia, en colindancia hacia el oeste se encuentra la Celda de Patógenos.

El RSNJ tiene un perfil altitudinal que varía de 3600 a 1400 m.s.n.m. con una dirección norte sur. La superficie proyectada aprobada en su licenciamiento ambiental cubría 20 Has operativas y 20 Has más destinadas al área de amortiguamiento.

En general, el área de drenaje del RSNJ es de 543 Has, la precipitación promedio anual es de 617 mm.

5.5.1.2 Situación de la Calidad del Aire: Ruido, PST, Partículas Biológicas Viables y Biogás

5.5.1.2.1 Ruido

Tabla 5-5 Ruido Ambiental en el RSJNA

Punto	Hora	Punto	Fuente	Clase	NPS Max dBA	NPS Max dBA	Leq dBA	Leq/LMP	Observ.
	Sector Norte								
ZC1	13:24	Sector Norte oficinas TERSA y gruta	Operación de equipos y vehículos de transporte	Estable	51.6	49.1	**50,7**	0,746	Cumple
ZC2	**Sector Oeste**								
	14:18	Extremo Oeste del depósito de “queques”	Operación de equipos y vehículos de transporte	Fluctuante	43.4	37.5	**40,8**	0,600	Cumple

Punto	Hora	Punto	Fuente	Clase	NPS Max dBA	NPS Max dBA	Leq dBA	Leq/LMP	Observ.
ZC3	**Sector Este**								
	14:39	Extremo Este Macrocelda Emergencia	Operación de equipos y vehículos de transporte	Estable	44.6	41.9	**42,2**	0,621	Cumple
ZC4	**Sector Sur**								
	13:54	Límite Sur PTL	Operación de equipos y vehículos de transporte	Fluctuante	56.8	52.5	**55,0**	0,809	Cumple

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010. Donde: ZC significa Zona Celda

La calidad del aire en el RSNJ no es perturbada por los niveles de ruido ambiental medidos en los cuatro puntos cardinales. Téngase en cuenta que el Límite Permisible es de 68 dBA durante el día, mismo que no es excedido por la evaluación realizada. Los valores numéricos fueron evaluados con el valor de fondo de 34 dBA.

5.5.1.2.2 Partículas Suspendidas Totales (PST)

Los resultados de la evaluación de la calidad del aire para el parámetro Partículas Suspendidas Totales (PST) medidos el 24 de julio de 2010, permite la siguiente evaluación para el parámetro medido y evaluado respecto al Límite Permisible establecido en el Anexo 1 del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (R.M.C.A.), presentado en la siguiente tabla:

Tabla 5-6 Resultados de la Calidad del Aire – PST

N°	PARAMETRO DE CALIDAD	CODIGO	RESULTADO, µg/m³	LP, µg/m³	OBSERVACIONES
1	PST	Sin código	**238**	**260 en 24 horas**	Sin exceso al LP

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010.

Donde:

Cuadro 5-7 Códigos y Descripción del Lugar de Muestreo PM10

N°	CODIGO	DESCRIPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	Sin código	No describe el lugar de muestreo

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010.

El resultado de la medición de la calidad del aire en el Manifiesto Ambiental para el parámetro PST en un punto de monitoreo, sin descripción del lugar de muestreo, indica que no existe un impacto ambiental negativo, debido a que el valor medido de 238 µg/m³ es menor al Límite Permisible de 260 µg/m³.

5.5.1.2.3 Partículas Biológicas Viables

Las partículas biológicas viables son definidas como un material particulado compuesto por microorganismo o agentes biológicos que pueden llegar a causar afección a los seres vivos; éstos pueden ser originados principalmente por fuentes naturales o antropogénicas.

Las Partículas Biológicas (PB) se definen como partículas que se encuentran suspendidas en el aire y que contienen organismos viables y no viables tales como bacterias, virus, hongos, polen e incluso insectos muy pequeños y los desechos de estos mismos. Dichas partículas por sus características puedan afectar a los seres vivos causándoles algún tipo de alergia, toxicidad o infección.

No obstante, la determinación sobre la incidencia real que ejercen los microorganismos sobre los problemas de salud pública de las comunidades expuestas es muy complejo de establecer, debido a que los Bioaerosoles constituyen mezclas de diferentes clases de microorganismos o agentes biológicos; las respuestas de los seres humanos a los Bioaerosoles varían desde efectos inocuos hasta enfermedades graves, dependiendo del agente específico y de los factores de susceptibilidad de cada individuo, además las concentraciones medidas de aerosoles cultivables y contables dependen del método de toma de muestra y análisis, siendo posible recoger y evaluar todos los componentes de los bioaerosoles utilizando un único método de muestreo.

La medición de Partículas Biológicas Viables (PBV) llevada a cabo el 24 de julio de 2010, estableció una calidad ambiental en los niveles siguientes:

Tabla 5-7 Partículas Biológicas Viables

LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	SECTOR	UFC/m³	CONDICION
Recuento Total	BASCULA	1120	Contaminado
Hongos		860	Contaminado
Estafilococos		0	Sin Observación

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010

Para la valoración ambiental de las partículas biológicas viables a través de la Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por metro cúbico, se evalúa con valores de la escala de Pierre Boutin; ante la falta de normativa ambiental específica con el siguiente detalle:

Cuadro 5-8 Escala de Pierre Boutin

UFC/m³	Cualidad
Menor a 200	No contaminado
De 200 hasta 800	Ligeramente contaminado
De 801 hasta 2500	Contaminado
De 2501 hasta 8000	Muy contaminado
Mayor a 8000	Fuertemente contaminado

Fuente: Bacterial Atmospheric Contamination in Wastewater Treatment Plants, Boutin M. Torre J. Moline E Bolssinot. Advances in Aerobiology 1987. Bimhauser Vertag Basel

De esta manera, podemos establecer una Línea Base Ambiental para este parámetro, señalando que la calidad del aire en el RNSJA, se encuentra Contaminado a Muy contaminado por Partículas Biológicas Viables (PBV) en los niveles del Cuadro 5-8.

5.5.1.2.4 Biogás

El RSNJ constituye una fuente importante de generación de biogás resultado del proceso de descomposición biológica de residuos sólidos de origen orgánico, conformado por metano (CH4) y dióxido de carbono (CO2), encontrándose también trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV).

La composición del biogás dependerá de diversas variables, dentro de las que sobresalen las características y volumen del residuo, humedad, compactación y edad del relleno sanitario. La generación de emisiones de biogás varía en el tiempo y con las condiciones ambientales, es un proceso complejo el entender la degradación. El metano tiene un impacto equivalente a 26 veces mayor como gas que aporta el efecto invernadero respecto al producido por el bióxido de carbono.

En el Manifiesto Ambiental (MA) del RSNJ se establece las medidas de concentración del biogás, no se informa el laboratorio acreditado o profesional que midió o valoro la información reportada en este documento. Se informa que se evaluó el biogás en la Zona E (Emergencia) y M operación, sin mayor descripción.

Los resultados de la concentración de los componentes del biogás son:

Tabla 5-8 Composición del Biogás en la Zona E

Parámetro	Zona E	Zona E	Zona E	Zona E	Zona E	Promedio
	19	21	14	13	12	
	%	%	%	%	%	%
CH_4	3.2	0.1	1.3	11.6	18.5	6.9
CO_2	3.9	0.98	2.89	6.85	11.4	5.2
O_2	13.1	20.3	18.7	14.6	11.3	15.6
Balance	80	79	77	67	59	72.4
H_2O	1.2	1.6	2.5	2.8	3.4	2.3
Temperatura	23	23	25	24	25	24.0
TOTAL	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Donde: ZE = Zona emergencia

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010

Tabla 5-9 Composición del Biogás en las Zona E y M operación

Parámetro	Zona E	Zona E	M operación	M operación	M operación	Promedio	Promedio General
	15	6	15	1	14		
	%	%	%	%	%	%	%
CH_4	20.1	4.3	8.9	12.2	9.6	11	**9.0**
CO_2	12.25	3.97	7.56	8.2	6.6	7.7	**6.5**
O_2	10.4	17.7	12.5	13.8	14.68	13.8	**14.7**
Balance	57	74	71	66	69	67.4	**69.9**
H_2O	1	2.4	2.4	2.7	3	2.3	**2.3**
Temperatura	21	25	22	27	23	23.6	**23.8**
TOTAL	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010

La caracterización y composición promedio del biogás al 24 de julio de 2010 corresponde a su Línea Base Ambiental (LBA) descrita con valores en la columna Promedio General de la Tabla anterior.

5.5.1.3 Situación de Flora y Fauna

En el año 2010 se identificaron 46 especies de flora que se encuentran detalladas:

Cuadro 5-9 Lista de géneros y especies registradas en el RSNJ (2010)

N°	FAMILIA	GENERO/ESPECIE
1	Cactaceae	*Corryocactus melanotrichus*
2	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*
3	Asteraceae	*Achyrocline ramosissima*
4	Fabaceae	*Adesmia*
5	Orobanchaceae	*Agalinis lanceolata*
6	Alstroemeriaceae	*Alstroemeria cf. Revoluta*
7	Poaceae	*Aristida adscensionis*
8	Asteraceae	*Baccharis latifolia*
9	Cactaceae	*Borzicactus*
10	Poaceae	*Bothriochloa barbinodis*
11	Poaceae	*Bouteloua simplex*
12	Calceolariaceae	*Calceolaria sparciflora*
13	Pteridaceae	*Cheilanthes bonairensis*
14	Pteridaceae	*Cheilanthes pruinata*
15	Poaceae	*Chloris spp*
16	Convolvulaceae	*Cuscuta grandiflora*
17	Asteraceae	*Dasyphyllum*
18	Convolvulaceae	*Dichondra argentea*
19	Ephedraceae	*Ephedra ruizianum*
20	Poaceae	*Eragrostis spp*
21	Asteraceae	*Gamochaeta simplicicaulis*
22	Asteraceae	*Gamochaeta spicata*
23	Asteraceae	*Gnaphalium cheranthifolium*
24	Rosaceae	*Kageneckia laceolata*
25	Krameriaceae	*Krameria trianda*
26	Poaceae	*Melica adhaerens*
27	Poaceae	*Muhlenbergia rigida*
28	Asteraceae	*Mutisia acuminata*
29	Pteridaceae	*Notholea nivea*
30	Cactaceae	*Opuntia*
31	Parmeliaceae	*Parmelia*
32	Pteridaceae	*Pellaea ternifolia*
33	Poaceae	*Pennisetum chilense*
34	Piperacea	*Peperomia galioides*
35	Asteraceae	*Proustia*
36	Schoepfiaceae	*Quinchamallium chilense*
37	Rubiaceae	*Richardia coldenioides*
38	Selaginellaceae	*Selaginella sellowii*
39	Bromeliaceae	*Tillandsia bryoides*
40	Bromeliaceae	*Tillandsia capillaris*
41	Bromeliaceae	*Tillandsia usneoides*
42	Cactaceae	*Trichocereus bridgesii*
43	Parmeliaceae	*Usnea*
44	Asteraceae	*Viguiera australis*
45	Asteraceae	*Viguiera procumbens*
46	Alstroemeriaceae	*Zephyranthes viridi-lutea*

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010

En ese mismo año (2010) se informaron en el Manifiesto Ambiental la composición de fauna con 27 especies en aves; 3 mamíferos, 1 anfibio y 1 reptil

Cuadro 5-10 Composición de fauna reportada para el año 2010

ESPECIE	Nombre común
Asthenes dorbignyi	Canastero Rojizo
Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina
Phalcoboenus megalopeterus	Kara Kara
Phrygilus punensis	Chubita
Spinus atratus	Chaiñita
Turdus chiguanco	Chiguanco
Zonotrichia capensis	Pichitanka
Colibri coruscans	Lulinchu
Colaptes rupicola	Yaka Yaka
Gallinula chloropus	Gallineta Común
Cinclodes fuscus	Kachiranka
Diuca speculifera	Diuca Aliblanca
Patagona gigas	Colibrí Gigante
Phrygilus fruticeti	Yal Pechinegro
Saltator aurantiirostris	Pepitero Piquigualdo
Sicalis uropygialis	Chiringüe Culigualdo
Spinus uropygialis	Chaiñita
Vanellus resplendens	Leke-leke
Zenaida auriculata	Zenaida Torcaza
Mimus dorsalis	Sinsonte castaño
Patagioenas maculosa	Paloma Moteada
Sappho sparganurus	Colibrí Cometa
Falco sparverius	Qilli-qilli
Phytotoma rutila	Cortarramas argentino
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina Barranquera
Troglodytes aedon	Ratona
Columbina picui	Tortolita picui
Total aves	27
Akodon jelsky	Ratón
Phyllotis asilae	Ratón orejón
Lagidium viscacia	Vizcacha
Total mamíferos	3
Pleurodema sp.	Rana
Total anfibios	1
Liolemus sp.	Lagartija
Total reptiles	**1**
TOTAL	**32**

Fuente: Elaboración propia en base a datos del documento Manifiesto Ambiental del RSNJ, 2010.

5.5.2 Situación Ambiental General con Resultados de Monitoreos Ambientales – IMA's

Una vez que se obtuvo la Licencia Ambiental el 27 de octubre de 2010 se inició la elaboración de los Informes de Monitoreo Ambiental (IMA's). Desde esta fecha cronológica hasta el año 2018, se llevará a cabo, la evaluación de la calidad ambiental de cada uno de los factores de aire en los parámetros de Ruido, Partículas Menores a 10 micrones (PM10), Partículas Biológicas Viables (PBV), Biogás y Olores.

Con la misma metodología se evaluará las aguas superficiales y subterráneas y la calidad de los suelos.

5.5.2.1 Situación de la Calidad del Aire: Ruido, PST, Partículas Biológicas Viables y Biogás

5.5.2.1.1 Ruido Ambiental

La sistematización de la intensidad del ruido ambiental entre las gestiones de 2010 a 2018, fue evaluada y en resumen se presenta los valores promedio de acuerdo al detalle del siguiente cuadro:

Cuadro 5-11 Niveles del Ruido Ambiental 2010-2018

Punto	Punto de Medición	Clase de Ruido	PROMEDIO 2010-2018
ZC1	**Sector NORTE** Plataforma Oficinas TERSA y gruta	Estable	**51.96**
ZC2	**Sector OESTE** Depósito de "queques"	Fluctuante	**53.57**
ZC3	**Sector ESTE** Extremo Macrocelda Emergencia	Estable	**55.08**
ZC4	**Sector SUR** Límite Planta de Tratamiento de Lixiviados	Fluctuante	**54.21**

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Los valores promedio de presión sonora en el periodo evaluado se encuentran dentro del Límite Permisible de 68 dBA para el periodo diurno, de acuerdo al RMCA, Anexo 6. Estableciéndose una Línea Base Ambiental sin impacto en el RSNJ por generación de ruido.

Partículas Suspendidas Totales (PST) y Menores a 10 Micrones (PM10)

La evaluación de la calidad del aire en el RSNJ para las Partículas Suspendidas Totales (PST) se llevó a cabo desde el segundo semestre de 2010 y las Partículas Menores a 10 Micrones (PM10) fueron medidas desde el primer semestre de la gestión 2012 con los siguientes resultados:

Tabla 5-10 Calidad del Aire en el RSNJ – IMA's 2010-2018

Año	PST, µg/m^3	PM10, µg/m^3
2010 II	200.17	
2011 I	133	
2011 II	150	
2012 I	101	39
2012 II	215	75
2013 I	137.5	45.2
2013 II	126.7	144.1
2014 I	127.2	42.5

Año	PST, µg/m³	PM10, µg/m³
2014 II	124.3	43.3
2015 I	170.7	51.2
2015 II	193.5	74.5
2016 I	214.7	77.5
2016 II	178.2	55.7
2017 I	108.5	36.5
2017 II	**268.33**	105.5
2018 I	111.5	35.7
2018 II	138.2	46.2
TOTALES	**150**	**62.3**

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

La calidad del aire en el RSNJ para los parámetros PST y PM10 no exceden sus Límites Permisibles de 260 y 150 µg/m³, respectivamente. La única vez que excedió el Límite Permisible de PST fue el segundo semestre de 2017 con un valor relativo (índice) de 1.03 equivalente a un exceso del 3% sobre el Límite Permisible.

Los valores de Línea Base Ambiental (LBA) para la calidad del aire en el parámetro de las Partículas Suspendidas Totales (PST) y Menores a 10 Micrones (PM10), son 150 y 62.3 µg/m³, respectivamente, en el RSNJ.

5.5.2.1.2 Partículas Biológicas Viables

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. La presencia de uno u otro tipo depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia del microorganismo. La calidad del aire en el RSNJ también fue evaluada por partículas biológicas viables (PBV) desde el año 2010 hasta 2018. Los promedios anuales fueron sistematizados a partir de los IMA's con los siguientes resultados:

Tabla 5-11 Concentración de Partículas Biológicas Viables 2010 a 2018

Parámetros	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Recuento Total UFC/m³	1.642,7	1.190	2.687,5	2.264,6	2.411,8	4.214,8	4.911,4	5.881,3	4.469,1
Hongos UFC/m³	1068.7	830.0	1975.5	1484.9	952.4	1482.5	1326.1	2101.8	1493.0
Estafilococos UFC/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Para determinar la Línea Base Ambiental (LBA) para este parámetro dentro de la operación del RSNJ determinaremos su comparación con la Escala de Pierre Boutin de referencia (Cuadro 5-8).

La evaluación de la Línea Base Ambiental es explicada a partir del siguiente gráfico:

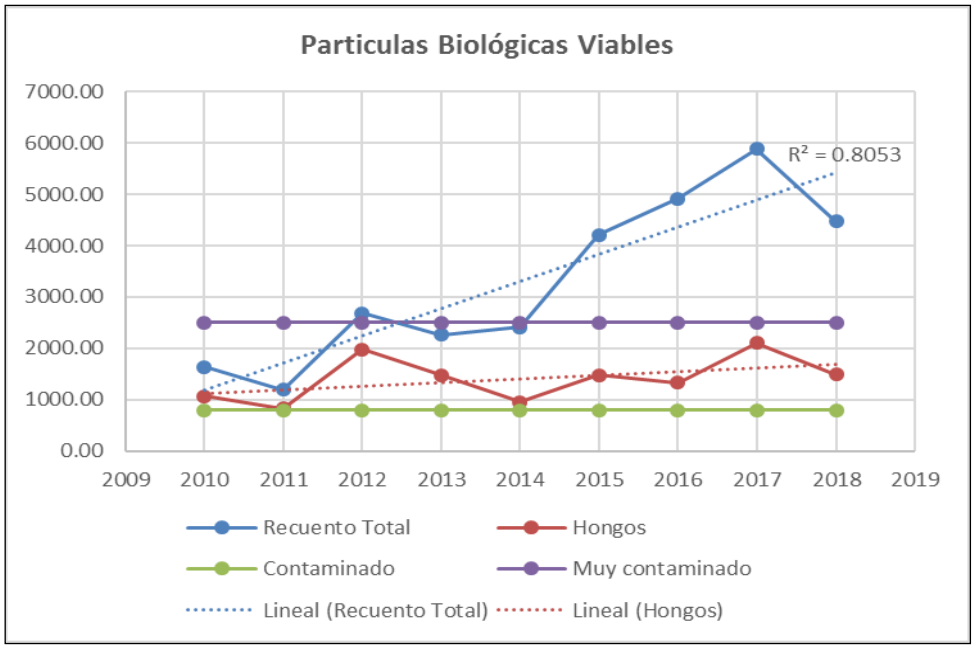


Ilustración 5-7 Comportamiento de LBA – Partículas Biológicas Viables

Fuente: Elaboración propia. Los Álamos IC SRL.

El Recuento total de partículas biológicas viables (PBV) tuvo una tendencia creciente entre 2010 a 2018 de acuerdo a la curva de tendencia con un índice de correlación del 80%, por esto la calidad del aire del RNSJA está calificada como Muy contaminada. Por su parte, la proliferación de los hongos en tendencia histórica desde el 2010 al 2018, se encuentra entre Contaminado a Muy Contaminado con la probabilidad de que se mantenga con ese comportamiento. Esta evaluación representa la Línea Base Ambiental para este parámetro de la calidad del aire.

5.5.2.1.3 Biogás

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores. La concentración del biogás para cada punto en el RSNJ en el periodo 2010 a 2018 es:

Tabla 5-12 Concentración del Biogás entre 2010 a 2018 RSNJ

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Zona	**E, M1, M2**	**E, M1, M2**	**MC 4, MC2**	**MC 1,2 y 4**	**MC 1,2 y 3**	**MC 1,3 y 4**	**MC 1,3 y 4**	**MC 1,3 y 4**	**MC 1,3 y 4**
Parametro									
CH_4	7,4	11,6	6,4	9,1	11	10,2	7,73	11,74	6,85
CO_2	5,6	7,8	4,1	5,7	6,6	6,4	5,03	7,52	5,12
O_2	16,4	14,5	17,5	15,6	15,6	15,6	16,42	14,33	17,25
Balance	70,7	66,05	71,1	69,6	66,5	67,5	70,73	66,39	71,21
TOTAL	**100**	**100**	**99**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Donde: E=emergencia; M1 y M2=Macroceldas 1 y 2

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Los valores de la última columna de la tabla anterior representan las concentraciones del metano, dióxido de carbono, oxígeno de Línea Base Ambiental. En el balance se agrupa la concentración del nitrógeno y los otros gases generados por reacciones de biodegradación en el RSNJ.

5.5.2.2 Situación de las Aguas Superficiales y Subterráneas, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH

Los resultados de análisis químicos sistematizados y promediados desde el año 2010 al 2018 con información de los IMA's para aguas superficiales en el área del RSNJ, permiten la siguiente evaluación de los diferentes parámetros analizados respecto a los Límites Permisibles establecidos en el Anexo A-1 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (R.M.C.H.), presentados en la Tabla 5-13 y la Tabla 5-14 que corresponden al sitio del emplazamiento del RSNJ, ubicado en la microcuenca del curso de agua superficial Alpacoma de 543 Has., que a su vez es tributario del río Achocalla cuya superficie es de 5.500 Has y desemboca en el río La Paz.

Para la determinación de una Línea Base Ambiental para las aguas superficiales en el área de influencia directa e indirecta se presenta la evaluación para los dos puntos de muestreo:

- (RA-50) Muestra tomada a 50 m antes del punto de encuentro de las aguas con quebrada natural al oeste del relleno sanitario, y,
- (RA+100) Muestra tomada a 100 m después del punto de encuentro de las aguas con quebrada natural al este del relleno sanitario.

Tabla 5-13 Resultados de Análisis Químicos Promedio de Aguas Superficiales de IMA's
(Sistematizados desde 2010 hasta 2018)

(RA-50) Muestra tomada a 50 m antes del punto de encuentro de las aguas con quebrada natural del relleno sanitario

Parametro	Unidades	2010-II	2011-I	2011-II	2012-I	2012-II	2013-I	2013-II	2014-I	2014-II	2015-I	2015-II	2016-I	2016-II	2017-I	2017 - II	2018-I	2018-II
p H	Escala	7.7	8.1	8.5	8.2	7.7	8.5	8.1	7.9	8	7.6	8.7	7.8	7.7	8.4	8.1	7.9	7.5
Conductividad	µS/cm	1338	1613	1661	1600	1441	1208	1208	1702	1050	1401	683	1690	1589	1756	1495	1432	1674
Sólidos suspendidos	mg/l			57975	112410	156900	47955	140,355	120980	201810	199220	2860	104800	179460	203225	120300	198300	219900
Dureza total	mg CaCO3/l			119	160	128	93	93	226	96	120	135	168	189	149	151	469	183
Aceites y grasas	mg/l			10	10	10	10	10		10	10	10	10	12	10	10	10	10
Alcalinidad total	mg CaCo3/l			577	522	412	390	345		252	440	284	513	649	725	675	563	580
Carbonatos	mg/l			<3,0	<3,0			<3,0		<3,0	<3,0	32	<3,0	<3,0	725	<3,0	<3,0	<3,0
DBO5	mg/l	51	64	31	25	45	33	19	91	44	117	47	113	136	86	88	74	26
DQO	mg/l	84	70	73	60	60	99	37	126	106	277	52	126	211	140	213	232	76
Sulfatos	mg/l	170	155	170	181	149	100	146	159	202	118	92	121	105	142	101	137	190
Cloruros	mg/l	101	103	115	98	85	76	60	117	44	90	29	103	79	104	20	90	98
Nitratos	mg N - NO/l			1.8	0.3	0.3	2.6	1	2.3	1.6	2.3	1.3	2.4	2.5	2.5	3	2.5	2.2
Nitritos	mg N - NO2/l			<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010					
Cianuro libre	mg/l			0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096		0.012	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.014	0.036	0.0096	0.0069
Amonio	mg N - NH4/l	14	76	17	43	44	31	14	51	9.4	38	26	59	23	37	44	89	36
Fósforo total	mg P-PO4 / l			0.66	1	1.4	2.2	0.12	2.7	0.14	2	0.82	3.6	0.1	1.4	2.4	1.7	1.2
Sulfuros	mg/l			<030	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30
Colifecales	NMP/100 ml	5.00E+05	2.40E+07	1.10E+06	4.8E+02	2.4E+07	2.8E+05	2.4E+06	4.6E+05	1.1E+06	7.5E+05	1.1E+08	4.6E+06	1.1E+06	4.6E+05	7.5E+05	7.5E+06	1.5E+07
Calcio	mg/l			20	32	27	19	25	47	21	21	36	33	39	26	29	87	37
Magnesio	mg/l			17	19	15	11	11	26	11	16	11	21	22	21	19	61	22
Arsenico	mg/l			0.094	0.073		0.034	0.001	0.11	0.001	0.13	0.001	0.069	0.095	0.068	0.16	0.64	0.19
Cadmio	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.032	0.02
Cromo +3	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.065	0.05	0.05	0.11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.24
Cobre	mg/l	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.44	0.084
Hierro	mg/l	4.4	0.069	0.05	0.2	0.16	1.1	0.19	0.39	0.05	0.56	0.12	0.93	0.18	0.084	0.68	161	0.22
Mercurio	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Plomo	mg/l	0.005	0.005	0.005	0.088	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.068	0.17	0.05	0.05	0.05	0.89	0.05
Zinc	mg/l	0.17	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.21	0.057	0.038	0.038	0.038	0.038	2.1	0.038

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Tabla 5-14 Resultados de Análisis Químicos Promedio de Aguas Superficiales de IMA's.
(Sistematizados desde 2010 hasta 2018)

(RA+100) Muestra tomada a 100 m después del punto de encuentro de las aguas con quebrada natural

Parametro	Unidades	2010-II	2011-I	2011-II	2012-I	2012-II	2013-I	2013-II	2014-I	2014-II	2015-I	2015-II	2016-I	2016-II	2017-I	2017 - II	2018-I	2018-II
p H	Escala	7.8	8.2	8.5	8.2	7.3	8.4	8.1	8.1	8	7.7	8.6	7.4	7.5	7.9	8	7.9	7.5
Conductividad	µS/cm	1351	1573	1708	1482	1406	1202	1174	1738	1043	1394	682	1693	1445	1620	1515	1461	1693
Sólidos suspendidos	mg/l			58408	107160	169150	49910	115,720	112440	205590	150720	2338	114250	168940	203875	118414	145300	246350
Dureza total	mg CaCO3/l			111	163	202	121	103	239	94	101	150	168	188	159	159	1224	170
Aceites y grasas	mg/l			<10	<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10
Alcalinidad total	mg $CaCO_3$/l			588	509	509	388	345		290	443	379	550	659	625	663	563	600
Carbonatos	mg/l			<3,0	<3,0			<3,0		<3,0	<3,0	63	<3,0	<3,0	625	<3,0	<3,0	<3,0
DBO5	mg/l	36	70	32	33	51	32	20	91	79	130	54	124	58	86	81	74	24
DQO	mg/l	72	77	130	62	92	106	37	112	214	311	63	161	125	170	190	224	91
Sulfatos	mg/l	101	178	170	146	155	98	154	144	188	111	87	153	58	135	101	139	141
Cloruros	mg/l	101	101	119	95	95	72	59	125	46	91	29	102	79	102	10	93	88
Nitratos	mg N - NO/l			1.7	0.3	0.3	2.4	0.9	2	1.4	2.7	1.4	3.1	2.3	2.6	2.9	2.7	2.9
Nitritos	mg N - NO2/l			<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010					
Cianuro libre	mg/l			0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096		0.013	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.014	0.027	0.0096	0.0069
Amonio	mg N - NH4/l	12	77	17	42	42	33	14	51	11	43	27	57	23	35	44	93	41
Fósforo total	mg P-PO4 / l			0.0049	1.7	1	2.6	0.17	3.1	0.079	2	0.81	3.1	0.071	1.4	2.4	1.9	1.6
Sulfuros	mg/l			<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30
Colifecales	NMP/100 ml	1.50E+05	2.80E+05	2.40E+05	4.3E+05	1.1E+07	2.0E+05	1.5E+07	1.5E+08	2.0E+04	2.0E+04	1.5E+06	2.4E+06	2.4E+04	1.1E+06	1.5E+06	2.0E+06	7.5E+05
Calcio	mg/l			19	33	47	26	24	50	20	18	42	30	38	29	30	344	34
Magnesio	mg/l			15	20	21	14	10	28	10	14	11	23	23	21	20	89	20
Arsenico	mg/l			0.094	0.08		0.036	0.001	0.11	0.001	0.13	0.001	0.088	0.1	0.062	0.17	0.63	0.22
Cadmio	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.032	0.02
Cromo +3	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.27
Cobre	mg/l	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.51	0.084
Hierro	mg/l	2.4	0.062	0.061	0.26	0.1	0.16	0.14	0.86	0.86	0.4	0.16	2.7	0.26	0.89	0.6	80	6.1
Mercurio	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Plomo	mg/l	0.005	0.005	0.005	0.095	0.095	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.057	0.22	0.05	0.1	0.05	0.83	0.05
Zinc	mg/l	0.15	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.09	0.054	0.038	0.038	0.038	0.038	1.8	0.067

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Las concentraciones de Aguas Superficiales del RSNJ en RA-50 como la **Conductividad, Dureza Total, Alcalinidad Total, $CO_3^{=}$, $SO_4^{=}$, Cl^-, NO_3^-, NO_2^-, CN^-, $S^{=}$, Ca, Mg, Cr^{+3}, Cu. Hg y Zn,** en la muestra (RA-50) tomada a 50 m antes del punto de encuentro de las aguas con quebrada natural del relleno sanitario, se encuentran dentro los límites permisibles para la Clase D, Anexo A-1 del RMCH, empezando por los sulfatos en 400, 500, 50, 1.0, 0.2, 1.0, 400, 150, 1.1, 1.0, 0.001 y 5 mg/l respectivamente cumple con lo establecido en el Anexo A – 1 del R.M.C.H. La conductividad, dureza total, alcalinidad total y carbonatos no tienen Límites Permisibles en el Anexo A-1. El pH con un valor de 8 se encuentra dentro de la escala de su Límite Permisible de 6 a 9.

Las concentraciones de parámetros analizados que exceden los Límites Permisibles se muestran en la Tabla 5-15:

Tabla 5-15 Excesos a Límites Permisibles RA-50

N°	Parámetro de Muestreo	Concentración (mg/l)	ELP	Límite Permisible Clase D	Valor Relativo
1	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	137.763,3	**137.703,3**	60(1)	**2.296,05**
2	Aceites y Grasas	10.1	**9.1**	1	**10,10**
3	DBO_5	64.1	**34,1**	30	**2,14**
4	DQO	120.1	**60,1**	60	**2,00**
5	Amonio	38.3	**34.3**	4	**9,82**
6	Fósforo Total	1.4	**1,074**	0.326	**4,30**
7	Colifecales	1.1E+07	**1.095E+07**	50.000	**220,00**
8	Arsénico	0.12	**0.02**	0.1	**1,20**
9	Cadmio	0.02	**0,015**	0,005	**4,00**
10	Hierro	10.02	**9,02**	1	**10,02**
11	Plomo	0.1018	**0.0018**	0.1	**1,018**

ELP, Exceso a Límite Permisible. **(1) Valor Límite para descargas líquidas Anexo A-2, RMCH.**
Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Las concentraciones de Aguas Superficiales del RSNJ en RA-100 como la **Conductividad, Dureza Total, Alcalinidad Total, $CO_3^{=}$, $SO_4^{=}$, Cl^-, NO_3^-, NO_2^-, CN^-, $S^{=}$, Ca, Mg, Cr^{+3}, Cu. Hg y Zn,** en la muestra (RA-100) tomada 100 m después del punto de encuentro de las aguas con quebrada natural al este del relleno sanitario, se encuentran dentro los límites permisibles para la Clase D, Anexo A-1 del RMCH, empezando por los sulfatos en 400, 500, 50, 1.0, 0.2, 1.0, 400, 150, 1.1, 1.0, 0.001 y 5 mg/l respectivamente cumple con lo establecido en el Anexo A – 2 del R.M.C.H. La conductividad, dureza total, alcalinidad total y carbonatos no tienen Límites Permisibles en el Anexo A-1. El pH con un valor de 7.9 se encuentra dentro de la escala de su Límite Permisible de 6 a 9.

Las concentraciones de parámetros analizados que exceden cada uno sus Límite Permisibles se muestran en la Tabla 5-16:

Tabla 5-16 Excesos a Límites Permisibles RA-100

N°	Parámetro de Muestreo	Concentración (mg/l)	ELP	Límite Permisible Clase D	Valor Relativo
1	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	131.237,7	**131.177,7**	60(1)	**2.187,30**
2	Aceites y Grasas	10	**9**	1	**10,00**
3	DBO_5	63.2	**33,2**	30	**2,11**
4	DQO	131.6	**71,6**	60	**2,20**
5	Amonio	38.9	**34.9**	4	**9,72**
6	Fósforo Total	1.5	**1,17**	0.326	**4,60**
7	Colifecales	1.1E+07	**1.095E+07**	50.000	**220,00**
8	Arsénico	0.12	**0.02**	0.1	**1,20**
9	Cadmio	0.02	**0,015**	0,005	**4,00**
10	Hierro	5.648	**4,648**	1	**5,648**
11	Plomo	0.107	**0.007**	0.1	**1,07**

ELP exceso a Límite Permisible. (1) Valor Límite para descargas líquidas Anexo A-2, RMCH.
Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

La Línea Base Ambiental está determinada por 28 parámetros, 17 de los cuales cumplen los Límites Permisibles, entretanto que 11 tienen un valor en exceso a su Límite Permisible, tal cual como se aprecia en la Tabla 5-15 y en la Tabla 5-16.

5.5.2.2.1 Situación del Agua Subterránea, análisis químicos, Anexo A-1, RMCH

Los resultados de análisis químicos sistematizados y promediados desde el año 2010 al 2018 con información de los IMA's para aguas subterráneas en el área del RSNJ, permiten la siguiente evaluación de los diferentes parámetros analizados respecto a los Límites Permisibles establecidos en el Anexo A-1 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (R.M.C.H.), presentados en la Tabla 5-17 y la Tabla 5-18 que corresponden al sitio del emplazamiento del RSNJ.

Para la determinación de una Línea Base Ambiental para el agua subterránea en el área de influencia directa se presenta y evalúa sus resultados en un solo punto:

Tabla 5-17 Resultados de Análisis Químicos Promedio de Aguas Subterráneas de IMA's. (Sistematizados desde 2010 hasta 2018)

Parametro	Unidades	2010-II	2011-I	2011-II	2012-I	2012-II	2013-I	2013-II	2014-I	2014-II	2015-I	2015-II	2016-I	2016-II	2017-I	2017-II	2018-I	2018-II	PROMEDIO
p H	Escala	7.7	7.8	8.2	7.7	7.6	7.7	7.7	9	8.2	7.6	9.6	7.6	7.8	7.5	7.9	7.6	8.3	**8.0**
Conductividad	µS/cm	6820	5055	5800	6010	5920	6080	6070	6190	5210	5810	5050	5520	8150	7330	7490	7550	14880	**6760.9**
Sólidos suspendidos	mg/l			69	23	30	18	15	126	264	27	21	24	117	71	8.5	27	95	**62.4**
Dureza total	mg CaCO3/l			532	559	519	494	483	450	106	475	127	508	454	2476	456	405	218	**550.8**
Aceites y grasas	mg/l			<10	<10	<10	<10	<10		<10	<10	12	<10	<10	10	<10	<10	<10	**10.0**
Alcalinidad total	mg CaCo3/l			3422	4627	2871	2960	3436		3231	3344	2076	2550	4500	4000	4500	3850	8188	**3825.4**
Carbonato	mg/l			232	232		2549	3		151	3	32	3	3	4000	3	3	3	**554.9**
DBO5	mg/l	82	11	11	33	24	7.7	5	17	11	61	81	79	2630	1522	2028	1842	272	**512.7**
DQO	mg/l	162	31	28	107	30	36	18	21	141	113	103	94	5921	2476	5833	6654	757	**1325.0**
Sulfatos	mg/l	658.65	266	449	271	319	1	1	245	490	305	6.8	297	8.6	2	1	117	18	**203.3**
Cloruros	mg/l	16.24	208	250	224	242	246	270	280	15	225	194	227	499	436	47	545	1543	**321.6**
Nitratos	mg N - NO/l	4.05	0.99	377	0.3	1.6	0.51	1.1	4.1	0.3	2.8	0.35	0.34	57	26	63	25	40	**35.6**
Nitritos	mg N - NO2/l	0.01	0.01	0.47	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.3	0.3	0.3	0.3					**0.1**
Cianuro libre	mg/l			0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096		0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.018	0.05	0.0096	0.0096	**0.0131**
Amonio	mg N - NH4/l	5.99	5.6	3.2	4	0.57	2.3	4	1.1	5.4	5.8	10	4.1	109	46	41	33	503	**46.1**
Fósforo total	mg P-PO4 / l	0.52	0.04	0.04	0.037	0.064	0.04	0.04	0.04	0.64	0.14	0.54	0.11	0.071	0.55	0.39	0.25	1.9	**0.3**
Sulfuros	mg/l			<0,30	<0,30	319	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	**<0,30**
Colifecales	NMP/100 ml		2	40	0.2	2	2	0.2	4.3E+02	2.0E+02	4.6E+03	4.6E+05	7.5E+04	90	2.4E+02	7.5E+02	1.5E+04	1.5E+06	**1.3E+05**
Calcio	mg/l	40.08	36	35	37	40	36	37	12	9.5	29	23	42	51	35	38	23	44	**33.0**
Magnesio	mg/l	114.21	99	109	113	102	98	95	102	40	97	17	96	79	86	88	84	26	**83.2**
Arsenico	mg/l			0.001	0.021		0.021	0.001	0.087	0.001	0.2	0.001	0.001	0.13	0.16	0.13	0.12	0.21	**0.08**
Cadmio	mg/l		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.088	0.02	0.02	0.025	0.02	**0.0262**
Cromo +3	mg/l		0.05	0.05	0.05	0.05	0.13	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.37	0.087	0.12	0.13	**0.087**
Cobre	mg/l	0.05	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.1	0.084	0.084	**0.083**
Hierro	mg/l	11.2	0.05	0.05	0.18	0.13	0.4	0.68	0.1	0.076	0.48	5.4	0.05	5	1.5	1.1	2.7	5.5	**2.035**
Mercurio	mg/l		< 0,0002	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	0.00046	< 0,00020	< 0,00020	**< 0,00020**
Plomo	mg/l		0.05	0.05	0.088	0.05	0.078	0.05	0.074	0.005	0.005	<0,005	0.17	0.05	1.2	0.05	0.05	0.097	**0.1378**
Zinc	mg/l	0.05	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.18	0.038	0.34	0.15	0.18	0.14	0.35	**0.1075**

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Para la evaluación del agua subterránea se asumirán los valores referenciales límite del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), Cuadro A-2, Límites Permisibles para Descargas Líquidas, señalando que puede asemejarse a una descarga líquida del RSNJ hacia el cuerpo de agua Alpacoma.

1. Las concentraciones de Aguas Subterráneas del RSNJ como la Conductividad, Dureza Total, Alcalinidad Total, **A&G, $CO_3^=$, $SO_4^=$, Cl^-, NO_3^-, NO_2^-, CN^-, $S^=$, Ca, Mg, As, Cr^{+3}, Cu. Hg, Zn, As, Cd, Pb, P**[15], se encuentran dentro los límites permisibles del Anexo A-2 del RMCH, empezando por A&G en 10, y siguiendo con el cianuro con 0,2, 2, 1.0, 1.0, 1.0, 0,002, 3, 0,5, 0,15, 0,3 y 0.326 mg/l respectivamente, cumplen con lo establecido en el Anexo A–2 del R.M.C.H. La conductividad, dureza total, alcalinidad total, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos, calcio, magnesio y fósforo no tienen Límites Permisibles en el Anexo A-2. El pH con un valor de 8 se encuentra dentro de la escala de su Límite Permisible de 6 a 9.
2. Las concentraciones de parámetros analizados que exceden cada uno sus Límite Permisibles se muestran en la Tabla 5-18 y establecen la Línea Base Ambiental para aguas subterráneas.

Tabla 5-18 Excesos a Límites Permisibles

N°	Parámetro de Muestreo	Concentración (mg/l)	ELP	Límite Permisible Anexo A-2	Valor Relativo
1	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	62,4	**2.4**	60	**1.04**
2	DBO_5	512,7	**432,4**	80	**6,40**
3	DQO	1.325,4	**1.075,4**	250	**5,30**
4	Amonio[16]	46.1	**42,1**	4	**11,52**
5	Colifecales	1.1E+07	**1.0999E+07**	1.000	**11.000,00**
6	Hierro	2,04	**1,54**	0.5	**4,08**

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ. ELP, Exceso a Límite Permisible.

5.5.2.3 Situación de los Suelos

Los resultados de análisis químicos sistematizados y promediados desde el año 2010 al 2018 con información de los IMA's para suelos en el área del RSNJ, no permite una evaluación de los diferentes parámetros analizados respecto a los Límites Permisibles referenciales asumidos como Máxima Concentración Tolerable (MCT) de metales en suelos para agricultura, según fuente, Kloke (1980) que se presentan las Tabla 5-19 y Tabla 5-20, debido a que los parámetros comparativos tienen enfoques diferentes. Las muestras corresponden en su análisis a suelos estrictamente Agrícolas, mientras que la evaluación correspondería a metales pesados en suelos agrícolas.

[15] Referencia de la Clase B, Anexo A-1

[16] Ídem que el anterior

Tabla 5-19 Muestras A. Resultados de Análisis Químicos Promedio de Suelos de los IMA's. (Sistematizados desde 2010 hasta 2018)

Parámetro	Lugar del muestreo	Planta de tratamiento de lixiviados (PTL 1) Macrocelda	Suelo sector cipreses - 15cm	Talud dorsal Sur - 10m	Área forestal Dorsal este - 10m	Area forestada sector norte	Area regada con lixiviado	Area regada con lixiviado	Area regada con lixiviado	Area regada con lixiviado	Área forestada - Ingreso	Jardinera zona báscula	Área forestada	Jardinera zona báscula	Talud àrea forestada proximo tanque agua vertiente	Suelo virgen	Dorsal Sur	Banco de QUEQUES
	Unidades	2010-II	2011-I	2011-II	2012-I	2012-II	2013-I	2013-II	2014-I	2014-II	2015-I	2015-II	2016-I	2016-II	2017-I	2017-II	2018-I	2018-II
p H	Escala	9.6	9.8	9.8	9.3	9.3	9.2	8.6	10	7.7	9	7.5	7.7	7.2	8.5	10	9.3	9.5
Conductividad	µS /cm	485	401	670	1551	1551	1755	3680	24200	507	684	495	770	1420	1248	440	17	1507
Nitrógeno total	%	0.058		0.20	0.08	0.08		0.12	0.30	0.13								
Carbón orgánico	%	0.28	0.1	0.50			0.17											
Materia orgánica	%	0.48	0.2	0.80	0.65	0.65	0.10	0.69	2.80	2.00	3.70	1.50	2.00	7.00	0.59	0.36	0.16	1.10
Sodio intercambiable	cmolc/kg	2.4	1.9	0.24	7	7	0.29	5.5	5.5	1	3.3	0.86	1.9	3.6	6.1	4.4	0.041	7.1
Potasio intercambiable	cmolc/kg	0.37	0.37	0.54	1.1	1.1	8.2	3.4	55	0.86	1.9	0.35	1.1	2	1.2	0.62	1.5	0.7
Calcio intercambiable	cmolc/kg	10	11	4.3	3.3	3.3	6.5	175	9.3	7.7	7	13	16	17	9.3	1.2	3.7	3.8
Magnesio intercambiable	cmolc/kg	1.8	3.8	7.9	7	7	3.2	2.2	8.5	5.6	5.4	3.6	6.6	5.5	4.4	6.1	5.7	6.7
Acidez intercambiable	cmolc/kg	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Tabla 5-20 Muestras B. Resultados de Análisis Químicos Promedio de Suelos de los IMA's. (Sistematizados desde 2010 hasta 2018)

Parámetro	Lugar del muestreo		Suelo sector eucalipto	Área forestada Norte - 10m	forestal Dorsal Sur - 10m	Area forestada regada	forestada sector norte	forestada sector norte	forestada sector norte	forestada sector norte	forestada sector norte	trasero sector báscula	Área forestada	Talud trasero sector	Talud àrea forestada	Banco queques	Talud area corte	Area de corte - CELDA 12
	Unidades	2010-II	2011-1	2011-II	2012-I	2012-II	2013-I	2013-II			2015-I	2015-II	2016-I	2016-II	2017-I	2017-II	2018-I	2018-II
p H	Escala	9.3	9.3	10	8.2	9.5	9	8.9	7.5	7.7	8.2	6.9	8.6	7.3	8.9	9	9.5	9.9
Conductividad	µS /cm	980	1322	758	1457	1377	1146	638	320	1972	1490	237	1164	1009	842	3390	1507	540
Nitrógeno total	%	0.09		0.07	0.08	0.062		0.076	0.13	0.11								
Carbón orgánico	%	0.3	8.0	0.32			0.22											
Materia orgánica	%	0.5	14	0.55	0.77	0.68	0.37	0.27	2.2	3.8	5.2	1.3	3.4	6.1	1.2	0.61	1.10	0.84
Sodio intercambiable	cmolc/kg	7	4.1	0.34	3.4	8.6	5.8	2.4	0.41	2.1	6	0.19	3.6	1.9	5	13	7.1	4.4
Potasio intercambiable	cmolc/kg	1.7	1.2	0.43	0.7	0.53	0.6	0.38	0.75	5.6	3.1	0.48	1.5	3	1.2	2.8	0.7	0.14
Calcio intercambiable	cmolc/kg	6.2	10	5.0	19.0	2.7	5.6	12.0	11.0	10.0	9.5	7.4	5.4	18.0	15.0	3.8	3.8	2.6
Magnesio intercambiable	cmolc/kg	14	5.7	5.4	5.1	3.3	4.3	4.5	3.5	4.2	4.8	3.3	4.6	5.2	2.8	6.2	6.7	8.1
Acidez intercambiable	cmolc/kg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Fuente: Elaboración propia en base a información de IMA's 2010-2018 RSNJ.

Los resultados de análisis químicos de suelos no pueden ser evaluados comparativamente con valores límites permisibles para suelos agrícolas, teniendo en cuenta que no existe en la normativa boliviana esa posibilidad.

De esta manera los valores promedios de cada uno de los parámetros analizados desde el año 2010 hasta el año 2018 quedarán como niveles de Línea Base Ambiental para suelos.

5.5.3 Situación de la Flora y Fauna

La situación de la flora y fauna no fue evaluada según los reportes de los Informes de Monitoreo Ambiental (IMAs), ya que la normativa ambiental vigente no establece esta obligación. Sin embrago se realizaron reforestaciones con el fin de otorgar barreras vivas para control de olores, como objetivo principal, con especies forestales y dar cobertura al suelo con especies rastreras y arbustivas, sin una evaluación previa sobre la elección de especies adaptables, nativas, endémicas, etc. La información obtenida en IMA's e Informes mensuales reportan la reforestación de especies exóticas. Sin un estudio previo que reporte el criterio técnico que avale el comportamiento adecuado de las especies elegidas.

5.5.4 Situación Socioeconómica del Área de Estudio

La situación socioeconómica de la operación no se reporta en los IMA's; desde el año 2010 hasta el año 2019; ya que la normativa ambiental vigemteno no establece esta obligación

Actividad 6. Diagnóstico de la Situación Actual

6.1 Introducción

El presente Diagnóstico Ambiental es el instrumento que permite la evaluación ambiental actual del Relleno Sanitario Nuevo Jardín con alcance a las AID y AII, a través de la descripción y análisis de los factores que lo componen a objeto de identificar y valorar su situación actual después del deslizamiento producido, evento que promueve la presente Auditoría Ambiental. Estos impactos son determinados mediante métodos de evaluación basados en muestreos, mediciones y comparaciones con valores de referencia y/o Límites Permisibles (LP).

La evaluación del área de estudio permite identificar el o los problemas que deben ser afrontados a futuro en base a la información actual generada por el equipo multidisciplinario que evalúa cada factor del componente ambiental en base a la recopilación de información disponible, reconocimiento del área, comparaciones, clasificaciones, existencia o inexistencia de elementos que dificultan la vida donde se ubica el RSNJ, que permite delimitar el alcance entre la situación real y deseada, con ello, obtener conclusiones que demuestren en estado de las condiciones ambientales y así alcanzar soluciones más acertadas.

6.2 Antecedentes

Al cierre del Relleno Sanitario de Mallasa durante los años 2003 y 2004, se identificó y evaluó la factibilidad de realizar las actividades de disposición final de residuos sólidos, propios del Municipio de La Paz en el área de Bajo Alpacoma, tema de conocimiento general entre las autoridades, instituciones involucradas y medios de comunicación dada la importancia de ofrecer a la población espacios salubres para su desarrollo en equilibrio con la protección del medio ambiente. Una vez elegida la ubicación en vista de la necesidad y prioridad de abastecer el servicio de recojo y disposición final de residuos sólidos generados en el Municipio de La Paz, se implementaron actividades de emergencia que promovieron la inmediata continuidad del servicio en Bajo Alpacoma, aspecto que aseguraba la salubridad a través del aseo urbano de la población beneficiada.

El método elegido para la disposición de residuos sólidos domiciliarios fue Relleno Sanitario, con base en la normativa vigente para el año 2004 (año que inicia sus actividades), basada en la Ley N°1333, el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos y las normas NB - 742 a NB – 760 que disponen una base técnico – legal que asegure la estabilidad y viabilidad de las operaciones del nuevo Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

De esa manera se da inicio a una actividad de alta importancia social, la cual inicialmente no cuenta con una autorización ambiental definitiva que pueda sostener la legalidad de sus funciones acorde a los preceptos de desarrollo sostenible, no es hasta el año 2010 luego de 6 años de funcionamiento que la Autoridad Ambiental Competente otorga la Licencia Ambiental a la actividad que permite tener un marco de adecuaciones y control de riesgos que conduzcan las operaciones del RSNJ acorde a los lineamientos de la legislación.

En fecha 15 de enero de 2019, el Relleno Sanitario Nuevo Jardín, aproximadamente a horas 17:45 sufre el deslizamiento de los residuos contenidos en él, provocando la contaminación de un área aproximada de 13.7 has., (Ilustración 6-1) con una extensión total de contaminación indefinida en esta etapa y no limitada al contenido de las celdas, el lixiviado de los estanques también fue comprometido por el deslizamiento sucediendo un derrame que en ambos casos tuvieron contacto con el cuerpo de agua superficial colindante: la quebrada Alpacoma, lo que generó la construcción de 3 diques de contención sobre la misma quebrada: 2 en inmediaciones del RSNJ para la contención de residuos y lixiviado y el

tercero ubicado a aprox. 2 km aguas abajo para la contención de lixiviados que fueron dispersados por el efecto del movimiento del curso de agua de la quebrada Alpacoma (información resumida del Plan de Contingencias Específico Deslizamiento Relleno Sanitario Nuevo Jardín, 31-01-2019).

Por consecuencia, se realiza la Auditoría Ambiental por Peligro Inminente al Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio de La Paz, para identificar el grado de afectación ambiental ocurrido a raíz del deslizamiento y así determinar la estabilidad actual de la infraestructura para el proceso de cierre.

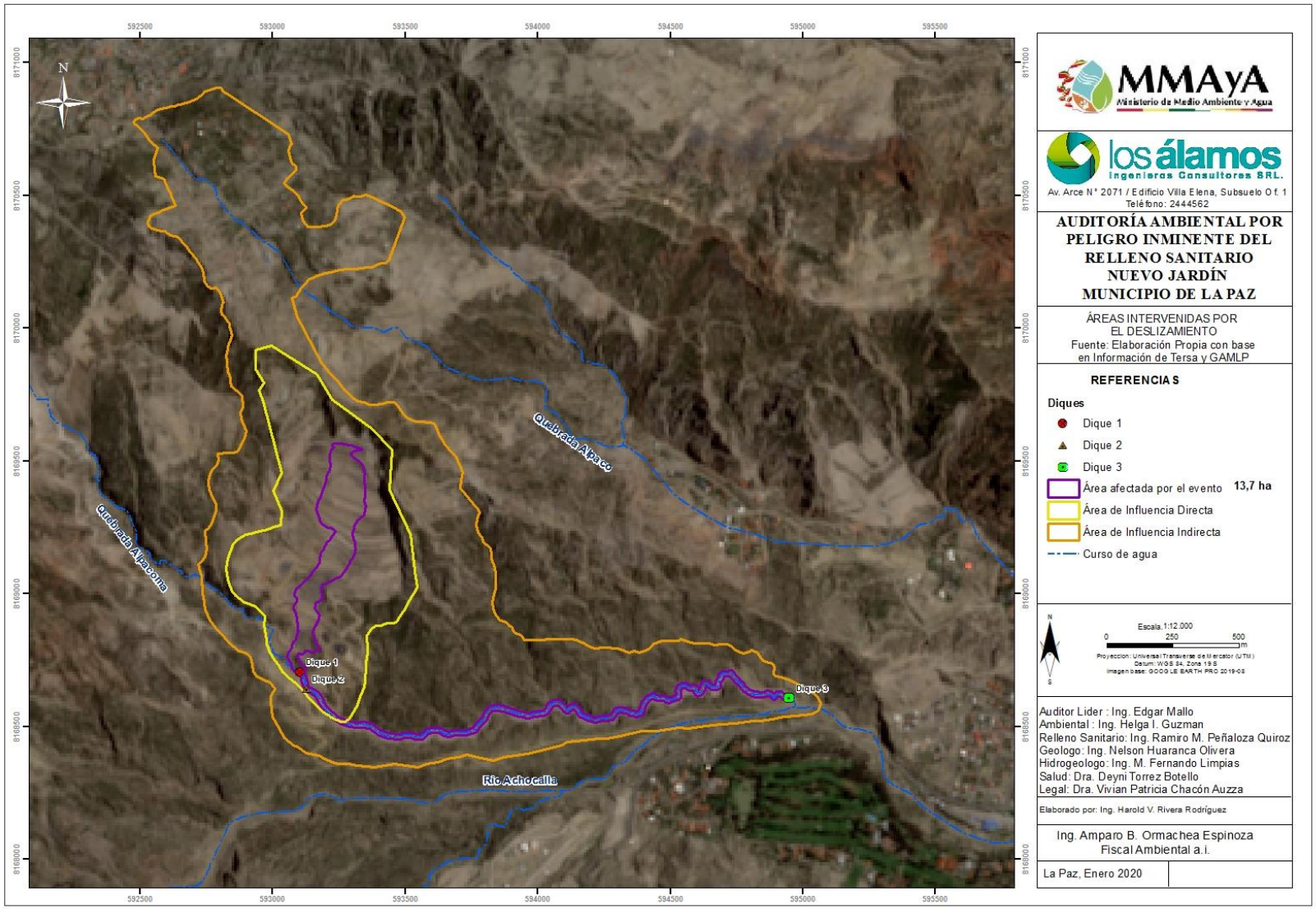


Ilustración 6-1 Área intervenida por el deslizamiento
Fuente: Elaboración propia

6.3 Alcance

Para la evaluación de la situación ambiental actual, el diagnóstico establecerá el estado de los factores ambientales, después del deslizamiento.

El alcance geográfico de la Auditoría Ambiental debe considerar las áreas donde se generaron los impactos ambientales negativos directos y las áreas donde alcanzan los efectos en el medio ambiente y salud humana (impactos indirectos).

6.4 Objetivo General

"Identificar los problemas generados a raíz del deslizamiento de residuos sólidos del Relleno Sanitario Nuevo Jardín, a partir de un estudio multidisciplinario que demuestre el estado actual de todos los factores involucrados en el área de influencia directa e indirecta de la actividad."

6.5 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos que promueven el presente diagnóstico ambiental actual son:

- Identificar los factores ambientales que han sido alterados a raíz del deslizamiento de residuos sólidos contenidos en el RSNJ.
- Informar sobre las condiciones ambientales actuales en el AID y AII del RSNJ y el área del evento del deslizamiento más obras de contención.
- Otorgar el soporte técnico para establecer un alcance normativo que pueda sostener los estudios y acciones posteriores de adecuación y/o remediación.
- Promover la detección de acciones correctivas necesarias para mitigar impactos adversos actuales.

6.6 Metodología

6.6.1 Trabajo en gabinete

Se cursa solicitudes al Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAYA); Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP); Gobierno Autónomo Departamental de La Paz (GADLP); Empresa TERSA S.A. e instituciones involucradas para contar con información primaria.

Por canal regular a través de solicitudes oficiales se obtiene información que satisface parcialmente el conocimiento de las condiciones ambientales del AID del RSNJ, además de la interrelación entre los medios físicos y la dinámica social del entorno. Esta información fue complementada con información secundaria disponible que amplió el panorama y el punto de vista general para obtener un criterio bien establecido acerca de lo acontecido a la fecha.

6.6.2 Trabajo de campo

La información dispuesta en gabinete permitió planificar y organizar el trabajo de campo a través de la experiencia profesional del equipo multidisciplinario, se procedió a visitas al interior y exterior del AID del RSNJ, complementado con el muestreo de análisis físico químico de los factores en evaluación.

6.6.3 Caracterización de factores ambientales

Como se describe en Fase I, cada factor ambiental es desarrollado en base a una metodología específica como sigue:

6.6.3.1 Clima

Para la evaluación y descripción de este factor, se utilizaron datos de la Estación Meteorológica del Aeropuerto de El Alto, tipo meteorologico de segundo orden que genera registros con el alcance requerido para el presente estudio considerados desde enero de 2004 a diciembre de 2017. Permite conocer e interpretar las características climáticas que determinan el desarrollo de otros factores ambientales en el área durante la etapa operativa del relleno sanitario.

6.6.3.2 Suelo

Para analizar este factor se utilizan mecanismos técnicos basados en la geotécnia, es por ello que su desarrollo se basa en la Actividad N° 6 del Informe FASE I como sigue:

1. Recopilación y análisis de Información Topográfica, Hidrológica, Hidrogeológica, Suelos, Geológica, Geotécnica, etc.
2. Revisión de documentación pasada (informes y mapas), generación, depuración y sistematización de una base de datos.
3. Procesamiento de imágenes satelitales.
4. Planificar el trabajo geotécnico a desarrollar en el relleno, a fin de dar cumplimiento a los objetivos trazados en el presente estudio.
5. Definir el volumen del área desestabilizada.

6.6.3.3 Agua

La presencia de cursos de agua superficial y subsuperficial tiene base fundamental en la recopilación de información basada en:

1. Información Topográfica, Hidrológica, Hidrogeológica, Suelos, Geológica, Geotécnica, etc.
2. Revisión de documentación pasada (informes y mapas), generación, depuración y sistematización de una base de datos.
3. Procesamiento de imágenes satelitales.
4. Trabajo de campo.
5. Análisis conjunto con geotecnia.

Luego se procedió al desarrollo descriptivo que demuestre:

- La calidad de los cursos de agua superficial y subsuperficial si corresponde.
- El alcance de la pluma contaminante.
- Unidades de erosión hídrica del área.

6.6.3.4 Vegetación y Fauna

En complemento al estudio preliminar descrito en Fase I, para la determinación de la vegetación del área se ha empleado la metodología de transectos para abarcar el AID y el AII determinando la diversidad. Para Fauna se proyectó la identificación de especies en Fase I, para el cual el método mas adecuado es el de puntos de conteo, por el corto tiempo de la AA se optó por trabajar con énfasis con el grupo de especies de avifauna en relación a los otros grupos, se tomaron avistamientos ocasionales no sistemáticos considerando la búsqueda de rastros y huellas, se utilizaron los métodos pertinentes para el levantamiento de especies para cada grupo taxonómico (Para aves se utilizaron binoculares, guías de fotografías).

6.6.3.5 Medio Humano

La información desarrollada en FASE 1, ofrece la caracterización económica, social y cultural del área de estudio, en FASE II se complementa este desarrollo con información primaria a través de:

- Encuestas a todos los trabajadores del relleno sanitario.
- Encuestas a los comunarios que habitan alrededor del relleno sanitario.
- Revisión de historias clínicas, certificados de defunción y otros documentos de los centros de salud cercanos a los rellenos sanitarios.

Análisis de instrumentos de sistematización oficiales implementados por el SNIS, codificados como registros administrativos por el Instituto Nacional de Estadística (INE), destinados al acopio continúo de datos tanto clínicos como estadísticos, que permiten obtener datos organizados en los cuadernos de:

- Consulta externa, enfermería y emergencias.
- Atención integral al menor de 5 años.
- Prenatal, parto, puerperio y planificación familiar.
- Certificado de nacimiento se considera un instrumento de captación.
- Consultas y tratamiento odontológicos.
- Internaciones.
- Actividades del establecimiento y con la comunidad.

6.6.4 Análisis

El análisis e intercambio de criterios entre los integrantes del equipo multidisciplinario, permitió satisfacer el alcance de la evaluación ambiental, a través de la sistematización de información obtención de resultados de laboratorio, comparación con valores de referencia, inicialmente por componente ambiental para luego desarrollar las descripciones que fortalecen el presente Diagnóstico Ambiental.

De modo gráfico se resume la metodología como fuentes fundamentales lo siguiente:

6.6.5 Evaluación de Impactos

Una vez desarrollada la primera etapa del Diagnóstico Ambiental, se procede a la evaluación de los impactos ambientales basada en la metodología de riesgos propuesta en FASE 1, que permite ponderar cuantitativamente los riesgos a los cuales está expuesta la actividad.

6.6.6 Determinación del o los problemas

El análisis anterior permitirá identificar el o los problemas significativos y el desarrollo de conclusiones y recomendaciones técnicas para cada factor evaluado.

Se resume la metodología como fuentes fundamentales en la siguiente ilustración:

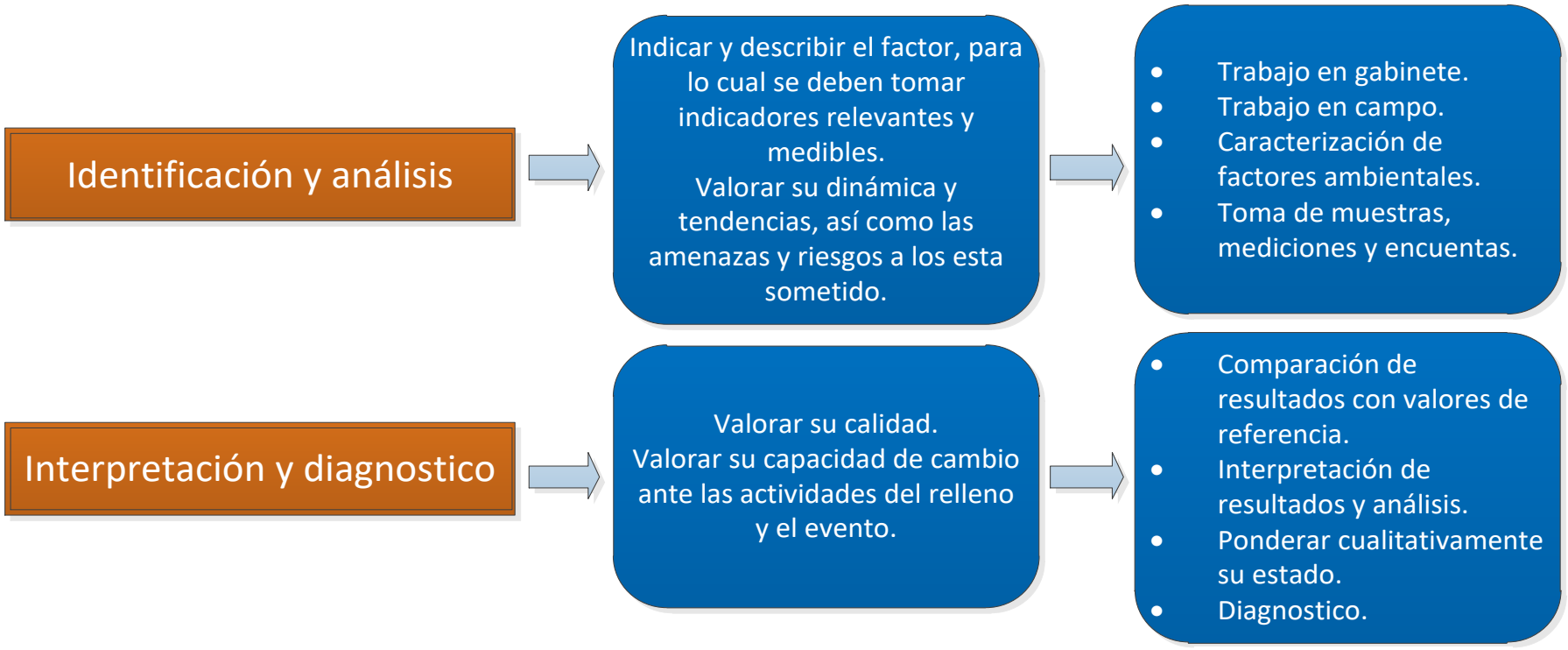


Ilustración 6-2 Fuentes Metodológicas Fundamentales
Fuente: Figura adecuada de Cabello y Ceñal, Evaluación de Impacto Ambiental, 2000

6.7 Localización y Justificación.

El terreno pertenece a la comunidad de Alpacoma se ubica en la provincia Murillo del Departamento de La Paz, distante a 4 km desde el centro de la ciudad del mismo nombre. La ubicación del RSNJ corresponde al Macrodistrito 1 (Cotahuma), Distrito 4, de la jurisdicción municipal de La Paz.[17]

La ubicación del relleno inicialmente demostraba un espacio sin actividades colindantes, respetando y superando la distancia al límite de la mancha urbana de 1000 m., especificación obligatoria de la Norma Boliviana NB-757. Sin embargo, con el crecimiento poblacional y la disponibilidad de arcilla en el área, considerado un recurso potencial de explotación para la fabricación de ladrillos, la distancia al norte del relleno sanitario respecto a la mancha urbana fue comprometida con la presencia de la zona Acermach, su descripción tendrá lugar en el punto 6.13.5 Aspectos Socioeconómicos del presente informe.El área del estudio está descrita en la Actividad 2 del presente documento.

Hacia el oeste del predio podemos identificar la actividad denominada Sector Sak'a Churu, actual sistema de disposición final de residuos sólidos del Municipio de La Paz, en cual de manera parcial comparte las vías de transporte del RSNJ.

Hacia el Sur, como límite natural las actividades del Relleno Sanitario Nuevo Jardín se encuentran delimitadas por la quebrada Alpacoma, donde no existen actividades antrópicas actuales.

Hacia el Este, se encuentra delimitado por un farallón como límite natural, que en su reconocimiento in situ, demuestra ser un área intervenida por vías de transporte vehicular y peatonal, con espacios en regeneración y un área sin intervención de potencial referencia para un Plan de Restauración futuro.

El Área de Influencia Directa (AID) está definida por el espacio geográfico total que ocupa el RSNJ, influencia provocada por las actividades cotidianas dentro del RSNJ, además del área ocupada por el deslizamiento y las obras de control de contingencia realizadas a raíz del evento.

El Área de Influencia Indirecta (AII) con enfoque medioambiental, salud y socioeconómico, se delimita al Norte por el posible impacto de las Partículas Suspendidas Totales (PST) y olores a la población habitante (ladrilleras); hacia el Sur delimitada por el rio Achocalla (debido a las aguas superficiales), al Oeste delimitado por la actividad del Sector Sak'a Churu y hacia al Este una distancia de 300 m.

Las ilustraciones que siguen dan cuenta de la Localización en forma general.

[17] http://sitservicios.lapaz.bo/guiaurbana/ Mapa del Municipio de La Paz, GUIA URBANA.

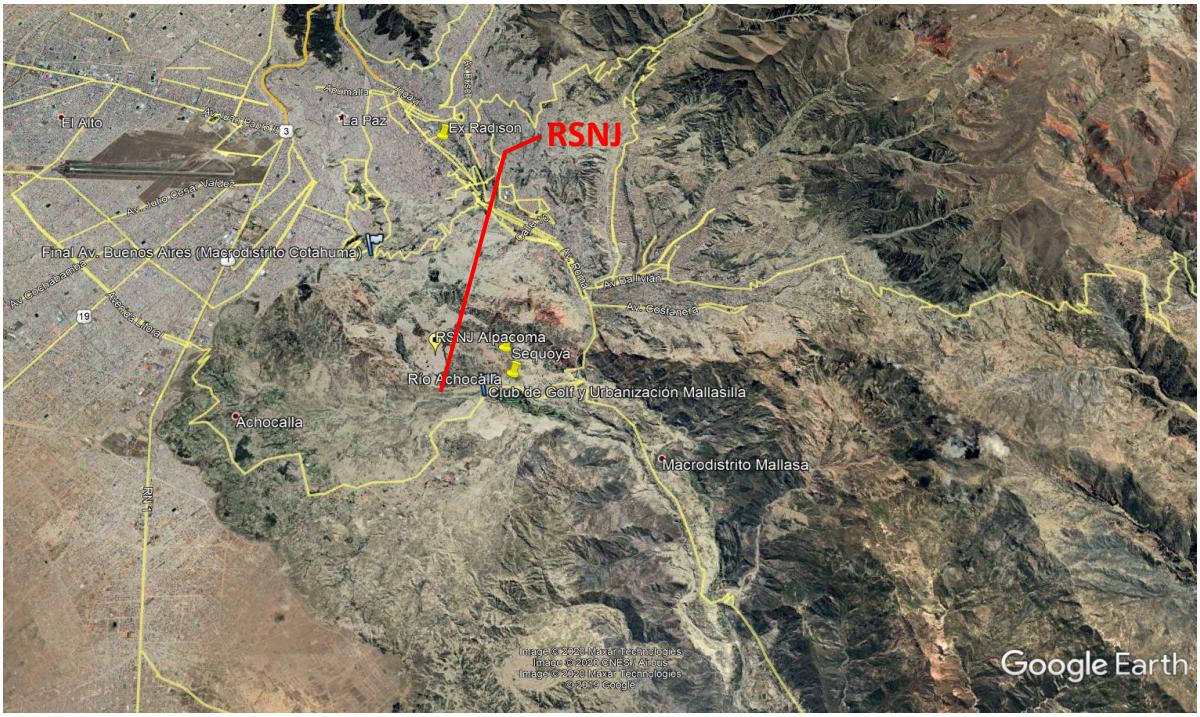


Ilustración 6-3 RSNJ – Localización General (Google Earth)

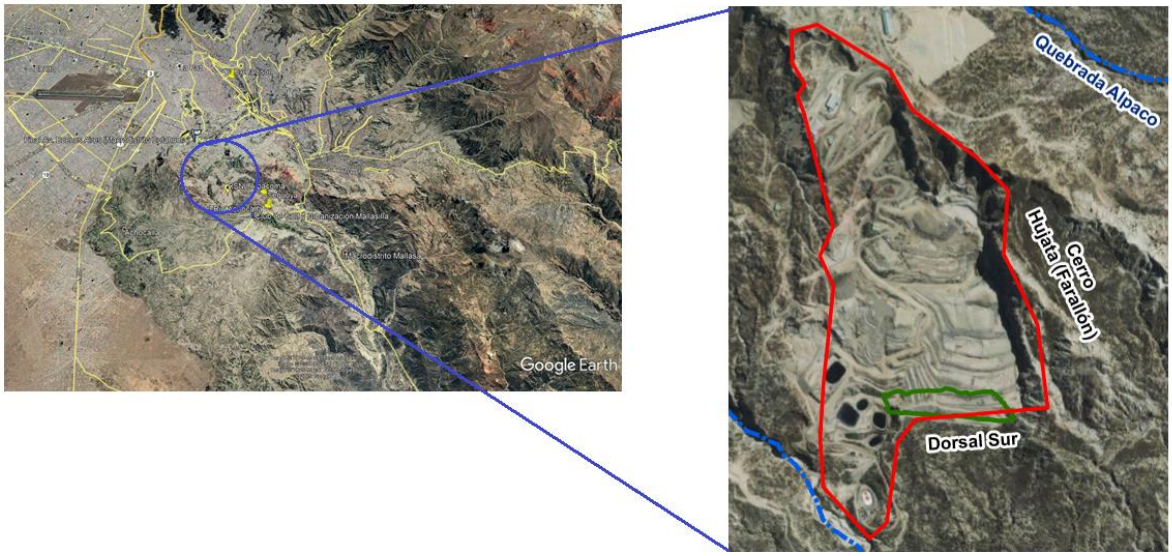


Ilustración 6-4 Localización puntual
Fuente: Google Earth

6.8 Información General

Personal Clave Responsable de la Elaboración del Diagnóstico Ambiental

- Auditor Líder
- Especialista Ambiental
- Especialista en Relleno Sanitario
- Especialista en Geología/Geotecnia
- Especialista Hidrogeólogo
- Especialista en Salud
- Especialista Legal

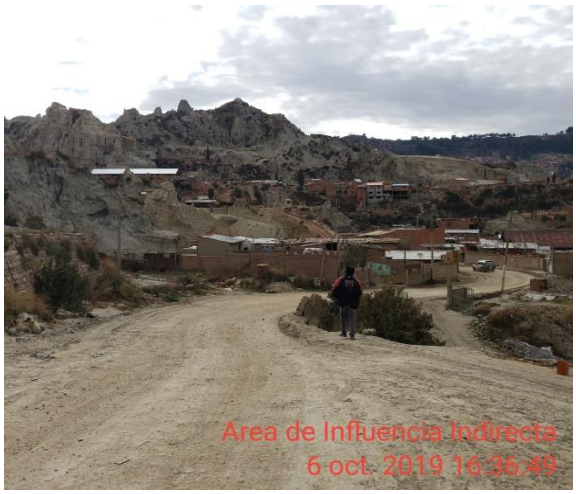
6.9 Descripción de la Actividad

Una vez identificada el área de estudio, se inicia con una evaluación ambiental del área, a partir de la vía de acceso hacia la actividad del RSNJ, se observa una vía que se conecta con el radio urbano al norte pasando por la zona denominada Acermach identificada como la población más cercana, donde los pobladores se dedican a la fabricación de ladrillos entre algunas de sus actividades.

Esta conexión cuenta con tramos compuestos por asfalto y ripio, como se describe:

- ✓ Asfalto en estado aceptable; 133 m. hasta la final Avenida Buenos Aires.
- ✓ Asfalto en malas condiciones; 900 m. hasta 100 m. después de Oficina de Subalcaldía de Achocalla.
- ✓ Ripio en condiciones variables; 2,450 m a partir de fin de asfalto, hasta RSNJ.

Lo que promueve la dispersión de partículas suspendidas en el trayecto de acceso por la maquinaria de la actividad, sin embargo, ésta es compartida por comunarios, trabajadores de la zona y otros que generan este impacto de manera conjunta.



Fotografía 6-1 Vista de vías de acceso
Fuente: Elaboración propia

En las Fotografía 6-2 y Fotografía 6-3, lugares de disposición inadecuada de residuos sólidos domiciliarios, especiales, voluminosos y otros, que se encuentran dispuestos sin ninguna restricción en escarpes o pendientes que caracterizan al área. Cabe resaltar que a inicios de la Auditoría Ambiental la dispersión de partículas generaba un impacto muy alto, y a medida que el personal de la Auditoría realizaba visitas e inspecciones, se realizaron trabajos de mantenimiento de vías de acceso externo,

con limpieza de material suelto, ripiado, compactación y regado, llevando a la disminución de polvo y particulas suspendidas, lo que puede ser catalogado como un impacto positivo a partir de la auditoría.

Fotografía 6-2 Área de Influencia Indirecta (1)
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-3 Área de Influencia Indirecta (2)
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-4 Ingreso al Predio
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-5 Cerco Perimetral
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-6 Caseta de Seguridad
Fuente: Elaboración propia

Planta de Clasificación de Residuos Solidos: Una vez pasado el ingreso principal (Fotografía 6-6) a unos 200 m. se encuentra la Planta de Clasificación de Residuos Sólidos (Fotografía 6-7) y (Fotografía 6-8) la cual se encontró parcialmente paralizada en fecha 05 de diciembre de 2019. Las fotografías demuestran un sistema de aprovechamiento de materiales inorgánicos que son recuperados de los contenedores de disgregación instalados en diferentes puntos de la ciudad de La Paz.

Fotografía 6-7 Ingreso a la Planta de Clasificación
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-8 Residuos plasticos acumulados al ingreso
Fuente: Elaboración propia

Oficina administrativa. No demuestra condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo. El ambiente funciona como depósito y al mismo tiempo se observan escritorios y computadores (al momento de la inspección) sin funcionamiento. El botiquín de primeros auxilios no cumple con los insumos mínimos que abastezcan a su personal en caso de emergencia médica. Los extintores no tienen mantenimiento su recarga data de un tiempo sin protección, (ante emergencias por incendio) alrededor de 6 años, su instalación es ineficiente y no existe señaletica bien implementada.

Fotografía 6-9 Oficina Administrativa (1)
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-10 Oficina Administrativa (2)
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-11 Extintores identificados en el área administrativa
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-12 Residuos sólidos acumulados clasificados – plásticos
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-13 Residuos sólidos acumulados clasificados – papeles y cartones
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-14 Espacio de acumulación de pilas y baterías
Fuente: Elaboración propia

Área posterior de la infraestructura, se observa la cinta transportadora.

A fines del mes de diciembre en una nueva inspección al área, se observa que la planta se encuentra en operación, como se demuestra en las siguientes fotografías:

Fotografía 6-15 Planta en Operación (1)
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-16 Planta en Operación (2)
Fuente: Elaboración propia

En el trayecto de ingreso a las actividades propias del relleno se observan infraestructuras que demuestran formar parte de las actividades complementarias del relleno.

Fotografía 6-17 Instalaciones Comedor y Cocina
Fuente: Elaboración propia

Al interior de estas instalaciones se observa un comedor y cocina en excelentes condiciones de higiene que promueven una seguridad por inocuidad ante organismos que pueden ser ingeridos por los alimentos.

Fotografía 6-18 Comedor y Cocina
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-19 Comedor
Fuente: Elaboración propia

Al ingreso se observa señalética que responde al cumplimiento de Señales de Acción Obligatoria para el personal. En la parte posterior del comedor se encuentran los vestidores y baños, se observa que cuentan con el abastecimiento necesario de agua potable para higiene del personal. No todo el equipamiento de duchas se encuentra en funcionamiento. Los vestidores cuentan con bancas y casilleros, se observa la diferenciación entre ambientes destinados para hombre y mujeres.

Fotografía 6-20 Vestidores
Fuente: Elaboración propia

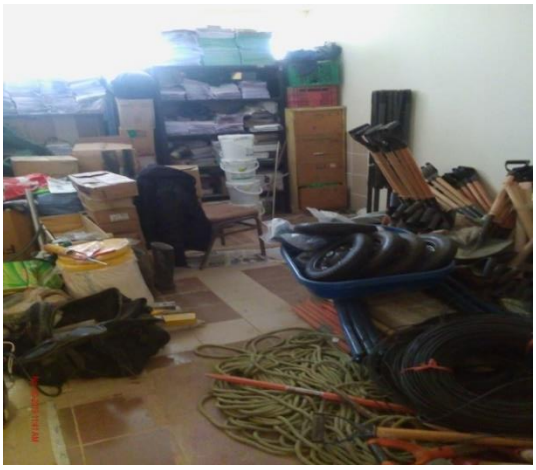
Fotografía 6-21 Baños
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-22 Vestidores
Fuente: Elaboración propia

Sobre el mismo terraplén se observa un vivero donde se realiza el cuidado y reproducción de especies de vegetación utilizadas en el área.

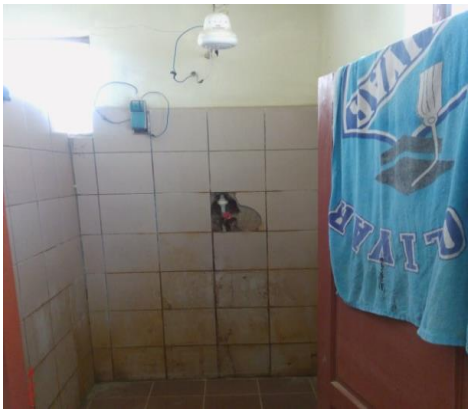
Fotografía 6-23 Invernadero
Fuente: Elaboración propia

En dirección sur se identifican las oficinas administrativas de SIREMU las condiciones de sus instalaciones se demuestran en las siguientes fotografías:

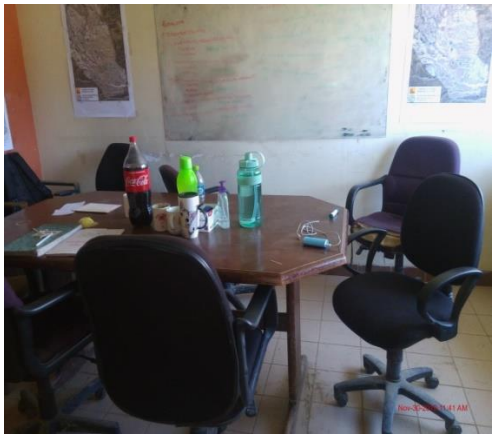


Fotografía 6-24 Instalaciones de las Oficinas administrativas
Fuente: Elaboración propia

Los ambientes higiénicos cuentan con una ducha y un baño para todo el personal.



Fotografía 6-25 Baño y ducha
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 6-26 Oficinas administrativas
Fuente: Elaboración propia

En espacios externos y en dirección a las operaciones del relleno, se encuentra el mirador en un terraplén al oeste del RSNJ al sur de las oficinas administrativas de SIREMU.

Fotografía 6-27 Mirador
Fuente: Elaboración propia

Taller de mantenimiento y resguardo de maquinaria

Fotografía 6-28 Instalaciones del Taller de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-29 Taller de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Área operativa del RSNJ, su descripción detallada se incluye en Actividad 13 del presente documento.

Fotografía 6-30 Área operativa
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-31 Área operativa (Planta de Tratamiento de Lixiviados)
Fuente: Elaboración propia

Actividad en funcionamiento y fase operativa actual en área de influencia indirecta del Sector Sak'a Churu

Fotografía 6-32 Celda de disposición final de los servicios actuales
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-33 Estanque de recepción de aguas residuales
Fuente: Elaboración propia

Celda de disposición final de los servicios actuales, estanque de recepción de aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos de ambientes del personal.

Celda de residuos Patógenos

Como se puede observar, la celda especial N° 2 se encuentra en funcionamiento y complementa el servicio actual de disposición final, se observa en su base una capa de geomembrana que será utilizada para cobertura de la celda una vez alcanzada su capacidad máxima, no se observa un sistema de drenaje ni de control o emergencia, tampoco la alternancia de la base de geomembrana con geotextil, como es descrito en el Manifiesto Ambiental de igual manera la inclusión de instalaciones fundamentales, como ser: Drenaje pluvial perimetral, señalizaciones, cerco perimetral, pozos de monitoreo.

Fotografía 6-34 Impermeabilización de Celda, conformada por una capa de geomembrana de caras lisas
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-35 Drenaje pluvial perimetral corresponde al drenaje del relleno en general
Fuente: Elaboración propia

El drenaje pluvial perimetral corresponde al drenaje del relleno en general, la celda especial no cuenta con un drenaje propio, sólo abastece el lado oeste de la celda.

El cerco perimetral al lado este y sud este de la celda fue comprometido con el deslizamiento, sin embargo a la fecha no ha sido repuesto, limitando la función principal del cerco perimetral del área, la

exposición de estos residuos se evidencia también con la puerta de ingreso que se encuentra abierta permanentemente, luego de una descarga la celda diaria observada al momento de inspección se mantuvo abierta mientras exista un cambio de turno, a la espera del siguiente vehículo de recolección o a la disponibilidad de maquinaria que pueda realizar los trabajos de apertura o cobertura de la celda diaria. Como se observa en las fotografías, los residuos son expuestos a la intervención de perros de la zona, que ingresan libremente al relleno y dejan rastros de su presencia dentro de la celda especial.

Fotografía 6-36 Celda especial N°1, sin cerco perimetral al norte y este (A la fecha cumplido con su vida útil)

Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-37 Celda especial N°2, al este no se evidencia la presencia de cerco perimetral (celda en operación)

Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-38 Arribo de residuos patógenos a celda especial N°2. Vehiculo La Paz Limpia cap 6 toneladas

Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-39 Cerco perimetral lado sueste incompleta (a la fecha aun no fue completada)

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la celda mantiene una capa de impermeabilización activa que al cierre de la celda promoverá la cobertura superior de la misma, no coincide con la descripción de capas descritas en el MA. En otro aspecto el diseño inicial y la misma descripción del manejo operativo de la celda incluida en el MA sostiene la instalación de pozos de monitoreo para posibles lixiviados y biogás, que permitan una alternativa de control, de su buen funcionamiento. Actualmente no se evidencia su existencia.

Como aspectos positivos del manejo de residuos sólidos patógenos, se observa una malla perimetral no comprometida por el deslizamiento que permanece funcional, adecuadamente señalizada, además

del servicio de La Paz Limpia que, sin entrar a profundidad, mantiene un equipamiento en buen estado para su objetivo principal.

Fotografía 6-40 Cerca perimetral al noreste de la celda, con señalización adecuada
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-41 Personal de LPL adecuadamente equipado
Fuente: Elaboración propia

Una vez concluida la descarga de residuos sólidos patógenos se observa el estado final de la disposición de la siguiente manera:

Fotografía 6-42 Disposicioon Final de Residuos Patogenos
Fuente: Elaboración propia

Al sur del RSNJ se observa un cuerpo de agua superficial denominado Quebrada Alpacoma que presenta un flujo variable de caudal proveniente del oeste del RSNJ.

Fotografía 6-43 Quebrada Alpacoma area colindante vista al Oeste del RSNJ

Fotografía 6-44 Quebrada Alpacoma area colindante vista al Este del RSNJ

Al momento de las inpecciones en inmediaciones del área sur del RSNJ, en el entorno de la quebrada Alpacoma se demostraba un área intervenida por obras civiles con movimiento de tierras (Fotografía 6-45, el curso de agua definido hacia el oeste (Fotografía 6-43) y hacia el este (Fotografía 6-44) sin curso definido en el tramo colindante al relleno, se tiene suelo removido inestable por la alimentación de agua de la quebrada Alpacoma y quebradas contribuyentes con flujo no permanente que pertenecen a la red Natural de drenaje (Fotografía 6-46), aguas abajo a aprox. 100 m. se observa el cauce de la quebrada tomando su forma original, como se observa en las siguientes fotografías (Fotografía 6-47).

Fotografía 6-45 Solidos Suspendidos Totales
Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-46 Quebrada contribuyente a la Quebrada Alpacoma
Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-47 Quebrada Alpacoma a 100 m aguas abajo del RSNJ
Fuente: Elaboración Propia

De manera genérica, el estado actual en la cabecera de esta quebrada y su entorno se demuestra como se observa en las siguientes fotografías, esta quebrada deriva del drenaje natural proveniente de la ciudad de El Alto, se observa un caudal variable y su composición definidas por las condiciones climáticas y los aportes del sistema de alcantarillado del Municipio de esta ciudad, conducido hacia la denominada quebrada Alpacoma, un análisis y conclusiones sobre su estado, dentro del alcance de la presente AA, será expresado en el informe Fase III.

Fotografía 6-48 Cabecera de la Quebrada Alpacoma
Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-49 Entorno de la Cabecera de la Quebrada Alpacoma
Fuente: Elaboración Propia

En el área de ubicación del dique de contención N° 3, sobre la quebrada Alpacoma antes de la confluencia con el río Achocalla, se encuentran sifonamientos provocados por la remoción de suelo y falta de cobertura vegetal, provocado por escurrimiento de agua pluvial.

Fotografía 6-50 Sifonamientos de Area Dique N°3
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-51 Ubicación del area del dique N°3
Fuente: Elaboración propia

Antes de la finalización de la presente Fase 2, se verificó la implementación de medidas de cierre en el RSNJ, algunas preventivas como la impermeabilización de extensas superficies para evitar la infiltración de aguas pluviables al seno de la marcocelda, como se aprecia en las muestras fotográficas:

Fotografía 6-52 Impermeabilización de Celdas
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-53 Preparación de sistema de captación de lixiviados
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-54 Captadores de lixiviados
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-55 Peinado manual de taludes y habilitacion de banquinas
Fuente: Elaboración propia

6.10 Descripción del Deslizamiento y Actividades Posteriores

(Movimiento de tierras, maquinaria, obras de retención de residuos, de lixiviados, fases, obras complementarias, etc.)

En fecha 15 de enero del año 2019 se supo la noticia de un grave acontecimiento en los predios del Relleno Sanitario Nuevo Jardín, varios fueron los medios de comunicación que difundieron la noticia,

AA ALPA 201

con el titular de "deslizamiento de basura en Alpacoma". Entrevistaban a los pobladores de los alrededores para indagar los hechos, pero nadie precisaba lo ocurrido.

Tampoco las autoridades podían explicar en primera instancia las causas y la magnitud del problema. Los únicos que podrían explicar lo acontecido eran los trabajadores del relleno sanitario y los técnicos de la empresa operadora y de la supervisión. Su primera versión fue que la fuerte precipitación pluvial caída la noche anterior había saturado las celdas y provocado el colapso y posterior deslizamiento.

Lo cierto era que una gran masa acuosa de residuos se precipitó desde la cabecera del área, sobre la superficie de las celdas con cobertura final, pendiente abajo, rellenando cárcavas y zanjas del sector, arrasando la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Lixiviados, y golpeando el talud del límite inferior, se desvió aguas abajo en dirección de la confluencia con el rio Achocalla.

El hecho liberó gran volumen de biogás, produciendo olores nauseabundos hasta varios kilómetros de distancia. Así mismo, el líquido lixiviado fue desprendido en gran volumen, y proyectándose, en la parte inferior, hacia la confluencia con el rio Achocalla.

Debido a que los hechos sucedieron a última hora de la tarde, según versiones de la empresa operadora TERSA S.A. a partir de las 17:45, fue que, al día siguiente la prensa y entidades interesadas en el tema, realizaron vuelos no tripulados con dron y tomaron fotografías del sitio en desastre.

Lógicamente las autoridades del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP), del Gobierno Autónomo Departamental de La Paz (GADLP) y del Ministerio de Medio Ambiente y Aguas (MMAYA), destacaron misiones de profesionales para evaluar el evento, desde el punto de vista ambiental y de ingeniería.

Sin embargo, solamente tenemos acceso a la información enviada por el MMAYA y una referencia de la empresa operadora TERSA S.A. incluida en los "Informes de Gestión Mensual a partir de febrero de 2019".

6.10.1 Información sobre el deslizamiento

Como se mencionó en acápite anterior, quienes saben del evento son los funcionarios y trabajadores de la empresa operadora y transcribimos el relato de dicha empresa extractado de su Informe de Gestión Mensual marzo 2019:

Cuadro 6-1 TERSA S.A. – Reporte sobre el deslizamiento

Evento Extraordinario suscitado en fecha 15 de enero de 2019 – Deslizamiento de Residuos Sólidos de la Macro Celda de Emergencia 4
En fecha martes 15 de enero de la presente gestión a horas 05:55 a.m., personal de TERSA S.A. identificó un asentamiento de aproximadamente 2 metros en el nivel superior de la MCE-4, colindante a la celda N° 11 y sus ampliaciones, asimismo, se identificó fisuras en el talud frente a Taller de mantenimiento; situación que fue comunicada inmediatamente a SIREMU vía radio.
Posteriormente, se realizó una inspección conjunta entre personal de SIREMU y TERSA, verificándose la apertura y avance de las fisuras laterales en el talud frente a taller de mantenimiento además de empuje de residuos hacia la celda de patógenos desde la parte superior de la MCE-4.

Una vez identificada la magnitud del empuje se determinó reforzar el vértice del Muro 3 – 6 con dirección a la curva N° 9, llegando hasta la curva N°8, con un muro de soporte de aproximadamente 1.5 metros de alto por 2 metros de ancho.

Posteriormente, se iniciaron los trabajos de control del empuje hacia la Celda de Patógenos, realizado la adecuación de la banquina superior intermedia entre la Celda de Patógenos y Celda de Residuos Comunes, banquina que se encontraba colmatada de residuos comunes debido a la magnitud del empuje; no obstante, se logró adecuar una parte de la misma.

Asimismo, se realizaron trabajos de adecuación y conformación de una banquina amplia de aproximadamente 15 metros sobre el área de disposición final ubicada sobre la curva N° 8, con la finalidad de contar con un margen de espacio en caso de continuar un empuje y/o desplazamiento de la parte superior.

No obstante, a pesar de ejecutar los trabajos preventivos detallados procedentemente, se idéntico la continuidad del empuje en bloque de la MCE-4, por lo que se determino retirar el equipo y personal de toda el área del curso del empuje para evitar perdidas de maquinaria y pérdidas humanas.

Simultáneamente, se realizo la cobertura diaria de la celdilla de la celda de patógenos y se determino colocar y extender geo membrana de 1.5 mm sobre toda la extensión superior de la Etapa B de la Fase IV de la Celda de Patógenos.

Una vez concluida la extensión de esta geo membrana, se retiro al personal y maquinaria del sector, y fue después de esta actividad que a hrs. 16.00 p.m. se presentó un segundo movimiento de magnitud en bloque de toda la masa de residuos de la MCE-4, la cual se contuvo en la curva N° 9, debido al refuerzo del soporte ejecutado como medida de prevención.

No obstante, debido a la magnitud del empuje a hrs. 17:45 p.m., se presento el deslizamiento súbito de la masa de residuos de la MCE - 4, pasando sobre las MC 3 y MC 2, sobrepasando el muro 3-6 y el soporte, llegando a cubrir los estanques 1, 2 y Anaerobio en su totalidad.

Así llego a cubrir el Estanque Aerobio y afecto en su totalidad la infraestructura de la PTL (oficina, aireadores superficiales y basales, clarificador secundario, entre otros), cesando y deteniéndose el deslizamiento en la PTL.

Fuente: Informe Gestión Mesual – marzo 2019

También la misma empresa TERSA S.A. vuelve a mencionar los hechos del evento en su documento PLAN DE CONTINGENCIAS, de la siguiente manera:

Cuadro 6-2 TERSA S.A. – Reporte sobre el Plan de Contingencias

Durante las inspecciones realizadas al RSNJ, por parte de las autoridades se observaron las áreas afectadas por el deslizamiento acaecido el 15 de enero de 2019, es así que se encontró que el deslizamiento afectó a:

- 5 piscinas del tratamiento de lixiviados, dejando funcionando solamente las piscinas de almacenamiento.
- Vías de acceso a la Planta de tratamiento de lixiviados Oficinas administrativas, planta de tratamiento, laboratorio, sala de máquinas, equipos de aireación, bombas, equipos de monitoreo de laboratorio, transformador trifásico

- Punto de monitoreo de aguas subterráneas y pozo séptico de la planta de tratamiento
- Cobertura vegetal en la parte norte del área de amortiguamiento y plantaciones forestales
- Celda 10 de Macrocelda 3
- Celda 3 de Macrocelda 1
- Celda 6 de Macrocelda 2
- Cauce del río Alpacoma en dos puntos: el área de represamiento y 50 metros aguas arriba de este sitio.
- Los residuos llegaron al curso de la quebrada Alpacoma en X: 592992.3 Y: 8168828.8, generándose lixiviados que se mezclan con las aguas del río
- Varias Chimeneas de captación de biogás
- También se generaron dos (2) espejos de lixiviados a 100 y 200 metros de las obras de represamiento 3.

Tal como se puede apreciar en la figura 1, el área deslizada comprende una extensión de aproximadamente 8.9 Ha con una longitud desde el coronamiento del deslizamiento hasta el lecho de la quebrada Alpacoma de 833 m, gran parte del deslizamiento se ha producido dentro de los predios del relleno sanitario sin embargo una fracción ha llegado al lecho de la quebrada. Con respecto este último punto, se han tomado todas las acciones técnicas inmediatas descritas a continuación para evitar el flujo de residuos y lixiviadas aguas abajo del punto de deslizamiento mediante el confinamiento de los mismos en el lecho de la quebrada para su posterior evacuación.

Fuente: Plan de Contingencia Específicio Deslizamiento Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, 2019; Informes de Gestión Mensual – Febrero a Julio 2019.

En la siguiente Figura se puede apreciar la magnitud del evento

Ilustración 6-5 Vista lateral del deslizamiento
Fuente: Elaboración propia

6.10.2 Cálculo del Área Afectada por el Colapso

De acuerdo con las fotografías obtenidas, se puede deducir que en la parte norte hubo un bloque de residuos desestabilizado y desplazado del relleno, originando simultáneamente un asentamiento alrededor de ese bloque e inmediatamente el deslizamiento de los residuos sueltos y el consiguiente derrame de lixiviados, pendiente abajo hacia el sector sur del relleno.

Por tanto, se distinguen tres áreas definidas para el presente estudio:

Tabla 6-1 Relación de áreas afectadas por el deslizamiento

I.	Área del bloque desplazado	2,23 Ha
II.	Área afectada por el asentamiento	1,19 Ha
III.	Área de deslizamiento y derrame de líquidos lixiviados	6,85 Ha

Fuente: Elaboración propia

Se destaca el área afectada por el asentamiento porque ha contribuido al incremento del derrame de líquidos lixiviados, al liberarse un volumen acumulado internamente, tal cual fuere la rotura de un reservorio.

De acuerdo con la tabla anterior, se puede decir que:

ÁREA TOTAL AFECTADA POR EL COLAPSO ES DE 10,27 Ha

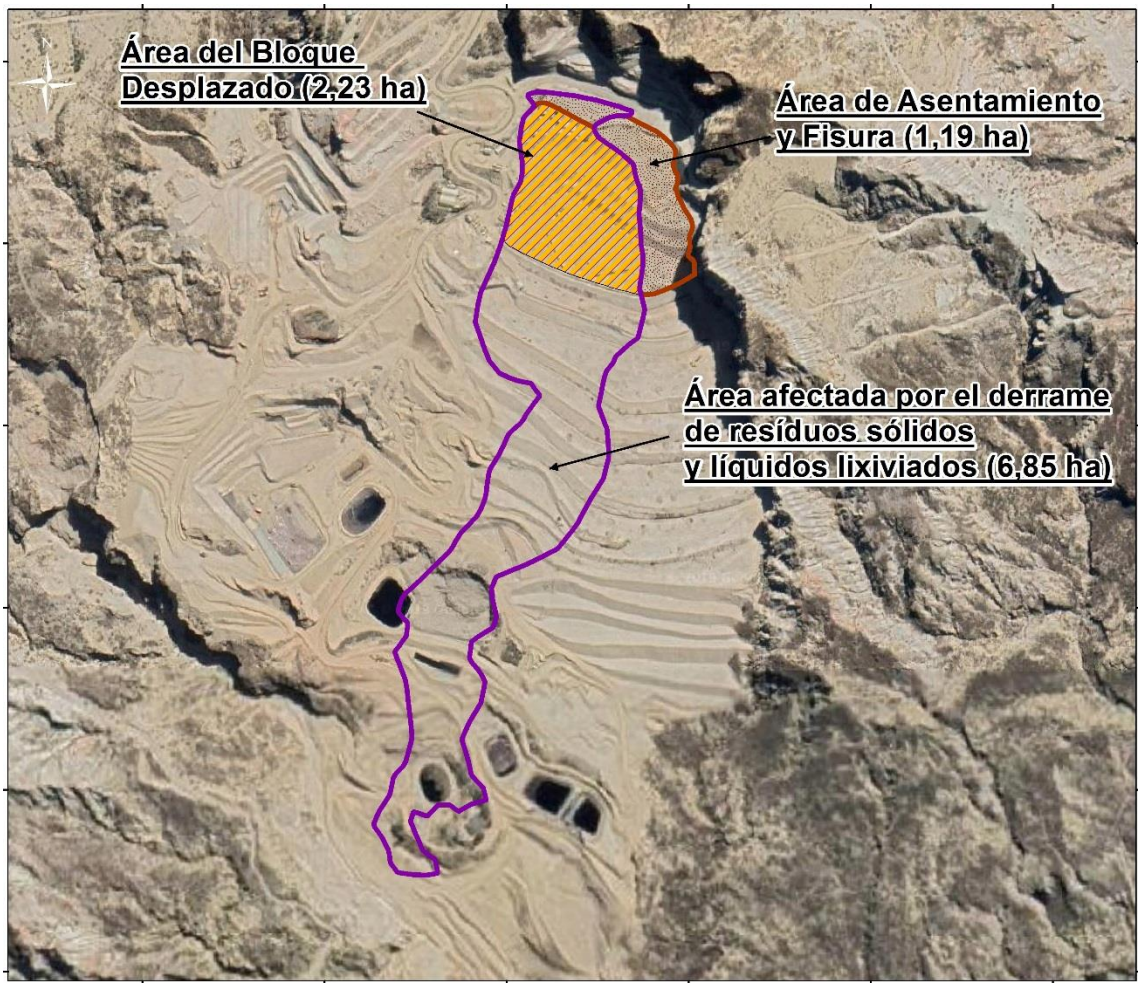


Ilustración 6-6 Área afectada por el colapso
Fuente: Elaboración propia

6.10.2.1 Cálculo del volumen de residuos desplazado

Para el efecto se realizó la descarga de la imagen satelital correspondiente al mes de diciembre de 2018, mediante la herramienta informática SAS PLANET, con el cual se puede elegir el nivel de resolución y la fuente de la imagen deseada. Con base en esta imagen se aplicó el programa informático IMMSTRAM para generar las curvas de nivel topográfico del relleno sanitario a un mes anterior al evento.

Con las curvas de nivel de la topografía del mes de diciembre de 2018 y las obtenidas con el vuelo no tripulado en septiembre de 2019, es posible sobreponer ambas con el programa informático CIVIL3D, versión 2020 y calcular la diferencia de volumen, el cual representa al volumen de residuos derramados.

El resultado es:

VOLUMEN DE RESIDUOS DERRAMADOS = 152.815,43 m³

6.10.3 Trabajos de control y contención en plazo inmediato y en corto plazo

Extractado del PLAN DE CONTINGENCIAS de la empresa TERSA:

Cuadro 6-3 TERSA – Plan de Contingencias

1.1. Actividades Inmediatas

a) Habilitación de vías de acceso
b) Construcción de 3 diques para la contención de los residuos y lixiviados desplazados hacia la quebrada Alpacoma
c) Elaboración de queques en los diques 1 y 3
d) Adecuación y control de los residuos que se encuentran en la quebrada Alpacoma
e) Desvió de la quebrada Alpacoma
f) Evacuación de lixiviados del estanque 6 al estanque 5 empleado bombas y cisternas
g) Habilitación de bancos de tierra
h) Habilitación de la Celda 11 Fase III

a) Habilitación de vías de acceso

Se realizará de manera progresiva y paralela a la reconformación de la masa de residuos deslizados, precautelando y garantizando en todo momento la estabilidad de la masa deslizada, en este sentido se tiene previsto en primera instancia la habilitación de dos vías de acceso

- Hacia la Planta de Tratamiento
- Hacia la Dorsal Sur

Actualmente las cunetas laterales son de material terreo.

b) Construcción de 3 diques para la contención de los residuos y lixiviados

En horas de la noche del mismo día del suceso se ha movilizado equipo pesado para la construcción de 3 diques de contención los cuales a la fecha se encuentran concluidos y cuyo objeto es contener los residuos sólidos y lixiviados desplazados hacia quebrada Alpacoma.

La ubicación de los diques se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas de la Posición de los Diques

Detalle	Coordenadas UTM		Descripción de la ubicación en la quebrada Alpacoma
	Este	Norte	
1	593125	8168696	Altura planta de tratamiento de lixiviados
2	593721	8168473	Aproximadamente a 675 m del primer dique
3	594951	8168607	Antes de la confluencia con el rio Achocalla

Los tres diques fueron construidos con material terreo con el uso de equipo pesado, sin embargo, los mismos son temporales mientras se realizan las actividades de recolección y traslado de los residuos y lixiviados del lecho de la quebrada.

Dique 1: ubicación al perímetro sur del deslizamiento

La construcción del dique 1 ha sido inmediata luego de ocurrido el suceso, por lo que se habría evitado el flujo de residuos y lixiviados aguas abajo del punto de deslizamiento.

Este dique está ubicado en el lecho de la quebrada a la altura de planta de tratamiento, este es un dique terreo de aproximadamente 40 m de ancho con una altura de 4 m en dos cuerpos. El dique está completando con un dique lateral y posterior al que separa el canal de encause construido para llevar las aguas de la quebrada Alpacoma.

Por la premura de tiempo no ha logrado instalar capa impermeable de geomembrana en este dique, pero considerando que es un dique temporal y que la evacuación de residuos durara como máximo 10 semanas no se requiere la impermeabilización del mismo.

Actualmente los residuos depositados en la quebrada están cubiertos con material terreo, una vez habilitado un nuevo sitio para la disposición final de los mismos se procederá con el traslado, mientras estos se encuentren dentro de la quebrada se implementarán sistemas de control de lixiviados y monitoreo permanente de dicha masa.

Dique 2 y 3

Los diques 2 y 3 también están construidos de material terreo ya que son temporales y fueron construidos por razones de seguridad para evitar una posible fuga de lixiviados.

c) Elaboración de queques en los diques 1 y 3

Se realizaron mezclas con tierra denominados comúnmente queques en una relación de 1 a 4 (por cada cubo de lixiviado se empleará 4 cubos de tierra). Los queques serán conformados empleando maquinaria pesada y suelo característica arcillosa del mismo sector estos serán dispuestos en el Banco de Queques.

La elaboración de los queques se realizará en 2 frentes de trabajo los diques 1 y 3:

1. Frente 1. Dique 1 altura de PTL en la quebrada Alpacoma
2. Frente 2. Dique 3 Altura confluencia de la quebrada Alpacoma y el rio Achocalla

d) Adecuación y control de los residuos que se encuentran en la quebrada Alpacoma

Los residuos deslizados que se encontraban en el lecho de la quebrada Alpacoma fueron confinados en el mismo lecho para evitar la fuga de lixiviados y emisiones de gases y olores, a la fecha este sistema d confinamiento está concluido.

e) Reencauce de la quebrada Alpacoma

Aguas arriba del punto de deslizamiento empleando equipo pesado, se realizó el desvío de la quebrada Alpacoma para facilitar el flujo de las aguas pluviales y evitar que estas tengan contacto con los residuos y lixiviados.

Adicionalmente en el lecho de la quebrada se han instalado chapas ARMCO para encausar la quebrada y permitir el acceso de vehículos.

f) Evacuación de lixiviados del estanque 6 al estanque 5

Se realizó un seguimiento al volumen de lixiviado acumulado en el estanque N°6 por un periodo de 7 días, este no ha variado su nivel por lo que suponen no ha sufrido daños en el sistema de impermeabilización.

No se realizó una evacuación total del volumen almacenado en el estanque N° 6 solamente a una altura de 0.5 a 1 m para prevenir un posible desborde.

g) Habilitación de la celda 11 Fase III

Por recomendaciones se realizó cambios a la Celda 11 Fase III como: Sistema de drenaje de lixiviadas, sistema de drenaje de biogás, base de la celda y en la estabilidad de talud Este - externo.

La Celda 11 inicio operaciones a partir del 30 de enero, con la recepción de residuos sólidos generados en la Ciudad de La Paz por un periodo de 29 días, al término de los cuales se tendrá que habilitar otra celda.

1.2. Actividades a corto plazo

a) Construcción del estanque de almacenamiento de lixiviada altura curva 14 de ingreso a la PTL.
b) Estabilización de la masa de residuos deslizados
c) Instalación de sistema de drenaje de lixiviados en la masa de residuos estabilizada
d) Instalación de captadores de biogás en la masa de residuos estabilizada
e) Rehabilitación de drenajes de agua pluvial
f) Mitigación de gases y olores
g) Rehabilitación de sistemas de drenaje hacia el estanque 5

a) Construcción del estanque de almacenamiento de lixiviados

Se ha concluido con la construcción del estanque de almacenamiento de lixiviados N° 7 a la altura de la curva 14. Este estanque tiene como finalidad el almacenamiento de los líquidos lixiviados provenientes de la macrocelda 1, 2, 3 y del área deslizada.

b) Estabilización de la masa de residuos deslizados

Se realizará mediante el conformado de banquinas con un ancho mínimo de 5 m y taludes en una relación de pendientes de 1V a 2H, de manera progresiva a medida que se avanza con la conformación de terrazas.

c) Instalación de sistema de drenaje de lixiviados

Luego de concluir con el proceso de estabilización de la masa deslizada, se construirán sistemas de drenaje de lixiviados tipo francés en el pie de taludes de las áreas estabilizadas.

d) Instalación de captadores de biogás

En cumplimiento a lo especificado en el manual de Operaciones y nuestra Propuesta Técnica, para la quema controlada de biogás en masa de residuos estabilizada, se construirán chimeneas verticales.

e) Rehabilitación de drenajes de agua pluvial

El relleno Sanitario de Alpacoma cuenta con cunetas de hormigón y cunetas revestidas con geomembrana para facilitar el drenaje de aguas pluviales provenientes de las diferentes áreas, muchas de estas cunetas fueron dañadas luego del suceso del 15 de enero y otras necesitan mantenimiento, además de construcción de nuevas cunetas.

2. Frentes de trabajo [18]

Se ha realizado la distribución de las actividades a desarrollar en 4 frentes de trabajo, con el objeto de facilitar y acelerar la ejecución del Plan de Contingencias.

Tabla 2. Frentes de trabajo

Frente	Descripción
Frente 1	Lecho de la quebrada Alpacoma
Frente 2	Planta de Tratamiento
Frente 3	Muro 3 – 6 hasta la curva 9
Frente 4	Coronamiento del deslizamiento en la Macrocelda 4 de emergencia

Fuente: Plan de Contingencia Específicio Deslizamiento Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, 2019.

6.11 Descripción del Área

6.11.1 Medio Físico Abiótico

Después de la identificación del área y trabajo en gabinete, cada especialista tuvo la oportunidad de realizar las actividades en el sitio a auditar, tal cual lo establece el alcance de la Fase 2 de AA.

Para el ingreso tanto al Área de Influencia Directa (AID) como Indirecta (AII) del RSNJ se realizó una planificación previa por cada especialista considerando la Actividad a ser ejecutada, con el Objetivo a cumplir para obtener un Resultado esperado. Este alcance se plasmó en un Formulario de Campo que se encuentra en extenso en la Actividad 3.

Los trabajos de cada una de las evaluaciones fueron descritas líneas arriba. Paralelamente, a esta actividad propia de la Fase 2, se contrató empresas y consultores especialistas para que puedan brindar sus servicios en la evaluación de diferentes requerimientos técnicos, como la geofísica, geotecnia, perforación de pozo profundo para evaluar la pluma contaminante, topografía y laboratorios para medir con la emisión de resultados los factores ambientales a evaluar, como la calidad del aire (partículas menores a 10 micrones, biológicas viables, biogás y olores), aguas superficiales, subterráneas, suelos y subsuelos.

Los resultados logrados por las empresas de geofísica, geotecnia y perforación de pozos profundos, se encuentran incorporados en descripciones de los especialistas específicos como se describe más adelante.

[18] Plan de Contingencia Especifico Deslizamiento Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma-Actualizado 31 de enero del 2019

6.11.1.1 Clima

6.11.1.1.1 Red Meteorológica disponible

En la zona de estudio se cuenta con una estación de registro meteorológico, los datos son escasos no continuos que solamente y llegan a un año de registro completo, sin embargo, se ha recurrido a herramientas informáticas para realizar una interpolación multiparamétricas y obtener la representación climática requerida para su análisis y obtención de resultados.

Tabla 6-2 Estaciones Meteorológicas Disponibles

Nº	Nombre	Longitud ˚	Latitud ˚	Altura	Zona	Distancia	Dirección ˚	Sentido
1	La Paz, Centro	-68.13	-16.53	3632.00	19	6.70	347	N
2	La Paz - El Alto	-68.18	-16.51	4071.00		8.00	316	NW
3	El Alto (Aeropuerto)	-68,22	-16.52	4071.00		10.60	329	NW
4	Viacha	-68.28	-16.63	3850.00		18.10	245	SW
5	Kolletaka	-68.33	-16.51	3900.00		22.50	285	W
6	Comanche	-68.50	-17.00	4055.00		63,10	219	SW
7	Chulumani	-67.50	-16.36	1580.00		70.40	72	E
8	Irupana	-67.45	-16.40	1847.00		74.30	76	E
9	Patacamaya	-67.91	-17.20	3789.00		74.80	162	S
10	Guaqui	-68.85	-16.60	3812.00		77.20	268	W
11	**Alpacoma (N. Jardin)**	**-68.13**	**-16.65**	**3368.00**		**0.00**	**180**	**S**

Fuente: SENAMHI 2020

En la En la zona de estudio se cuenta con una estación de registro meteorológico, los datos son escasos no continuos que solamente y llegan a un año de registro completo, sin embargo, se ha recurrido a herramientas informáticas para realizar una interpolación multiparamétricas y obtener la representación climática requerida para su análisis y obtención de resultados.

Tabla 6-2 se pude observar la ubicación de las estaciones meteorológicas, exitiendo otras, que al momento no estaban disponible su información, en el cuadro también muestra su elevación con respecto al nivel del mar, la distancia en línea recta y plana de la zona de estudio, la dirección, su sentido y finalmente el nombre de la estación de análisis.

La Elección estación meteorológica engloba un conjunto de parámetros y caracteristicas, por lo que se recurre generalmente a la interpolación de datos espaciales dispersos que es un problema muy general con muchas soluciones específicas. Todos tienen en común que permiten la provisión de un valor interpolado de una variable para cualquier ubicación dentro de la región de interés.

Un problema que surge con la interpolación espacial es que los resultados pueden ser extrapolaciones en lugar de interpolaciones. Esto sucede si el grupo de estaciones utilizadas para la interpolación están todas en un lado del punto de análisis. Este es definitivamente el caso en los márgenes del área

seleccionada si no se toman en cuenta las estaciones fuera del área, lo que puede alterar enormemente los resultados.

Con la ayuda de la herramienta informática LocClim permite tener en cuenta estaciones de fuera de la región de interés seleccionando primero una región grande y reduciéndola a través del elemento del menú de cuadrícula con colores que ayudan al consultor a establecer la estación mas representativa, como se puede observar en el siguiente grafico.

El LocClim brinda la oportunidad de interpolar en una cuadrícula de latitud y longitud, teniendo en cuenta que no se trata de una cuadrícula en un plano sino en una esfera. La distancia entre los puntos de la cuadrícula depende de la ubicación y la dirección. Para los usuarios, las distancias de conveniencia se toman en kilómetros, pero las ubicaciones se toman como latitud y longitud. Todos los métodos proporcionados por el LocClim consideran la tierra como una esfera. Esto es de particular importancia para los métodos de interpolación que tienen en cuenta las distancias.

Por lo general, parte de la variabilidad espacial es determinista, mientras que parte es estocástica. Ambas partes pueden contribuir a la variabilidad espacial en una amplia gama de escalas de longitud. El LocClim permite la separación de la parte de variabilidad que puede explicarse por la altitud local y los gradientes horizontales.

Por lo descrito anteriormente se ha establecido la estación de El Alto como estación que tiene el porcentaje de mayor similitud climatica al punto de interés.

Un dato importante, es definir que la estación es la más próxima y representativa, para ello se muestra en el Cuadro 6-2, observamos a la estación denominada “El Alto - Aeropuerto”, ubicada en las proximidades del Aeropuerto tiene un periodo mayor a 10 años, presenta características climáticas casi similares a la región de análisis, que el programa da un 87.35 % de confiabilidad, siendo la asumida así como se muestra en el gráfico de elevación versus precipitación media mensual (Ilustración 6-7) del mes más lluvioso.

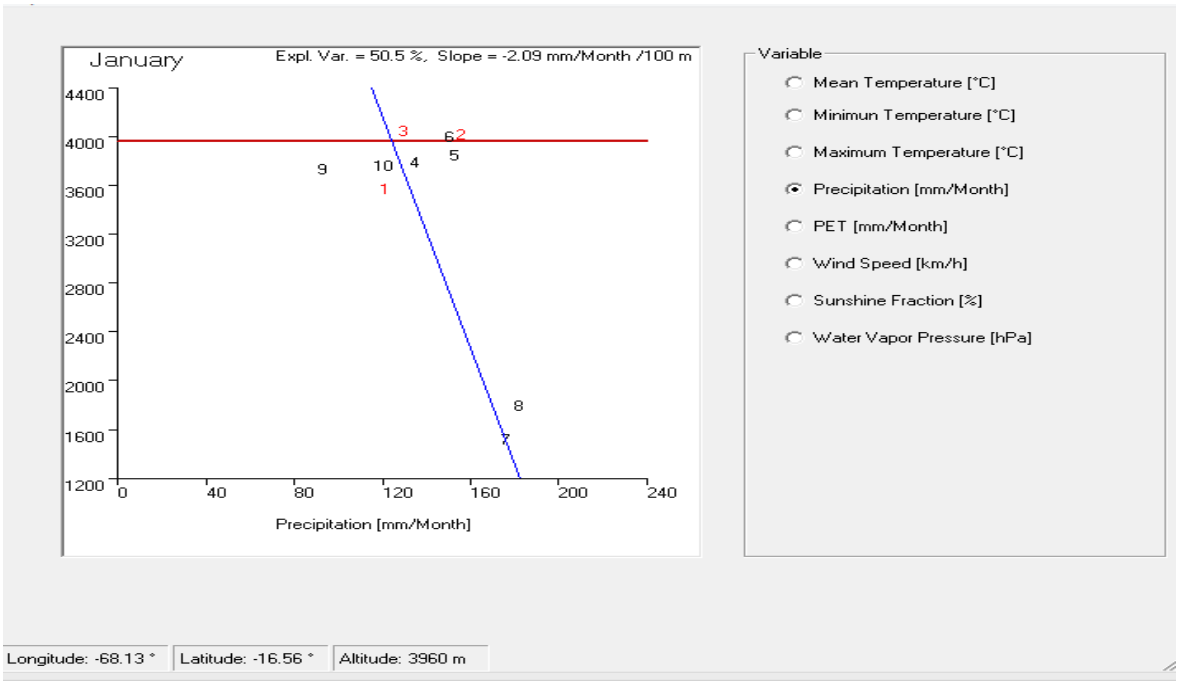
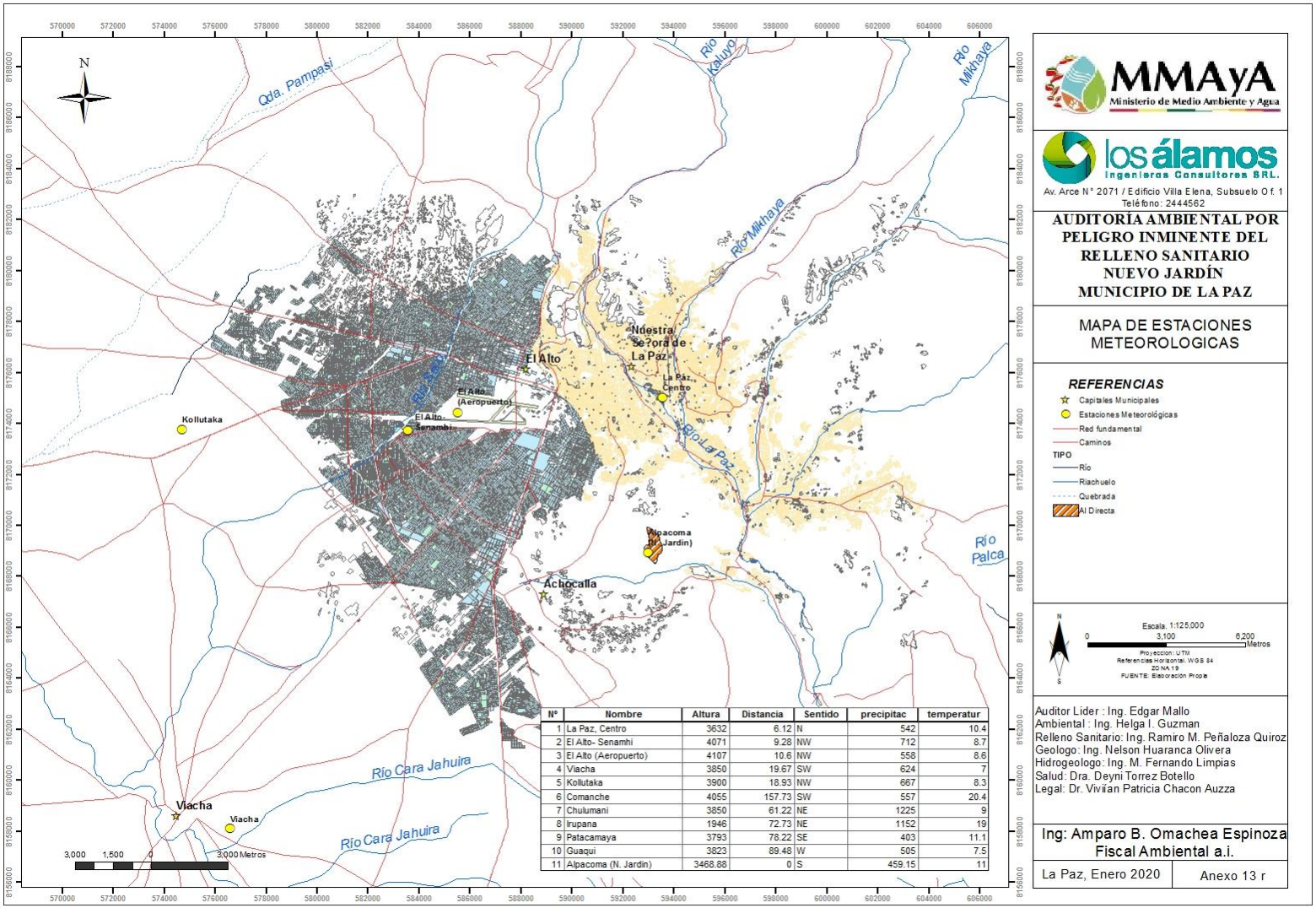


Ilustración 6-7 Precipitación Mensual vs Altura
Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI



N°	Nombre	Altura	Distancia	Sentido	precipitac	temperatur
1	La Paz, Centro	3632	6.12	N	542	10.4
2	El Alto- Senamhi	4071	9.28	NW	712	8.7
3	El Alto (Aeropuerto)	4107	10.6	NW	558	8.6
4	Viacha	3850	19.67	SW	624	7
5	Kollutaka	3900	18.93	NW	667	8.3
6	Comanche	4055	157.73	SW	557	20.4
7	Chulumani	3850	61.22	NE	1225	9
8	Irupana	1946	72.73	NE	1152	19
9	Patacamaya	3793	78.22	SE	403	11.1
10	Guaqui	3823	89.48	W	505	7.5
11	Alpacoma (N. Jardin)	3468.88	0	S	459.15	11

Ubicación de las Estaciones Meteorológicas
Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI

Si a la distribución histórica de precipitaciones, le aplicamos una probabilidad de excedencia, y los ordenamos de mayor a menor y obtendremos la siguiente ilustración:

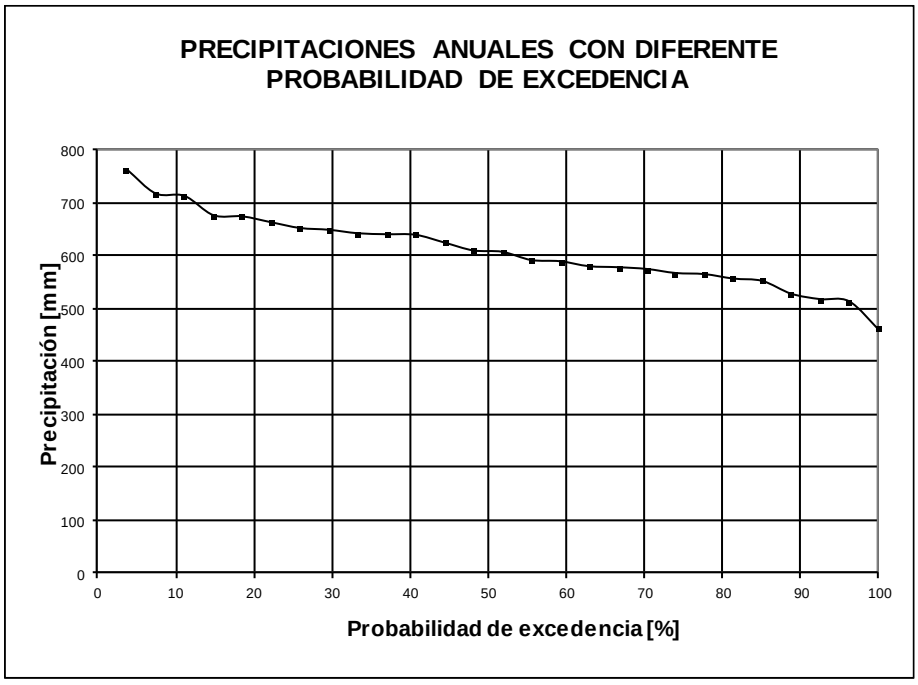


Ilustración 6-8 Precipitación confiable
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de precipitación anual, SENAMHI

Tabla 6-3 Precipitación Confiable

Probalilidad	Pc [mm]
75 %	569.65

Fuente: Elaboración propia

Precipitación confiable con 75% de probabilidad de excedencia, que es considerada para un año normal.

6.11.1.1.2 Caracterización Climática de la Zona en Estudio

En base a la información meteorológica de las estaciones consideradas se realizó un análisis de los principales parámetros climatológicos en la zona de estudio, complementando los parámetros faltantes como los datos climatológicos, incluida la nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar vienen de MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA.

En La Paz, los veranos son cortos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, muy frío, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 15 °C y rara vez baja a menos de -5 °C o sube a más de 18 °C.

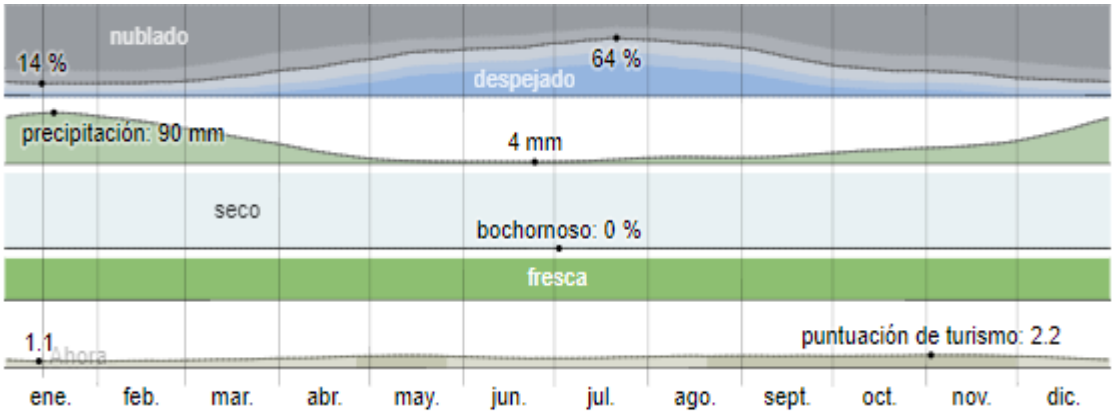


Ilustración 6-9 Resumen del Clima
Fuente: es.weatherspark.com

Todos los datos relacionados con la posición del sol (salida del sol y puesta del sol) se calculan usando fórmulas astronómicas del libro *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets, de Jean Meeus*.

Todos los datos climatológicos, incluida la nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar vienen de MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA. Estas reanálisis combinan una variedad de medidas de área amplia en un moderno modelo meteorológico mundial para reconstruir la historia del clima, hora por hora, de todo el mundo en una cuadrícula con bloques de 50 km.

Los datos del uso de la tierra vienen de la base de datos de la superficie terrestre Global Land Cover SHARE database, publicada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

Los datos de las elevaciones vienen de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), publicado por el laboratorio Jet Propulsion Laboratory de NASA.

Los nombres, las ubicaciones y los husos horarios de los lugares y de algunos aeropuertos provienen de la base de datos GeoNames Geographical Database.

Los husos horarios para los aeropuertos y las estaciones de radio son proporcionados por AskGeo.com.

Los mapas tienen © de Esri, con datos de National Geographic, Esri, DeLorme, AVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA y iPC.

6.11.1.1.3 Temperatura

La temporada templada dura del 10 de octubre al 12 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 15 °C. El día más caluroso del año es el 14 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 15 °C y una temperatura mínima promedio de 4 °C.

La temporada fría dura aproximadamente mes y medio, del 9 de junio al 24 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menor a 14 °C. El día más frío del año es el 21 de julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima promedio de 14 °C.

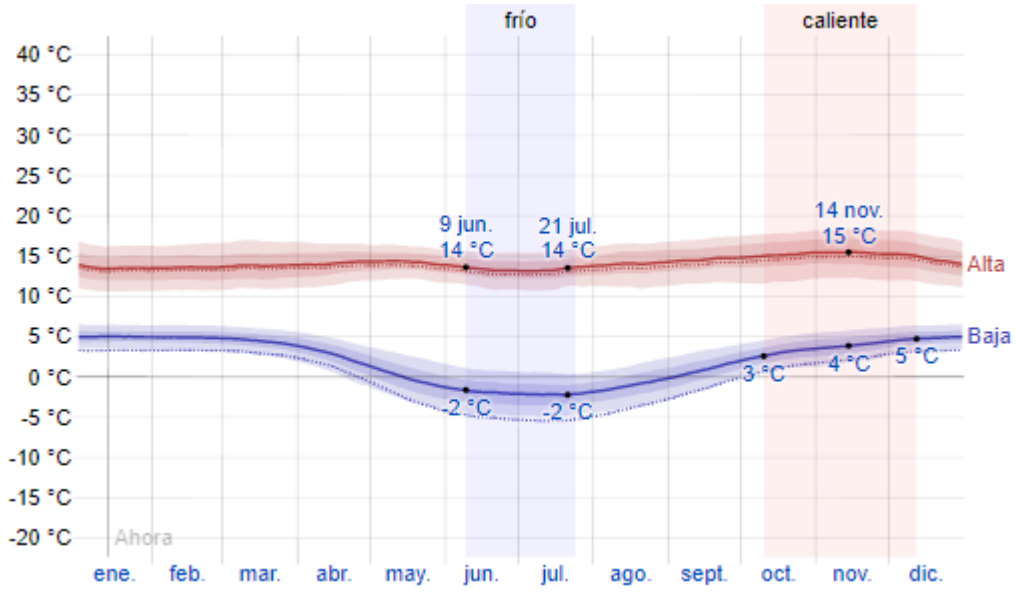


Ilustración 6-10 Temperatura Máxima y Mínima Promedio
Fuente: es.weatherspark.com

La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes (Ilustración 6-10)

La Ilustración 6-11 muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

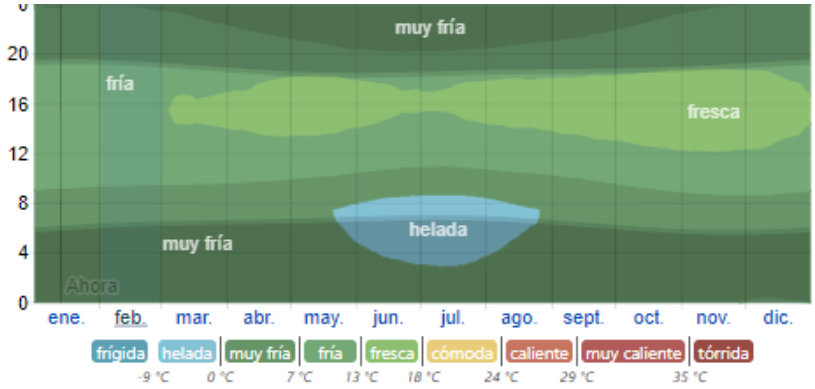


Ilustración 6-11 Temperatura Promedio por hora
Fuente: Elaboración propia en base a es.weatherspark.com

Algunos estudios (BHV Consultores - ITC Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación), sugieren para las diferentes regiones andinas de nuestro país, la existencia a nivel de valores medios anuales, de un gradiente térmico regional variable. En (Roche M. A. Senamhi, Orstom) se menciona un gradiente promedio para la Cordillera de los Andes de alrededor de -0.8 °C por cada 100 m de incremento en altitud sobre el nivel del mar.

A los datos mostrados en la Ilustración 6-11, se ha ajustado una ecuación de tendencia que responde a la siguiente expresión:

$$T = -0.0034\ H + 24.132$$

Donde T es la temperatura promedio anual (°C) y H es la elevación (local) en m.s.n.m. El coeficiente de correlación R2 = 0.94 se puede considerar como bueno.

En consideración a lo expresado arriba, la ecuación será utilizada para estimar la temperatura promedio anual para las cuencas del área de estudio. Para el área de interés y todos los sitios ubicados a alturas iguales o muy cercanas a la altura de la estación de análisis, la misma se utilizará los datos de esta estación como representativos. Esta ecuación se empleará en los datos necesarios para la obtención de la Humedad relativa.

6.11.1.1.4 Nubes

En La Paz, y en Alpacoma el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en Alpacoma comienza aproximadamente en abril; dura alrededor de 5 meses y se termina aproximadamente en septiembre. En julio, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 64 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 36 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente en septiembre; alrededor de los 7 meses y se termina aproximadamente en abril. El cielo está nublado o mayormente nublado el 86 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 14 % del tiempo (Ilustración 6-12)

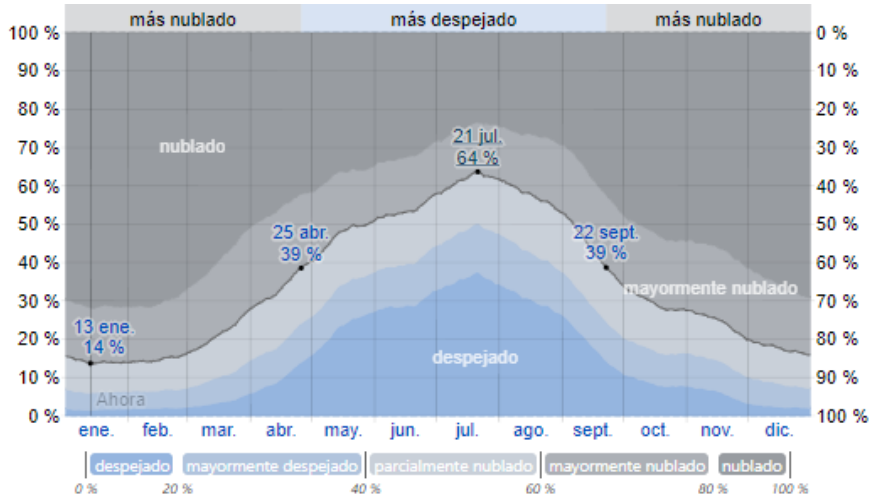


Ilustración 6-12 Nubosidad
Fuente: es.weatherspark.com

6.11.1.1.5 Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Alpacoma varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura tres meses y medio, en diciembre a marzo, con una probabilidad de más del 26 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 50 % en enero.

La temporada más seca dura aproximadamente 9 meses, de marzo a diciembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 2 % en julio.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 50 % en enero (Ilustración 6-13)

Ilustración 6-13 Probabilidad Diaria de Precipitación
Fuente: es.weatherspark.com

6.11.1.1.6 Variación de la precipitación pluvial promedio

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Alpacoma tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura de 7 a 8 meses, en septiembre a abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 17.1 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor de enero, con una acumulación total promedio de 75 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura alrededor de 5 meses, entre abril a septiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es en junio, con una acumulación total promedio de 10 milímetros.

Tabla 6-4 Distribución Mensual de la Precipitación

Mes	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Incidencia mensu	2.0	3.9	7.9	8.3	16.7	22.0	16.4	13.4	5.6	1.7	1.0	1.2
Pc [mm]	9.0	17.7	36.2	38.1	76.9	101.1	75.2	61.6	25.7	7.8	4.5	5.4

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de precipitación anual, SENAMHI.

En la Tabla 6-4 se observa la distribución de precipitación mensual, con su incidencia.

6.11.1.1.7 Sol

La duración del día en Alpacoma varía durante el año. En 2019, el día más corto es en junio, con 11 horas y 9 minutos de luz natural; el día más largo es en diciembre, con 13 horas y 7 minutos de luz natural, pronosticada.

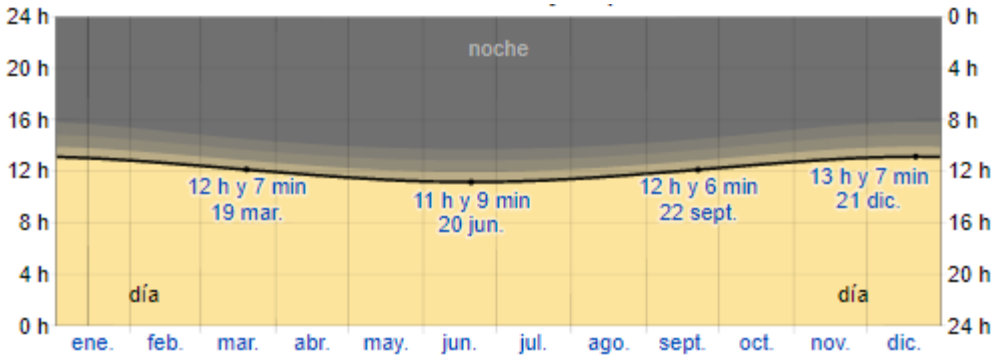


Ilustración 6-14 Horas de luz natural
Fuente: es.weatherspark.com

La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total (Ilustración 6-14)

6.11.1.1.8 Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en La Paz y Alpacoma, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 % (Ilustración 6-15)

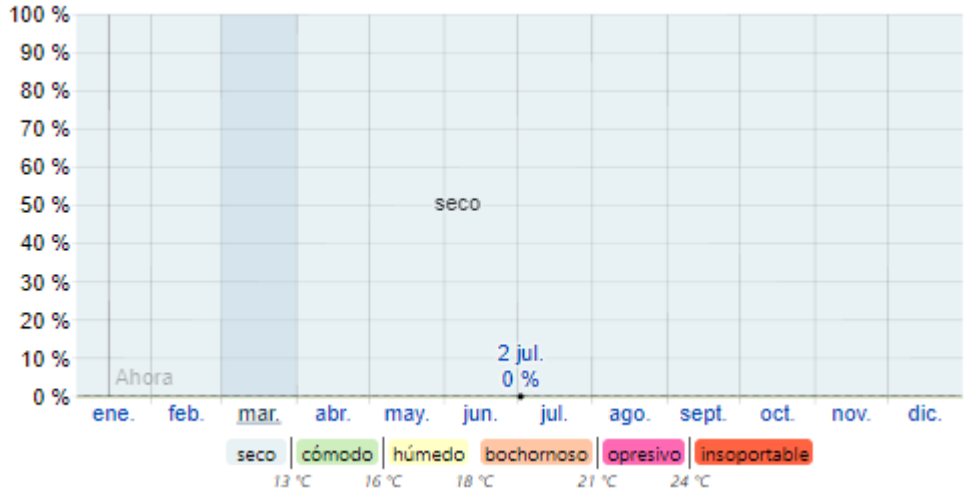


Ilustración 6-15 Niveles de Humedad
Fuente: es.weatherspark.com

El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío.

6.11.1.1.9 Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local,

presencia de árboles y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Alpacoma tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura site meses y medio, desde agosto a abril, con velocidades promedio del viento de más de 11,3 kilómetros por hora. El día más ventoso del año en diciembre, con una velocidad promedio del viento de 13,0 kilómetros por hora (Ilustración 6-16)

El tiempo más calmado del año dura cuatro meses y medio, desde abril a agosto. El día más calmado del año está en mayo, con una velocidad promedio del viento de 9,6 kilómetros por hora.

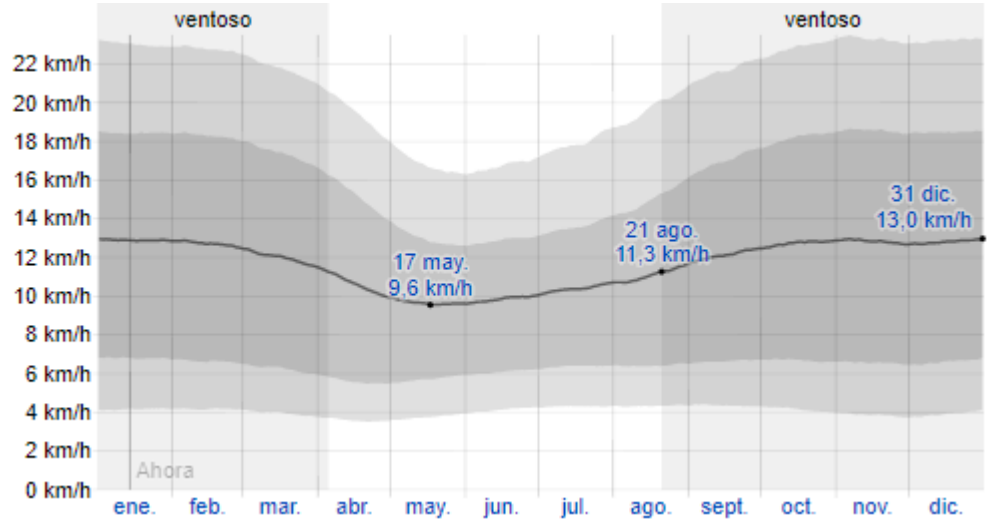


Ilustración 6-16Velocidad Promedio del Viento
Fuente: es.weatherspark.com

El viento con más frecuencia viene del este alrededor de 10 dias del mes de enero y durante 2 semanas del mes de marzo, con un porcentaje máximo del 46 % en marzo. El viento con más frecuencia viene del norte alrededor de 2 meses, desde enero a marzo y durante 10 meses, desde marzo a enero, con un porcentaje máximo del 48 % en mes de febrero (Ilustración 6-17)

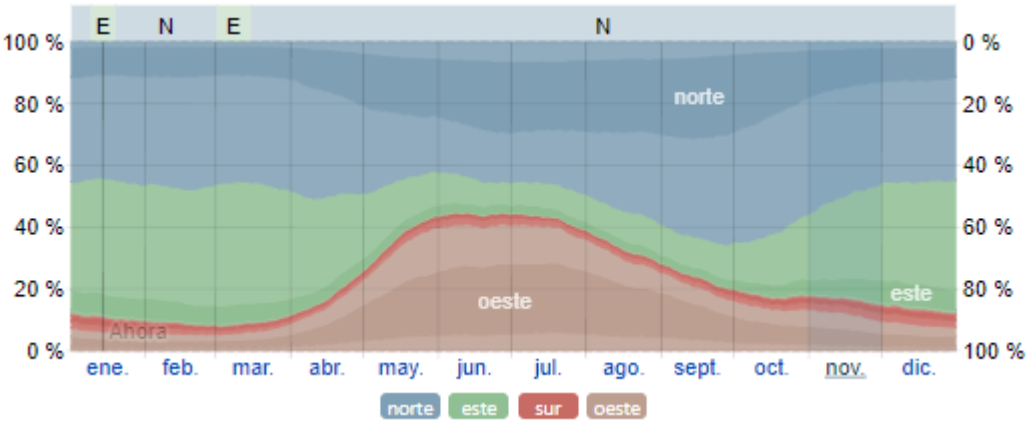


Ilustración 6-17 Dirección del Viento
Fuente: es.weatherspark.com

El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

6.11.1.2 Hidrología

El análisis hídrico de la cuenca se basó en el material disponible a través de los dos antecedentes más recientes en esta temática:

- Condiciones Hidrológicas de la cuenca de la Paz “Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, Plan de desarrollo Urbano de la Ciudad de la Paz”, noviembre de 1977.
- Zonificación Agroecológica Y Socioeconómica de la cuenca del Altiplano del departamento de La Paz, ZONISIG, La Paz, enero 1998.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Servicio Geológico Minero SERGEOMIN
- Sistema de planificación integral del estado Spie
- New_locClim (una abreviatura de "Clima local"), un programa de software y una base de datos, proporciona estimaciones de las condiciones climáticas promedio en lugares para los que no hay observaciones disponibles. El programa puede (a) crear mapas climáticos, (b) extraer datos en varios formatos de la base de datos para su posterior procesamiento y (c) mostrar gráficos que muestran el ciclo anual del clima mensual y el calendario de cultivos.

Con la utilización de la información básica contenida en los informes en la sección de los balances hídrico que se complementó según lo necesario bajo la siguiente metodología.

- Se compatibilizó la información en los casos donde existen discrepancias producto de trabajar con dos antecedentes ejecutados en forma independiente principalmente en el período de análisis. Debido a que para la región en estudio existen escasos registros hidrológicos e hidrométricos, se utilizaron métodos indirectos como ser modelos Empíricos P-Q.
- La información recopilada y analizada se procesó en el Sistema de Información Geográfica de la Arcgis a los efectos de disponer de una base de datos homogénea e integral. Este punto fue clave para poder integrar la información proveniente de fuentes de información tan diferentes como las utilizadas en ambos estudios de balance hídrico.
- Se reprocesaron los datos de temperatura y precipitación de la base de datos de New Local Clim para trabajar solamente con los registros correspondientes al período 1984-2018 y también se inclinaron al SIG.
- Para la elaboración de los mapas morfométricos y temáticos se empleó la herramienta geo espacial con la inclusión de la información básica generada por SENAMHI y otras fuentes descritas anteriormente.
- En la cuenca se calculó la evapotranspiración potencial por el método de Penman en la estación representativa, para nuestro caso se detallará en el seguidamente acápite.
- Se regeneraron de manera integrada las isotermas e isoyetas y las isolíneas de evapotranspiración potencial para toda la cuenca mediante los módulos de procesamiento espacial del ArcGis.

La información empleada para la aplicación de las metodologías mencionadas, fue en el primer caso, la precipitación y temperatura mensuales, la latitud de la zona en estudio, área de la cuenca y tipos de suelos; en el segundo caso, los parámetros morfométricos de la cuenca (área, longitud del curso más

largo, pendiente), Número de Curva (CN) característico, y ecuaciones de Intensidad-Duración-Frecuencia para la determinación de alturas de precipitación de diseño.

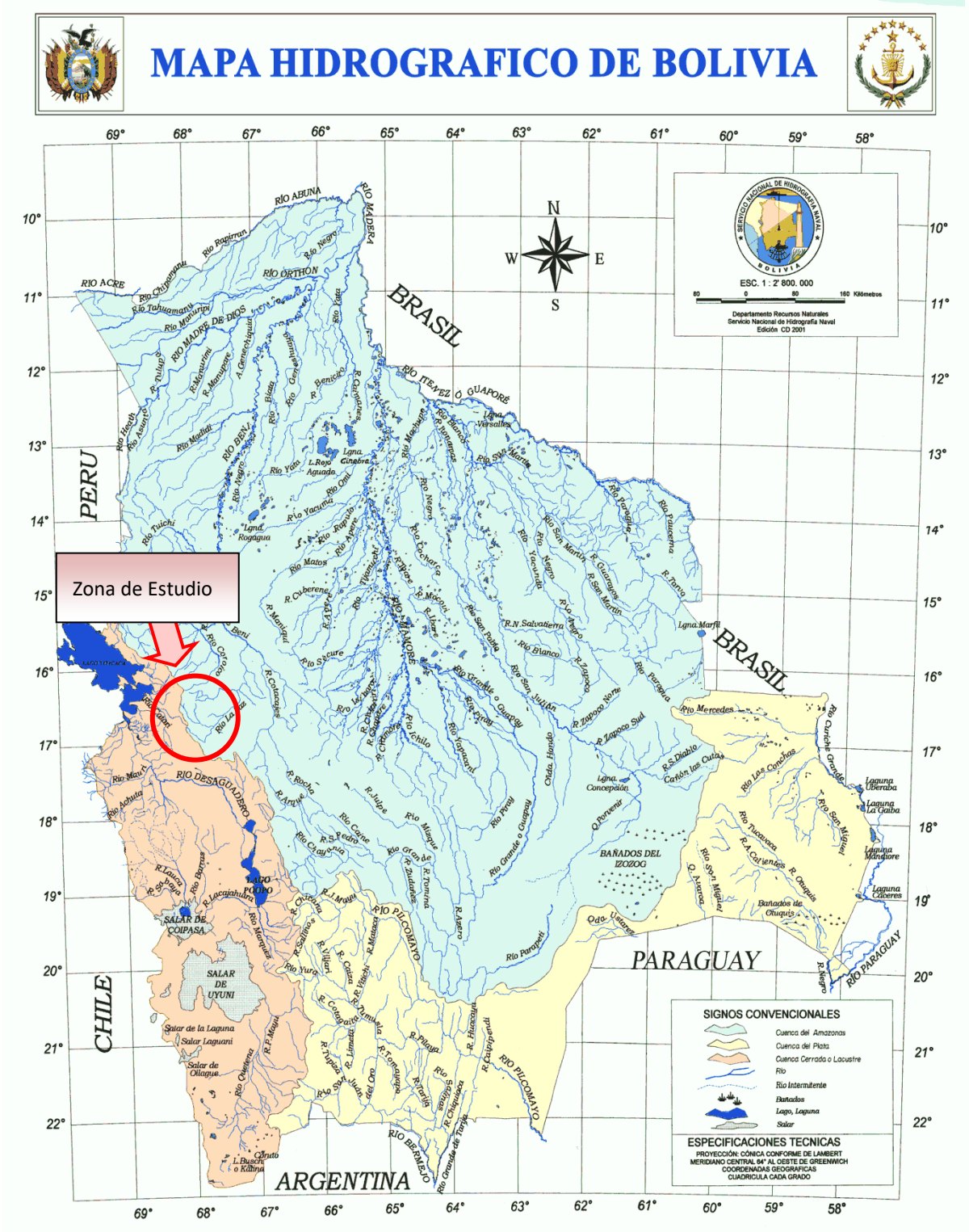


Ilustración 6-18 Zona de Estudio
Fuente: Atlas de Bolivia, Montes de Oca

La zona de estudio esta inscrita en la micro cuenca del Río Achocalla, sub cuenca del Rio La Paz, que pertenece a la macro cuenca, del río Amazonas, (Ilustración 6-18). Esta cuenca está limitada al Oeste por el Altiplano, al Norte y al Este por la Cordillera Real; mientras que, más al Nor-Este el Altiplano se une por medio de una pendiente suave a la cordillera, el mismo que termina bruscamente por encima de la cuenca del río La Paz, que se hundió en estos depósitos blandos captando los ríos provenientes de la Cordillera. La ceja del Altiplano alcanza aproximadamente 4000 m mientras que las cumbres de la cordillera se aproximan a los 5000 m.s.n.m. La cuenca del rio del Río de La Paz, presenta tres ríos principales, el río Choqueyapu, que está más al Oeste, el río Orkojahuira al centro y el río Irpavi al Este.

6.11.1.2.1 Descripción de la cuenca

La zona de estudio presenta una red de drenaje bastante densa conformada por numerosos riachuelos y quebradas secundarias que drenan aguas de origen pluvial solamente en tiempo de lluvias con caudales importantes, donde las aguas escurren rápidamente debido a la gradiente del terreno y producen una intensa erosión y socavación vertical buscando su nivel de base local, creando de esta manera canales profundos que se ensanchan sus valles por socavación del pie de sus taludes y deslizamientos frecuentes.

Los únicos cursos permanentes de agua constituyen el río Achocalla y el curso superficial de agua Alpacoma, este último que recibe un caudal de aguas residuales de El Alto.

Por otro lado cuenca de análisis pertenece a la microcuenca de Achocalla, subcuenca del rio de La Paz lo que se desplazan según su arreglo espacial, generalmente ajustados a control estructural, litológico y de morfología, ya sea en forma restringida o encajonada, o por valles un poco mas amplios cuando el gradiente es menor. La naciente de la quebrada Alpacoma se encuentra a elevaciones de 4113 m.s.n.m. en El Alto. La amplitud de relieve también disminuye claramente. El orden de drenaje según Strahler (1957), establece valores por debajo de 4, lo que permite establecer una densidad de drenaje más medio.

Desde un punto de vista Geologico la Formación La Paz presente casi en toda el area esta caracterizada por encontrarse afloramientos que se encuentran distribuidos en toda la ciudad del mismo nombre, además de ser considerado basamento de fundación en construcciones civiles, alcanzando un espesor de hasta 700 m.

Litológicamente consiste en capas discontinuas lenticulares de arena, grava, limo, arcillas, se presentan poco consolidadas, que reflejan paleocorrientes, se puede apreciar que en la base se encuentra material más grueso y en el tope material más fino granular.

Casi la totalidad del área estudiada se encuentra conformada por sedimentos de esta unidad cubriendo rocas Silúricas o de la Formación Luribay, estos materiales presentan características fácilmente identificables. Por una parte, constituyen la cumbre de las serranías desarrollando taludes verticales coronados con pilares y crestas inaccesibles; esta configuración obedece a la constitución litológica que presentas estos depósitos, generalmente intercalaciones de arcillas y gravas fuertemente estratificadas en bancos de espesor variable. Otra característica constituye la ausencia de erosión subterránea en estos afloramientos. Desde el punto de vista litológico esta formación se compone de una alternancia de niveles de arena de grano fino, arcilla y conglomerados; los bancos se encuentran consolidados, el color para las arenas y arcillas varía desde un gris blanquecino a un rojo ladrillo. El espesor de las capas de arena varía desde 1 a 3 metros y en las arcillas desde 30 centímetros hasta 2 metros.

En la cuenca de La Paz, está expuesta como una secuencia de gran potencia de sedimentos poco consolidados y ligeramente plegados que afloran como resultado de un proceso de erosión regresiva y comprende una serie de estratos sedimentarios de origen fluvio lacustre de edad pliocena, depositada

en forma discontinua y variable tanto en sentido vertical como horizontal (variación de facies), cuya base está constituida por un paquete de gravas y cuyo techo está limitada por un horizonte de cinerita denominada Chijini. En el área de estudio, afloran claramente sedimentos de la formación La Paz ligeramente plegados, con ángulos de buzamiento que varían de 3° a 15°, constituidos por estratos de arena de grano fino, limos arcillosos, arcillas y algunos lentes de gravas que presentan una alternancia en capas de diferente espesor que van de 1 m a 3 m en las capas arenosas y de 30 cm a 2m en las arcillas, las mismas que presentan una coloración que va desde gris blanquecino a marrón rojizo. Algunos bancos de arena muestran estratificación laminar fina y entrecruzamiento.

Se observan farallones o escarpes con alturas importantes de más de 30 metros en el curso superficial de agua Alpacoma y otros de mayor altura en aforamientos del área.

Los sedimentos cuaternarios cubren la mayor superficie de la zona y corresponden a material detrítico de composición variable y clasificada mayormente por su posición topográfica y génesis, o agentes geológicos que los produjeron, pues los mismos corresponden a materiales desintegrados y deslizados provenientes de las unidades preexistentes de la Formación La Paz, acumuladas por acción mecánica, escurrimiento de aguas superficiales y la gravedad.

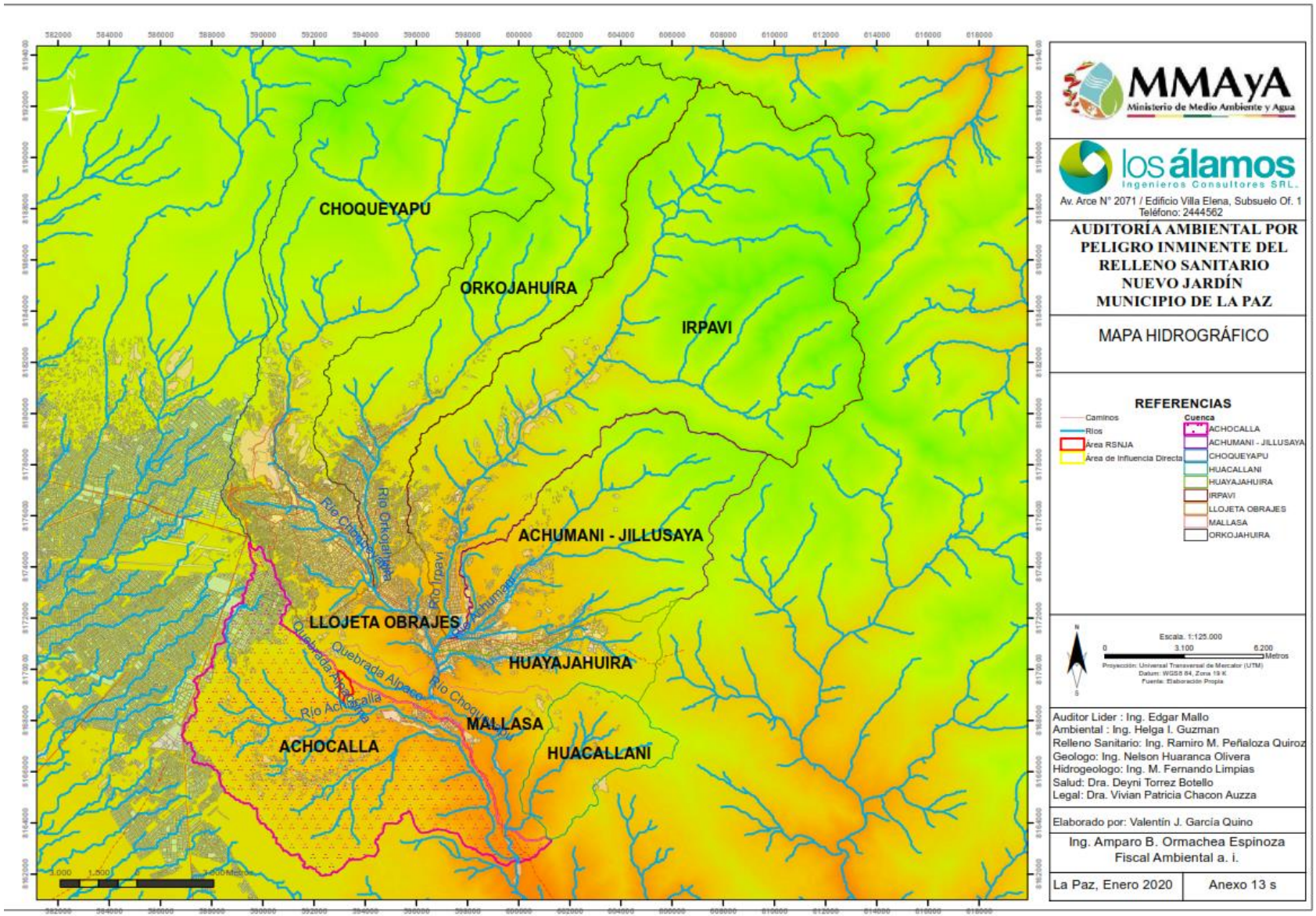


Ilustración 6-19 Mapa Hidrográfico
Fuente: Elaboración propia

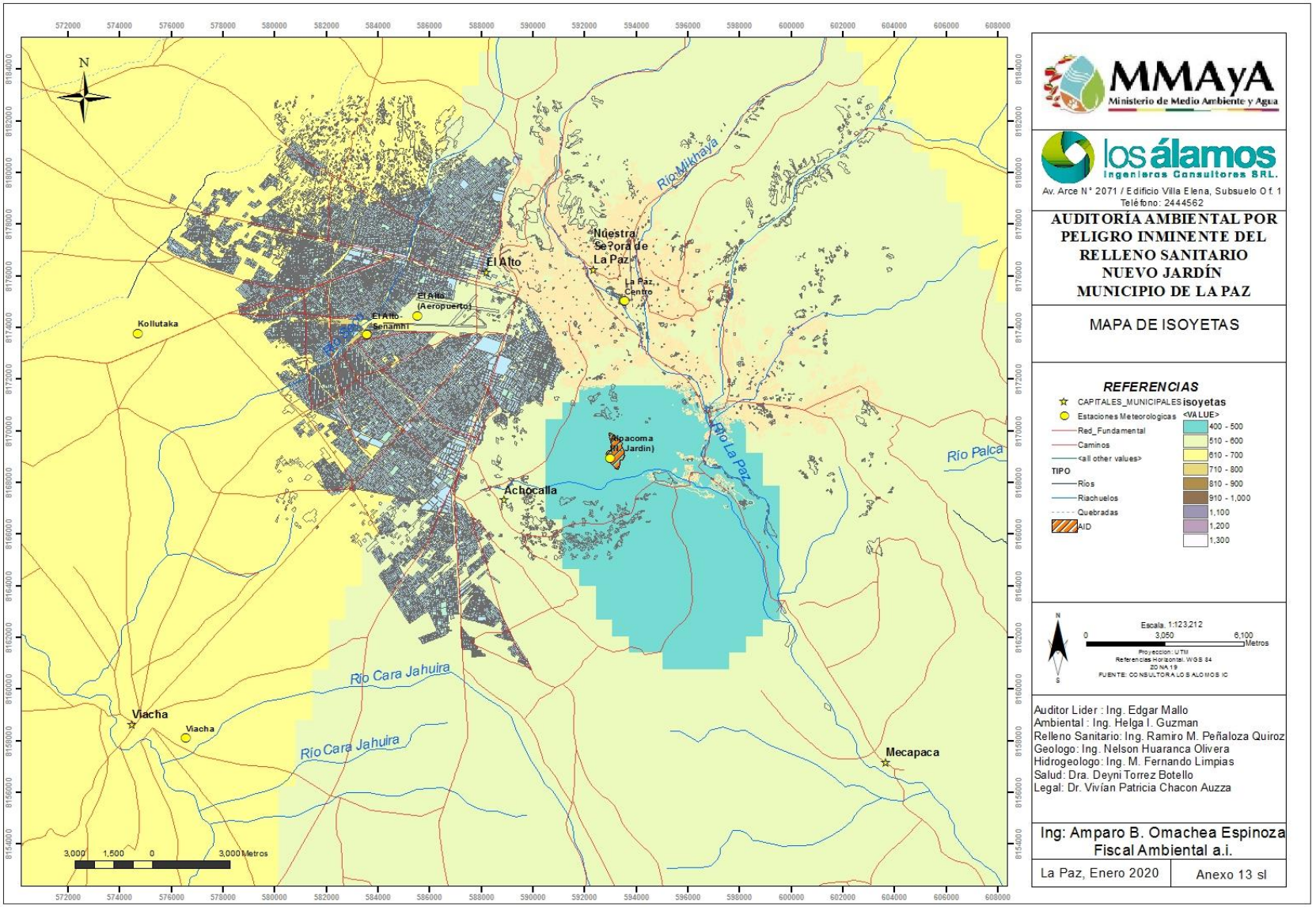


Ilustración 6-20 Mapa Isoyetas
Fuente: Elaboración propia

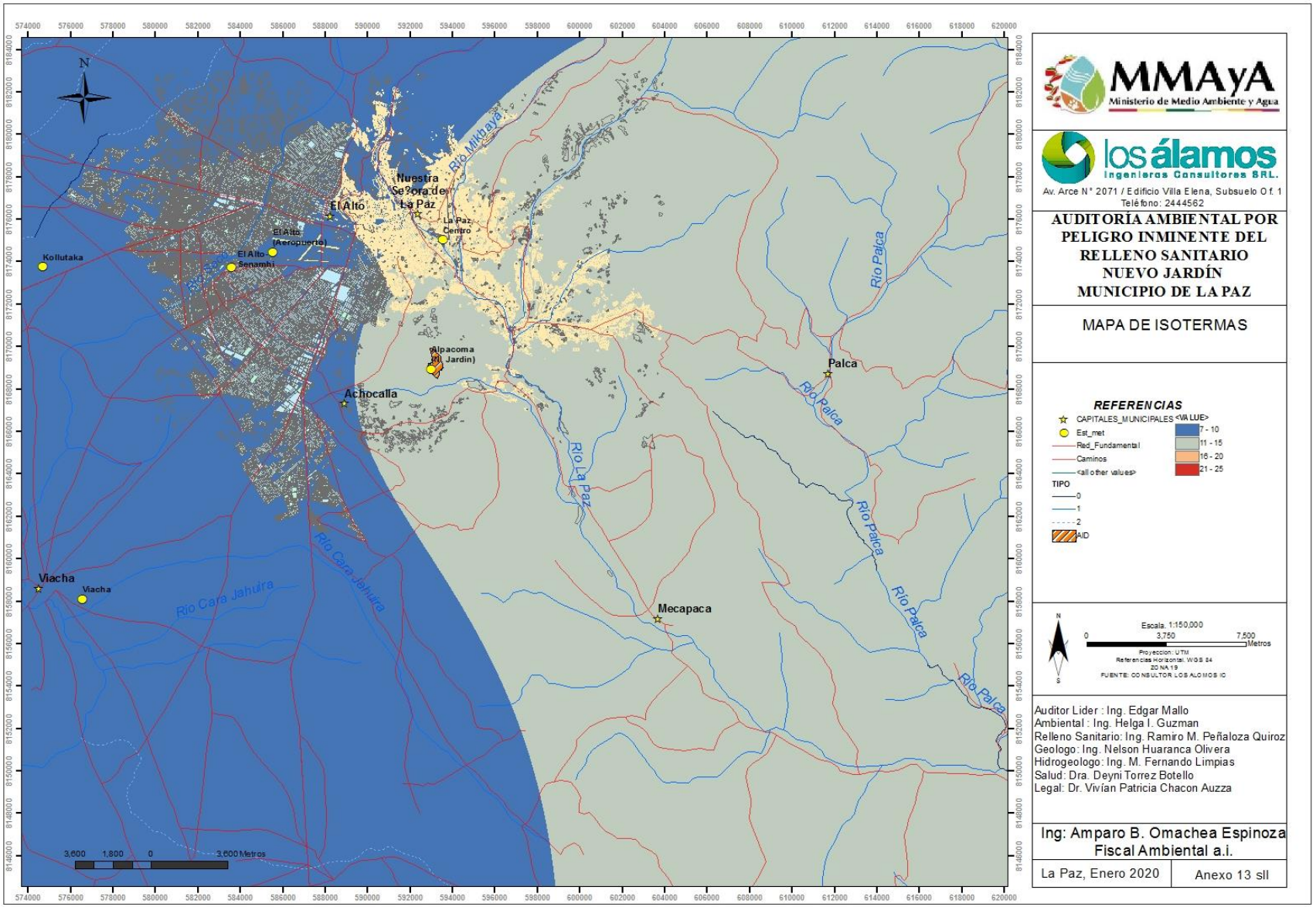


Ilustración 6-21 Mapa de Isotermas
Fuente: Elaboración propia

6.11.1.3 Determinación de caudales máximos

6.11.1.3.1 Metodología

La determinación de caudales pico para el posterior dimensionamiento de las obras de drenaje pluvial, disipadores de energía, zanjas de coronamiento, y otros, se realiza a través del modelo de simulación de crecidas SCS y las curvas de intensidad duración y frecuencia, ambas metodologías requiere para su empleo información de precipitación, la morfometría de la cuenca y los números de curva para cada complejo suelo-vegetación encontrado en la cuenca.

6.11.1.3.2 Análisis de precipitaciones máxima en 24hrs

La precipitación utilizada (Tabla 6-5) corresponde a una precipitación establecida en el respectivo acápite para luego realizar un análisis por microcuenca que engloba a su respectiva cuenca aportante; la estación empleada en el cálculo se definio en función a su representatividad y calidad de información, siendo las seleccionadas las estaciones mencionadas anteriormente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que tiene las siguientes características.

Tabla 6-5 Precipitaciones en 24 Hrs. Aeropuerto El Alto

SENAMHI

Estación:	El Atlo SENAMHI	Latitud S:	16º30 ' 37"
Provincia:	Murillo	Longitud W:	68º 11' 55"
Departamento:	La Paz	Altitud mt:	4071

DATOS DE: PRECIPITACION MAXIMA / 24 HORAS (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	24.2	26.3	16.6	2.9	8.1	14.8	1.0	0.9	8.5	8.3	11.5	11.1	26.3
1992	25.7	17.5	11.6	15.5	0.1	4.9	5.8	13.4	3.1	17.2	33.5	14.4	33.5
1993	32.9	10.1	13.8	16.6	0.9	4.0	2.1	16.3	9.7	15.4	17.9	22.9	32.9
1994	15.3	16.4	32.8	12.4	0.0	12.4	3.1	2.7	16.0	7.4	24.2	19.6	32.8
1995	17.6	53.0	16.5	9.4	6.0	0.0	2.6	8.7	4.4	13.3	15.2	33.0	53.0
1996	34.6	14.5	21.3	22.1	7.8	0.0	4.4	7.4	14.6	7.2	15.2	24.9	34.6
1997	19.7	21.7	22.7	13.9	6.4	0.0	0.0	4.2	20.5	14.5	14.9	10.5	22.7
1998	27.9	11.6	23.6	36.7	0.8	8.1	0.0	2.6	2.8	14.9	18.3	17.1	36.7
1999	18.2	15.1	18.0	8.0	3.0	0.4	5.7	3.1	28.0	14.3	9.1	24.8	28.0
2000	23.3	22.8	22.0	3.9	9.1	13.6	0.2	6.5	1.2	16.0	6.6	20.8	23.3
2001	23.2	16.6	14.6	7.7	7.4	3.8	5.8	19.0	4.0	17.4	12.6	23.9	23.9
2002	20.1	29.4	30.4	5.7	5.0	6.8	7.2	3.6	6.8	33.9	15.6	14.6	33.9
2003	39.8	18.6	22.5	7.7	2.4	0.5	1.2	6.9	18.5	13.2	7.7	56.9	56.9
2004	26.7	23.1	21.1	8.9	7.1	2.8	6.7	10.7	6.6	6.1	11.3	21.6	26.7
2005	20.3	19.4	12.2	21.8	0.2	0.0	0.4	0.5	11.1	18.7	12.3	13.0	21.8
2006	18.4	19.6	20.6	8.0	1.5	1.7	0.0	9.6	6.0	8.4	36.2	16.0	36.2
2007	18.0	20.5	15.3	16.5	5.1	1.1	24.1	0.0	12.5	16.7	20.7	29.6	29.6
2008	26.2	13.7	21.7	4.2	3.6	4.9	3.3	3.4	5.7	11.4	10.8	19.2	26.2
2009	10.7	34.3	17.4	6.6	0.6	0.0	7.6	2.9	6.3	10.7	32.8	35.9	35.9
2010	31.7	27.4	7.4	9.2	5.6	0.0	2.1	8.4	5.6	22.1	1.4	19.8	31.7
2011	11.2	31.6	11.7	1.7	1.6	0.0	4.3	0.1	8.8	7.7	10.5	28.4	31.6
2012	28.8	17.2	32.1	24.0	1.2	3.3	3.2	1.7	4.7	10.8	16.0	17.0	32.1
2013	19.4	36.5	6.3	2.5	6.3	7.0	5.9	9.4	3.4	26.0	10.9	24.9	36.5
2014	21.7	10.7	10.7	7.0	9.3	0.2	1.8	9.8	12.5	14.7	13.5	20.1	21.7
2015	20.0	28.3	20.4	14.8	3.8	0.0	10.2	9.8	8.7	21.1	10.1	14.7	28.3
2016	24.5	16.8	15.1	18.4	0.0	2.7	2.9	8.1	4.2	13.3	10.1	20.2	24.5
2017	29.3	22.8	13.9	9.6	12.5	0.0	1.7	****	****	****	****	****	***
2018													
MAXIMA	39.8	53.0	32.8	36.7	12.5	14.8	24.1	19.0	28.0	33.9	36.2	56.9	

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de precipitación anual, SENAMHI

6.11.1.3.3 Determinación de características morfométricas

El procedimiento para la evaluación de los parámetros morfométricos se inició con la digitalización de la red hídrica y la definición de divisorias de aguas correspondiente a la cuenca, luego, utilizando software específico que posee el Consultor se determinaron el área de aporte y longitud del curso principal, altura máxima y mínima, valores requeridos para el cálculo de pendientes y el tiempo de concentración (Ecuación de Kirpich). Se ha considerado también para la definición de parámetros la discretización de la cuenca en subcuencas, en función a los requerimientos del modelo de simulación a emplearse posteriormente.

En la Tabla 6-6 se presentan las características morfométricas de las cuencas, considerando su discretización en subcuencas, y en la Ilustración 6-22 se muestra la red hídrica de la cuenca:

Tabla 6-6 Sub-Cuencas

Sub-cuenca	Área	Long. Rio	Altura máxima (m.s.n.m.)		Altura mínima (m.s.n.m.)	
	(Km^2)	(Km)	Cuenca	Rio	Cuenca	Rio
Qda Alpacoma	5.99	4.71	4036	3957	3394	3394
Rio Alpacoma	24.3	7.43	4036	3842	3394	3394

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de precipitación anual, SENAMHI.

Colindante con el Relleno de Alpacoma en la parte S, encotramos la Quebrada de Alpacoma, que es un afluente perene del rio Achocalla que descarga sus aguas a la Cuenca del Rio La Paz.

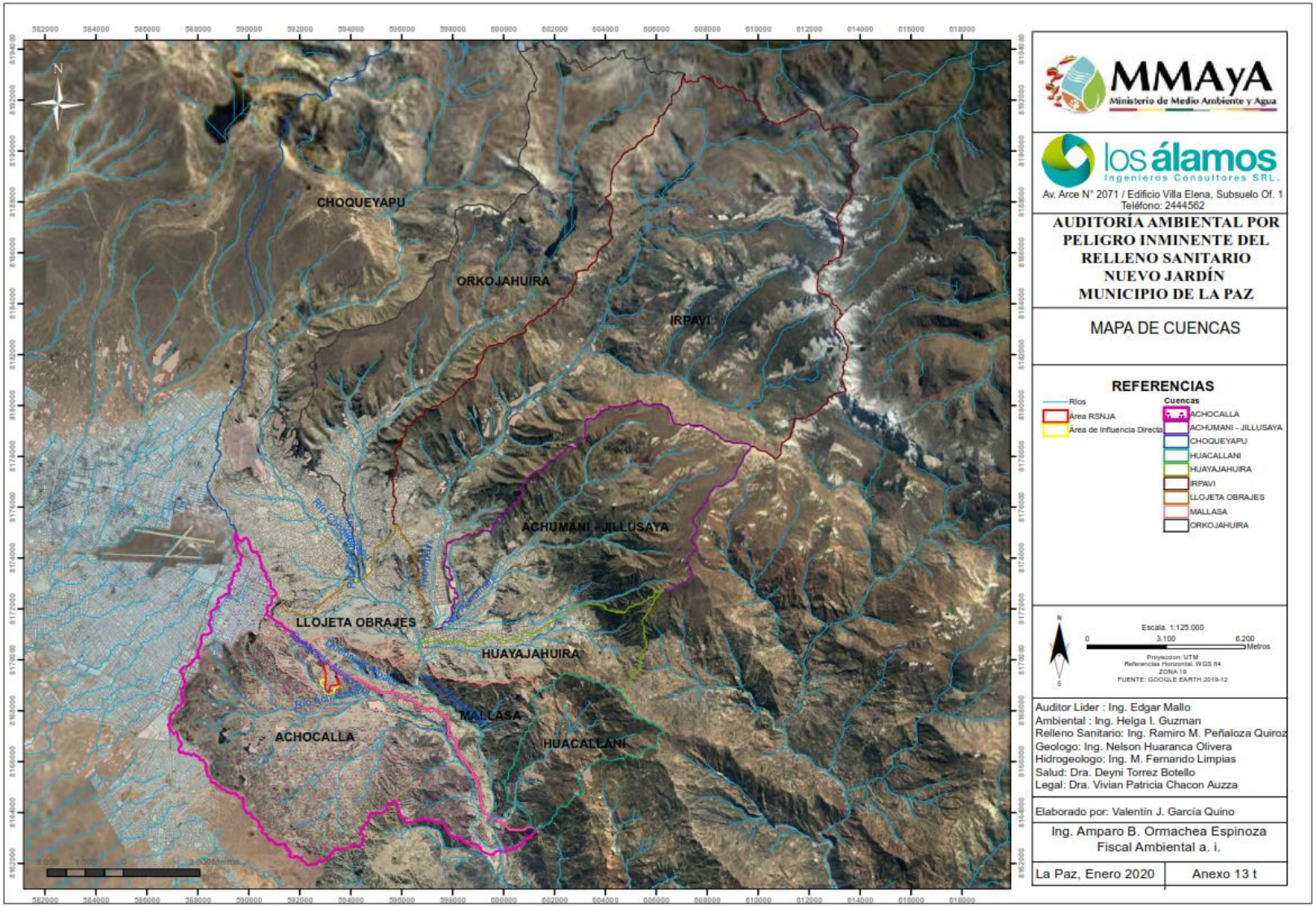


Ilustración 6-22 Características Hídricas
Fuente: Elaboración propia

6.11.1.3.4 Determinación del Número de Curva (CN)

Los modelos utilizados para el cálculo de caudales a partir de la precipitación, requieren la determinación del Número de Curva (CN) para cada cuenca.

La determinación de CN se realizó en base a la identificación de complejos hidrológicos, es decir, en base a la combinación de los grupos de suelos y la vegetación característica de la zona que abarca la cuenca del río Achocalla, y por analogía a Quebrada de Alpacoma a través de la superposición de los mapas de la red hidrográfica, suelos y vegetación.

6.11.1.3.5 Suelos

Los suelos del área estudiada están conformados por una mezcla heterogénea de arcillas, limos, arena y cinerita, cuyo origen son los sedimentos de la Formación La Paz, sin embargo, debido a los procesos de remoción en masa debe esperarse irregularidades en la sedimentación, variaciones en la cementación, así como en la estructura de los suelos deslizados. Asimismo, en niveles más profundos debido a la carga de los sedimentos superiores los suelos pueden esperarse suelos de mayor cohesión y menos permeables por lo que se hace necesario conocer las características que están relacionadas no solo con las propiedades mecánicas, sino también con las propiedades hidrogeológicas y la actividad de las aguas subterráneas.

Los paisajes de serranías son las que dominan en la zona, entre estas se encuentra pequeños valles encajonados. Las serranías son de origen sedimentario, compuestas de areniscas, conglomerados, lutitas limonitas y calizas. Dominan las pendientes fuertes escarpadas y generalmente se presentan pliegues horizontales expuestos en superficie. Se puede establecer un coeficiente de escurrimiento comprendido en la siguiente tabla:

Tabla 6-7 Método Racional para determinación de escorrentía

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50%-20%	Media 20%-8%	Suave 8%-1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierva y grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Coeficiente de escorrentía, Método Racional
Fuente: Ramírez, Maritza 2003; Hidrología Aplicada, Universidad de Los Andes

Tabla 6-8 Método Racional para determinación de escorrentía

Tipos de Suelos U.S.S.C.S.	$(P_{24h})_{100}$ milímetros	Coeficiente de escurrimiento C para áreas en km²				
		≤0.1	0.1-1.0	10-10	10-100	>100
Tipo (D)	≤80	0.80	0.70	0.65	0.65	0.60
	81-150	0.90	0.85	0.80	0.80	0.80
	151-200	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90
	>200	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
Tipo (C)	≤80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45
	81-150	0.85	0.80	0.75	0.65	0.65
	151-200	0.85	0.85	0.80	0.70	0.70
	>200	0.90	0.90	0.80	0.75	0.75
Tipo (B)	≤80	0.55	0.55	0.45	0.35	0.20
	81-150	0.65	0.63	0.56	0.45	0.30
	151-200	0.75	0.70	0.65	0.55	0.40
	>200	0.80	0.75	0.70	0.65	0.50
Tipo (A)	≤80	0.35	0.28	0.20	0.20	0.15
	81-150	0.45	0.35	0.25	0.25	0.20
	151-200	0.55	0.45	0.40	0.35	0.30
	>200	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40

Coeficiente "C", en función del tipo de suelo
Fuente: Adison Gerundas Huillca Date uploadedon Jul 23, 2014

Tabla 6-9 Tipos de Suelos según la SCS de los E.U.

Grupo A:	(Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas prosudas y bien graduadas. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión.
Grupo B:	Suelos con moderadas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos arenosos menos profundos que los del grupo A y con drenaje medio, conteniendo valores intermedios de texturas finas a gruesas.
Grupo C:	Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impiden el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Esos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
Grupo D:	(Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente en suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie o bien sobre un horizonte impermeable.

Fuente: Adison Gerundas Huillca Date uploadedon Jul 23, 2014

Con la ayuda del Arcgiz, se superponieron los mapas de vegetación, suelos, uso y vias de accesos, se emplearon los coeficientes de la Universidad Andina y los mismos que fueron comparados con los Teoricos de SCS california, posteriormente se empleo el método de superposición ponderada, optendiendo en promedio un valor de CN: 68, para una condición hidrogeológica B, predominando las características de los suelos.

6.11.1.3.6 Cálculo de Caudales

Para el diseño hidráulico de cualquier obra de drenaje, se requiere el uso de las llamadas relaciones o curvas de Intensidad Duración y Frecuencia (IDF), misma que proporcionan la variación de la intensidad de una lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia o periodos de retorno, este dato en función de una lluvia determinada.

Cabe recalcar que se requiere de una estación pluviométrica para la construcción de estas curvas, sin embargo, existe coeficientes de discretización horaria, que ayuda de regresión no lineal y a obtener las curvas de IDF (Ilustración 6-23).

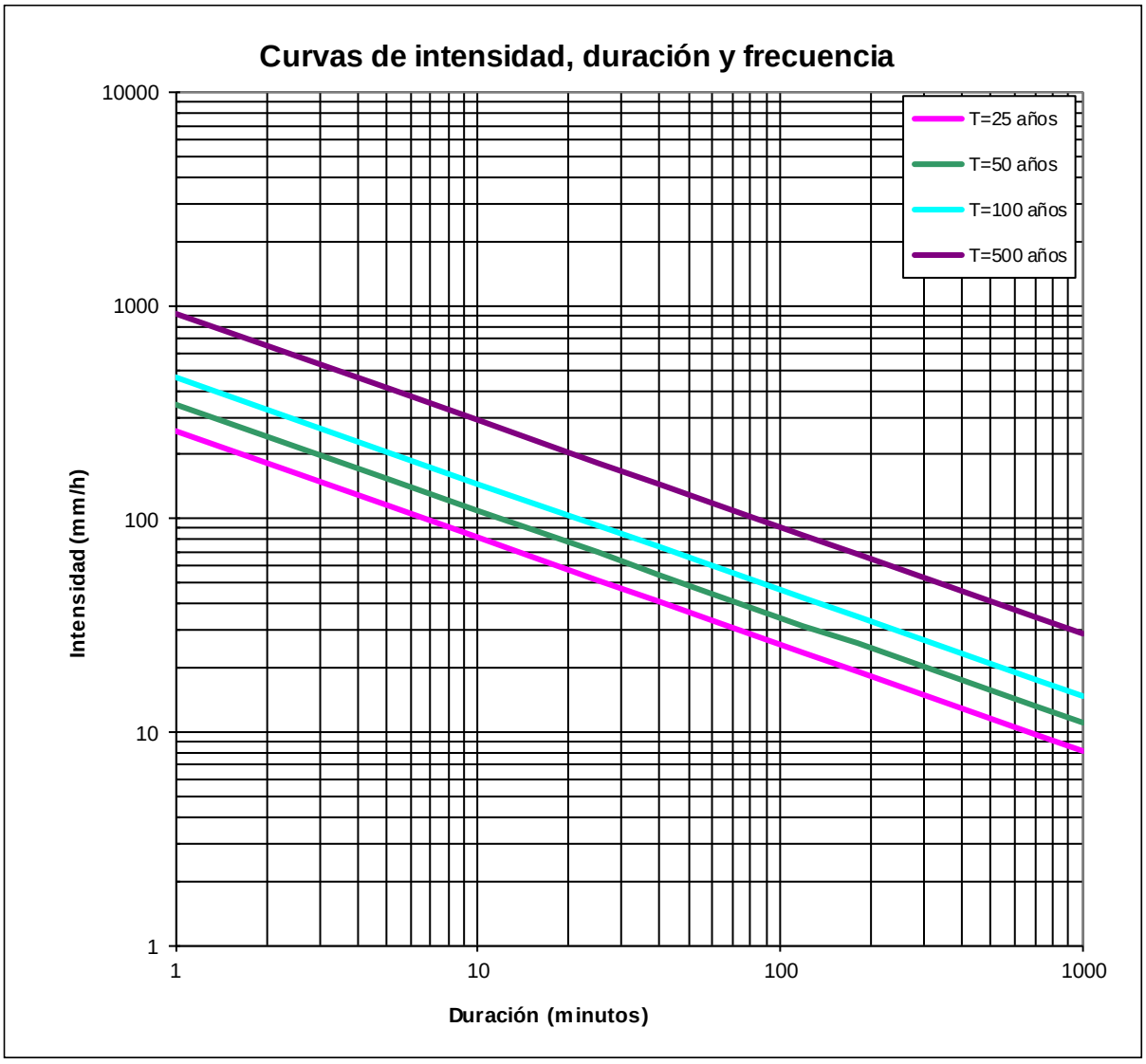


Ilustración 6-23 Curvas de intensidad Duración y Frecuencia Estación Achocalla
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de precipitación anual, SENAMHI

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración (Tc) de la cuenca.

Los valores de intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que fueron elaboradas con la estación de Achocalla, mediante el cálculo con las ecuaciones de regresión no lineal (Ilustración 6-23). Como se muestra en la siguiente formula.

$$I = \frac{k * T^m}{d^n}$$

Donde. k = 65.69

m = 0.424

n = 0.499

El tiempo de concentración Tc puede calcularse usando el modelo de Calirona Culverts, que es esencialmente derivado de la ecuación de Kirpich.

$$T_c = 60 * \left(\frac{11.9L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Siendo:

Tc en minutos

L es la longitud del curso principal del río has el sitio de interés en millas

H es la diferencia de nivel entre el parte agua y el sitio de la estructura en pies

Con esta información se elaboro un exel para ayudar a la optencion de Cudales probables, como se muestra seguidamente.

Los resultados son observados en la siguente tabla:

Tabla 6-10 calculo de caudales probables Lt/seg.

Area (ha)	Periodo de Retorno		
	15	25	50
0.25	53.2	57.1	64.00
0.50	106.4	114.3	127.9
1.00	212.8	228.5	255.8

Fuente: Elaración Propia

Tabla 6-11 Caudal de diseño (Metodo Racional)

Tipo de Estructura:								
Progresiva:								
Metodo Racinal menores a 300 Ha								
a).- Obtencion del coefiecente de escorrentia ponderado (C_p)								
Area de la cuenca A:	0.5	***Ha***						
Tipos de superficie	.							
	.	**alta**	**media**	**suave**				
topografia								
impermeable	0-2%	0.80	0.75	0.70				
semi permeable	2-7 %	0.65	0.60	0.55				
permeable	7%	0.45	0.40	0.35				
vegetacion								
impermeable	0-2%	0.65	0.60	0.55				
semi permeable	2-7 %	0.55	0.50	0.45				
permeable	7%	0.45	0.55	0.60				
Uso del suelo						***Selecione perioro de retorno***		
Plana	0-2%	0.45	0.35	0.30		○ 15 años		
Promedio	2-7 %	0.35	0.30	0.25		◉ 25 años		
Pronunciada mayor	7%	0.65	0.60	0.55		○ 50 años		
covertura		0.90	0.80	0.70				
Numero	**Porcentaje de Area %**							
	Topografi	**vege**	**uso**	**cover**				
impermeable	50%		5%	5%		$C_p = \frac{\sum A_i * C_i}{A_T}$		
semi permeable			10%	10%				
permeable		10%	5%	5%				
	50%	10%	20%	20%		**C_p =**	**0.668**	
b).- Calcular el tiempo de conentracion de la cuenca								
		Longitud de cauce				0.319	Millas	
$T_c = 60 * \left(\frac{11.9L^3}{H}\right)^{0.385}$		L=	0.513	Km		**Desnivel del cauce**		
		Cota sup. Cauce				459.318	Pies	
		H1 =	2640	m.s.n.m.		**Tiempo de Con.**		
		Cota inf. Cauce				T_c =	3.92	
		H2 =	2500	m.s.n.m.		**T_c =**	**5.00**	
c).- Obtencion de la intencidad de Lluvia								
k =	119.72					**Intensidada mm/hr**		
m =	0.274	$I = \frac{k * T^m}{d^n}$				**I =**	**123.24**	
n =	0.53							
c).- Obtencion del Caudal pico								
		$Q = \frac{C_p * I * A}{360}$				**Caudal diseño m³/seg**		
						Q_d =	**0.1143**	

Fuente: Elaración Propia

6.11.1.4 Hidrogeología

La ciudad de La Paz, se asemeja a otras comunidades de regiones áridas en que tiene precipitaciones pluviales relativamente pequeñas, baja humedad y ciertos claros gran parte de año. Las aguas subterráneas en La Paz, y alrededores están controladas por las unidades geológicas, que se puede clasificar de acuerdo a su permeabilidad inferida y luego según su composición geomorfológica y topográfica. El área de estudio contiene las unidades geológicas con suficiente material fino y cuya permeabilidad puede clasificarse como regular. Desde luego, la permeabilidad es una indicación del agua potencial cedida por formaciones geológicas, siempre que las rocas estén saturadas.

6.11.1.4.1 Métodos y Materiales

Para determinar la contaminación del agua subterránea ocasionada por los lixiviados provenientes del Relleno Sanitario de Nuevo Jardín, es necesario conocer la zona de investigación y fuentes de agua, ya sean estas superficiales o subterráneas, siendo necesario realizar un inventario de ellas y censo de pozos existentes en la zona. Para tener un conocimiento a priori de la geología y estratigrafía, se realizaron sondeos geofísicos, con ellos se han definido estratos permeables y no permeables. Con un levantamiento topográfico se han georreferenciado los puntos de interés como ser ríos, límites del relleno sanitario, pozos y otros, para luego ser utilizadas para correcciones de nivel.

Un diseño e instalación de pozos de monitoreo en cantidad y profundidad adecuada son necesarios para monitoreo de aguas subterráneas, los mismos servirán para estimar las propiedades hidráulicas del acuífero (conductividad hidráulica y velocidad) y para la medición de niveles piezométricos y estáticos. Muestras de aguas subterráneas han sido tomadas de los pozos de monitoreo, teniendo cuidado que estos sean purgados adecuadamente.

Habiendo definido e inventariado los pozos de la comunidad cercanos a la fuente de contaminación, se procedió con el muestreo de aguas, pero también se debe conocer las características del agua superficial y principalmente del lixiviado, para ello, se realizaron toma de muestras y mediciones físico-químicas in situ.

Finalmente se definió los parámetros para analizar y monitorear estando en función de la reglamentación existente en Bolivia como la Ley 1333 “Ley del Medio Ambiente” y la NB 742 – 760 “Normas de Residuos Sólidos” además de estudios internacionales relacionados con la presente investigación.

6.11.1.4.2 Inventario de fuentes de agua y censo de pozos

De acuerdo a la (Organización Meteorologica Mundial, 1994), para determinar calidad de aguas subterráneas recomiendan realizar un inventario de pozos, manantiales, ríos y todas las fuentes que tengan interacción con el acuífero en estudio, asimismo el (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, 2007), dentro del esquema general de manejo de recursos hídricos subterráneos considera como primer componente el *Reconocimiento Regional e Inventario de Pozos*.

Levantamiento topográfico

Los mapas topográficos muestran la configuración de superficie de la tierra y son construidos estudiando la variación de pendientes, ríos, precipicios, cimas de colina, etc. Un mapa topográfico, es una representación gráfica de una porción de superficie de la tierra, es construido a una escala específica (Assaad, LaMoreaux, & Hughes, 2004).

Dos tipos de mapas topográficos fueron utilizados para la investigación de campo; un mapa base regional y un mapa detallado del sitio, siguiendo las recomendaciones de (Assaad, LaMoreaux, & Hughes, 2004). El mapa base regional es usado para localización y rasgos generales, más la carta

topográfica zona 19, HOJA 5944-II (La Paz sur) a una escala de 50,000 y curvas de nivel cada 20 metros, elaborado por el Instituto Geográfico Militar (IGM).

El mapa topográfico específico, debido a que el RSNJ contempla su área de acción en una zona puntual no se utilizó GIS, realizando el levantamiento topográfico con dron MAVIC.

Prospección geofísica

El gran progreso tecnológico y científico actual hace que los métodos aumenten constantemente en número y calidad. Varios métodos son descritos en los libros de; (Custodio Gimena & Llamas Madurga, 1983), (Driscoll, 1986) y (Weight, 2001). El más usado a nivel mundial es el método eléctrico (Custodio Gimena & Llamas Madurga, 1983), método usado en el relleno sanitario de Nuevo Jardin, con un arreglo DIPOLO DIPOLO; en total se realizaron 8 Sondeos tomografías electro resistivas "TER" 3 longitudinales y 5 transversales 582.5 m. Anexo Geología, Tomografías

Monitoreo de aguas subterráneas

En la investigación se entiende por pozo de monitoreo a un piezómetro, perforación que penetra en una capa acuífera y permite obtener información sobre el nivel piezométrico, de acuerdo con la posición del nivel de agua que existe en su interior, datos de permeabilidad de los acuíferos. (Custodio Gimena & Llamas Madurga, 1983).

6.11.1.4.3 Diseño de sistemas de monitoreo de aguas subterráneas

Uno de los aspectos importantes es la localización de los pozos, otro aspecto importante es la cantidad de pozos necesarios. Diseño de sistema de pozos de monitoreo debe ser basado en número suficiente, localización adecuada, instalación óptima y profundidad apropiada.

Para el diseño del sistema de monitoreo se debe seguir una secuencia de pasos, en el RSNJ se procedió a la ejecución de diferentes etapas descritas en base a (Nielsen, Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, 1991), experiencia propia y de acuerdo a la realidad nacional. La misma comprende una fase de análisis de datos y diseño, contemplando toda una serie de estimaciones y suposiciones sobre la base de la información disponible y generada en esta etapa. La segunda fase es la implementación y contempla todo el trabajo de campo desde la instalación hasta el control y evaluación de los pozos de monitoreo.

6.11.1.4.4 Diseño de pozos de monitoreo

Para el diseño de un pozo de monitoreo es necesario primero entender cada componente de un pozo de monitoreo y como combinarlos para producir una estructura final, es posible describir cada componente de diseño, el cual incluye lo siguiente: Encamisado de pozo, rejilla de pozo, paquete filtrante, sellos anulares y protección de la superficie.

Se ha realizado el diseño de pozos de monitoreo principal (profundo) y pozos de monitoreo secundario (someros), cada una con características particulares de diseño, las mismas que son descrita en los siguientes acápites.

6.11.1.4.5 Pozos de monitoreo principales

En la investigación son denominados pozos de monitoreo principales a aquellas perforaciones con maquinaria especializada y que en su diseño contemplan pozos profundidades mayores a los 15 metros. Se diseñaron uno cuya denominación son PP-4, a profundidades de 35 metros.

Este pozo de monitoreo, están depuestos en dirección preferencial del agua subterránea de sureste, ubicado en la parte inferior, por debajo de la dorsal, colindante con la planta de tratamiento, descrito en el acápite de geología quien realizo una reconstrucción litológica en profundidad.

Encamisado del pozo: tubería PVC Esquema-40, diámetro nominal 1 1/2" (diámetro externo 33.4 mm, espesor de pared 3.4 mm), presión de trabajo 10 bar. Longitud de la barra de 5.81 metros, el tipo de unión para la conexión entre barras es del tipo unión roscada. Para la selección del tipo de material y tipo de conexión se ha tomado en cuenta las recomendaciones de (Aller, Bennett, & Hackett, 1991) y (The California Environmental Protection Agency, 1995), para el diámetro (Custodio Gimena & Llamas Madurga, 1983), además de (Nielsen, Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, 1991) donde realiza una descripción teórica sobre encamisados de pozo en un sistema de monitoreo.

Rejilla de pozo: realizada del mismo material que la encamisada del pozo, longitudes variables desde 2.0 m hasta 5 m, abertura de 1mm y longitud de 4 cm separadas cada 1 centímetro. La configuración de cortado es en ambas caras e intercaladas cada 40 centímetros. Se ha tomado en cuenta las recomendaciones de (Driscoll, 1986) para construir rejillas de pozo y (The California Environmental Protection Agency, 1995), para determinación de la longitud y el tipo de rejilla, se ha adoptado uno de los descritos por (Aller, Bennett, & Hackett, 1991) y en base a la experiencia propia.

6.11.1.4.6 Pozos de monitoreo secundarios

Denominados de esta manera a los piezómetros, someros y cuya construcción es particular debido a la metodología empleada y descrita a continuación:

Se han diseñado 4 piezómetros someros cuyas profundidades oscilan entre 0 m y 3.50 metros, en los que podemos ingresar los empleados por el operador las principales características son las siguientes:

Encamisado del pozo: El material usado Fue tubería Galvaniza de 2".

Rejilla de pozo: Realizada del mismo material que la encamisa do del pozo, longitud de 1.50 m, abertura de 2mm y longitud de 3.5 cm separadas cada 4 centímetro. La configuración de cortado es el mostrado en los detalles de filtros del reportaje de perforación de cada pozo y cuenta con 30 ranuras en cada cara.

Perforación e instalación de pozos de monitoreo

Una vez es planificada la perforación, los siguientes factores fueron considerados para la construcción del pozo de acuerdo a la (The California Environmental Protection Agency, 1995):

4. ***Método de perforación:*** Su selección dependió de muchos factores como, económicos, material geológico a atravesar y objetivo de estudio. En la investigación donde el objetivo es para determinar la contaminación, la perforación con aire es recomendado (Barcelona, Gibb, Helfrich, & Garske, 1985) debiendo evitarse la perforación con lodo y sobre todo el uso de aditivos.
5. ***Diámetro de la perforación:*** Se eligió principalmente de acuerdo a la disponibilidad de equipo, económico y en función de la cantidad de piezómetros instalados en el pozo, además de otros dispositivos que fueron introducidos en el momento de la instalación, HQ.
6. ***Alineamiento de la perforación:*** No se tomó en cuenta este aspecto, decisión basado en la experiencia de la CAL EPA donde menciona que esta toma importancia cuando el pozo es en profundidad mayor a los 60 metros, en pozos de monitoreo menores a esta profundidad la verticalidad es aceptable.
7. ***Profundidad total de la perforación:*** Es determinada en función a las condiciones hidrogeológicas específicas del sitio y del objetivo de monitoreo.
8. ***Selección del material de relleno:*** NO se considero, del paquete filtrante puesto que los filtros se encuentran sobre un lente de arenas y gravas no formales, ubicados entre las profundidades desde 25 m a 35 m.

9. **Desarrollo del pozo*:*** Se realizó para asegurar que la muestra de agua realmente sea representativa, es necesario realizar la extracción de los sedimentos, para ello empleamos el método de Air Lift, sopleteo.

6.11.1.4.7 Pozos de monitoreo principales

Su implementación comprende dos fases: Perforación propiamente dicha e instalación de piezómetros; a continuación, se describe cada una de estas fases:

Perforación:

Existen muchos métodos utilizados para la perforación de pozos de agua ellos están detalladamente descritos en (Driscoll, 1986). La empresa responsable de esta fase, es Perforaciones Benigno. El sistema de perforación giratoria, con agua como fluido de perforación, broca diamantina, diámetro de la perforación HQ (2") con escariador N° L84024.

Instalación de piezómetros:

Con el core obtenido de la perforación, el hidrogeólogo procede al diseño de profundidades del pozo de monitoreo, encamisado del pozo.

Una vez terminada la instalación de los piezómetros, inmediatamente se procede con la construcción de la protección en la superficie, sello sanitario y mortero para la protección de los piezómetros (Fotografía 6-56)

Fotografía 6-56 Equipo de Perforación PM4
Fuente: Los Álamos Ic S.R.L.

6.11.1.4.8 Pozos de monitoreo secundarios

Igual que los pozos de monitoreo principales, estos también contemplan dos fases, las mismas que son descritas a continuación:

<u>Perforación</u>

Inicialmente se intentó realizar perforación con Hand Augers, lo máximo que se pudo perforar fue 1.0 metro, porque el terreno era muy duro por la presencia de bloques de piedra.

De esta manera se buscó una alternativa más accesible, decidiendo realizar calicatas con maquinaria de 0.9 x 3.0 m y profundidad de 3.0 m aproximadamente o hasta interceptar con el nivel freático, para ello se utilizó una retro excavadora cuyo brazo de extensión es de 3.0 m.

Una vez concluidas las calicatas se continuó con la perforación con augers una profundidad máxima de 1.0 metro adicional al realizado con la retroexcavadora.

Instalación de piezómetros:

Se procedió al ranurado de rejillas. Posterior a ello con la instalación del encamisado del pozo tubería FG 2".

Estos piezómetros instalados con esta metodología en la etapa de perforación con retroexcavadora, no servirán para realizar pruebas slug debido a la remoción que sufrió el suelo, sin embargo, servirán para medir niveles y toma de muestras de agua.

Fotografía 6-57 Perforación Pozo PM4
Fuente: Los Alamos IC

6.11.1.4.9 Desarrollo de pozos de monitoreo

Después que la operación de instalación del pozo es concluida, la conductividad hidráulica natural de la formación, debe ser restaurada y todos los sedimentos extraños deben ser removidos (United Sates Eviromental Protection Agency, 1986). El propósito por el cual se realiza el desarrollo de pozos es para asegurar que los sedimentos finos sean removidos de los alrededores de la rejilla y de esta manera permitir un libre flujo de agua dentro el pozo, además que la turbiedad es disminuida durante el muestreo (United States Enviromental Protection Agency, 2001). El apropiado desarrollo de pozos de monitoreo es esencial para colectar una muestra representativa del agua subterránea.

Los principales factores que afectan al desarrollo del pozo son: tipo de material geológico, diseño y la terminación del pozo de monitoreo, principalmente el tipo de tecnología usada para la perforación (Nielsen, Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, 1991). Existe una variedad de métodos de desarrollo de pozos, pero los más usados a nivel mundial son: sobre bombeo (over pumping), retro

lavado (backwashing), surge block, bailers, chorro (jetting), crecientes de aire (air surging), bombeo con airlift (Aller, Bennett, & Hackett, 1991) y desarrollo manual (Nielsen, Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, 1991). Cada uno de estos métodos están extensamente descritos en (Driscoll, 1986) y (Roscoe Moss Company, 1990), en la presente investigación se usó desarrollo manual y bombeo con *AIRLIFT*, tal como se explica a continuación.

Debido a la profundidad y al diámetro reducido (1 1/2") que tienen estos pozos, se optó por el desarrollo con *AIRLIFT*, en la que se presenta el esquema para este método. Para el aire comprimido se utilizó una compresora 40 l. que requiere de energía eléctrica para el cargado del tanque.

Se siguió la metodología descrita en (United States Enviromental Protection Agency, 2001), para ello se tomaron en cuenta algunos cálculos antes de comenzar con el trabajo:

Sumergencia:

$$\%\ de\ sumergencia\ de\ bombeo = \frac{Largo\ de\ la\ línea\ de\ aire\ bajo\ el\ nivel\ dinámico}{Largo\ total\ de\ la\ línea\ de\ aire} x100$$

Potencia mínima del compresor:

$$Requisito\ mínimo(psi) = \frac{Largo\ de\ la\ línea\ de\ aire - nivel\ estático}{2.31} + 25\%\ factor\ de\ seguridad$$

El gran problema con el que se tropezó en el desarrollo con el aire comprimido de compresor de 40 l., fue la no continuidad del suministro de aire, teniéndose que esperar a que el aire se recargue, lo que dificultó el aforado.

Fotografía 6-58 Desarrollo de Pozo de Monitoreo
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

6.11.1.4.10 Prueba Slug para la determinación de la conductividad hidráulica

La prueba slug ha sido utilizada a lo largo de los años para estimar de manera rápida las propiedades hidráulicas de un acuífero (Weight, 2001). Tuvieron mayor popularidad en los años 80s cuando se usó para obtener las propiedades hidráulicas en acuíferos contaminados (Weight, 2001).

El primer método de slug test fue desarrollado durante los 1950s (Hvorslev, 1951) y (Ferris & Knowles, 1954). El simple método ideado por Hvoslev (1951) resultó para una amplia utilización tanto en acuíferos confinado como no confinados en la estimación de la conductividad hidráulica dentro del intérvalo de la rejilla del pozo. Mejoramientos a los métodos de (Ferris & Knowles, 1954) han sido

realizados por (Cooper, Bredehoe, & Papadopulos, 1967) y (Papdopulos, Bredehoe, & Cooper, 1973) para acuíferos confinados. Más tarde (Bouwer & Rice, A Slug Tesf for Determining Hydraulic conductivity Unconfine Aquifers With Completely with Partially Penetrating Well, 1976) y (Bouwer, The Bouwer and Rice Slug Test - an Update, 1989) desarrollaron un método conocido y utilizado a nivel mundial para el análisis en acuíferos confinados, semi confinados y no confinados que toma en cuenta la geometría del acuífero y los efectos de la penetración parcial. (Widdowson, Molz, & Melville, 1990) desarrollando técnicas de análisis de datos de slug test multiniveles y rejillas penetrados parcial o totalmente. La crítica al método de slugt estaba prevaleciendo cuando (Butler, McElwee, & Liu, Improving the Quality of Parameter Estimates Obtained from Slug Test, 1996) describió las técnicas y los protocolos a seguir en el campo y en oficina para mejorar la calidad de los parámetros estimados con pruebas slug test.

(Butler, The Design, Performance and Analysis of Slug Tests, 1997) es un libro exclusivamente del diseño, ejecución y análisis de slug test. La prueba de slug test sirve tanto para lugares donde la conductividad hidráulica es alta (Butler, Garnett, & Healey, Analysis of Slug Test in Formaitons of High Hydraulic Conductivity, 2003) como para lugares con conductividades hidráulicas bajas como acuitardos (Kamp, 2001), como el caso del acuífero del Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

6.11.1.4.11 Fase de campo

La utilización de la pruebas slug es ventajosa: bajo costo, simplicidad, relativamente rápida, muy usada en formaciones donde la conductividad hidráulica es baja (Kamp, 2001), no necesita agua para ser manipulada, proporciona información sobre la variación espacial de las propiedades hidráulicas de un acuífero y señala un análisis directo (Butler, The Design, Performance and Analysis of Slug Tests, 1997).

La metodología de campo adoptada para la siguiente investigación es descrita por (Weight, 2001). El primer método consiste en introducir un slug (falling head) de dimensiones conocidas, entonces el nivel del agua sufre un ascenso brusco y se realiza las mediciones de nivel con el tiempo, hasta que llegue a su nivel estático. El segundo método consiste en sacar el slug de manera rápida, así el agua sufre un cambio de nivel, pero esta vez de descenso, se procede con las mediciones de cambio de nivel hasta el estático (rising head).

Los materiales usados en estos ensayos fueron: slug, en el caso del relleno sanitario se construyeron un slug de 70 centímetros, y de diámetro 2.3 cm.

Fotografía 6-59 Materiales

Fuente: Los Alamos IC S.R.L

Otro material de vital importancia fue el levelogger tiene capacidad para realizar mediciones cada 0.5 segundos (hasta 99 horas) y de almacenar 40,000 datos de nivel y temperatura (Solinst, 2009) teniendo

precaución en la calibración que se realiza a los datos lectura dos por el aparato. Se debe acompañar también la sonda graduada para medición de nivel al inicio antes de empezar la prueba y al final de cada método utilizado. Asimismo, es importante una cuerda suficientemente resistente para el slug y para el levelogger.

En resumen, el sistema de trabajo fue el siguiente: ***Falling head;*** medir el nivel estático antes de empezar la prueba, introducción del levelogger con una cuerda en su extremo superior a una profundidad conocida y posteriormente introducción del slug cuyas dimensiones son conocidas también, registro de tiempo y datos en general y esperar que el nivel del agua recupere su nivel estático. Para la prueba de ***rising head***, sacar el slug y esperar que el nivel del agua recupere su condición estática (Ilustración 6-24). Finalmente descargar los datos.

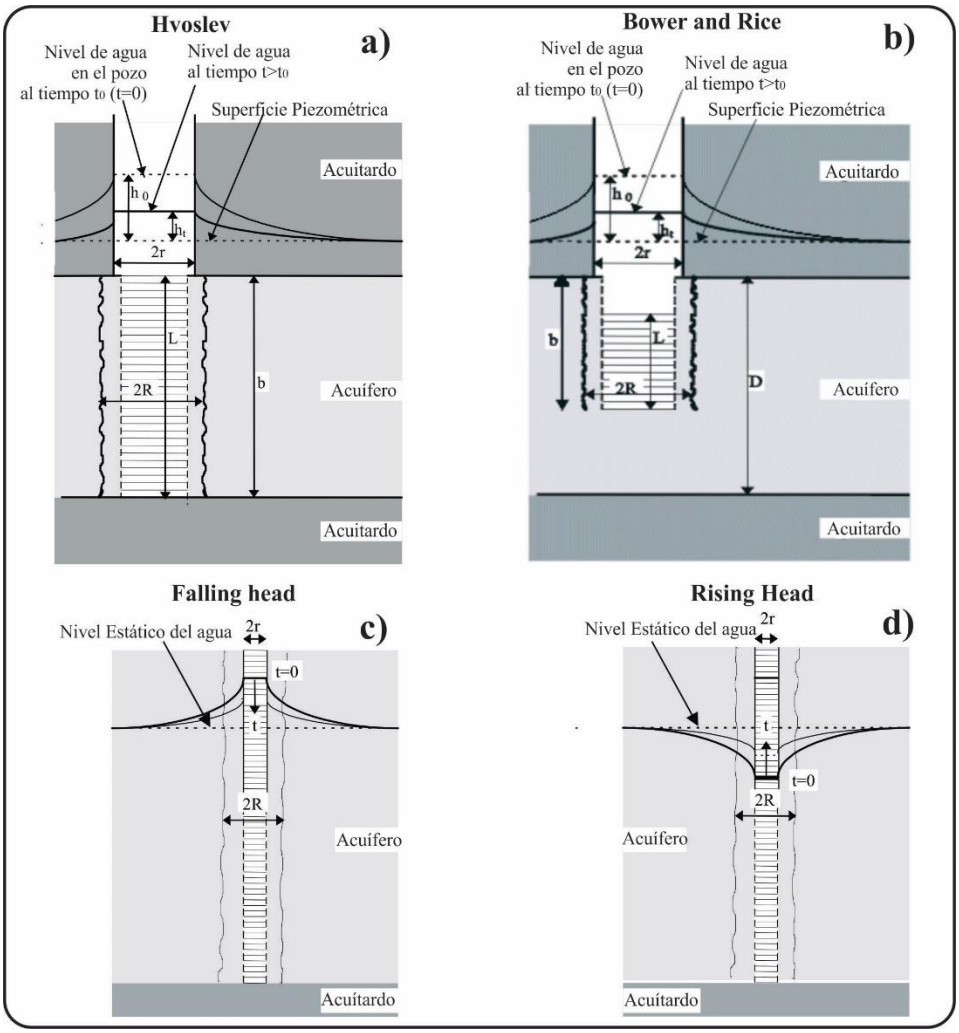


Ilustración 6-24 Método Hvoslev y Rising Head

Fuente: Esquema de los métodos de análisis de resultados para la determinación de la conductividad hidráulica (a) Hvorslev y (b) Bouwer and Rice, métodos de prueba slug (c) falling head y (d) rising head

6.11.1.4.12 Análisis de datos

Para el análisis de los datos se usó el software aquifer test 4.2 desarrollado por Thomas Röhrich y Schlumberger Water Services. Los métodos utilizados fueron (Hvorslev, 1951) y Bouwer and Rice (1976).

Método de análisis de Hvorslev (1951): Se limita a la estimación de la conductividad hidráulica en la zona de la rejilla de un pozo y puede ser aplicable a pozos confinados y no confinados, además aplicable para las dos condiciones de pruebas falling and rising head. (Hvorslev, 1951) desarrolla varias ecuaciones para diferentes condiciones, pero la más usada es:

$$K = \frac{r^2 \left(L/R\right)}{2LT_L}$$

Dónde: L=Longitud de la rejilla
R=Radio del Pozo incluyendo el paquete de arena
r=Radio del piezómetro
T_L=Tiempo de retraso cuando h_t/h_0=0.37

Método de análisis de Bouwer and Rice (1976): La ilustra la mecánica de slug test, estima la conductividad hidráulica tomando en cuenta la geometría de penetración completa o parcial de la rejilla del pozo en acuíferos no confinados.

$$K = \frac{r^2 \left(R_{Cont}/R\right)}{2L} \frac{1}{t} ln\left(\frac{h_0}{h_t}\right)$$

Donde: L=Longitud de la rejilla (a)
R=Radio del Pozo incluyendo el paquete de arena
r=Radio del piezómetro
R_{Cont}=Distancia de contribución radial sobre el cual la diferencia en la carga, h_0, es disipada en el acuífero
b=distancia de la parte inferior de la rejilla del pozo a la parte superior del acuífero
h_t=desplazamiento en función del tiempo
h_0=desplazamiento inicial

Medición de nivel piezométrico

La adquisición e interpretación de niveles de datos es una parte esencial en un programa de monitoreo de agua subterránea, cuando estos son traducidos en valores de carga hidráulica, las medidas de nivel de agua son usadas para determinar distribuciones de carga hidráulica, que a su vez son usadas para evaluar velocidades y direcciones del flujo de agua subterránea, si notamos cambios de nivel en el tiempo, son resultado del cambio en el régimen de flujo causados naturalmente o por la actividad del hombre.

Los dispositivos de medición de niveles pueden ser clasificados en dos grandes grupos; manuales (no recomendado por la baja precisión) y mediciones continuas, cada uno de estos métodos están explicados en el libro (Nielsen, Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, 1991). En la investigación se empleó un instrumento de medición denominado sonda “water level” hechos por HS HIDROSUPRIMIENTOS, cuyo diámetro de sensor es 5/8” (1.6cm) en pozos de 1” de diámetro, el cual es ideal pero no aplicable a piezómetros muy pequeños de diámetro, presenta una longitud de 50 metros.

Ilustración 6-26Sonda "Water Level"
Fuente: https://www.htsperu.com.pe/

La metodología y los suministros necesarios para realización de la medición de niveles de aguas. Una parte esencial en el trabajo de campo es la limpieza de los instrumentos con agua destilada y el uso de guantes esterilizados.

Se realizaron cuatro campañas de medición de niveles: dos en diciembre 2019 y dos en enero de 2020 se midieron solo en pozos norias, para la obtención de la dirección de flujo preliminar para el diseño de la red de monitoreo; se hicieron las mediciones de niveles en todos los pozos de monitoreo principaes y secundarios, estas dos últimas campañas se utilizaron para el análisis de resultados.

6.11.1.4.13 Toma de muestras

De acuerdo a (Baiulescu, Dumitrescu, & Zugravescu, 1991) y considerando el tiempo que se gasta en proyectos de análisis en general, se tiene una proporción del 40% muestreando, 20% en la medición y 40% en el procesamiento de datos. Los métodos de muestreo son determinados por un número de factores descritos en (Organización Meteorologica Mundial, 1994), que incluyen el tipo de material que se debe muestrear, el tipo de muestra y la calidad del parámetro que se analiza, lo cual determina el equipo y los procedimientos que se deben usar.

En este trabajo se realizaron muestreos de tres fuentes diferentes: lixiviados, aguas superficiales (ríos, afloramientos de agua superficial) y aguas subterráneas (pozos de monitoreo principales y secundarios).

6.11.1.4.14 Lixiviado

La toma de muestra fue realizada por un laboratorio certificado se presenta un esquema de la formación del lixiviado como un líquido que ha pasado a través o surgió a partir de residuos sólidos y contiene materiales solubles, suspendidos o miscibles retirados de dichos residuos (Delleur, 1999). Su generación es favorecida por la precipitación fluvial y por la radiación solar.

Los materiales utilizados para el muestreo de lixiviados fueron: envases de dos litros para transportar la muestra hasta el laboratorio; GPS para geo referenciar los puntos de muestreo; equipo portátil multi parámetro para medición de parámetro físico-químicos in situ.

Con el equipo multi parámetro se realizó mediciones de: *temperatura (°C), conductividad específica y/o conductividad total (µS/cm), sólidos totales disueltos "STD" (mg/L), Salinidad (ppt), Oxígeno disuelto "OD" (mg/L y/o %), pH (UpH) y potencial redox (mV)*. Fue necesaria su calibración de acuerdo al manual del usuario.

Fotografía 6-60 Sitio de Monitoreo de Lixiviado
Fuente: Los Alamos Ic S.R.L.

6.11.1.4.15 Agua superficial

Se refiere al muestreo de aguas de ríos, riachuelos y afloramientos (manantiales). Bolivia cuenta actualmente con la Norma Boliviana "*Toma de Muestras*" NB 496 (Ministerio de Servicios y Obras Publicas de Bolivia, 2005), donde presenta la metodología que se debe seguir para tomar muestras para análisis: microbiológicos, físico-químicos, metales pesados, compuestos orgánicos, compuestos fenólicos, plaguicidas y radiológicos.

Los materiales usados en este tipo de muestreo son multi parámetro YSI 556MPS (**Fotografía 6-61**)(a) y Kit de alcalinidad HACH (e) para la medición de parámetros fisicoquímicos in situ, con sus respectivos acompañamientos como agua destilada, pizeta, kit de calibración, químicos para la alcalinidad. Cabe recalcar que no siempre se realizó alcalinidad en el campo por falta de tiempo y otros factores, entonces se tomó una muestra adicional de 500 ml y dentro el lapso de 8 horas se hizo el análisis en un lugar adecuado. Es de vital importancia tomar en cuenta los manuales de uso de cada uno de los instrumentos utilizados para la medición de parámetros fisicoquímicos in situ.

Los materiales para el muestreo fueron envases de 1 litro, los volúmenes de determinadas muestras en particular dependieron del tipo y número de parámetros que se pretenden analizar, del método analítico y de las concentraciones esperadas de los constituyentes en el agua. El personal de laboratorio determinó el volumen de muestra requerido.

Fotografía 6-61 Toma de Muestras y Monitoreo
Fuente: Los Alamos Ic S.R.L.

6.11.1.4.16 Agua subterránea

El componente importante en esta investigación es el muestreo de agua subterránea, comprendiendo el muestreo de pozos norias de la comunidad, pozos de monitoreo principales y secundarios. Una descripción general de la metodología fue descrita por (Delleur, 1999), (Nielsen & Nielsen, The Essential Handbook of Ground-Water Sampling, 2005) y el (Instituto Tecnológico Geominero de España, ITGE, 1998), esta es aplicada al muestreo de aguas subterráneas en el relleno sanitario de Nuevo Jardín. Cada una de estas actividades son descritas de manera detallada por (Karklins, 1996), donde presenta incluso diferentes formatos para toma de datos en campo y tablas de cómo seguir procedimiento de muestreo para diferentes parámetros.

Medición de nivel de agua; Se siguió la metodología descrita anteriormente *Medición de nivel piezométrico*.

Purgado; En los pozos de monitoreo principal se realizó el purgado con airlift descrito en líneas anteriores *Desarrollo de pozos de monitoreo.*

Muestreo; Parámetros in situ con el multi parámetro YSI, kit de Alcalinidad (HACH) y kit de nitratos (HACH) con el respectivo laboratorio.

Según los siguientes cuadros:

Cuadro 6-4 Metodología de muestreo en general RSNJ

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Preparación de los frascos	Preparar los frascos de polietileno con una capacidad de 1 litro
2	Codificación del frasco de muestreo	Codificar el frasco de muestreo (nombre, fecha, hora, responsable y tipo de muestra)
3	Enjuague del frasco	Enjuagar el frasco dos (2) a tres (3) veces con la misma muestra.
4	Extracción de la muestra	Llenar el frasco hasta que rebalse, evitando el contacto de cualquier objeto con la boca del frasco.
5	Cierre del frasco	Tapar el frasco con sumo cuidado, para que no queden burbujas en su interior.
6	Registro de datos	Registrar en las planillas de muestreo, la fecha, hora y parámetros in situ que puedan influir en las determinaciones analíticas.
7	Transporte de la muestra	Transportar el/los frascos(s) en conservadores con hielo.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6-5 Descripción general del proceso de muestreo de agua subterránea

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Medición de nivel piezométrico	Antes de empezar cualquier muestreo es necesario el conocimiento del nivel, para cálculo de volúmenes de purgado y otros.
2	Purgado de pozos	El pozo debe ser purgado hasta tres volúmenes y/o el pH y la conductividad del agua estén estabilizados, para asegurar que una muestra representativa del acuífero es obtenida.
3	Muestreo en general	Escoger un método de obtención de agua de pozo (bailers, airlift, footvalve, etc) totalmente descontaminados. Medición de parámetros fisicoquímicos in situ (T, pH, conductividad, STD, OD, Eh y alcalinidad). Obtención de un volumen requerido por el laboratorio para análisis respectivo de parámetros de monitoreo.
5	Adición de preservantes	Preservantes deben ser añadidos a las muestras que así lo requieran. Para evitar cambios en la química asociados con el transporte, toma de muestras y manipuleo. (Cationes – 5ml de HNO_3 “ácido nítrico” para 1 litro de muestra)
6	Limpieza	El equipo de muestreo debe ser limpiado a fondo con agua destilada para evitar contaminación cruzada, así mismo el personal de muestreo debe usar guantes latex.
7	Muestras QA/QC (control de calidad)	Estas muestras son blancas para el control de calidad del equipo, del agua subterránea y para el laboratorio
8	Transportación	Transportar el/los frascos(s) en conservadores con hielo. (tiempo de transporte hasta laboratorio < 72h preferentemente y para análisis bacteriológico < 24h)

9	Documentación	Toda la documentación de toma, manejo y transporte de muestra deberá mantenerse en caso de ser requerido en laboratorio y/o para la interpretación de resultados
10	Análisis y reporte	Una vez que los análisis fueron realizados por laboratorios y se cuenta con datos tabulados, la validación de los datos deberá llevarse a cabo, evaluando anomalías o valore disparados.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6-6 Parámetros de monitoreo de lixiviados y del agua subterránea (Y frecuencia según la Norma Boliviana NB 760)

N°	PARAMETRO	FRECUENCIA	N°	PARAMETRO	FRECUENCIA
1	pH	SEMESTRAL	6	DQO, DBO	SEMESTRAL
2	Conductibilidad eléctrica	SEMESTRAL	7	Amoniaco	SEMESTRAL
3	Oxígeno disuelto	SEMESTRAL	8	Nitritos	SEMESTRAL
4	Metales pesados	SEMESTRAL	9	Nitratos	SEMESTRAL
5	Sustancia orgánica	SEMESTRAL			

Fuente: Elaboración propia

6.11.1.4.17 Fisiografía, Geología, Geomorfología

La descripción completa basada en actividades en el sitio a auditar y resultados de análisis de laboratorio se incluye en la Actividad 8 (Geología/Geotecnia)

Se presenta una síntesis de la Actividad 8:

- El área de interés se encuentra fisiográficamente en la región del Altiplano[19], corresponde a una unidad fisiográfica de serranías altas fuertemente disectadas, pendientes entre 15 a 45% y una altitud entre 2900 a 3900 m.s.n.m. Los suelos son superficiales, bien drenados y se presentan afloramientos rocosos, y materiales poco o nada consolidados susceptibles a riesgos de erosión[20].
- Existen identificados dos juegos de fallas regionales próximos a la zona de estudio, el primero se puede seguir de Alpacoma - Llojeta hasta el aeropuerto de El Alto-Río Seco y el segundo desde Amachuma hasta Chijini Grande en el Altiplano. El área del RSNJA se encuentra fuera de los trazos de estos dos grupos de fallas regionales.
- La geomorfología regional está compuesta por rasgos distintivos como ser, farellones de hasta 60 m de altura, relieves abruptos propios de la erosión en materiales pobremente consolidados, fenómenos de remoción en masa de grandes y medianas magnitudes, desarrollo de quebradas estrechas y abundantes que tienen como nivel de base a la quebrada Alpacoma, desarrollo de cárcavas en terrenos con materiales poco consolidados.
- La geología del sector del RSNJA está conformada por: un basamento de rocas devónicas correspondientes a la Formación Sica Sica aflorantes en la quebrada Alpacoma, de manera discordante suprayacen a estas rocas niveles irregulares de gravas polimícticas interpretadas como base de la Formación La Paz, subiendo en la secuencia se tienen los depósitos de limos,

[19] Compendio de Geologia de Bolivia. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 2000
[20] Ficha Técnica del Mapa Fisiográfico de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 2002

arcillas, arenas y gravas de la Formación La Paz, (son los materiales predominantes), suprayacen a estos depósitos suelos removidos pertenecientes al torrente de barro – flujo de detritos Achocalla y al deslizamiento Alpacoma.

- Toda esta secuencia se encuentra cubierta por materiales sueltos pertenecientes a residuos sólidos, los cuales modificaron por completo los suelos y morfología dentro del RSNJA.
- Un rasgo morfológico importante es el denominado Dorsal Sur, siendo esta un alto topográfico de dirección W-E conformado por materiales de la Formación La Paz in situ. Este rasgo topográfico ya no es visible dentro del arae de trabajo del RSNJA, pues fue modificado por las obras civiles del Proyecto, el lineamiento estructural está presente a nivel regional al este del área de interés. Su importancia radica en que: conformó la cuña para el evento de deslizamiento Alpacoma, siendo así que al norte de la Dorsal Sur se tienen presentes suelos removidos producto del deslizamiento suprayaciendo a depósitos in situ de la Formación La Paz, mientras que al sur de la Dorsal Sur se tienen suelos removidos producto del torrente de barro – flujo de detritos Achocalla suprayaciendo a depósitos de la Formación La Paz.
- Es frecuente la presencia de planos de fallas inversas y normales de diversas magnitudes dentro de los depósitos de la Formación La Paz.
- La morfología del sector del relleno sanitario estuvo controlada por el deslizamiento Alpacoma, rasgo topográfico denominado Dorsal Sur, el farellón vertical al este de los límites del relleno sanitario y los terrenos con cárcavas y fuerte socavamiento del torrente de barro – flujo de detritos Achocalla. Estos rasgos geomorfológicos, a excepción del farellón, se encuentran cubiertos y/o intervenidos por las obras correspondientes a la operación del RSNJA.
- Este marco geológico y geomorfológico sin intervención por obras civiles no correspondía a terrenos recomendables para la implementación de proyectos de las dimensiones y alcances de un relleno sanitario, sin embargo, considerándose todas las características citadas y ejecutando un diseño y plan de operaciones eficiente se podrían llevar a cabo los trabajos sin inconvenientes.
- La red de drenaje natural presentaba dos cauces fluviales que captaban toda la escorrentía del área, estos fueron intervenidos en su totalidad por las operaciones del RSNJA.
- Esta intervención de la red de drenaje, sin una operación técnica adecuada referente a la estabilización de los taludes naturales de los cauces fluviales, a la impermeabilización y compactación del material de relleno, así como a las obras propias de la captación y reconducción de las aguas que captan dichos cauces naturales, pueden generar que, a la larga, estas zonas presenten socavamiento interno y lavado de materiales por infiltración de líquidos constituyendo zonas potenciales a generar inestabilidad en los materiales antrópicos dispuestos sobre ellas.
- Los riesgos geológicos actuales corresponden a: caída de bloques de las partes altas de los taludes, activación o reactivación de deslizamientos (por mal diseño de taludes o falencias en la implementación de los diseños), fenómenos de remoción en masa de materiales sueltos producto de trabajos con maquinaria a lo largo de la quebrada Alpacoma.

6.12 Condiciones físico químicas de los factores abióticos

Para otorgar un Diagnóstico Ambiental General del Área del RSNJA con mayor especificidad, se han obtenido resultados analíticos de laboratorio con mediciones y muestras colectadas de cada uno de los factores ambientales de acuerdo al Programa de Monitoreo Ambiental. (Ver Anexos, Tomo I, Anexos 4 y 5)

- Situación de la Calidad del Aire: PM10, Partículas Biológicas Viables, Biogás y olores
- Situación de la Calidad de Aguas: Superficiales, Subterráneas, lixiviado.
- Situación de la Calidad de los Suelos: Suelo, queque

Para este propósito se contrató a tres diferentes laboratorios, en función a su disponibilidad. Los laboratorios contratados fueron SGLAB Inspección y Laboratorio de Calidad, GreenLab que en el transcurso de tiempo contratado se convirtió en Laboratorio TresRíos Ltda., con mayor acreditación que el primero y el laboratorio (empresa) SI2M del Ing. Ramiro Rodríguez; el análisis y evaluación de los resultados de laboratorio de los factores mencionados es presentado a continuación:

6.12.1 Calidad del Aire: PM10, Partículas Biológicas Viables, Biogás y Olores

De acuerdo a los Términos de Referencia (TDR´s) la exigencia para determinar la calidad del aire para las partículas menores a 10 micrones era suficiente la evaluación de un solo punto de muestreo en la población aledaña, disposición que fue cumplida. Sin embargo, a efectuar una mejor evaluación de la calidad del aire se colectaron dos muestras, de acuerdo al siguiente detalle:

6.12.1.1 Partículas Menores a 10 micrones (PM10)

Los resultados de la evaluación de la calidad del aire para el parámetro Partículas Menores a 10 micrones (PM10) fueron medidos en fechas del 10 al 11 de noviembre de 2019, bajo los estándares de calidad establecidos por norma y permite la siguiente evaluación respecto al Límite Permisible establecido en el Anexo 1 del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (R.M.C.A.), presentado en la tabla:

Tabla 6-12 Resultados de la Calidad del Aire – PM10

N°	PARAMETRO DE CALIDAD	CÓDIGO	RESULTADO, µG/M³	LP, µG/M³	OBSERVACIONES
1	PM10	AI-01 AA PM10	**85,4**	**150 en 24 horas**	Sin exceso al LP
2		AI-02 AA PM10	**107,7**		

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Cuadro 6-7 Códigos y Descripción del Lugar de Muestreo PM10

N°	CÓDIGO	DESCRIPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	AI-01 AA PM10	Ubicado en el área Administrativa de oficinas de SIREMU en el RSNJ
2	AI-02 AA PM10	Ubicado sobre la vía de acceso principal al RSNJ. Lugar poblado por actividades de fabricación de ladrillos

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 6-62 Medición de PM-10.

Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Los resultados demuestran que el área no se encuentra impactada por PM-10, no se descarta la variabilidad que puede existir en los resultados producto de las condiciones climáticas.

6.12.2 Partículas Biológicas Viables (PBV)

La evaluación del probable impacto que causa la operación o etapa de cierre del RSNJ por la generación de concentraciones de partículas biológicas viables (PBV) en el aire está asociado al conjunto sinérgico que ocasiona la formación de material particulado (polvo) por el tránsito de vehículos, emisiones de olores y biogás en el área de emplazamiento del RSNJ.

El diagnóstico ambiental se describe a partir de la concentración de microorganismos diversos (bacterias), esporas de hongos y levaduras en el aire que podrían afectar la salud de los pobladores de centros urbanos que actualmente es disperso y que la población expuesta es la que trabaja al interior del RSNJ.

En este sentido, se ha evaluado la calidad del aire por partículas biológicas viables en dos puntos internos del RSNJ, con los siguientes resultados:

Tabla 6-13 Partículas Biológicas Viables

MUESTRAS	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	UFC/m³	CONDICION
AI-01 AA PBV	Recuento Total Bacterias Mesófilas Totales	1736	**Contaminado**
	Recuento de Hongos y Levaduras	87	No Contaminado
	Salmonela	0	Sin observación

Fuente: Manifiesto Ambiental del RSNJ. Elaboración propia.

Tabla 6-14 Partículas Biológicas Viables

MUESTRAS	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	UFC/m³	CONDICION
AI-02 AA PBV	Recuento Total Bacterias Mesofilas Totales	5560	**Muy Contaminado**
	Recuento de Hongos y Levaduras	222	**Ligeramente Contaminado**
	Salmonela	0	Sin observación

Fuente: Manifiesto Ambiental del RSNJ. Elaboración propia.

Donde:

Cuadro 6-8 Códigos y Descripción del Lugar de Muestreo PM10

N°	CODIGO	DESCRPCION DEL LUGAR DE MUESTREO
1	AI-01 AA PBV	Sector Norte Oficinas de SIREMU
2	AI-02 AA PBV	Marcocelda 4 – Banquina 7

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el grado de contaminación por este tipo de partículas, se emplea de manera referencial la tabla de Pierre Boutin[21]. Este parámetro debe determinarse en interiores y exteriores de todos los sitios de evaluación, aunque no existe norma alguna donde nos indique en forma específica la metodología para realizar el muestreo.

Cuadro 6-9 Escala de Pierre Boutin para grado de contaminación

UFC/m³	Cualidad
Menor a 200	No contaminado
De 200 hasta 800	Ligeramente contaminado
De 801 hasta 2500	Contaminado
De 2501 hasta 8000	Muy contaminado
Mayor a 8000	Fuertemente contaminado

Fuente: Bacterial Atmospheric Contamination in Wastewater Treatment Plants; Boutin M. Torre Moline e Boissinot. Advances in Aerobiology. Bimhauser Vertag Basel

Entonces, la calidad del aire para la concentración de partículas biológicas viables en los recuentos de bacterias mesófilas totales y de hongos y levaduras, en las dos ubicaciones establecidas indican el grado de contaminación, además con indicio que a medida que la distancia es mayor al centro de generación de estos microorganismos, su concentración disminuye, ya que su vida promedio es muy corta.

6.12.2.1 El biogás

Compuesto principalmente de metano, gas insoluble que se presenta en un 45 a 65% de total emitido, completando el porcentaje con un 34 a 55% de CO_2 y el resto H_2 y N_2 (existe variación de porcentajes en la bibliografía de referencia como también con lo medido en el trabajo de campo), presenta características que le permiten separarse con facilidad del sistema de fermentación lo que lo hace recuperable e incluso aprovechable como energético, al ser inflamable.

El proceso de generación de biogás y por ende el gas metano, se inicia a partir de la composición de residuos orgánicos donde se encuentran microorganismos que varían en número y diversidad, dependiendo de la composición, humedad, cantidad de los residuos y los parámetros ambientales a los que se exponen, en otro aspecto la uniformidad en la disposición, antigüedad y operación de residuos sólidos dentro del relleno sanitario, va a permitir un mejor control de áreas donde este gas puede ser captado para aprovechamiento o control mediante la quema.

Durante el trabajo de campo se pudo realizar un inventario de los captadores de biogás constatándose que existen 76 captadores con el siguiente detalle:

[21] Bacterial Atmospheric Contamination in Wastewater Treatment Plants; Buotin M. Torre Moline e Boissinot. Advances in Aerobiology. Bimhauser Vertag Basel

Tabla 6-15 Captadores de Biogás Existentes en el RSNJ (1)

Nº	Punto	X	Y	Z
1	Captador de Biogas 1 (Apagado)	593471	8169093	3531
2	Captador de Biogas 2 (Apagado)	593467	8169073	3529
3	Captador de Biogas 4 (Apagado)	593413	8169059	3526
4	Captador de Biogas 5 (Apagodo)	593387	8169053	3526
5	Captador de Biogas 6 (Apagado)	593362	8169054	3525
6	Captador de Biogas 7 (Apagado)	593335	8169050	3524
7	Captador de Biogas 8 (Apagado)	593309	8169052	3524
8	Captador de Biogas 9 (Apagado)	593283	8169057	3520
9	Captador de Biogas 26 (Apagado)	593420	8169190	3554
10	Captador de Biogas 27 (Apagado)	593403	8169177	3556
11	Captador de Biogas 28 (Combustión)	593387	8169176	3553
12	Captador de Biogas 29 (Combustión)	593391	8169199	3556
13	Captador de Biogas 30 (Apagado) Pie de talud	593369	8169186	3542
14	Captador de Biogas 31 (Apagado, Enterrado)	593365	8169186	3552
15	Captador de Biogas 32 (Apagado)	593353	8169172	3536
16	Captador de Biogas 33 (Combustión) Talud Medio	593337	8169183	3541
17	Captador de Biogas 34 (Apagado con Lixiviado)	593369	8169191	3554
18	Captador de Biogas 35 (Combustión)	593367	8169197	3560
19	Captador de Biogas 37 (Combustión)	593308	8169223	3560
20	Captador de Biogas 38 (Combustión)	593351	8169238	3556
21	Captador de Biogas 39 (Apagado)	593317	8169211	3560
22	Captador de Biogas 40 (Apagado con Lixiviado)	593351	8169215	3559
23	Captador de Biogas 41 (Apagado)	593383	8169229	3557
24	Captador de Biogas 42 (Combustión Intermitente)	593394	8169243	3556
25	Captador de Biogas 43 (Apagado con Lixiviado)	593378	8169243	3556
26	Captador de Biogas 44 (Apagado con Lixiviado)	593328	8169243	3556
27	Captador de Biogas 45 (Combustión)	593322	8169253	3557
28	Captador de Biogas 46 (Apagado)	593298	8169262	3557
29	Captador de Biogas 47 (Apagado con Lixiviado)	593319	8169270	3559
30	Captador de Biogas 48-50 (Combustión)	593293	8169278	3559
31	Captador de Biogas 49 (Apagado con Lixiviado)	593289	8169301	3560
32	Captador de Biogas 52 (Combustión Intermitente)	593371	8169261	3557
33	Captador de Biogas 53 (Apagado con Lixiviado)	593344	8169280	3559
34	Captador de Biogas 54 (Combustión)	593403	8169268	3559
35	Captador de Biogas 55 (Combustión)	593373	8169276	3558
36	Captador de Biogas 57 (Combustión)	593299	8169328	3577
37	Captador de Biogas 58 (Combustión)	593318	8169313	3572
38	Captador de Biogas 60 (Apagado)	593368	8169318	3576
39	Captador de Biogas 61 (Combustión)	593379	8169320	3576
40	Captador de Biogas 62 (Apagado)Borde de la terraza	593356	8169347	3565

41	Captador de Biogas 63 (Apagado con Lixiviado)	593281	8169373	3572
42	Captador de Biogas 64 (Combustión)	593271	8169392	3573
43	Captador de Biogas 65 (Apagado)	593298	8169391	3570
44	Captador de Biogas 66 (Apagado)	593337	8169382	3567
45	Captador de Biogas 67 (Apagado)	593352	8169368	3574
46	Captador de Biogas 69 (Combustión) - Central	593307	8169406	3568
47	Captador de Biogas 70 (Combustión)	593290	8169400	3572
48	Captador de Biogas 71 (Combustión baja) - borde perimetal	593252	8169418	3570
49	Captador de Biogas 74 (Apagado)	593249	8169438	3576
50	Captador de Biogas 75 (Apagado)	593260	8169472	3585
51	Captador de Biogas 76 (Apagado)	593285	8169479	3587
52	Captador de Biogas terraza (Entre pozas 1 y 2) combustión media	593354	8169088	3529
53	Captador de Biogas terraza (Borde de talud) combustión media	593320	8169084	3527
54	Captador de Biogas terraza (Borde de talud) combustión media	593387	8169066	3529
55	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593448	8169086	3532
56	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593427	8169101	3532
57	2 Captadores de Biogas lado a lado s/n (Combustión)	593409	8169101	3532
58	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593393	8169094	3530
59	Captador de Biogas s/n (Apagado con Lixiviado)	593376	8169099	3531
60	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593361	8169090	3530
61	Captador de Biogas s/n (Combustión)	593361	8169087	3531
62	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593310	8169063	3527
63	2 Captadores de Biogas lado a lado s/n (Apagado)	593448	8169147	3535
64	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593431	8169162	3533
65	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593394	8169126	3532
66	Captador de Biogas s/n (Combustión)	593377	8169160	3533
67	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593369	8169160	3532
68	Captador de Biogas s/n (Combustión)	593290	8169085	3623
69	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593290	8169085	3623
70	Captador de Biogas s/n (Apagado con Lixiviado)	593320	8169278	3558
71	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593396	8169261	3558
72	Captador de Biogas s/n (Apagado con Lixiviado)	593278	8169243	3561
73	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593273	8169188	3554
74	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593412	8169204	3557
75	Captador de Biogas s/n (Combustión)	593358	8169312	3578
76	Captador de Biogas s/n (Apagado)	593364	8169427	3585

Fuente: Elaboración propia por inspección de campo.

En resumen, existen 39 captadores apagados, 27 en combustión y 10 colmatados con lixiviado.

Tabla 6-16 Resumen Captadores

CAPTADORES	Nº
Apagados	39
Combustión	25
Lixiviados	10
Intermitente	2
TOTAL	**76**

Fuente: Elaboración propia por inspección de campo.

El Anexo 13 f, contiene el inventario de 76 captadores de biogás y con especificación de su status.

A la fecha los captadores cumplen parcialmente su función, se ubican de manera dispersa en las banquinas, se observan captadores con actividad y sin actividad y varios puntos de emisiones fugitivas:

Fotografía 6-63 Colector N° 71 sobre banquina 7
Fuente:Los Alamos IC S.R.L.

Fotografía 6-64 Colector s/n sobre Banquina 7
Fuente:Los Alamos IC S.R.L.

Complementariamente, el trabajo de campo para evaluar la calidad de las emisiones de biogás ha sido caracterizadas tomando en cuenta las siguientes variables:

a. Flujo de gas (presión dinámica, presión estática, velocidad y caudal)
b. Determinación de la densidad del biogás, a partir de la composición química
c. Explosividad

Para llevar a cabo la medición de los parámetros indicados un día antes se deberán apagar los captadores que estarían en combustión.

Los resultados expresan una comparación de orden anterior respecto a la actual que responde a la siguiente aclaración de ubicación y renombramiento de celdas modificadas a causa del evento:

Tabla 6-17 Ubicación de Captadores de Biogás

Ítem	Código	Ubicación
1	AI-01 AA BIO (69)	Macro celda 4, Banquina 7
2	AI-02 AA BIO (66)	Macro celda 4, Banquina 7
3	AI-03 AA BIO (62)	Macro celda 4, Banquina 7
4	AI-04 AA BIO (33)	Macro celda 2, Banquina 3
5	AI-05 AA BIO (30)	Macro celda 2, Banquina 3
6	AI-06 AA BIO (26)	Macro celda 2, Banquina 3
7	AI-07 AA BIO (C1)	Macro celda 1, Banquina 1
8	AI-08 AA BIO (C2)	Macro celda 1, Banquina 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-18 Concentración del Biogás en condiciones normales

Parámetro	Código	M4	Código	M4	Código	M4	Código	M2	Promedio
	AI-01 AA BIO	69	AI-02 AA BIO	66	AI-03 AA BIO	62	AI-04 AA BIO	33	
Coordenadas	593308	8169404	593338	8169382	593355	8169355	593355	8169185	
CH4	36,9		23,4		3,8		35,8		25,0
CO2	22,4		14,4		2,3		22,8		15,5
O2	4,8		13		19,5		6,2		10,9
N2	18		48,8		73,3		23,1		40,8
Otros	18		0,4		1,1		12,1		7,9

Parámetro	Código	M2	Código	M2	Código	M1	Código	M1	Prom. Gral.
	AI-05 AA BIO	30	AI-06 AA BIO	26	AI-07 AA BIO	C1	AI-08 AA BIO	C2	
Coordenadas	593371	8169190	593418	8169198	593362	8169097	593326	8169093	
CH4	13,8		0,2		11		27,6		19,7
CO2	8,9		3,7		6,2		13,9		11,8
O2	15,6		18,7		16,2		11,3		13,2
N2	58,7		70,3		60,9		42,6		49,5
Otros	3,1		2,1		5,6		4,5		5,9

Donde: M: Macrocelda; C: Celda
Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio.

Fotografía 6-65 Captadores de Biogás
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Se han monitoreado ocho (8) chimeneas pertenecientes a 3 macro celdas que emiten biogás a diferentes velocidades, concentraciones y flujos.

Existen variaciones en el flujo de emisión. El mayor valor de flujo medido fue de 1,96 m3/hr (chimenea 2, macro celda 1) y un valor mínimo de 0,98 m^3/hr para la chimenea 62 de la macro celda 4.

La densidad media ponderada del biogás es de 1,185 kg/m3 en condiciones normales y como gas seco. Como gas húmedo el valor es de 1,181 kg/m^3. En las condiciones de operación la densidad del biogás es de 0,7020 y 0,003 kg/m^3.

Se observa que el área no presenta un buen control de emisiones de biogás al identificarse la existencia de emisiones fugitivas a lo largo de toda el área, siendo sus puntos más dinámicos y activos las banquinas 7, 3 y 1 donde se observan captadores de mayor a menor número respectivamente, en la base de cada talud se identifican emisiones fugitivas en constante actividad que llegan a la etapa de autoignición como se identificó en banquina 3 durante la medición de biogás y olores (11/12/2019).

No existen parámetros o límites permisibles de comparación para el biogás. Sin embargo, el porcentaje en la composición de gases presentes van a permitir evaluar si existe una degradación uniforme al interior del RSNJ, comparando con la composición referencial en base a la proveniencia:

Tabla 6-19 Composición del biogás derivado de diversas fuentes

Gases	Desechos Agrícolas	Lodos cloacales	Desechos industriales	Rellenos sanitarios	Propiedades
Metano	50 – 80 %	50 – 80 %	50 – 70 %	45 – 65 %	Combustible
CO_2	30 – 50 %	20 – 50 %	30 – 50 %	34 – 55 %	Acido, asfixiante
Vapor de Agua	Saturación	Saturación	Saturación	Saturación	Corrosivo
Hidrogeno	0 – 2%	0 – 5 %	0 – 2 %	0 – 1 %	Combustible
H_2S	100 – 7000 $[ppm]$	0 – 1 %	0 – 8 %	0.5 – 100 $[ppm]$	Corrosivo, olor, toxico
Amoniaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Corrosivo
CO	0 – 1 %	0 – 1 %	0 – 1 %	Trazas	Toxico
Nitrógeno	0 – 1 %	0 – 3 %	0 – 1 %	0 – 20 %	Inerte
Oxigeno	0 – 1 %	0 – 1 %	0 – 1 %	0 – 5 %	Corrosivo
Organicos	Trazas	Trazas	Trazas	5 $[ppm]$	Corrosivos, olores

Fuente: http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario, "Generación y manejo de gases en sitios de disposición final"

Comparando el total obtenido en las mediciones con valores de referencia a nivel internacional como sigue:

Tabla 6-20 Comparación de mediciones con valores de Referencia

Parámetro	Prom. Gral. % RSNJ	Composición de biogás proveniente de rellenos sanitarios %	Simposio iberoamericano de ingeniería de residuos*	FAO
CH_4	19,7	45-65	30-65	45-70
CO_2	11,8	34-55	20-40	30-45
O_2	13,2	0-5	0-5	0,1-2
N_2	49,5	0-20	5-40	0,5-5
H_2S	-	0,5-100	0-0,01	0,001-0,002
Otros	5,9	-	-	-

Fuente: Elaboración propia en base a resultados y valores referenciales. *Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios 24.09.09 Colombia.

Los valores referenciales otorgan gran variabilidad de porcentaje sobre las fuentes obtenidas debido a las variables sometidas en la composición, fuente y tratamiento de los residuos.

Los datos obtenidos nos permiten concluir que el relleno sanitario genera mayor concentración de metano en relación a CO_2 promovido por una adecuada acción de descomposición de los residuos, sin embargo se observa que la composición del biogás tiene un porcentaje mayor de generación en N_2 respecto a los dos primeros componentes siendo un gas inerte en ese porcentaje, no representa efectos adversos nocivos a la calidad del aire, al mismo tiempo se observa una cantidad de oxigeno como gas que es catalogado (por su proveniencia) como gas corrosivo y tiene un valor más alto que el CO_2, según los resultados obtenidos, esto puede deberse a una insuficiente cobertura térrea esencial para evitar el ingreso de oxígeno y promover la descomposición anaerobia de materia orgánica y así obtener el gas metano como indicador de la degradación completa de residuos.

Esta comparación fue obtenida considerando los puntos de mayor emisión y seleccionando los captadores activos, los resultados caracterizan al área con una disposición no uniforme de residuos y un relleno inestabilizado por el evento del deslizamiento.

6.12.2.2 Olor

Se ha identificado como contaminante atmosférico al olor generado en el RSNJ a partir de la descomposición de materia orgánica que, al igual que las emisiones de biogás se determina que existen gases y compuestos químicos que pueden generar otros efectos sobre la salud de la población expuesta.

La norma UNE-EN 13725: 2004 para la "Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica", define el olor como "*la propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira sustancias volátiles*".

Por tanto, se identifica la contaminación por olores, como uno de los tipos de contaminación de aire mas complejos, debido a su naturaleza difusa y su capacidad de oxidación ante el contacto con la atmosfera, dependiendo del compuesto. Sin embargo, se considera un contaminante ya que puede provocar alteraciones sobre el comportamiento humano y generar respuestas no especificas ya que la percepción entre un individuo y otro también es variable, las características que pueden definir a los olores como contaminantes van a estar definidos por sus propiedades organolépticas, composición química y por el tiempo de exposición.

La caracterización de la percepción del olor y sus efectos a la salud, se basa en el conocimiento de los constituyentes químicos asociados con las emanaciones de olores generados por la descomposición de los residuos sólidos domiciliarios, compuestos químicos de azufre, nitrógeno, cetonas y ácidos grasos volátiles.[22]

El umbral de olor es usado para su detección por el 50% de un panel humano. El ácido sulhidrico tiene el umbral de olor es de 14 mg/m^3como limite máximo de exposición laboral de un puesto de trabajo.

De todas las posibles fuentes de emisión de olores, se identificaron tres (3), en la cuales las emisiones de biogás se presentaban con mayor intensidad. En cada punto se seleccionó el punto de escape representativo. El instrumento de medición muestra y registra entiempo real, el flujo expresado en m^3/hr.

Los puntos georeferenciados fueron los siguientes:

[22] SI2M, Informe Técnico 137/2019.

Tabla 6-21 Determinación de la máxima concentración de SH_2 emitida

N º	Código	Concentración		Q	Área	Qa
		ppm	mg/m³	m³/h	m²	g/(s.m²)
1	AI.01 AA OL	14	21,25	1,5	12000	0,0000007
2	AI.01 AA OL	29	41,02	1,4	12000	0,0000014
3	AI.01 AA OL	32	48,58	2,2	12000	0,0000025

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de laboratorio

Las ubicaciones de los puntos de monitoreo de olor son:

Tabla 6-22 Puntos de monitoreo de olores

N º	Ubicación	Coordenadas UTM GGS 84	Zona	SH_2, ppm
1	Canal de conducción de lixiviados	593440; 8169198	19	14
2	Canal de conducción de lixiviados	593324; 8169180		29
3	Canal de conducción de lixiviados	593404; 8169222		32

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de laboratorio

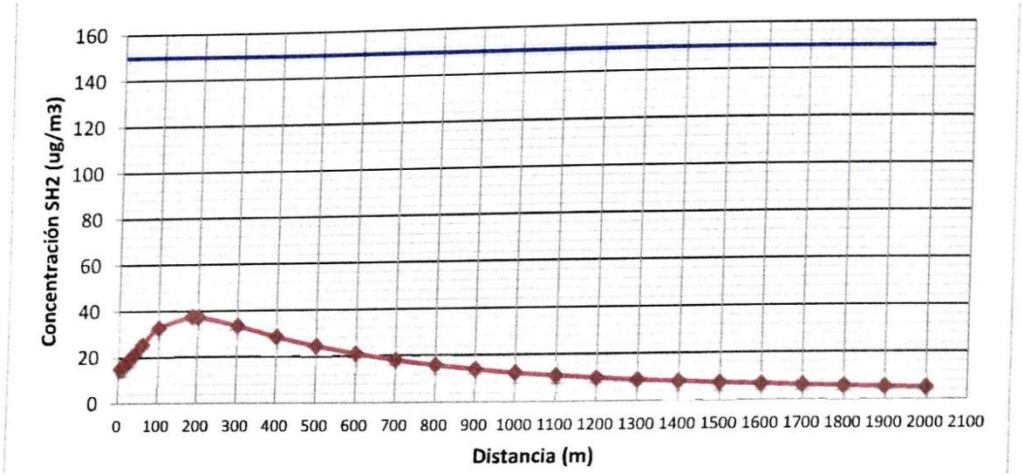


Ilustración 6-27 Perfil de Concentración de SH2 en RSNJ

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de laboratorio

El olor medido en base a la concentración de SH_2, tiene su máxima concentración a una distancia de 185 metros a partir del punto 3, correspondiente a emisión fugitiva en canal de conducción de lixiviado fresco con un valor de 37,67 µg/m³.

A una distancia de 650 m, punto del portón de ingreso desde el punto de emisión, la concentración es de 20 µg/m³, a una distancia de 1.5 km, sector de ladrilleras, la concentración es de 7,56 µg/m³, en ambos casos, no se supera el nivel mínimo sensorial de 31,08 µg/m³. A una distancia de 2.0 km a la redonda, el nivel de olores es de 5,10 µg/m³, muy por debajo del valor de reglamento de SH_2 en el aire igual a 150 µg/m³ (Ilustración 6-27).

Considerando la temperatura de la atmósfera (15,1ºC) y la velocidad del viento (10,7 km/hr), la dispersión de olores no será sensorialmente perceptible en el perímetro del relleno sanitario.

Fotografía 6-66 Medición de la concentración de olor a través del nivel de SH2 en el aire
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

6.12.3 Calidad de agua

6.12.3.1 Aguas superficiales

Las aguas superficiales fueron evaluadas en base al alcance del DBC con cinco (5) puntos de monitoreo; tres (3) puntos en el río Alpacoma (antes del relleno, a la altura del dique 3, a la altura de los diques 1 y 2 y dos (2) puntos en el río Achocalla (antes y después de la confluencia de la quebrada Alpacoma con el río Achocalla).

Los resultados e información específica se detallan a continuación:

Tabla 6-23 Resultados de la calidad de Aguas Superficiales, Quebrada Alpacoma y río Achocalla

Ubicación		**Norte**	8168858	8168491	8168645	8168555	8168580	**Limites permisible CLASE D RMCA - Anexo A-1**
		Este	592975	593339	594839	594877	595032	
		Zona	19	19	19	19	19	
N°	**Parámetro**	**Unidades**	**AG-01 AA ALPA**	**AG – 02 AA ALPA**	**AG – 03 AA ALPA**	**AG – 04 AA ACHO.**	**AG – 05 AA ACHO.**	
1	p H In situ		8,59	8,83	8,34	8,15	8,3	6 a 9
2	Conductividad in SITU	µS/cm	1388	1410	1288	551	792	ND
3	DBO5	mg/l	908	1796	2740	92,5	1296	<30
4	DQO	mg/l	2450	4850	7400	250	3500	<60
5	Cloruros	mg/l	74,37	72,89	75,83	29,84	37,83	500
6	Sulfatos	mg/l	500	1500	2500	250	500	400
7	Nitritos	mg/l	23,5	17,75	30	7	10,25	1
8	Nitratos	mg/l	2850	3050	3450	700	1587,5	50
9	Solidos totales	mg/l	120506	207653	346940	36180	35896	ND
10	Sólidos totales suspendidos	mg/l	69660	206680	342050	35000	93300	60
11	Nitrogeno Amoniacal	mg/l	350	382,5	485	95	97,5	2
12	Fósforo total	mg/l	10	15	10	2,5	5	0,32
13	Sulfuro total	mg/l	1,75	3,75	29	10,25	7,125	1

AA ALPA 261

Ubicación		Norte	8168858	8168491	8168645	8168555	8168580	Limites permisible CLASE D RMCA - Anexo A-1
		Este	592975	593339	594839	594877	595032	
		Zona	19	19	19	19	19	
N°	Parámetro	Unidades	AG-01 AA ALPA	AG – 02 AA ALPA	AG – 03 AA ALPA	AG – 04 AA ACHO.	AG – 05 AA ACHO.	
14	Cianuros	mg/l	1	1	1	0,25	0,25	0,1
15	Aceites y grasas	mg/l	1,1	1,4	1,8	<1,0	<1,0	1
16	Hierro	mg/l	105	140	240	12,5	75	1
17	Manganeso	mg/l	12,75	23,25	39,25	3	9,875	1
18	Plomo	mg/l	0,0013	0,0013	0,0013	0,0008	0,0013	0,1
19	Sodio	mg/l	50,42	49,47	51,67	22,05	26,47	200
20	Mercurio	mg/l	0,0032	0,0033	0,0033	0,0012	0,0012	0,001

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio

Fotografía 6-67 Toma de muestra AG-01 AA-ALPA
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Fotografía 6-68 Toma de muestra AG-02
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Fotografía 6-69 Toma de muestra AG-03 AA-ALPA
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Fotografía 6-70 Toma de muestra AG-04 AA-ALPA
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Fotografía 6-71 Toma de muestra AG-05 AA-ALPA
Fuente: Los Alamos IC S.R.L.

Los parámetros que se encuentran dentro de los límites permisibles para todos los puntos analizados son: pH, conductividad, cloruros (Cl^-) y sodio (Na) con valores de 6-9 escala, 500 y 200 mg/l, respectivamente, además del plomo.

Por su parte, se generó indicadores de calidad de aguas superficiales por medio de la Tabla 6-24 y Gráfico 6-1. Los índices se calcularon dividiendo el valor de laboratorio entre el límite permisible. Exceso de los límites permisibles según Tabla 6-24.

Tabla 6-24 Valores Relativos respecto a Límites de Elementos contenidos en Aguas Superficiales

Atributos Ambientales Factor Agua Superficial	PARAMETROS	SIMBOLO	Valores Relativos					LIMITES PERMISIBLES
			AG-01 AA ALPA	AG – 02 AA ALPA	AG – 03 AA ALPA	AG – 04 AA ACHO.	AG – 05 AA ACHO.	
	pH In situ	pH In situ	0,95	0,98	0,93	0,91	0,92	**9,0**
	DBO_5	DBO_5	30,27	59,87	91,33	3,08	43,20	**30,0**
	DQO	DQO	40,83	80,83	123,33	4,17	58,33	**60,0**
	Cl^-	Cl^-	0,15	0,15	0,15	0,06	0,08	**500,00**
	$SO^=_4$	$SO^=_4$	1,25	3,75	6,25	0,63	1,25	**400,0**
	NO-3	NO-3	23,50	17,75	30,00	7,00	10,25	**1,0**
	NO-5	NO-5	57,00	61,00	69,00	14,00	31,75	**50,00**
	SST	SST	1161,00	3444,67	5700,83	583,33	1555,00	**60,000**
	N	N	175,00	191,25	242,50	47,50	48,75	**2,0**
	P total	P total	31,25	46,88	31,25	7,81	15,63	**0,3**
	$S^=$	$S^=$	1,75	3,75	29,00	10,25	7,13	**1,0**
	A&G	A&G	**1.10**	**1.40**	**1.80**	1.00	1.00	**1,0**
	CN^-	CN^-	10,00	10,00	10,00	2,50	2,50	**0,1**
	Fe	Fe	105,00	140,00	240,00	12,50	75,00	**1,0**
	Mn	Mn	12,75	23,25	39,25	3,00	9,88	**1,0**
	Pb	Pb	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	**0,1**
	Na	Na	0,25	0,25	0,26	0,11	0,13	**200,0**
	Hg	Hg	**3.20**	**3.30**	**3.30**	**1.22**	**1.25**	**0,001**

* Valores superiores a 1, significan que exceden los Límites Permisibles.

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de análisis químicos

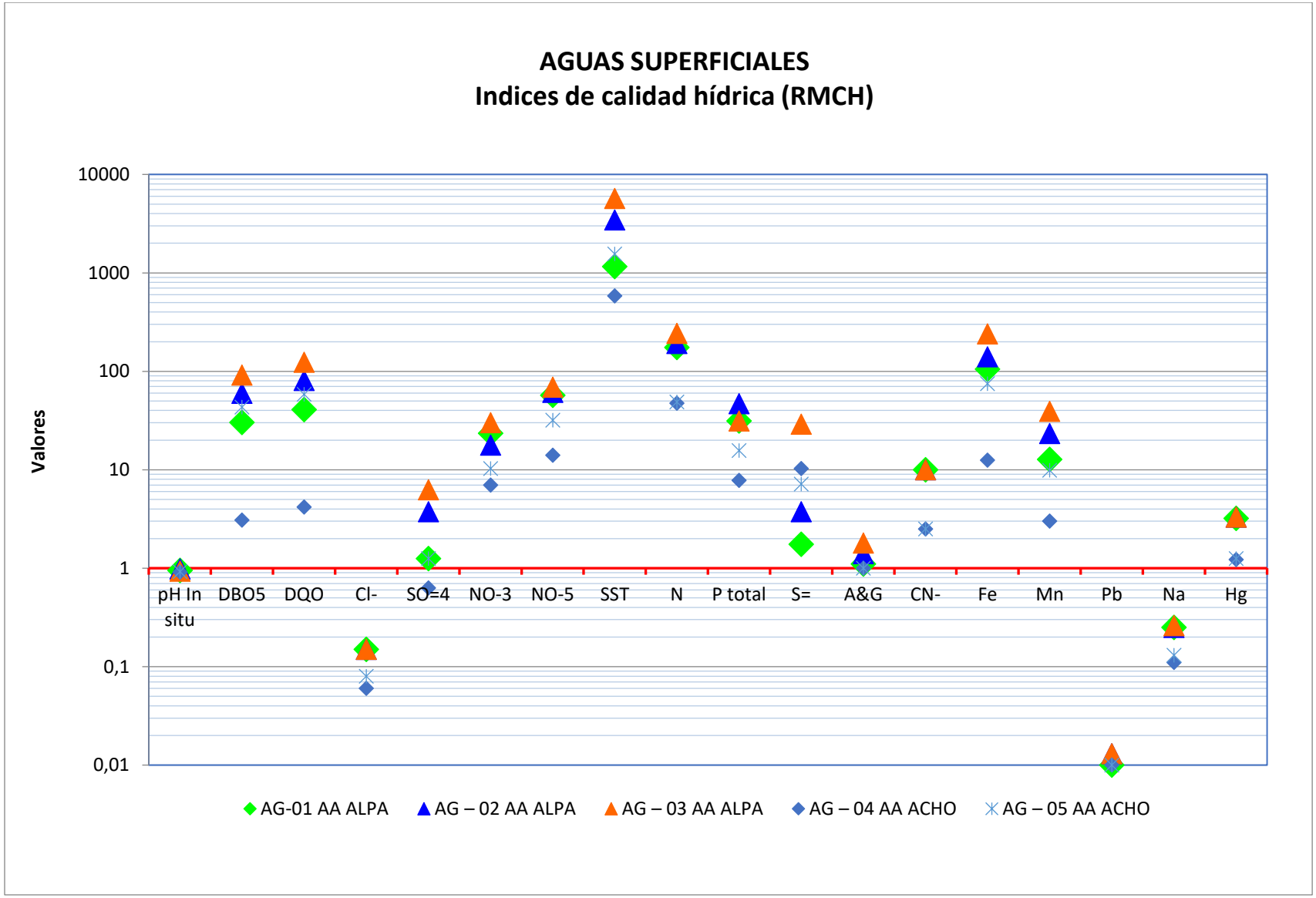


Gráfico 6-1 Aguas superficiales AA Alpacoma
Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de laboratorio

Por medio Gráfico 6-1 se puede verificar que todos los puntos encima del valor 1 exceden a sus límites permisibles, solamente el pH, cloruros y en el punto AG-04 el valor de sulfatos no excede sus límites permisibles.

6.12.3.2 Calidad de Aguas Subterráneas

En los pozos ubicados al interior del RSNJ, y a la altura de los estanques EG 7, 8 y 9 verificar la presencia de napa freática, en caso de encontrar agua subterránea se debe proceder a la medición de la calidad del agua subterránea.

Debido a que los pozos fueron colmatados por el deslizamiento, para cumplir con las exigencias de los Términos de Referencia del DBC, para colectar muestras de agua subterránea, se instalaron cinco piezómetros, de tres se obtuvieron muestras representativas. Además, estos piezómetros, dos someros y uno profundo servirán de control en el mediano plazo para determinar si existen flujos subsuperficiales.

Los resultados de análisis químicos son los siguientes:

Tabla 6-25 Análisis Químicos de Aguas Subterráneas

Ubicación	**Norte**	**8169187**	**8168673**	**8168521**	**Valores de Comparación**	
	Este	**592951**	**593174**	**593297**		
Parámetros	**Unidades**	**AG-01-AA-ALPA-SUB**	**AG-02-AA-ALPA-SUB**	**AG-03-AA-ALPA-SUB**	**Límites Permisible Clase D RMCA - Cuadro A-1**	**Unidades**
p H in situ	Escala	7,2	7,09	8,85	6 a 9	Escala
Conductividad in situ	µS/cm	4750	3190	5300	ND	µS/cm
DBO5	mg/l	7	**380**	4	<30	mg/l
DQO	mg/l	22	**1200**	13	<60	mg/l
Cloruros	mg/l	15,5	110,7	41,8	500	mg/l
Sulfatos	mg/l	278	137,5	95	400	mg/l
Nitritos	mg/l	0,14	0,92	0,24	1	mg/l
Nitratos	mg/l	36,5	0,5	22,8	50	mg/l
Solidos totales	mg/l	5763	58320	9740	ND	mg/l
Sólidos totales suspendidos	mg/l	**1740**	**8710**	**5790**	60	mg/l
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	**10,8**	**46,3**	**7**	2	mg/l
Fósforo total	mg/l	**2,3**	**18,7**	0,1	0,32	mg/l

Ubicación	Norte	8169187	8168673	8168521	Valores de Comparación	
	Este	592951	593174	593297		
Parámetros	Unidades	AG-01-AA-ALPA-SUB	AG-02-AA-ALPA-SUB	AG-03-AA-ALPA-SUB	Límites Permisible Clase D RMCA - Cuadro A-1	Unidades
Sulfuros totales	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	1	mg/l
Cianuros	mg/l	0,01	0,05	0,03	0,1	mg/l
Aceites y grasas	mg/l	**2**	**3**	**2**	1	mg/l
Hierro	mg/l	**44,1**	**124**	**34,2**	1	mg/l
Manganeso	mg/l	0,77	**15,9**	**1,24**	1	mg/l
Plomo	mg/l	0,0009	0.0013	0.0013	0,1	mg/l
Sodio	mg/l	11,3	73,1	28	200	mg/l
Mercurio	mg/l	**0,0011**	**0,0022**	0,0009	0,001	mg/l

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de análisis químicos

Los parámetros de pH, conductividad, plomo, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos, sólidos totales, sulfuros totales, cianuros y sodio, no exceden sus límites permisibles, respectivamente.

Tabla 6-26 Valores Relativos respecto a Límites de Elementos contenidos en Aguas Subterráneas

Atributos Ambientales Factor Agua	PARAMETROS	SIMBOLO	Valores Relativos			PROPUESTA MES
			AG-01 AA ALPA-SUB	AG – 02 AA ALPA-SUB	AG – 03 AA ALPA-SUB	
	pH In situ	pH In situ	0.8	0.8	1	**9,0**
	DBO_5	DBO_5	0.2	12.7	0.1	**30,0**
	DQO	DQO	0.4	20	0.2	**60,0**
	Cl^-	Cl^-	0	0.2	0.1	**500,00**
	$SO^{=}_4$	$SO^{=}_4$	0.7	0.7	0.5	**400,0**
	NO-3	NO-3	0.1	0.9	0.2	**1,0**
	NO-5	NO-5	0.7	0	0.5	**50,00**
	SST	SST	29	145.2	96.5	**60,000**
	N	N	5.4	23.2	3.5	**2,0**
	P total	P total	7.1	57.4	0.3	**0,3**
	$S^=$	$S^=$	0	0	0	**1,0**
	A&G	A&G	0	0.1	0	**1,0**

	CN^-	CN^-	20	30	20	**0,1**
	Fe	Fe	44.1	124	34.2	**1,0**
	Mn	Mn	0.8	15.9	1.2	**1,0**
	Pb	Pb	0.009	0.013	0.013	**0,1**
	Na	Na	0.1	0.4	0.1	**200,0**
	Hg	Hg	1.1	2.2	0.9	**0,001**

Valores superiores a 1, significan que exceden los Límites Permisibles.
Fuente: Elaboración propia con base a resultados de análisis químicos

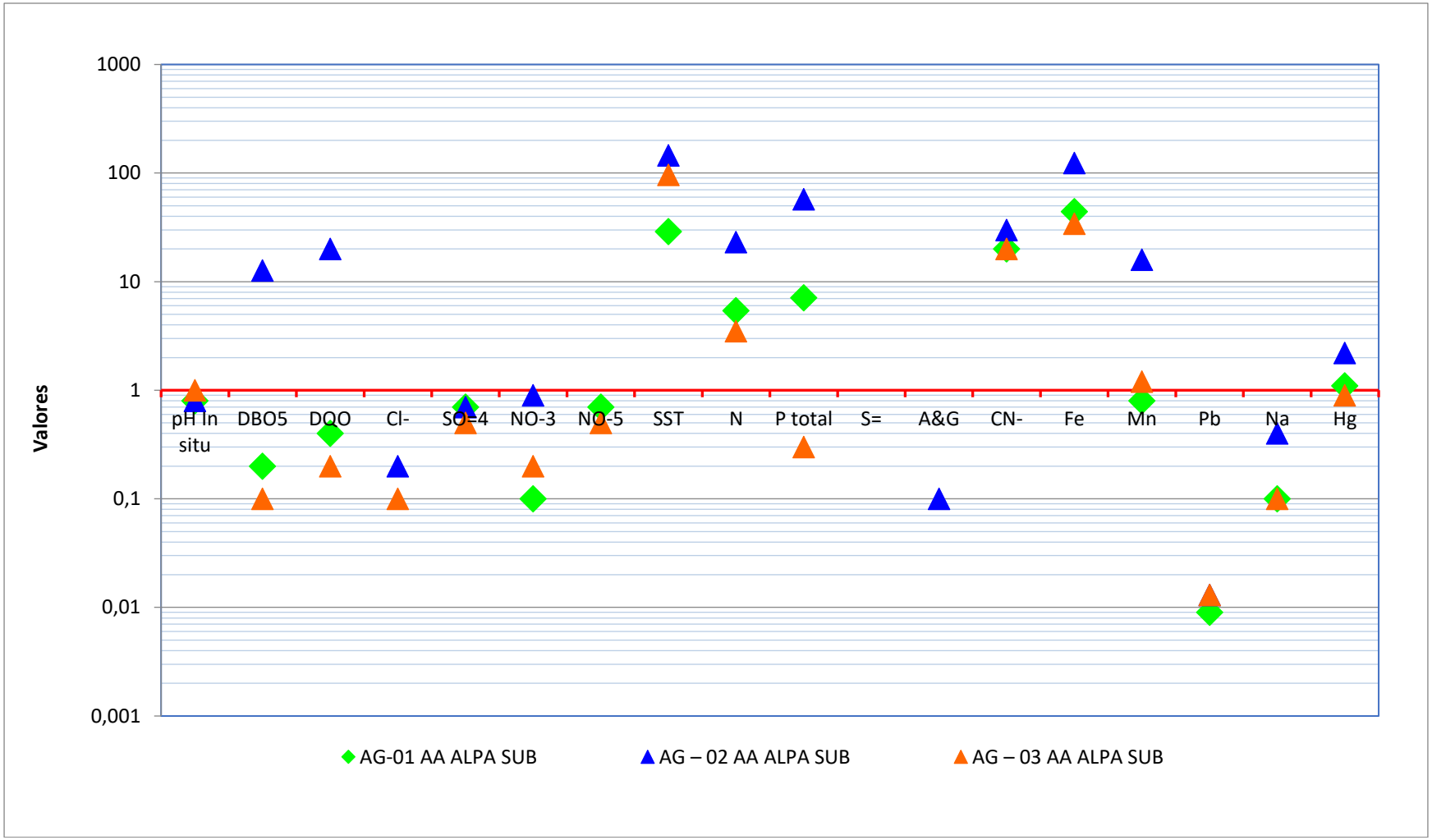


Gráfico 6-2 Aguas Subterráneas
Exceso de los límites permisibles según RMCH
Fuente: Elaboración propia con base a resultados de análisis químicos

Se aprecia que la calidad de aguas subterráneas del pozo profundo AG-02 AA ALPA SUB está con mayor grado de contaminación, fue evaluado a 36 metros ubicado en la parte sur del RSNJ por donde se estima que podría corresponder el flujo de aguas subterráneas.

6.12.3.3 El lixiviado

Como producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, esta sustancia es considerada contaminante potencial de los rellenos sanitarios, identificado en distintas áreas internas del RSNJ.

Antes del evento del deslizamiento las instalaciones del relleno sanitario contaban con estanques de tratamiento de lixiviados descrito en los IMA's, su funcionamiento no era permanente como lo expresa el informe IMA I-2014 en el punto 4.3.3.2 y la generación de lixiviado por tonelada métrica de residuos sólidos contenidos en las celdas no coincidía con la capacidad de los estanques, lo que generó optar por un tratamiento físico de mezcla de lixiviados con material terreo en una proporción de 1 m^3 de lixiviado por cada 4 m^3 de material térreo (cantidad variable en función a la *humedad del material terreo*[23] y a la fuente de información) formando los denominados "queques" los cuales no figuran en la descripción de la actividad punto 3 el Manual de operaciones, ni en el Sistema de Tratamiento de lixiviados Anexos 2 y 15 del Manifiesto Ambiental.

Como se observa en las siguientes imágenes, obtenidas en inspecciones técnicas con personal de la auditoría, el lixiviado no es captado de manera uniforme, existen aforos que respetan la captación del sistema de drenaje, sin embargo, se observa que este sistema es insuficiente ya que existen trabajos de apertura de celdas y bombeo, como control de su generación:

Fotografía 6-72 Talud banquina 7
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-73 Sobre banquina 7
Fuente: Elaboración propia

[23] TERSA, CITE: TERSA GG/045/2018, 23/02/2018.

Fotografía 6-74 Sobre banquina 7
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-75 Base de talud banquina 7
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-76 Pozo de control 10
Fuente: Elaboración propia

Actualmente, el tratamiento de esta sustancia supera la capacidad instalada de los estanques y la efectividad del Sistema de tratamiento integral, como fue desde inicio de operaciones, se observó que la producción de “queques” es realizada como una medida de control y manejo, en el área de ubicación de la Celda 15 al oeste del RSNJ, abarcando un área sin impermeabilización que sobrepasa los límites del predio. Como se observa en las siguientes imágenes:

Fotografía 6-77 Depósito de "queques"
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se incluye la información generada por la presente Auditoría Ambiental para obtener datos que promuevan una evaluación puntual (Ilustración 6-28):

MONITOREO DE AGUA - LIXIVIADOS

FECHA: 17/12/2019
MUNICIPIO: La Paz

CODIGO: AG-04-AA ALPA-SUB

COORDENADA (PROYECCIÓN UTMH19S DATUM WGS84)	X	Y	ALTURA msnm
	593312	8169110	3632

Parametros	Unidades	AG-04-AA ALPA-SUB	Limite permisible edad RS 15 AÑOS	
p H	Unid. De pH a 25°C	8,12		
Conductividad	mS/cm	44,8		
DBO5	mg/L	10015	80	mg/L
BQO	mg/L	23020	400	mg/L
Cloruros	mg/L	21261,5	70	mg/L
Sulfatos	mg/L	180	2	mg/L
Nitritos	mg/L	11.625		
Nitratos	mg/L	662,5	1,6	mg/L
Sodio	mg/L	1402	34	mg/L
Potasio	mg/L	824	39	mg/L
Amonio	mg/L	1,67		
Calcio	mg/L	19,6		
Cadmio	mg/L	6.256	<0,05	mg/L
Cobre	mg/L	1,15	<0,5	mg/L
Cromo	mg/L	0,2		
Hierro	mg/L	14,25	0,6	mg/L
Magnesio	mg/L	286,6	0,06	mg/L
Plomo	mg/L	58.424	1	mg/L
Ziinc	mg/L	1101	0,1	mg/L

FOTO 1

FOTO 2

FOTO 3

FOTO 4

Descripción de la Ubcación del Punto::
Banquina N° 1 del RSNJ, al pie del talud

Observaciones:

Laboratorio Contratado:GreenLab

Ilustración 6-28 Formularios de monitoreo de lixiviados
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6-10 Composición de Lixiviados en función de la edad del Relleno Sanitario

Parámetro	*Edad del relleno sanitario*		
	1 Año	*5 Años*	*15 Años*
Parámetros generales			
pH	5.2 - 6.4	6.3	
Solidos Totales Disueltos	10,000 - 14,000	6,794	1,200
Solidos Suspendidos totales	100 - 700		
Dureza ($CaCO_3$)	3,500 - 5,000	2,200	540
Materia Orgánica			
DBO_5	7,500 - 28,000	4,000	80
DQO	10,000 - 40,000	8,000	400
Macrocomponentes Inorgánicos			
Alcalinidad ($CaCO_3$)	800 - 4,000	5,810	2,250
Cloruro	600 - 800	1,330	70
Nitrato	0.2 - 0.8	0.5	1.6
Sulfato	400 - 650	2	2
Fosforo Total	25 - 35	12	8
Orto Fosfato	23 - 33		
Calcio	900 - 1,700	308	109
Sodio	450 - 500	810	34
Potasio	295 - 310	610	39
Amonio NH_4-N	46 - 482		
Manganeso	75 - 125	0.06	0.06
Magnesio	160 - 250	450	90
Hierro	210 - 325	6.3	0.6
Metales traza			
Cobre		< 0.5	< 0.5
Cadmio		< 0.05	< 0.05
Plomo		0.5	1
Zinc	oct-30	0.4	0.1

Nota.- *Concentraciones en mg/L, a excepción de pH (unidades de pH) y las que se especifican*

Fuente: Kehew, 2001

De 19 parámetros analizados, 13 exceden los límites permisibles referenciales, lo que implica que el lixiviado contiene una carga másica muy alta. Los parámetros significativos son típicos como el DBO_5, DQO, cloruros, sulfatos, nitratos, sodio, potasio, cadmio, cobre (en menor proporción) y metales pesados como el hierro, plomo, zinc y magnesio.

Los valores de referencia han sido obtenidos en base al cuadro anterior que los define en base a la antigüedad del relleno sanitario.

Como se puede observar, la antigüedad del RSNJ no corresponde a los valores de comparación para 15 años, se observa que los resultados no coinciden con la comparación de valores de referencia que corresponden a la edad del RSNJ, lo que denota una descomposición inicial que demuestra que el evento del deslizamiento ha generado una línea divisoria que interrumpe la correlación de etapas de antigüedad por la disposición de las macroceldas iniciales, la fase de degradación que demuestran los resultados indican que la descomposición de los residuos del RSNJ generan un lixiviado acorde a un relleno sanitario de la edad de un año.

6.12.4 Calidad de los Suelos

Respondiendo a las instrucciones del DBC: "*Realizar calicatas en suelo firme (al menos 3, en orientación de la macrocelda 4 hacía el río Alpacoma) de una profundidad de 3 metros y ejecutar muestreo por cuarteo en cada horizonte de suelo identificad",* las calicatas fueron excavadas como se demanda y se obtuvieron cinco (5) muestras, una muestra de la calicata norte, dos del pozo centro y dos del pozo ubicado al sur del RSNJ.

Tabla 6-27 Resultados Analíticos de los suelos del RSNJ

Ubicación	Norte	8169450	8169178	8169177	8168753	8168754	**Límites permisibles***	**Unidades**
	Este	593196	593073	593070	593092	593097		
	Zona	19	19	19	19	19		
Parámetros	**Unidades**	**SS– 01 – 01 AA ALPA.**	**SS – 02 – 01 AA ALPA.**	**SS – 02 – 02 AA ALPA.**	**SS – 03 – 01 AA ALPA**	**SS – 03 – 02 AA ALPA**		
pH (pasta)	Escala	8,76	8,79	9,22	8,85	8,99	6 a 8	escala
Aceites y Grasas	mg/Kg	5,8	3,8	2,6	3,4	2,2	500	mg/Kg
Cobre	mg/Kg	14,31	11,45	1,94	6,69	1,6	30	mg/Kg
Plomo	mg/Kg	7,87	6,42	4,65	6,58	3,46	25	mg/Kg
Mercurio	mg/Kg	2,5	2	1,52	1,85	0,85	0,1	mg/Kg
Zinc	mg/Kg	11,65	8,52	5,48	7,82	5,12	60	mg/Kg
* Criterios referenciales de calidad del Suelo - Norma Técnica de suelos; www.quitoambiente.gob.ec. Biblioteca virtual								

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de análisis químicos

Para la toma de muestras se realizó una evaluación geológica, determinando sus horizontes. A pesar de que la evaluación geológica señaló la homogeneidad de los suelos, de las calicatas 2 y 3 se colectaron dos (2) muestras de cada una.

Su descripción es la siguiente:

Tabla 6-28 Muestreo por Calicatas

Código/calicatas	**Cantidad de Muestras**
SS-01-01 AA ALPA, Pozo 1 material in situ, grava areno arcillosa-arena gravosa	1
SS-02-01 AA ALPA, Pozo 2 material in situ, grava areno arcillosa-arena gravoso	1
SS-02-02 AA ALPA, Pozo 2 horizonte bioturbado o disturbado	1
SS-02-02 AA ALPA, Pozo 3 material in situ, grava areno arcillosa-arena gravoso	1
SS-02-02 AA ALPA, Pozo 3 horizonte bioturbado o disturbado	1
TOTAL	**5**

Fuente: Elaboración propia

Dos parámetros exceden los límites permisibles referenciales asumidos de vecino país del Ecuador por correspondencia cercana. El pH y la concentración de Mercurio (Hg), que de alguna manera se refleja también en concentraciones muy altas principalmente en las aguas superficiales.

Los índices generados para este factor se establecen por comparación a sus límites permisibles para determinar los valores relativos sobre los límites permisibles:

Tabla 6-29 Valores Relativos o Índices de Calidad de los Suelos

Parametros	**Unidades**	**SS– 01 – 01 AA ALPA.**	**SS – 02 – 01 AA ALPA.**	**SS – 02 – 02 AA ALPA.**	**SS – 03 – 01 AA ALPA**	**SS – 03 – 02 AA ALPA**	**Límite**
pH (pasta)	Escala	1,10	1,10	1,15	1,10	1,12	6 a 8
Mercurio	mg/Kg	25	20	15,2	18,5	8,5	0,1

Nota: *Los valores mayores a 1 indican que exceden sus límites permisibles.*
Fuente: Elaboración propia.

A efectos de tener un criterio técnico y conocimiento de la composición de la resultante de las mezclas térreas con lixiviado, se ha realizado el análisis de una porción de los denominados *queques*, sus resultados se demuestran a continuación:

Tabla 6-30 Resultados Analíticos de queque del RSNJ

Ubicación		**Norte**	**8969118**	**Límites permisibles***
		Este	**592831**	
		Zona	**19**	
Parámetros		**Unidades**	**SS-04 AA ALPA**	
1	pH	Escala	8,46	6 a 8
2	Conductividad	mS/cm	1854	2
3	Cadmio	mg/Kg	11,68	0,5
4	Cobre	mg/Kg	14,12	30
5	Cromo +3	mg/Kg	36,45	20
6	Cromo +6	mg/L	21,66	2,5
7	Hierro	mg/Kg	885,4	
8	Plomo	mg/Kg	10,24	25
9	Zinc	mg/Kg	56,25	60
10	Mercurio	mg/Kg	5,42	0,1

*Fuente: Criterios referenciales de calidad del Suelo - Norma Técnica de suelos; www.quitoambiente.gob.ec. Biblioteca virtual

El 60% de los parámetros exceden sus límites permisibles para los parámetros de pH, conductividad, cadmio (Cd), cromo+3 (Cr^{+3}), cromo +6 (Cr^{+6}) y Mercurio (Hg).

Tabla 6-31 Valores Relativos o Índices de Calidad del Queque

Ubicación	**Norte**	**8969118**	**Límites permisibles***
	Este	**592831**	
	Zona	**19**	
Parámetros	**Unidades**	**SS-04 AA ALPA**	
pH	escala	1,06	6 a 8
Conductividad	µS /cm	927	2
Cadmio	mg/Kg	23,36	0,5
Cromo +3	mg/Kg	1,82	20
Cromo +6	mg/L	8,66	2,5
Mercurio	mg/Kg	54,42	0,1

Fuente: Elaboración propia

Los índices generados establecen la calidad de los queques para el presente diagnóstico, se considera muy altos y de enorme impacto sobre el factor suelo, utilizados para *"rellenar cárcavas profundas camino a PTL para lograr el camino de ingreso y plataformas para los estanques. De esta manera como se podrá advertir se utilizó una gran cantidad de queques secos para estabilizar estos sectores y poder aprovechar el terreno de acuerdo al proyecto. Cabe destacar que estos trabajos de gran envergadura siempre fueron coordinados con la Supervisión de SIREMU"*[24].

[24] Nota TERSA, Cite: TERSA GG/045/2018

6.12.5 Medio Físico Biótico

El relleno Sanitario de Alpacoma coincide con el criterio de clasificación y características de vegetación de un piso ecológico o ecoregión puneña, según lo descrito en la clasificación biogeográfica – ecológica propuesta por Navarro y Maldonado (2002) y de ecoregiones por Ibisch P.L. & G. Mérida (eds.) (2003) respectivamente.

En La Paz, esta región ecológica está caracterizada por distribuirse en las planicies y en los cerros y montañas de mediana altitud, bordeando casi todo el valle de La Paz (*Beck et al. 2015*). Por otro lado, una clasificación reciente diferenciada en el sur y sureste del valle de La Paz, define la ecoregión denominada Valles Secos en la parte interna y profunda que ocupa las laderas y los valles de menor altitud (con pisos altitudinales de 3100 a 3500, denominado altimontano o subandino) (Beck et al. 2015). La serie de vegetación en Alpacoma se ve diferenciada por la altitud 3200 a 3400 para una vegetación puneña xérica de la Cordillera Real, y la altitud de 3400 a 4000 del bosque puneño subhúmedo-húmedo de la cordillera Real y Titicaca (Navarro y Maldonado 2002). Ambas alturas son propias de los límites del Relleno Sanitario al norte con 3678 msnm y al sur con 3100 msnm.

6.12.5.1 Vegetación

- ✓ **Muestreo de Vegetación**

El muestreo para el estudio se basa en la toma de imágenes fotográficas y en algunos casos brotes, flores u hojas, que permitan su clasificación taxonómica exacta.

Se desarrollaron dos relevamientos de campo en diferentes puntos del Relleno Sanitario Nuevo Jardín (RSNJ) entre el 28 de noviembre y 04 de diciembre de 2019. (Ver Anexos, Tomo I, Anexo 6, Evaluación de Flora y Fauna).

A nivel macro en el RSNJ se diferenció un área de influencia directa (AID) de prospección, la cual se caracteriza por presentar las actividades de manejo de los diferentes tipos residuos sanitarios; la otra zona, se la denomino área de influencia indirecta (AII) de prospección, la cual es colindante al RSNJ y está ubicada en la ladera Este, y presenta principalmente vegetación natural con niveles de perturbación humana más reducida.

Para el muestreo de vegetación se optó por el método de los transectos, el cual es ampliamente utilizado por la rapidez con que se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación[25]. Así también, este método permite generar datos estimativos sobre cobertura, frecuencia, y dominancia para los índices requeridos en la presente consultoría (Shannon-Wiener, Sorensen e Índice de Valor de Importancia) además de generar una caracterización y clasificación de la vegetación.

En el AII del RSNJ se determinaron previamente 5 sitios de muestreo desde la zona norte al ingreso del RSNJ y hasta la salida en la zona sur hasta el lecho del afluente hídrico más cercano. En los sitios 1 a 4 se realizaron 2 transectos de 50 x 2 m cada uno (0.1 ha c/u), donde se ha determinado y contabilizado las especies vegetales presentes, y se estimó el porcentaje de cobertura vegetal por especie dentro de los transectos. Este mismo procedimiento se desarrolló en la AID del RSNJ, denominándolo sitio 5. Así también, tomando como referencia el camino que conecta el puesto de control de la región sur del relleno en dirección a Mallasilla, se desarrolló una descripción no sistemática de la vegetación (denominada sitio 6). Esta descripción sobre esta carretera, se implementó hasta la confluencia entre el cuerpo de agua que colinda al RSNJ y el rio Achocalla. (Ilustración 6-29).

[25] Mostacedo y Fredericksen, 2000

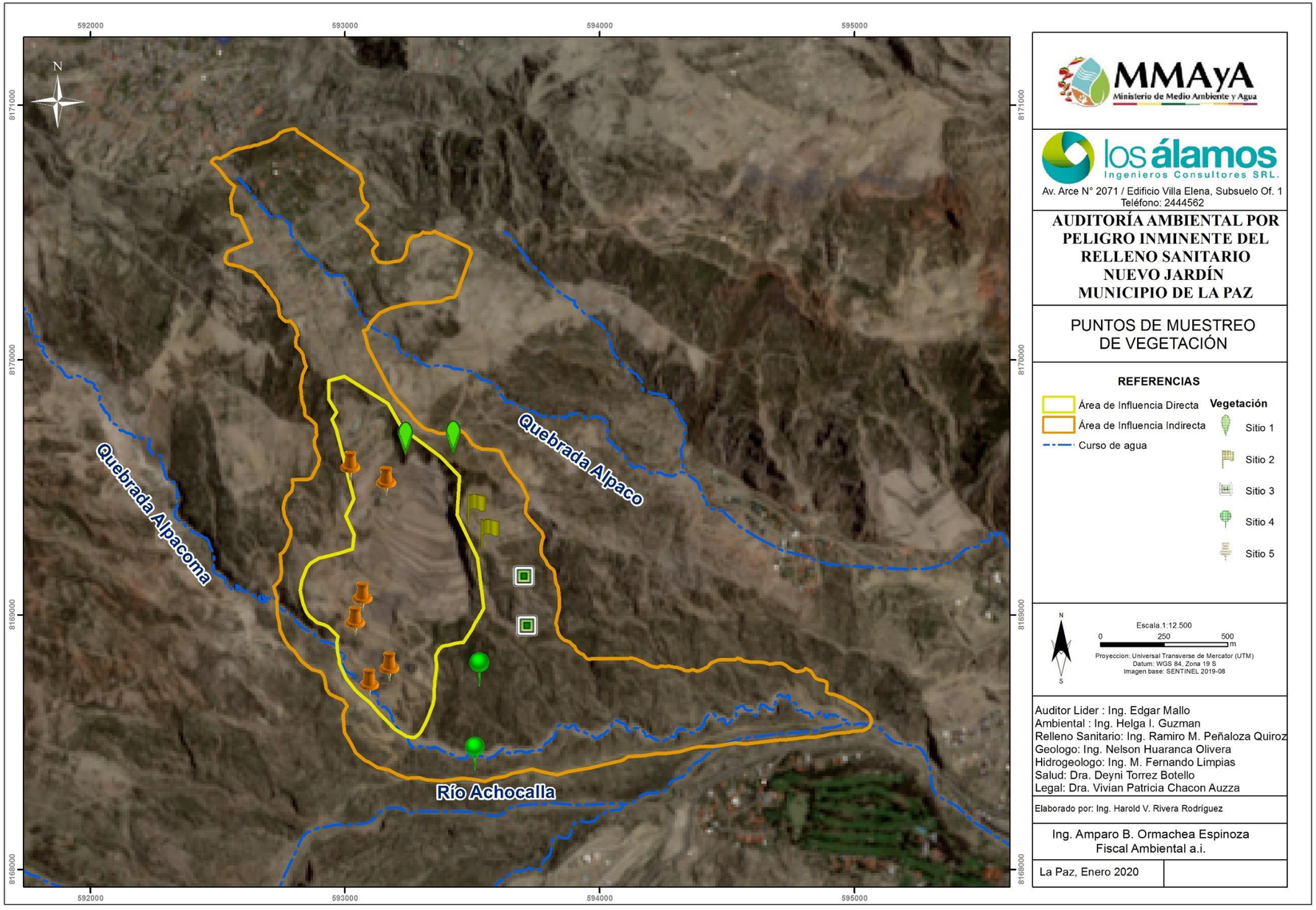


Ilustración 6-29 Mapa de ubicación de los transectos de evaluación de vegetación
Fuente: Elaboración propia

✓ **Descripción de las áreas de muestreo en el RSNJ**

Sitio 1. Desde la parte norte al ingreso del RSNJ se puede apreciar suelos descubiertos por remociones, se puede observar que las especies vegetales están en proceso de regeneración lenta. En los límites externos del ingreso al relleno se aprecia individuos de eucaliptos adultos y algunas otras especies de árboles ornamentales.

Fotografía 6-78 Panorama del sitio 1 cercana a la zona de trabajo del RSNJ
Fuente: Elaboración propia

Este sitio muestra pendientes de 30-40% y el suelo se encuentra descubierto entre un 10 % a 30%, siendo pedregoso y suelto. El estrato herbáceo llega a una altura de 70 cm y el estrato arbustivo alcanza a 1 m de altura.

Transecto 1 Transecto 2

Fotografía 6-79 Línea de transecto 1 y 2 respectivamente
Fuente: Ealboración propia

Sitio 2. Este sitio se encuentra descendiendo unos 270m en línea recta desde el último punto de muestreo de sitio 1 por el lado este, el lugar es una zona donde se ha removido la tierra para realizar un terraplén, aún se observa que la tierra está suelta. Este sitio podría ser de ejemplo de cómo sucede la regeneración de la vegetación después de una intervención

Fotografía 6-80 Panorama del sitio 2. Terraplén en descanso
Fuente: Elaboración propia

Tienen una pendiente de aproximadamente del 70 %, el suelo es areno-arcilloso y descubierto al 60%, ver figura 9. El estrato arbustivo es menor a 1m de altura, las hierbas son escasas y menores a 50 cm, los árboles juveniles están representados por *Nicotiana glauca* con 2 m de altura como máximo.

Transecto 3

Transecto 4

Fotografía 6-81 Línea de transecto 3 y 4
Fuente: Elaboración propia

Sitio 3. Este lugar se encuentra descendiendo desde el sitio 2, es un valle menos pronunciado y amplio. Tiene una pendiente de 20 a 30% aproximadamente. El estrato arbustivo alcanza hasta 1.5 m, el estrato herbáceo es denso hasta 50 - 80 cm, no existe árboles nativos e introducidos. Es una zona que tiene depresiones generadas por erosión natural y existen sendas vecinales que demuestran transitabilidad por la presencia de basura. El suelo es más estable para la vegetación porque no existen remociones

Transecto 5

Transecto 6

Fotografía 6-82 Área de muestreo Sitio 3
Fuente: Elaboración propia

A la izquierda se aprecia una vegetación más densa y continua con poca inclinación en la pendiente, der. un área más profunda donde la vegetación es abundante y bien representada por pastos y cactus.

Sitio 4. Este sitio ubicado al sur, cerca al afluente más cercano del RSNJ y donde ha impactado el deslizamiento, está compuesto por áreas continuas de vegetación herbácea y arbustos pequeños de tholas.

Fotografía 6-83 Vista superior del sitio 4
Fuente: Elaboración propia

El transecto 7 (3515 msnm) se ubica en altura y tiene una inclinación de pendiente de 40% Aprox. una cobertura de vegetación continua. El suelo está poco descubierto (Fotografía 6-84)

Fotografía 6-84 Sitio 4 – Vista del transecto 7 (3515 msnm)
Fuente: Elaboración propia

Sitio 5. Este sitio se encuentra dentro de la zona del RSNJ en áreas donde se desarrollan actividades de implementación de infraestructura (p.e. celdas, oficinas, talleres), remoción de tierra y/o cobertura vegetal, tránsito vehicular; así también este sector incluye el área donde se produjo el deslizamiento. Esta zona del RSNJ se caracteriza por presentar relictos de vegetación natural representados por individuos de *Tessaria fastigiata*, *Atriplex rusbyi* y *Atriplex semibaccata*, especies que estarían demostrando tolerancia a la perturbación.

Fotografía 6-85 Panorama del sitio 5
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6-86 Sito 5 – Transectos implementados en el RSNJ
Fuente: Elaboración propia

Sitio 6. En esta zona a través del camino se puede observar procesos de regeneración de la vegetación (Fotografía 6-87). De manera general existe alta abundancia de cola de caballo o *Ephedra americana* y de *Corryocactus melanotrichus.*

Fotografía 6-87 Panorama Sitio 6
Fuente: Elaboración propia

Salida del RSNJ hacia la carretera vehicular - Zona sur. Ladera con alta abundancia de *Ephedra americana.*

Opuntia sulphurea

Oreocereus fossulatus

Fotografía 6-88 Especies frecuentes en el sitio 6 saliendo del RSNJ
Fuente: Elaboración propia

✓ **Vegetación potencial**

La Vegetación potencial está determinada por la información disponible base del Manifiesto Ambiental, año 2010, como fuente referencial oficial del área del RSNJ, como se detalla a continuación:

Cuadro 6-11 Vegetación potencial

FAMILIA	GENERO /ESPECIE
Cactaceae	*Corryocactus melanotrichus*
Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*
Asteraceae	*Achyrocline ramosissima*
Fabaceae	*Adesmia*
Orobanchaceae	*Agalinis lanceolata*
Alstroemeriaceae	*Alstroemeria cf. Revoluta*
Poaceae	*Aristida adscensionis*
Asteraceae	*Baccharis latifolia*
Cactaceae	*Borzicactus*
Poaceae	*Bothriochloa barbinodis*
Poaceae	*Bouteloua simplex*
Calceolariaceae	*Calceolaria sparciflora*
Pteridaceae	*Cheilanthes bonairensis*
Pteridaceae	*Cheilanthes pruinata*
Poaceae	*Chloris spp*
Convolvulaceae	*Cuscuta grandiflora*
Asteraceae	*Dasyphyllum*
Convolvulaceae	*Dichondra argentea*
Ephedraceae	*Ephedra ruizianum*
Poaceae	*Eragrostis spp*
Asteraceae	*Gamochaeta simplicicaulis*
Asteraceae	*Gamochaeta spicata*
Asteraceae	*Gnaphalium cheranthifolium*
Rosaceae	*Kageneckia laceolata*
Krameriaceae	*Krameria trianda*
Poaceae	*Melica adhaerens*
Poaceae	*Muhlenbergia rigida*
Asteraceae	*Mutisia acuminata*
Pteridaceae	*Notholea nivea*
Cactaceae	*Opuntia*
Parmeliaceae	*Parmelia*
Pteridaceae	*Pellaea ternifolia*
Poaceae	*Pennisetum chilense*

FAMILIA	GENERO /ESPECIE
Piperacea	*Peperomia galioides*
Asteraceae	*Proustia*
Schoepfiaceae	*Quinchamallium chilense*
Rubiaceae	*Richardia coldenioides*
Selaginellaceae	*Selaginella sellowii*
Bromeliaceae	*Tillandsia bryoides*
Bromeliaceae	*Tillandsia capillaris*
Bromeliaceae	*Tillandsia usneoides*
Cactaceae	*Trichocereus bridgesii*
Parmeliaceae	*Usnea*
Asteraceae	*Viguiera australis*
Asteraceae	*Viguiera procumbens*
Alstroemeriaceae	*Zephyranthes viridi-lutea*

Fuente: Elaboracion propia

✓ **Vegetación Real**

- Tipo de vegetación

A partir de la evaluación realizada en el área indirecta y directa del RSNJ, y según Beck et al. 2015, en los sitios muestreados, pueden definirse los siguientes tipos de vegetación.

El sitio 1 y 2 que fueron muestreados, corresponden a la eco región de Puna (semihúmeda) y por su altura estaríamos hablando del piso Andino Inferior.

La vegetación característica se basa en pajonales densos con arbustos dispersos y si hay presencia humana también se encuentra vegetación ruderal. En nuestro caso el sitio 1 y la ladera cercana al sitio 3, pertenecen a esta clasificación.

Este paisaje se ve representado por la dominancia de la *Jarava ichu* y por arbustos bajos de chilas y tholas como *Baccharis boliviensis, Baccharis latifolia*, *Baccharis papillosa* y *Tessaria fastigiata*, en complementariedad al tipo de suelo salino podemos encontrar la presencia de *Atriplex rusbyi*. Como característica de la zona están las plantas endémicas: *Corryocactus melanotrichus* y *Puya meziana* que se dejan apreciar desde planicies hasta laderas de pendiente fuerte.

El sitio 2, muestra como puede ser la regeneración de la vegetación luego de una intervención, en este caso rápidamente se consolidan *Baccharis latifolia, Baccharis boliviensis, Dasyphyllum ferox y Atriplex rusbyi*. De manera particular por la cercanía a un espacio con urbanización aparecen aquellas introducidas de crecimiento rápido como *Malva assurgentiflora* (malva), *Penisetum clandestinum* (pasto común) y *Taraxacum officinale* (diente de león). Los pastos nativos como *Jarava ichu* tomarían más tiempo en su establecimiento.

El sitio 3 y el sitio 4 pertenecen la ecoregión de Valle Seco y al piso altitudinal altimontano o subandino, por su particularidad cercana a la ciudad de La Paz.

La vegetación que caracteriza la zona es de pajonales y matorrales siempre verdes y semideciduos con vegetación xerofítica y presencia de vegetación en las quebradas húmedas.

El sitio 3 se encuentra en el límite o la transición de la eco región de Puna y de Valle seco es por eso que se entremezclan las especies de ambas zonas. Se tiene como representantes al pasto *Jarava ichu* que esta desde la Puna hasta el lecho del afluente más cercano al RSNJ, las tholas y chilcas (siempre verdes) y arbustos de mayor envergadura y tamaño como *Dasyphyllum ferox* (caducifolia) y *Adesmia miraflorensis*, completan los matorrales espinosos característicos del lugar. También se observa la presencia de *Corryocactus melanotrichus* y *Puya meziana* (en mayor densidad). Las depresiones también son cubiertas por vegetación como *Ephedra americana, Atriplex rusbyi* y algunas conspicuas como *Agalinis y Bomarea sp.*

En el sitio 4 la vegetación se va tornando diferente, debido a que se suceden aquellas especies tolerantes a la humedad y de expansión rápida como *Cortaderia sp, Atriplex semibaccata, Penisetum clandestinum y Solanum sp.* Aun con este cambio en composición se perciben algunos elementos que vienen desde la zona más alta del RSNJ como ser *Baccharis latifolia* y *Tessaria fastigiata* que se encuentran sobreviviendo o adaptándose a sus nuevas condiciones que pueden haberse generado por las actividades del RSNJ.

Donde se percibe el mayor efecto de la perturbación humana es el sitio 5 y 6 donde la vegetación no es continua y no contiene la misma diversidad de especies de zonas cercanas y/o similares. La regeneración y/o restauración merece atención por parte del RSNJ.

En el Anexo 5 se muestra el resumen de las especies registradas para esta salida de campo con algunos detalles de importancia como usos, ubicación, etc.

En cuanto a la familia Alstroemeriaceae, no se las ha podido observar porque no están en época de floración ya que ellas tienen tubérculos que están inactivos hasta la temporada de frío donde son visibles con coloridas flores, así que de ellas no tenemos registros, sin embargo, mencionar que una mayoría son nativas y resistentes a las sequías. Tampoco se han logrado registrar ejemplares de la familia Pteridaceae, donde algunas son tolerantes a la sequía y pueden crecer en medio de matorrales en las laderas.

- Especies nativas y endémicas del área de estudio

Las especies nativas que pueden encontrarse en todo el relevamiento están bien representadas por todas las chilcas y tholas mencionadas, siempre son acompañadas de pasto Ichu (*Jarava ichu*).

En cuanto a hierbas nativas características que se han encontrado se distinguen: *Agalinis sp, Bomarea sp, Krameria lappacea y Lepechina meyenii.* Las plantas en roseta también son muy importantes porque pueden crecer en riscos y en suelo plano dando cobertura al suelo y evitar deslizamientos un buen ejemplo son *Puya meziana y Atriplex rusbyi.*

Dentro de las especies arbóreas nativas se encontraron que son escasas y de poca altura como ser: *Adesmia miraflorensis, Senna aymara y Nicotiana glauca,* todas ellas brindan recursos alimenticios a insectos y aves.

Los cactus merecen atención por sus adaptaciones morfológicas (tallos y raíces adventicias), que son un recurso importante para la fauna por la retención de agua y acumulación de azúcar y fibra, y producción de néctar.

El cactus Corryocactus melanotrichus (endémico para Bolivia) ha demostrado estar presente en todos los sitios de estudio, manifestando su potencial resiliencia y adaptación a la perturbación humana. A ella, le acompañan otros cactus nativos como: *Oreocereus fossulatus, Cumulopuntia boliviana y Opuntia sulphurea* que se encuentran discretamente en el paisaje.

La bromelia *Puya meziana* (endémica para Bolivia) está también presente en el área de muestreo, con preferencia se encuentra en zonas con rocas (saxicola) y depresiones donde pueda desarrollarse en grandes rosetas. Sus flores constituyen un recurso para aves e insectos, lo mismo que la disposición de sus hojas permite la acumulación de agua para otros animales y ella misma en época de intenso calor.

En base al Manifiesto Ambiental del RSNJ de 2010 y la lista de especies vegetales generada en 2019, se obtuvo los siguientes resultados presentados en la Tabla 6-32:

Tabla 6-32 Vegetación Real

N°	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GENERO /ESPECIE	ESTATUS	ENDEMICA	USOS
1	Higo de cabo	Aizoaceae	*Carpobrotus edulis*	Cultivada naturalizada	no	Sujeta el suelo, ornamental
2	SD	Alstroemeriaceae	*Bomarea sp*	Nativa	no	Sd
3	Kentara	Amaranthaceae	*Atriplex rusbyi*	Nativa	no	Sd
4	Kentara	Amaranthaceae	*Atriplex semibaccata*	Adventicia	no	Hierba forrajera
5	Molle	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Nativa y cultivada	no	Medicinal, ornamental
6	Cicuta	Apiaceae	*Conium maculatum*	Naturalizada	no	Medicinal
7	Agave	Asparagaceae	*Agave americana*	Cultivada, adventicia	no	Ornamental
8	Thola supa	Asteraceae	*Baccharis boliviensis*	Nativa	no	Combustible y farmacológico
9	Chilca	Asteraceae	*Baccharis latifolia*	Nativa	no	Medicinal tradicional y farmacológico
10	SD	Asteraceae	*Baccharis linearifolia*	Nativa	no	Sd
11	Tanta thola	Asteraceae	*Baccharis papillosa*	Nativa	no	Combustible
12	Anjawaya , Llauli	Asteraceae	*Chrysanthemum coronarium*	Cultivada	no	Ornamental
13	Kanapaco, lechuguilla común, leche leche	Asteraceae	*Dasyphyllum ferox*	Nativa	no	Sd
14	Diente de león, leche leche	Asteraceae	*Sonchus oleraceus*	Naturalizada	no	Medicinal, alimenticia, forrajera
15	Tuyu tuyu, margarita, san marcos	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Naturalizada	no	Alimenticia, forrajera y medicinal
16	Margarita	Asteraceae	*Tessaria fastigiata*	Nativa	no	Medicinal tradicional
17	Warijo	Bignoniaceae	*Tecoma fulva*	Nativa	no	Ornamental
18	Mostaza negra	Brassicaceae	*Brassica nigra*	Cultivada adventicia	no	Medicinal y agronómica
19	Kara	Bromeliaceae	*Puya meziana*	Endemica	si	Ecológico
20	Chapitarwa	Cactaceae	Corryocactus melanotrichus	Endemica	si	Ecológico
21	Kusa kusa y picheka	Cactaceae	Cumulopuntia boliviana	Nativa	no	Ecológico
22	Phusqallo waraqo	Cactaceae	Opuntia ficus-indica	Cultivada naturalizada	no	Alimenticia
23	Tuna	Cactaceae	*Opuntia sulphurea*	Nativa	no	Medicinal
24	Tunilla, airampo	Cactaceae	*Oreocereus fossulatus*	Nativa	no	Ecológico
25	Ciprés	Cupressaceae	*Cupressus sempervirens*	Cultivada	no	Ornamental

N°	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GENERO /ESPECIE	ESTATUS	ENDEMICA	USOS
26	Pinco pinco, p'isgo simi, sanu sanu, cola de caballo	Ephedraceae	*Ephedra americana*	Nativa	no	Medicinal
27	Acacia	Fabaceae	*Acacia retinodes*	Cultivada	no	Ornamental
28	Acacia	Fabaceae	*Acacia spp.*	Cultivada	no	Ornamental
29	Añahuaya, mishuka, ayaculi, llaulinco	Fabaceae	*Adesmia miraflorensis*	Nativa	no	Medicinal tradicional, forrajera, ecológico
30	Tarwi	Fabaceae	*Lupinus sp*	Nativa	no	Forrajera, alimentación y/o ornamental
31	Moto moto, tarkakaya	Fabaceae	*Senna aymara*	Nativa	no	Ornamental
32	Moto moto, tarkakaya	Krameriaceae	*Krameria lappacea*	Nativa	no	Medicinal, ecológico
33	Salvia	Lamiaceae	*Lepechina meyenii*	Nativa	no	Forrajera y medicinal
34	Malvon, malva común	Malvaceae	*Malva assurgentiflora*	Cultivada	no	Medicinal
35	Eucalipto	Myrtaceae	*Eucalipto spp.*	Cultivada	no	Medicinal y construcción
36	Eucalipto	Myrtaceae	*Eucalyptus globulus*	Cultivada	no	Medicinal y construcción
37	Manka panki, sojo sojo	Orobanchaceae	*Agalinis lanceolata*	Nativa	no	Ornamental
38	Manka panki, sojo sojo	Orobanchaceae	*Agalinis sp*	S/d	no	Ornamental
39	Paja brava	Poaceae	*Jarava ichu*	Nativa	no	Forrajera y construcción
40	Sehuenca, sauco	Poaceae	*Cortaderia jubata*	Nativa	no	Forrajera y construcción
41	Sehuenca, sauco	Poaceae	*Cortaderia spp*	Nativa	no	Forrajera y construcción
42	Pasto	Poaceae	*Penisetum clandestinum*	Naturalizada	no	Forrajera
43	Chakatya, chacatea	Sapindaceae	*Donodea viscosa*	Nativa	no	Medicinal y ornamental
44	Quinchimali	Schoepfiaceae	*Quinchamallium chilense*	Nativa	no	Ornamental
45	Ckapo ckapo	Solanaceae	*Lycianthes lycioides*	Nativa	no	Ornamental
46	karalawara, karallanta, mayukara, iawa, palan-palan, qara lawra	Solanaceae	*Nicotiana glauca*	Nativa	no	Ornamental
47	Papa	Solanaceae	*Solanum sp*	Nativa	no	Alimenticia

Fuente: Manifiesto Ambiental 2010; Resultados de las especies vegetales generadas el 2019

6.12.5.2 Fauna

- ✓ **Muestreo de Fauna**

Tomando como referencia los diferentes sectores identificados de vegetación y flora descritos en la sección anterior de vegetación, a continuación, se hace una descripción de la fauna que se pudo identificar principalmente en los grupos de aves y mamíferos medianos. El levantamiento de registros se desarrolló entre el periodo del 23 de septiembre al 4 de diciembre de 2019, los días 27, 28, 29 de noviembre y 4 de diciembre de 2019 se empleo la metodología descrita.

En cada sector la obtención de registros para aves se desarrolló mediante puntos de conteo que estaban separados a una distancia aproximada de 150 a 300m (Ilustración 6-30); en cada punto se registró las aves durante de 3 minutos en un radio de avistamiento de 30m. De forma paralela al momento de realizar el desplazamiento a otro punto de observación de aves, se tomó registros de los otros grupos de fauna (avistamiento, heces, huellas). Los registros de datos para los puntos de conteo se desarrollaron entre las 06:30am a 11:00am y durante todo el tiempo de la estadía en el área de prospección. Cabe remarcar que la distancia entre cada punto de conteo y su número de repeticiones por sector, estaban limitados principalmente por la accesibilidad del terreno.

En relación a la sugerencia propuesta en la Fase I, respecto a utilizar otro tipo de metodologías específicas para el relevamiento de diferentes grupos taxonómicos y especies raras (p.e. trampas cámara para vertebrados terrestres medianos y grandes, trampas pit fall o búsquedas de rastros o individuos empleando mayor tiempo de esfuerzo por día, redes niebla, trampas para insectos), no se las implementaron debido a la limitación de tiempo.

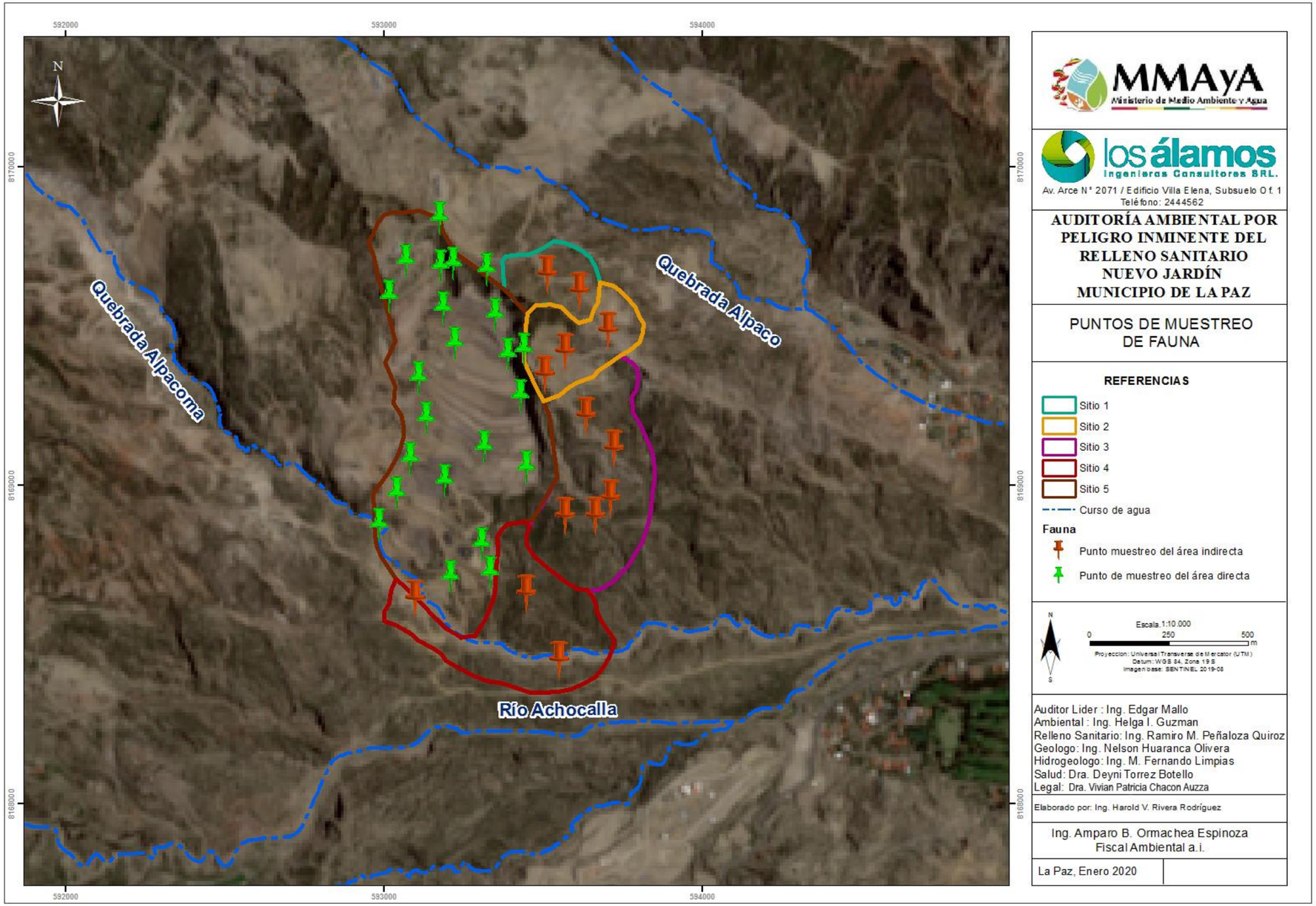


Ilustración 6-30 Mapa de ubicación de puntos de conteo en aves
Fuente: Elaboración propia

6.12.5.3 Especies registradas en general y por sector

Sitio 1

Se registró un total de 15 especies de aves de las cuales 13 corresponden a registros en los puntos de conteo y 2 a las observaciones complementarias mientras se desarrollaban los desplazamientos a otro punto de muestreo.

En este sector las especies más frecuentes corresponden a las especies de *Mimus dorsalis, Turdus chiguanco* que presentan hábitos alimenticios de tipo omnívoro (frugívoro e insectívoro para la primera especie y granívoro, frugívoro y granívoro para la segunda especie). Otra especie que se la observo frecuentemente es *Phalcoboenus megalopeterus,* ave de hábitos alimenticios de tipo carroñero asociada a los farallones, donde se los observa en descanso antes de dirigirse a las áreas de residuos expuestos del relleno para alimentarse. También está la presencia de gaviotas (*Chroicocephalus serranus*) y palomas (*Patagioenas maculosa*) sobrevolando grupos por el sector -no descansado ni alimentándose- antes de dirigirse a la zona de disposición actual de residuos sólidos, para la búsqueda de alimento.

En otros grupos de fauna solo se registró heces del mamífero vizcacha y perros domésticos.

Sitio 2

Se registró un total de 7 especies de aves de las cuales 4 corresponden a registros en los puntos de conteo y 3 a las observaciones complementarias mientras se desarrollaban los desplazamientos a otro punto de muestreo.

En este sector, las especies frecuentes corresponden a las especies de *Zonotrichia capensis, Asthenes dorbignyi* y *Troglodytes aedon,* la primera especie se alimenta de semillas, aunque también consume insectos y una amplia variedad de alimentos o desechos producidos por los humanos, las otras dos especies presentan hábitos alimenticios de tipo granívoro y/o insectívoros[26,27]. Al igual que en Sector 1, las aves más propensas a alimentarse de los desechos dentro el relleno, se las encuentra en "descanso" en los farallones (*Phalcoboenus megalopeterus*) o pasan sobrevolado por el sector (*Chroicocephalus serranus*).

En otros grupos de fauna solo se registró perros domésticos.

Sitio 3

Se registró un total de 7 especies de aves de las cuales 4 corresponden a registros en los puntos de conteo y 3 a las observaciones casuales mientras se desarrollaban los desplazamientos a otro punto de muestreo.

En este sector las especies más frecuentes corresponden a las especies de *Asthenes dorbignyi*. Al igual que en Sector 1 y 2, se observó un comportamiento similar en *Phalcoboenus megalopeterus, Patagioenas maculosa* y *Phalcoboenus megalopeterus*.

En otros grupos de fauna, se registró una especie de lagartija (*Liolemus spp.*), heces de vizcacha en mayor frecuencia y perros domésticos.

[26] Campos, 2017

[27] Gómez, 2017

Sitio 4

Se registró un total de 4 especies de aves de las cuales 2 corresponden a registros en los puntos de conteo y 2 a las observaciones casuales mientras se desarrollaban los desplazamientos a otro punto de muestreo.

En este sector no se evidencia una mayor frecuencia de observaciones por especie. Las especies observadas presentan hábitos alimenticios de tipo insectívoro, nectarívoro y granívoro.

Sitio 5

Se registró un total de 13 especies de aves de las cuales 9 corresponden a registros en los puntos de conteo y 4 a las observaciones casuales.

En este sector las especies más frecuentes corresponden a las especies *Zonotrichia capensis, Spinus atratus, Turdus chiguanco Asthenes dorbignyi, y Mimus dorsalis* que como se describió anteriormente son especies con hábitos alimenticios que van desde generalistas hasta más específicos (p.e. granívoro, insectívoro).

En este sector se observaron congregaciones grandes de poblaciones de aves posadas principalmente en el relleno activo (*Patagioenas maculosa* y *Chroicocephalus serranus*) o posadas en las zonas de tendidos eléctricos (*Patagioenas maculosa*).

En otros grupos de fauna, aparte de perros domésticos, se registró una especie de anfibio en estado de desarrollo.

6.12.5.4 Fauna potencial

La fauna potencial está determinada por la información disponible base del Manifiesto Ambiental, año 2010, como fuente referencial oficial del área del RSNJ, como se detalla a continuación:

Cuadro 6-12 Fauna potencial

ESPECIE	NOMBRE COMÚN
AVES	
Asthenes dorbignyi	Canastero Rojizo
Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina
Phalcoboenus megalopeterus	Kara Kara
Phrygilus punensis	Chubita
Spinus atratus	Chaiñita
Turdus chiguanco	Chiguanco
Zonotrichia capensis	Pichitanka
Colibri coruscans	Lulinchu
Colaptes rupicola	Yaka Yaka
Gallinula chloropus	Gallineta Común
Cinclodes fuscus	Kachiranka
Diuca speculifera	Diuca Aliblanca
Patagona gigas	Colibrí Gigante
Phrygilus fruticeti	Yal Pechinegro

ESPECIE	NOMBRE COMÚN
AVES	
Saltator aurantiirostris	Pepitero Piquigualdo
Sicalis uropygialis	Chiringüe Culigualdo
Spinus uropygialis	Chaiñita
Vanellus resplendens	Leke-leke
Zenaida auriculata	Zenaida Torcaza
Total, aves	19
MAMIFEROS	
Akodon jelsky	Ratón
Phyllotis asilae	Ratón orejón
Total, mamíferos	2
TOTAL	**21**

Fuente: Elaboración propia en base a información de nombres científicos y comunes de Moya et al. 2017; Herzog et al. 2017

Fauna Real

✓ Inventario faunístico

Cuadro 6-13 Inventario Faunístico

Grupo de vertebrados	Especies identificadas en RSNJ	Nombre común	Tolerancia Urbana	Valles secos 2600-3600 m.s.n.m.	Puna húmeda 3600-4500 m.s.n.m.	Presencia confirmada 3100-3700 m.s.n.m.
ANFIBIOS	*Pleurodema sp.*	Rana	Sensibles a urbanización*			Si
REPTILES[1,2]	*Liolaemus sp.*	Lagartija	Sensibles a urbanización*			Si
AVES[28]	*Phalcoboenus megalopterus*	Kara Kara	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Vanellus resplendens	Leke-leke	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Colibri coruscans	Lulinchu	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Patagona gigas	Colibrí Gigante	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Zenaida auriculata	Zenaida Torcaza	Explotadora urbana, más frecuente en amb. urbanos			Si
	Colaptes rupícola	Yaka Yaka	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Cinclodes albiventris	Kachiranka	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Asthenes dorbignyi	Canastero Rojizo	Sensibles a urbanización*			Si
	Turdus chiguanco	Chiguanco	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si
	Zonotrichia capensis	Pichitanka	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si
	Phrygilus punensis	Chubita	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si
	Phrygilus fruticeti	Yal Pechinegro	Sensibles a urbanización*			Si
	Saltator aurantiirostris	Pepitero Piquigualdo	Adaptable a amb. urbanos			Si

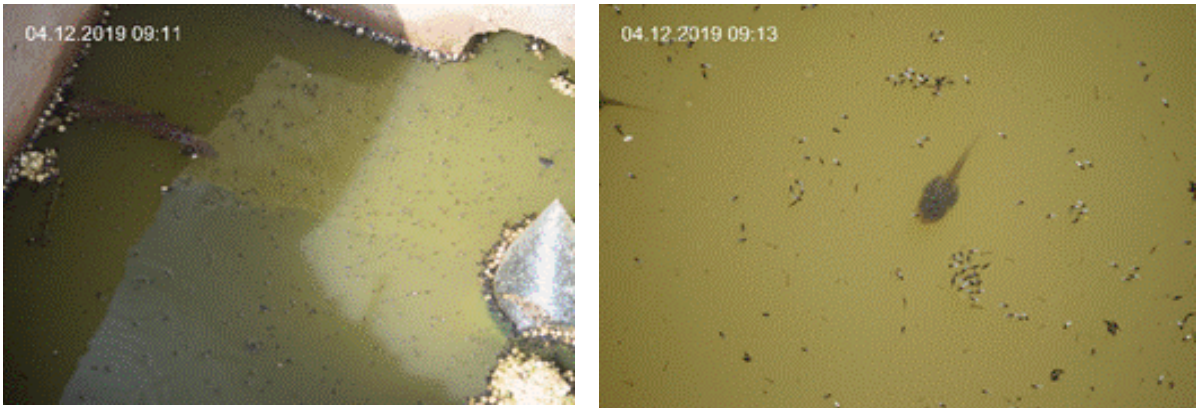
[28] Informe Manifiesto Ambiental RSNJ (2010)

Grupo de vertebrados	Especies identificadas en RSNJ	Nombre común	Tolerancia Urbana	Valles secos 2600-3600 m.s.n.m.	Puna húmeda 3600-4500 m.s.n.m.	Presencia confirmada 3100-3700 m.s.n.m.
	Sporagra atrata	SD	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Sporagra uropygialis	SD	Sensibles a urbanización*			Si
	Registro de especies identificadas para FASE II					
	Mimus dorsalis	Sinsonte castaño	Sensibles a urbanización*			Si
	Patagioenas maculosa	Paloma Moteada	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Sappho sparganurus	Colibrí Cometa	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Falco sparverius	Qilli-qilli	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Phytotoma rutila	Cortarramas argentino	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina Barranquera	Adaptable a amb. urbanos			Si
	Troglodytes aedon	Ratona	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si
	Columbina picui	Tortolita picui	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si
	Mimus dorsalis	Sinsonte castaño	Sensibles a urbanización*			Si
	Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si
	Spinus atratus	Chaiñita	sin información			Si
MAMÍFEROS	*Lagidium viscacia*[2]	Vizcacha	sin información			Si
	Phyllotis osilae[1]	Ratón orejón	sin información			Si
	Akodon jelsky	Ratón	Más frecuente en amb. urbanos			Si
	Canis lupus familiaris[29]	Perro domestico	Explotadora urbana, más frecuente en amb. Urbanos			Si

*especies que son frecuentes en hábitats silvestres, rurales y periurbanos e ingresan eventualmente en márgenes de las urbes
Fuente: Elaboración propia en base al estudio de fauna

Al comparar cualitativamente la riqueza de especies de aves reportadas en 2010 para el área directa de evaluación del RSNJ, con lo registrado entre noviembre y diciembre de 2019, se observa que un 42% de especies registradas en el Manifiesto Ambiental, fueron registradas en la presente consultoría. El restante de especies no registradas reportadas para la gestión 2010, puede deberse a temas de esfuerzo de muestreo, así como características ecológicas y etológicas propias de cada especie. Otro factor es la remoción del hábitat y las actividades constantes de la maquinaria del relleno, factores que pueden determinar que estas especies se desplacen a otras localidades colindantes y/o utilicen infraestructura del relleno (Fotografía 6-89).

[29] DHV Consultores (1998)



Fotografía 6-89 Renacuajos de Pleuroderma sp. observados en una poza en el sector sur del RSNJ
Fuente: Elaboración propia

En contraposición, en aves, se puede observar poblaciones abundantes de otras especies que puede estar en relación a la disponibilidad constante de alimento en el relleno, como es el caso para *Patagioenas maculosa* y *Chroicocephalus serranus* (Fotografía 6-90), especies que se las observa permanentemente en el lado oeste del RSNJ en descanso en su búsqueda de alimentación o en el trayecto hacia las actividades del área de disposición final actual de residuos sólidos.

Fotografía 6-90 Patagioenas maculosa

a) Cerca del área de mantenimiento de maquinaria y b) área actual de descarga de residuos; c) Chroiococephalus serranus en área actual de descarga de residuos

Fuente: Elaboración propia

Si bien, la variación observada puede estar en relación a factores ecológicos o del esfuerzo de muestreo, estas no pueden contrastarse de forma cuantitativa en el grupo de especies que se mantiene en los dos periodos, debido a que el manifiesto ambiental no presenta una línea base de la densidad y/o abundancia relativa de cada especie silvestre.

6.12.6 Estado de conservación actual de las especies

Si bien, los grupos de fauna registrados en el RSJNA en 2010 y 2019 no están bajo alguna categoría de amenaza, se tiene que considerar que estas especies están sometidas en diferente grado y de forma constante, a presiones relacionadas principalmente al cambio de uso de suelo, crecimiento urbano desorganizado, fragmentación del hábitat, contaminación química, introducción de especies exóticas, como es en el caso de diferentes especies en el valle de La Paz[30,31].

Se observa grupos de perros (*Canis familiaris*) en búsqueda de alimento dentro del RSNJ como en sus alrededores. En ese sentido, se debe evaluar por ejemplo si son especies domesticas o asilvestradas (se observó una hembra con tres crías sobre lecho de rio), debido al nivel de riesgo para las poblaciones nativas de fauna, en relación a la transmisión potencial de enfermedades, predación, entre otras; que también incluyen a las poblaciones humanas colindantes al RSNJ[32].

Medio Perceptual (flora y fauna)

Análisis cualitativo de la pérdida de modificación del paisaje

Para este análisis se utilizó la serie de imágenes disponibles en Google Earth desde la gestión 2014 a 2019. En ese sentido de una serie de 99 imágenes revisadas, se presentan 5 imágenes que muestran tendencias de cambios cualitativos “resaltantes”, relacionados a la pérdida de cobertura vegetal y transformación del paisaje que corresponden a este periodo de análisis; la delimitación y descripción de estos cambios, están en relación a las áreas de evaluación que se desarrolló en fauna y flora en el RSNJ.

En 2004, se observaron un proceso de pérdida de cobertura vegetal y remisión de tierra de una ***superficie aproximada***[33] de 0.37ha (Fotografía 6-91), el cual al año 2011 se amplía considerablemente (Fotografía 6-92). En 2018 se advierte que la región sur del RSNJ (colindante con el área de análisis del derrame) presenta leves ampliaciones (Fotografía 6-93), este proceso de cambio en la cobertura de vegetación y remoción del suelo también se pude evidenciar en marzo de 2019 (Fotografía 6-94) y la imagen de octubre 2019 (Fotografía 6-95).

Así mismo, en la serie de imágenes analizada, otros cambios de paisaje resaltantes desde 2010, están ubicados entre la región noroeste a noreste debido al crecimiento de los procesos de urbanización. En contraposición, las zonas ubicadas hacia el sur y sureste fuera de los límites del RSNJ, presentan áreas con “menos” intervención humana y mayor cobertura de vegetación, y por lo tanto mantienen áreas de paisaje natural.

Por último, posterior al evento de derrame, se puede observar que entre la confluencia del cuerpo de agua que pasa por la región Sur del RSNJ y el rio Achocalla el lecho del arroyo se ensancha producto de un proceso de remoción de tierra que implica perdida de cobertura vegetal.

[30] Garitano-Zavala A. y M. Isabel Gómez. 2017

[31] Coca K, y C. Zambrana Torrelio. 2017

[32] Rico et al. 2017

[33] **NOTA:** en esta sección lo indicado como ***superficie estimada*** de pérdida de cobertura vegetal o identificación de patrones de remisión de tierra, son ***referenciales*** ya que tiene por objetivo mostrar cómo se produjeron estos procesos de cambios en el paisaje, ***y no así mostrar estimaciones precisas de la superficie modificada***, análisis que corresponde a ***un trabajo más especializado y la inclusión de otras variables de análisis, que no son parte de este trabajo***.

6.12.6.1 Modificación del paisaje y su relación con la flora y fauna

La cobertura de vegetación tomado como referencia el 2011 (Fotografía 6-92) se muestra con dimensiones y/o bordes conservados y tonos continuos donde existiría la probabilidad de encontrar especies vegetales más representativas de puna y valle seco. Por la lista de especies del Manifiesto Ambiental, estaríamos hablando de plantas de mayor tamaño y cobertura, además de aquellas especies que tienen flores vistosas como cactáceas columnares y más hierbas de la familia Astereacea y Bromeliaceae, que tienen flores llamativas para la fauna.

Mientras transcurre el tiempo se observa una reducción de la cobertura vegetal y aumenta la exposición del suelo por los trabajos propios del relleno, factores que posiblemente han determinado la presencia de especies mejor adaptadas al estrés medioambiental como *Atriplex sp*, *Baccharis sp, Jarava ichu,* entre otras, que fueron registradas en la presente prospección. Muchas veces la fragmentación de paisaje ocasiona que algunas especies se desarrollen mejor por separado de las comunidades regulares.

En aves, la composición de especies del valle de La Paz incluye especies de amplia distribución, probablemente debido a que este entorno ha sido modificado por el ser humano hace miles de años como un ambiente agropecuario, por lo tanto, especies particularmente sensibles a estos cambios ya no están presentes[34]. Este patrón tendería a replicarse en la comunidad de aves que está en el RSNJ, debido a que el conjunto de especies registradas en las dos áreas de prospección directa e indirecta, presentan una amplia distribución y están categorizadas como especies adaptables a las urbes y explotadoras de áreas urbanas[35] debido a que normalmente habitan entornos urbanos con mayor proporción de edificaciones y alteración humana, como la presente en el RSNJ.

En mamíferos la única especie (*Lagidium vizcacha*) registrada varias veces, tiene la capacidad de adaptarse a ambientes antrópicos. En relación a los otros grupos de vertebrados (reptiles y anfibios) se tiene solo un registro, por lo tanto, esta frecuencia puede deberse a un efecto metodológico o al proceso de modificación del paisaje.

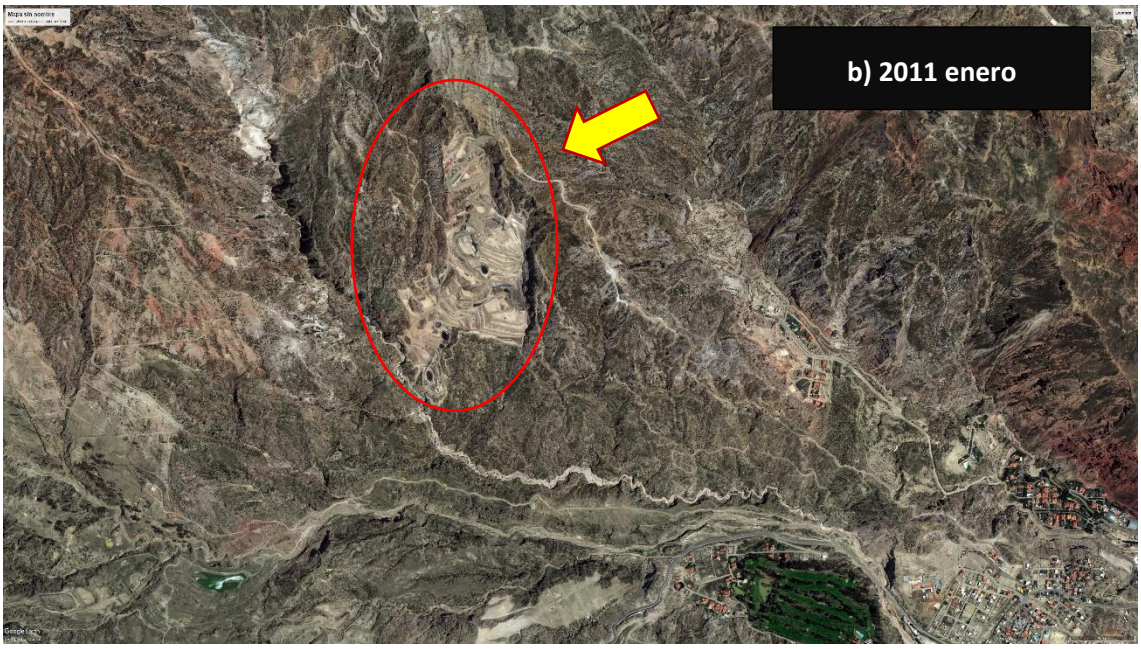
Sin bien, algunas de las especies de fauna registradas pueden ser tolerantes a perturbaciones como la producida en el RSNJ, esto no implica que las poblaciones actuales de especies presentes en el relleno no sean susceptibles a un proceso de bioacumulación y/o biomagnificación[36] por los alimentos que consumen tanto dentro como en las áreas colindantes al RSNJ. Tema que tiene que ser estudiado de forma más específica a mediano y largo plazo en la quebrada Alpacoma.

[1] Garitano-Zavala A. y M. Isabel Gómez. 2017

[2] Garitano-Zavala A. y M. Isabel Gómez. 2017

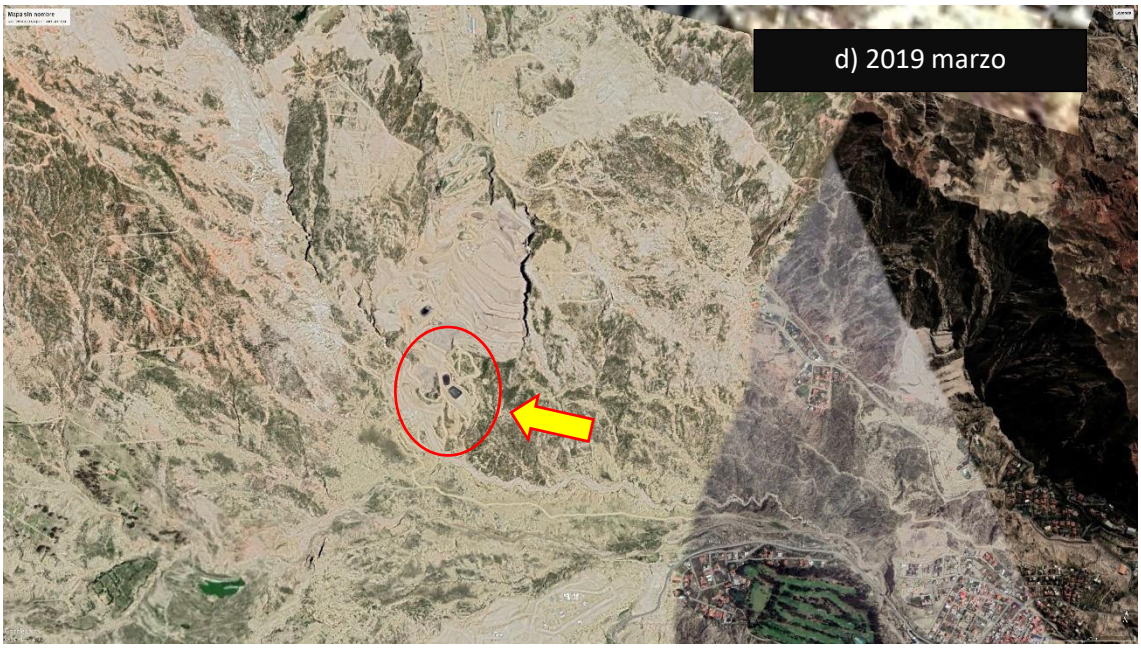
[36] Ejemplo de estudios relacionados con la temática en diferentes grupos taxonómicos: Sánchez-Chardi et al. 2007; Sánchez-Chardiab y Nadal 2007; Voorspoels et al. 2007; Yu et al. 2011; Grisey et al 2012; Chen et al. 2013; Čėsnienė et al 2017; Intamat et al. 2017; Fauziah et al. 2018

Fotografía 6-91 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ – 2004
Donde el polígono rojo indica de forma referencial cambio en cobertura vegetal y remoción de tierra
Fuente: Google Earth

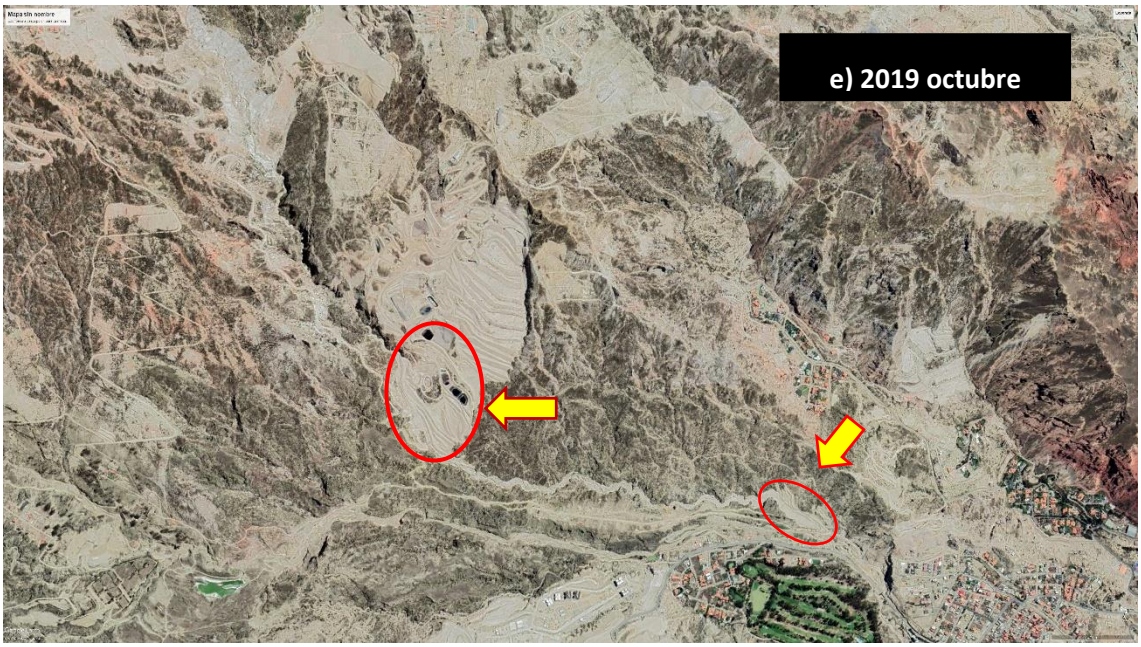


Fotografía 6-92 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - 2011
Donde el polígono rojo indica de forma referencial cambio en cobertura vegetal y remoción de tierra
Fuente: Google Earth

Fotografía 6-93 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - 2018
Donde el polígono rojo indica de forma referencial cambio en cobertura vegetal y remoción de tierra
Fuente: Google Earth



Fotografía 6-94 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - marzo 2019
Donde el polígono rojo indica de forma referencial cambio en cobertura vegetal y remoción de tierra
Fuente: Google Earth



Fotografía 6-95 Serie cualitativa de la modificación de cobertura vegetal en el RSNJ - octubre 2019
Donde el polígono rojo indica de forma referencial cambio en cobertura vegetal y remoción de tierra
Fuente: Google Earth

6.13 Caracterización de Salud, Económica, Social y Cultural

6.13.1 Aspectos de Salud

6.13.1.1 Antecedentes

En el Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, ubicado en la Ciudad de La Paz, se realiza la disposición final de residuos sólidos. La percepción de la comunidad del área vecina al relleno es que éste tiene impactos negativos en la salud de la población, y esta situación se agravó después de la emergencia sanitaria generada por el deslizamiento ocurrido en el relleno en enero del 2019.

6.13.1.2 Objetivo

Evaluar en el área de influencia del relleno sanitario, el impacto sobre la salud, el ambiente social y los costos en salud de los grupos poblacionales vulnerables.

6.13.1.3 Metodología

El estudio fue realizado en la población vecina al relleno sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, seleccionada como control y a los trabajadores del relleno sanitario. Se realizó un estudio descriptivo transversal en grupos considerados “vulnerables” o con mayor probabilidad de presentar efectos adversos por la exposición al Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

6.13.1.4 Presentación

El impacto negativo en salud causado por los rellenos sanitarios es un asunto de creciente preocupación en salud pública. La mayoría de los estudios que evalúan tales efectos sobre las poblaciones vecinas a los rellenos sanitarios, se llevan a cabo por solicitud de la comunidad o de las autoridades sanitarias,

debido a la preocupación generada por reportes sobre contaminación del agua o del aire o por la percepción de olores desagradables provenientes del RSNJ.

La literatura actual menciona que los potenciales efectos de los rellenos sanitarios en la salud de las poblaciones expuestas, van desde aumento en la prevalencia de síntomas auto-reportados tales como fatiga, somnolencia, dolor de cabeza y síntomas respiratorios, hasta bajo peso al nacer, malformaciones congénitas y ciertos tipos de cáncer.

En poblaciones vulnerables como los recién nacidos, el principal efecto encontrado sobre la salud es un ligero aumento de la incidencia de malformaciones congénitas entre las poblaciones que residen cerca a los rellenos, al ser comparadas con poblaciones que residen, por lo menos, a dos kilómetros de distancia del perímetro del mismo.

En los menores de 5 años se ha documentado que los compuestos potencialmente presentes en los RS como los Bifenil-Policlorinados (BPC's) llevan a déficit de atención. Además, en la población adulta mayor, se ha encontrado que la contaminación ambiental actúa sobre condiciones crónicas ya presentes como la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), con un leve aumento de la demanda de servicios, pero con significativo aumento de los síntomas percibidos.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible que la mayoría de los efectos de los rellenos sanitarios sobre la salud humana, exceptuando las malformaciones congénitas, no se manifiesten de manera predominante en el uso de servicios o en la mortalidad, sino a través de condiciones mórbidas poco severas que a la larga actúan sobre las poblaciones vulnerables. Por tal motivo, actualmente se recomienda que la evaluación de los posibles efectos sobre la salud de los rellenos sanitarios, se realice en grupos poblacionales considerados como vulnerables a los contaminantes que dichos rellenos producen.

Los desechos sólidos producidos en el Municipio de La Paz tienen como destino final el Relleno Sanitario Nuevo Jardín ubicado en la Zona Alpacoma. Allí, los residuos son depositados en un frente de descargue, en el que se encuentra un grupo de máquinas que esparcen, rompen las bolsas, acomodan y compactan las basuras.

Con el incremento de la población en los alrededores del RSNJ, aparecieron conflictos relacionados con la percepción de la comunidad sobre la ocurrencia de impactos negativos causados por el relleno sanitario en la salud de la población, situación que se agravó después de la emergencia sanitaria generada por el deslizamiento el 15 de enero del 2019.

No existen datos actuales sobre morbilidad y mortalidad del área de influencia del RSNJ debido a que en el mes de marzo de 2019 recién se construyó el Centro de Salud Alpacoma Distrito 6. Hecho que dificulta el seguimiento y la comparación de los efectos sobre la salud del relleno sanitario y del deslizamiento como tal.

El propósito general de la investigación fue evaluar el impacto de los contaminantes generados en el RSNJ, sobre la salud de los grupos poblacionales vulnerables ubicados en su área de influencia. Al proveer información sobre los efectos sobre la salud que puede ocasionar la cercanía al relleno sanitario, los resultados de esta investigación pretenden ser de utilidad para la toma de decisiones de las comunidades, las autoridades sanitarias, el GAMLP y MMAyA.

6.13.1.5 Aspectos generales en el área salud

6.13.1.5.1 Calidad del aire y el agua

La disposición de residuos sólidos fue el resultado de la necesidad de proteger el ambiente y a la sociedad de los impactos de los métodos alternativos de disposición. No obstante, y a pesar de que los rellenos sanitarios eliminaron muchos de los impactos negativos de las prácticas pasadas, no pudieron controlar de manera completa impactos negativos como la formación de gases y lixiviados.

La generación de gases y lixiviados son consecuencias inevitables del manejo de residuos en rellenos sanitarios. Al disponer los residuos en el relleno sanitario, se forman espacios vacíos entre ellos ocupados con oxigeno (O_2), que inicia la descomposición aeróbica, o fase corta, de la materia orgánica biodegradable. En esta fase se forman dióxido de carbono, agua y otros subproductos. Cuando el O_2 en el relleno sanitario se agota, se inicia la fase anaeróbica de la descomposición que es la fase más importante desde la perspectiva de formación de gases. La generación de gas en un sistema anaerobio depende de diversas variables que incluyen las características de los residuos, humedad, temperatura, pH, disponibilidad de nutrientes y microbios y presencia de inhibidores.

Durante el proceso de estabilización de los residuos sólidos dispuestos en un relleno sanitario se generan desechos líquidos que se filtran a través de ellos extrayendo material disuelto o en suspensión, denominados lixiviados. La composición química de los lixiviados varía según la antigüedad del relleno.

La concentración de una sustancia en el agua dependerá, entonces, de la cantidad de material lixiviado, del residuo, de la capacidad de transporte de su masa y la proporción existente entre la profundidad de la celda y el grado de filtración. Otros factores de importancia son la solubilidad del contaminante, la superficie y tiempo de contacto, y el pH. En la Tabla 6-33, se ilustra la composición típica de un lixiviado en un relleno sanitario.

Tabla 6-33 Composición Típica de Lixiviados en Rellenos Sanitarios según su edad

PARÁMETRO	CONCENTRACION SEGÚN EDAD DEL RELLENO (mg/l)		
	Joven (< 2 años)[37]	Maduro (> 10 años)[38]	Composición Típica Promedio de ARD[39]
pH (unidades)	4.5 - 7.5	6.6 a 7.5	----
DBO_5 (mg/l O_2)	2,000 - 30,000	100 a 200	220
COT (mg/l C)	1,500 - 20,000	80 a 160	160
DQO(mg/l O_2)	3,000 - 60,000	100 a 500	500
SST (mg/l)	200 - 2,000	100 a 400	220
N Orgánico (mg/l)	10 - 800	80 a 120	15
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	10 - 800	20 a 40	25
Nitrato	5 - 40	5 - 10	0
Fósforo Total (mg/l)	5 - 100	5 a 10	8
Alcalinidad $CaCO_3$ (mg/l)	1,000 - 10,000	200 a 1,000	100
Dureza Total $CaCO_3$ (mg/l)	300 a 10,000	200 a 500	---
Calcio Ca (mg/l)	200 a 3,000	100 a 400	---
Sulfatos SO_4 (mg/l)	50 a 1,000	20 a 50	---
Hierro Total Fe (mg/l)	50 a 1,200	20 a 200	---
Coliformes totales (No/100ml)			10 - 10

Fuente: Gestión integral de residuos sólidos. Vol. I. 1994. (b) Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, Vol I, 1995.

[37] Tchobanoglous

[38] Tchobanoglous

[39] Agua residual doméstica

Sin el manejo adecuado, los lixiviados penetran el subsuelo se convierten en una de las fuentes más importantes de contaminación de las aguas subterráneas. Al llegar al fondo o a la capa impermeable, se desplazan lateralmente hasta un punto donde se descargan a la superficie como afloramiento o se mueven a través de la base del relleno sanitario hacía las formaciones sub-superficiales.

Los gases emitidos a la atmósfera desde un relleno sanitario se dividen en gases principales, producidos en mayor cantidad y que proceden de la descomposición orgánica y oligogases. También se producen gases como el metano, el cual tiene características de combustión y explosividad en concentraciones que fluctúan entre 5 -15 %, especialmente cuando migra del lugar y se mezcla con el aire. En la Tabla 6-34 se listan los gases principales típicos de un RS y se señala el porcentaje de los mismos dentro de la composición, este porcentaje depende de la antigüedad del RS.

Tabla 6-34 Composición de los gases en un relleno sanitario

COMPUESTO GASEOSO	PORCENTAJE (base volumen seco)
Metano (CH_4)	45 – 60
Dióxido de Carbono (CO_2)	40 – 60
Nitrógeno (N_2)	2 – 5
Oxigeno (O_2)	0,1 -1,0
Sulfuro (H_2S), Bisulfuros, Mercaptanos	0,0 – 1,0
Amoniaco (NH_3)	0,1 – 1,0
Hidrógeno (H_2)	0,0 – 0,2
Monóxido de Carbono (CO)	0,0 – 0,2
Constituyentes cantidades trazas	0,01 – 0,6

Fuente: Elaboración Propia

Los oligogases tienen dos orígenes: llegan al relleno con los residuos a depositar o se producen mediante reacciones. Los oligogases más representativos de un relleno sanitario fueron obtenidos del estudio realizado por la Gestión Integral de Residuos de California utilizando 66 rellenos. En Europa realizaron otro estudio donde se identificaron 154 compuestos. Muchos de los gases encontrados se clasificaron como Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), con concentraciones significativas en los rellenos mixtos más antiguos (usados para disposición de residuos industriales, comerciales y domésticos). La Tabla 6-35 lista las concentraciones encontradas.

Tabla 6-35 Concentración típica de oligogases

COMPUESTO	CONCENTRACION (ppb[b])		
	Mediana	Media	Máxima
Acetona	0	6.838	240.000
Benceno	932	2.057	39.000
Clorobenceno	0	82	1.640
Cloroformo	0	245	12.000
1,1 Dicloroetano	0	2.901	36.000
Diclorometano	1.150	25.694	620.000
1,1 Dicloroeteno	0	130	4.000
Clorodietileno	0	2.835	20.000
trans 1,2 Dicloroetano	0	36	850
Dicloroetileno	0	59	2.100
Etilbenceno	0	7.334	87.500
Metil-etil-cetona	0	3.092	130.000
1,1,1 Tricloroetano	0	615	14.500
Tricloroetileno	0	2.079	32.000
Tolueno	8.125	34.907	280.000
1,1,2,2, Tetracloroetano	0	246	16.000
Tetracloroetileno	260	5.244	180.000
Cloruro de Vinilo	1.150	3.508	32.000

COMPUESTO	CONCENTRACION (ppb[b])		
	Mediana	Media	Máxima
Estirenos	0	1.517	87.000
Acetato de Vinilo	0	5.663	240.000
Xileno	0	2.651	38.000

Fuente: Cantidades trazas en rellenos sanitarios de Residuos Sólidos Urbanos, California.

En condiciones normales, durante la descomposición, la velocidad medida para la producción de gas es máxima durante los primeros 2 a 5 años cuando se degradan los sólidos rápidamente biodegradables, luego desciende y continua así durante 25 a 50 años19.

Según los estudios realizados a la fecha, los gases emitidos por un relleno sanitario pueden contener hasta 150 componentes a nivel de trazas los cuales afectan la atmósfera local a través de olores molestos, formación de ozono troposférico (oxidante fotoquímico) y a nivel global contribuyen al efecto invernadero y al adelgazamiento de la capa de ozono.

Con base en estudios realizados por la EPA, se encontró que los rellenos sanitarios se ubican como la fuente de emisión de compuestos peligrosos al aire, siendo los principales los Compuestos Orgánicos No Metanogénicos (NMOC), que bajo la forma de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) representan el 85% de éstos en rellenos mixtos. Otros compuestos de igual importancia son el Metano (CH_4) y el Dióxido de Carbono (CO_2), generados en el relleno sanitario durante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica.

Otro de los gases emitidos por el relleno sanitario es el ácido sulfhídrico (H_2S) cuyo principal efecto es la generación de olores desagradables. Este compuesto al entrar en la atmósfera reacciona y produce entre otros el Dióxido de azufre (SO_2) que puede ocasionar efectos adversos en salud como obstrucción severa de las vías respiratorias, hiperreactividad bronquial, conjuntivitis, irritación de las mucosas, tos, incremento en el ritmo cardiaco y exacerbaciones de enfermedades cardiovasculares.

Del total de gases emitidos a la atmósfera por un relleno sanitario el Metano (CH_4) representa entre el 45 al 50% y hace parte de los hidrocarburos cuya presencia además de ser uno de los causantes del efecto invernadero, actúa sobre la salud humana generando problemas en el sistema nervioso central, irritación ocular, visión borrosa y dificultad respiratoria. La exposición a bajos niveles ocasiona sensación de hormigueo, mareo, convulsiones y coma.

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) son aquellos líquidos o sólidos orgánicos con presión de vapor a temperatura ambiente superior a la de la atmósfera (0.01 psi), que se evaporan a razones significativas. Probablemente constituyen la segunda clase más extendida y diversa de emisiones después de las partículas.

Dentro de los COV más comunes en los rellenos sanitarios se encuentran el Benceno, el Tolueno, el Etilbenceno y el Xileno (BTEX), los cuales se forman a partir de la degradación biológica en condiciones aeróbicas. El origen de estos compuestos en los rellenos se debe a su amplia utilización en la industria como solventes y agentes desengrasantes, procesos de refrigeración, agentes espumantes y propelentes que son recibidos en los rellenos como desechos industriales. Una investigación realizada en Estados Unidos con los gases emitidos a través de 23 rellenos sanitarios mostró que el 85% de ellos contenían benceno.

La inhalación aguda o la exposición oral a altos niveles de benceno causan síntomas y signos de toxicidad en el sistema nervioso central en humanos y animales. Efectos como mareo, vértigo, temblores, narcosis y arritmias cardiacas se han observado después de exposiciones agudas letales y no letales. La hemotoxicidad es el efecto sistémico más notorio y característico de la exposición intermedia y crónica a benceno, todos los tipos principales de células sanguíneas son susceptibles

(eritrocitos, leucocitos y plaquetas). Un hallazgo clínico común es la citopenia que se manifiesta en el descenso de varios elementos celulares como anemia, leucopenia o trombocitopenia en humanos.

Los efectos en el sistema nervioso humano por inhalación de tolueno están bien documentados. Estudios con voluntarios bajo condiciones controladas de exposiciones entre 75-150 ppm, muestran daño neurológico leve detectable en la mayoría de los sujetos, concentraciones entre 200-800 ppm pueden producir excitación y obnubilación, mientras que exposiciones a más de 800 ppm causaron inhabilidad intelectual, sicomotora, neuromuscular y narcosis. Exposiciones crónicas inducen narcosis y euforia, daño neurológico residual o permanente, cambios estructurales en el cerebro, temblores, psicosis paranoica, alucinaciones recurrentes, deterioro en el habla, escucha y visión.

Los efectos en salud causados por la mezcla de orto, meta y para-xilenos parecen ser similares, aunque los isómeros individuales no son necesariamente iguales. Estudios en humanos y animales indican que el sistema nervioso central es el mayor y más sensible objetivo de la intoxicación por inhalación o vía oral del xileno. Estudios experimentales en humanos indican que la exposición aguda por inhalación a xileno produce deterioro en la memoria a corto plazo, deterioro en el tiempo de reacción, disminución en el desempeño en habilidades numéricas y alteraciones en el equilibrio y el balance corporal.

Los gases y las partículas en el aire tienen dos orígenes el antropogénico y el natural. El antropogénico se genera a través de la combustión industrial (madera, carbón y combustibles derivados del petróleo), procesos productivos como el realizado en ladrilleras y los procesos de transporte, disposición, cubrimiento y estabilización de los residuos sólidos, entre otros (169). En el origen natural participan procesos como los incendios forestales, la erosión eólica y las erupciones de los volcanes.

Las partículas con diámetros menores a 10 micrómetros (PM10) más comunes en la troposfera están compuestas por elementos inorgánicos como los metales de los cuales se destacan el Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti y el Va y Pb que provienen de la combustión en vehículos a motor. En zonas urbanas contaminadas es común encontrar los compuestos de sales de nitrato, de sodio, de bromo y yodo, ácidos, sulfatos y óxidos de nitrógeno.

Los componentes orgánicos de las partículas son complejos, ya que parte de ellos proviene de los procesos de combustión y otros de fuentes naturales. En la zona urbana se tienen compuestos orgánicos mucho más complejos procedentes de los procesos antropogénicos: aromáticos, aldehídos, ácidos n-alcanóicos, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), óxidos del HAPs y sus derivados, estirenos y otros.

Independientemente de la composición de la partícula y basados solo en su diámetro, la exposición a ellas puede incrementar los trastornos cardíacos y pulmonares existentes e incluso contribuir a la muerte en los sujetos susceptibles (mujeres en embarazo y/o lactantes, bebes, infantes, enfermos crónicos, adultos mayores e inmunocomprometidos). Desde el punto de vista de los síntomas agudos, se ha observado que producen alergias e irritación de las vías aéreas superiores e inferiores. Su acumulación en las vías respiratorias inferiores puede producir enfermedades del tipo de la silicosis y la fibrosis pulmonar.

Se ha sugerido que el poder tóxico de las partículas en los ambientes urbanos proviene de su alta composición en partículas ultrafinas (diámetro < 10µm). Aunque gravimétricamente su concentración no sea muy alta, estas partículas pueden ocasionar la exacerbación de los problemas respiratorios e incrementar la coagulación plasmática.

Los olores son el principal resultado de la presencia de pequeñas concentraciones de compuestos (esteres, sulfuro de hidrógeno, organosulfurados, alquillbencenos, limoneno y otros hidrocarburos) en los gases del relleno sanitario emitidos a la atmósfera. Los olores pueden variar ampliamente desde

relativamente dulces hasta amargos y ácidos dependiendo de la concentración de los constituyentes del gas. Estas concentraciones varían con la composición del residuo y su edad, el estado de descomposición y velocidad de generación de gas y la naturaleza de la población microbiana, entre otros factores.

Las concentraciones bajas de olor influencian el desarrollo normal de la vida humana, su importancia se basa más en la tensión sicológica que en el daño que pueda causar sobre el organismo. Los olores molestos pueden reducir el apetito, inducir a menor consumo de agua, producir desequilibrio respiratorio, náuseas y vómito y crear perturbaciones mentales.

En condiciones extremas pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, inferir en las relaciones humanas, desanimar la inversión de capital, hacer descender el nivel socioeconómico y reducir el crecimiento. La distancia a la cual se dispersan los olores desde de los límites del relleno sanitario depende principalmente de las condiciones meteorológicas (viento, temperatura, presión, humedad).

La calidad del agua es uno de los factores más influyentes en la mortalidad y morbilidad en países en vías de desarrollo. Tradicionalmente, la calidad microbiológica del agua de consumo ha sido la principal preocupación, sin embargo, dado el avance en el conocimiento sobre los peligros en la exposición a sustancias químicas, también se ha tornado importante para la opinión pública y en particular para el sector salud, el control de su calidad química.

El origen de los contaminantes en el suelo y aguas superficiales, varían desde la infiltración de sustancias del suelo, escorrentías de actividades agrícolas, descargas controladas de tratamiento de aguas residuales de plantas industriales y descargas no controladas de lixiviados de relleno sanitario.

Al hablar sobre el grado de calidad del agua ha de referirse a los usos a que se destina. Los criterios establecidos para determinar la calidad del agua destinada a consumo humano son de tipo organoléptico, químicos, físicos y microbiológicos buscando como fin último la protección de la salud.

Dentro del marco teórico de calidad del agua, es importante tener en cuenta las características de las fuentes de abasto utilizadas por la comunidad y el agua de consumo proviene de cisternas que abastecen cotidianamente tanques de aprovisionamiento.

6.13.1.5.2 Rellenos sanitarios y efectos en salud.

El manejo de los residuos sólidos genera interés creciente a nivel mundial, debido a las dificultades que implican su procesamiento y disposición final; la estrategia más utilizada ha sido la disposición de estos desechos en el relleno sanitario. Sin embargo, a pesar de contar con todas las especificaciones técnicas, los rellenos no son completamente inocuos para la salud humana. Varias investigaciones han detectado un incremento del riesgo de problemas de salud, entre las poblaciones que habitan cerca a los rellenos sanitarios.

La relación entre contaminantes ambientales y la salud humana es un proceso complejo. Las exposiciones son de dosis bajas y los efectos en salud tienen lugar después de tiempos relativamente largos de exposición, lo cual contribuye a que esta asociación sea difícil de establecer. En consecuencia, el riesgo relativo por la exposición continua es posiblemente bajo, pero el riesgo atribuible en la población puede llegar a ser alto si la cantidad de personas expuestas es grande, lo que convierte este problema en un hecho muy importante en salud pública.

Hasta el momento la mayoría de los estudios acerca del impacto en salud producido por los rellenos sanitarios han sido llevados a cabo a petición de las comunidades habitantes en su área de influencia, lo que puede haber introducido sesgos en la medición de los resultados. Además, dichas

investigaciones han sido retrospectivas, con falencias en la medición de la exposición, dando lugar a la posibilidad de mala clasificación no diferencial y a la potencial dilución de los efectos en las medidas de asociación.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) actualmente recomienda que las mediciones del impacto de los rellenos sanitarios sean hechas en poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas, en neonatos, en niños o en adultos mayores. La población infantil, por su constitución fisiológica y anatómica, sumada a patrones de comportamiento particulares, constituye una población especialmente susceptible al efecto de agentes externos, como son los contaminantes producidos por los rellenos.

6.13.1.5.3 Peso y Talla

Factores determinantes. La velocidad de crecimiento, talla y peso definitivos, son determinados en parte por factores genéticos, evaluados generalmente por la estatura de los padres, en especial por la talla materna. La ingesta adecuada de macro y micro nutrientes, es un determinante importante de la velocidad de crecimiento. Esta ingesta a su vez es determinada por múltiples condiciones sociales, culturales y económicas propias de cada grupo poblacional.

La densidad de habitantes por vivienda y la educación materna sirvieron como índices de pobreza, pero no se relacionaron a la línea de base o al patrón de crecimiento.

La presencia de comorbilidad[40], determina la velocidad de crecimiento, el peso y talla finales del individuo. Los episodios de enfermedad respiratoria y diarrea, por ejemplo, pueden disminuir temporalmente la velocidad de crecimiento, en particular la ganancia de peso, y si estos episodios son muy frecuentes, es posible que el niño no alcance a recuperarse lo que afectaría su talla y peso definitivos.

Contaminación y crecimiento. El crecimiento pondo-estatural es un proceso biológico complejo, susceptible de ser afectado por diversos factores. En los últimos años, se han realizado diversas investigaciones que relacionan las alteraciones en el crecimiento con los niveles de contaminantes ambientales.

En un estudio realizado en niños preadolescentes, se evaluó el impacto de la calidad del aire en la ganancia de talla, ajustando por talla parental y otros confusores. Durante 2 años se evaluaron 1.044 niños en una cohorte prospectiva, se hicieron 2 mediciones de talla, se midieron los niveles de material particulado y dióxido de azufre (SO_2) en 4 puntos de monitoreo, se midió además contaminación al interior de sus viviendas y se ajustó por género, talla al nacimiento, educación y talla de los padres. En el seguimiento, utilizando un modelo de regresión linear, ajustando por las variables confusoras, se encontró que los niños y las niñas del área más contaminada fueron 0.26cm y 0.14cm más bajos ($p<0.01$) comparados con el área control. La talla de los padres y su nivel de educación no fueron significativos en el modelo.

Algunas investigaciones han detectado un incremento del riesgo de diversos problemas de salud entre las poblaciones que habitan cerca a los rellenos sanitarios. Uno de los sitios más estudiados en cuanto a polución causada por un relleno sanitario ha sido el Love Canal en New York. La ruta de exposición de ese sitio no pudo ser bien determinada. El agua potable no estaba contaminada y los químicos detectados fueron principalmente solventes orgánicos, ácidos clorinados e hidrocarbonos, incluyendo benceno, vinil clorado, bifenil policlorinados, dioxinas, toluenos, tricloroetileno y tetracloroetileno. Se estudiaron 493 niños que vivían cerca al canal y se aparearon con 428 que residían fuera del área de

[40] La presencia de enfermedades coexistentes o adicionales en relación con el diagnostico inicial, CAT Barcelona.

influencia. Se tomaron medidas antropométricas, la talla de los padres, otras variables sociodemográficas e información acerca del estado de salud. Los grupos eran similares en cuanto a talla de los padres y la mayoría de las variables sociodemográficas. Los niños nacidos y que habían pasado al menos 75% de sus vidas en el área cerca al canal (n=172) tenían una talla para la edad en percentiles menores que el grupo control (n=404) (percentil 46.6 + SE 2.2 vs. 53.3 + SE) con una p=0.004. La diferencia no pudo ser explicada por otras variables como diferencias en la talla de los padres, estrato socioeconómico, nutrición peso al nacer o enfermedades crónicas. El peso promedio para la edad en percentiles fue de 50.1 + SE 2.2 para expuestos compararlo con 53.1 + SE 1.4 para los controles, aunque esta diferencia no fue significativa.

Medición de peso y talla.

El uso y la interpretación de las mediciones del crecimiento, pueden variar según se refieran al individuo o a la población. En este último caso, se hace énfasis en el uso de la talla y el peso. Con estas mediciones y basados en curvas de referencia, se construyen los índices de talla para la edad (t/e), peso para la edad (p/e) y peso para la talla (p/t), cada uno de los cuales tiene un significado específico en términos de la evolución o los resultados del deterioro del crecimiento56. La distribución de estos índices puede ser expresada en términos del score-z, de los percentiles y del porcentaje de la mediana.

Los estudios realizados hasta el momento acerca del efecto de la contaminación en el crecimiento, no han utilizado medidas estandarizadas como el score-z para el análisis de las variables antropométricas. En particular, el estudio más conocido acerca de rellenos sanitarios y su efecto en el crecimiento pondo-estatural tuvo en cuenta una sola medición de peso y talla, por lo que no se tomó en cuenta el posible efecto de los RS en la velocidad de crecimiento.

6.13.1.5.4 Síntomas respiratorios en niños

La ocurrencia de síntomas respiratorios bajos e irritativos en niños se ha encontrado asociada a factores individuales, familiares, intradomiciliarios y ambientales. Entre los factores individuales se ha encontrado un mayor riesgo de ocurrencia en niños en edad preescolar, con deprivación de la lactancia materna y falta de vacunación.

Como parte de las características familiares, la tenencia de mascotas en la casa, específicamente el tener perros durante la infancia, se ha asociado con dificultad respiratoria, sin importar las diferencias por sexo, edad, exposición a tabaco y nivel educativo.

Actualmente las investigaciones sobre factores causales de enfermedad respiratoria han enfatizado la evaluación del papel de la contaminación ambiental como causa de alteraciones en la salud respiratoria. Entre los factores ambientales, el PM10 se ha encontrado asociado a una mayor prevalencia de tos, producción de esputo y rinorrea en niños, así como a efectos acumulativos que se manifiestan en la edad adulta.

Así mismo, se han reportado asociaciones entre los niveles de PM10 y consultas médicas (RR = 1.11; IC 95%:1.04–1.19) y entre NO_2 y tos (RR = 1.05, IC 95%:1.00–1.10), sin importar factores meteorológicos y el nivel ambiental de polen.

Algunos autores han relacionado la ocurrencia de síntomas respiratorios con la cercanía a rellenos sanitarios. Así, en estudios de carácter retrospectivo, se ha sugerido una relación entre los niveles de sulfuro de hidrógeno encontrados en el aire de comunidades residentes cerca de rellenos sanitarios y el reporte consistente de dolores de cabeza, de garganta y de irritación en los ojos.

En la conducción de estudios orientados a establecer los efectos de los rellenos sanitarios sobre la ocurrencia de síntomas respiratorios, se ha sugerido tener en cuenta varias recomendaciones

metodológicas. Entre estas recomendaciones, se ha hecho énfasis en tener especial cuidado con el auto-reporte de síntomas, dado que se ha encontrado una notificación más consistente de síntomas respiratorios en quienes percibían como una amenaza la contaminación, que en aquellos que no se percibían amenazados, tanto en las zonas cercanas a rellenos sanitarios como en los residentes en zonas de control. Así mismo, se ha dilucidado que el reporte de síntomas por parte de los padres tiende a seleccionar los síntomas más severos, mientras que los reportados por los niños tienden a hacer énfasis en síntomas leves a moderados.

6.13.1.5.5 Enfermedad Diarreica

La ocurrencia de enfermedad diarreica aguda se ha asociado a factores individuales, familiares y de la vivienda principalmente.

La disposición final de las basuras se ha convertido en un problema ambiental de grandes proporciones en muchos países. En algunos sitios se ha determinado que 5% de los residuos sólidos son pañales desechables y papel utilizado para aseo personal. Este tipo de contaminación, ha generado una hipótesis sobre el rol que juegan los residuos sólidos contaminados con materia fecal en la permanencia y la transmisión de patógenos entéricos (virus, bacterias, parásitos, etc.). Aun así, se han planeado pocos estudios para comprobar dicha hipótesis, hasta el momento los estudios que han encontrado relación entre el manejo de residuos sólidos y enfermedades intestinales no han sido diseñados con dicho objetivo y casi siempre están dirigidos al manejo intra-domiciliar de la basura y no como una exposición de tipo ambiental.

En consecuencia, no se han construido marcos de trabajo para aproximarse a la relación entre manejo ambiental de los residuos sólidos y la producción de enfermedades gastrointestinales. Por tal motivo, es necesario aproximarse al estudio de dicha relación desde marcos teóricos más generales como el de las rutas de exposición a contaminantes de rellenos sanitarios de la CEPIS37. Bajo este marco de trabajo, las rutas de exposición por agua y por suelo, serían las rutas más plausibles para la transmisión de entero-patógenos a los seres humanos.

De esta manera, para esclarecer si los contaminantes de un relleno sanitario están relacionados con la ocurrencia de enfermedad diarreica aguda en una población es necesario establecer y diferenciar los efectos de las variables individuales, familiares y de la vivienda de los potenciales efectos de la contaminación ambiental generada por un relleno sanitario.

6.13.1.5.6 Síntomas respiratorios en adultos.

La ocurrencia de eventos adversos en la salud respiratoria de la población adulta mayor puede enmarcarse en el modelo del “Campo de la Salud”, propuesto por Marck Lalonde (Ilustración 6-31) que tiene por propósito promover la adquisición de conocimientos y habilidades suficientes. Dado que, en términos generales, el estado de salud de una población es producto de la interacción de múltiples factores que la incrementan, la preservan o la deterioran. De acuerdo a este modelo, se proponen 4 grandes categorías de factores determinantes de la salud como son: los estilos de vida, el medio ambiente, la biología humana y la organización de los servicios de salud.

Con un entendimiento amplio de estas cuatro categorías de factores, se entiende que la determinación de la situación de salud no es un proceso simple, mecánico, con claras relaciones de causa efecto como se aceptaba en anteriores modelos epidemiológicos, sino, más bien, un proceso complejo, dinámico, cambiante de una realidad a otra, en que los factores determinantes actúan en forma de red de interacciones y no en forma lineal; y para lograr un estado de salud es necesario que estos factores estén en equilibrio.

La proporción en que cada una de estas grandes categorías de factores determinantes, afectan la situación de salud de la población, se ha intentado cuantificar y las cifras propuestas en este sentido corresponden a un 43% para el estilo de vida, la biología humana con un 27%, el medio ambiente y el entorno un 19% y finalmente la organización de los servicios de salud con un 11%.

Lo importante es que estos factores son modificables, al menos teóricamente, y por ello las acciones de salud pública deben dirigirse hacia esa modificación.

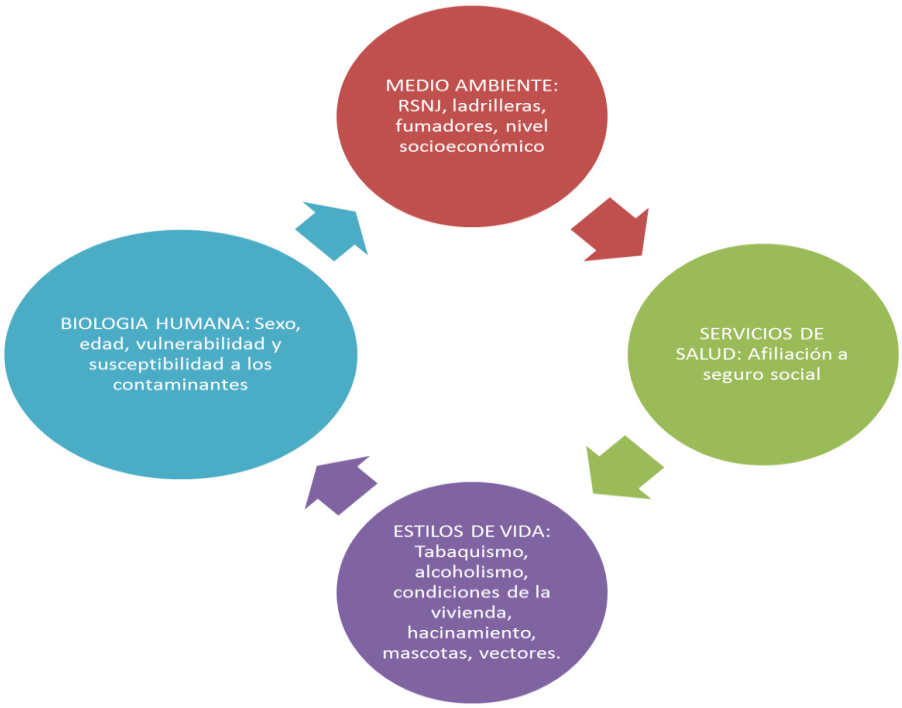


Ilustración 6-31 Modelo del Campo de la Salud de Marc Lalonde (1974)

(Aplicado a los factores asociados a la ocurrencia de síntomas respiratorios)
Fuente: Marc Lalonde (1974)

Como se ha descrito anteriormente la literatura menciona como efectos potenciales de los rellenos sanitarios sobre las poblaciones que residen en su área de influencia problemas de salud generales como son un incremento en las tasas de cáncer de hígado, leucemia y linfoma, aumento del riesgo de bajo peso al nacer en niños expuestos durante la edad gestacional, muerte neonatal, aborto espontáneo y malformaciones congénitas. Igualmente, un número importante de síntomas autorreportados que incluyen síntomas respiratorios, irritaciones en piel, nariz y ojos, problemas gastrointestinales, fatiga, dolores de cabeza, desordenes psicológicos y alergias, entre otros.

En general los efectos en salud producidos por los contaminantes atmosféricos característicos de rellenos sanitarios se han establecido de acuerdo al tiempo de exposición a éstos. Los efectos agudos producidos por exposiciones a cortos periodos, se han encontrado principalmente en estudios de series de tiempo. Tal impacto en salud corresponde a incrementos en la mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiaca e incremento en las admisiones hospitalarias, también se evidencian efectos sobre la función respiratoria, incremento en los síntomas característicos de vías respiratorias inferiores y en el uso de medicamentos en pacientes asmáticos.

En poblaciones vulnerables como los ancianos, se ha reportado incremento en las admisiones hospitalarias por Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y asma. También se han

documentado cambios presentes en la prevalencia de condiciones respiratorias como tos y expectoración crónica, dificultad respiratoria diurna y nocturna y disnea de esfuerzo, asociados a incrementos en las concentraciones promedio anual de contaminantes como NO_2, SO_2, TSP, PM10 y O_3, que de igual forma están presentes en los rellenos sanitarios.

Estudios adicionales acerca de los efectos sobre las admisiones hospitalarias, reportaron asociaciones entre incrementos de 100mcg en los valores diarios de PM10 y todas las admisiones por alteraciones respiratorias, neumonía, EPOC y muertes por EPOC.

Los estudios realizados acerca de los contaminantes e infección respiratoria aguda (IRA) o síntomas respiratorios en general en niños y adultos, sugieren una relación con dichas infecciones no confirmadas microbiológicamente, sino basadas en criterios clínicos, síntomas y uso de los servicios de salud. En consecuencia, poco se sabe del espectro de agentes infecciosos involucrados o si esos contaminantes incrementan la susceptibilidad a las infecciones o exacerban las condiciones mórbidas preexistentes resultando en infección.

Es claro que todos los efectos mencionados arriba actúan principalmente sobre los grupos poblacionales vulnerables (niños y ancianos); sin embargo, las características específicas que hacen vulnerables a dichos grupos no han sido claramente identificadas. No obstante, existe evidencia de que las personas con limitaciones sociales, los ancianos y personas con preexistencia de síndromes respiratorios, cardiacos o diabetes son más susceptibles a los efectos en salud producidos por la contaminación del aire.

En menor medida se han estudiado los efectos de exposiciones crónicas a los contaminantes. Los principales efectos calculados se han basado en 2 estudios de cohorte americanos. Los efectos estimados sobre la salud general de las poblaciones, se han asociado con incrementos de 10 mcg/m^3 en la concentración de los contaminantes. Se ha estimado un incremento de casi dos veces el riesgo de muerte para elevaciones de 10 $\mu g/m^3$ en las concentraciones promedio anual de los contaminantes.

Adicional a los contaminantes descritos, en los rellenos sanitarios los daños en la salud de las poblaciones también se producen por otras sustancias liberadas en ellos, tales como cadmio, arsénico, cromo, níquel, dioxinas, PAHs, las cuales son consideradas potentes carcinogénicos, efecto evidenciado en experimentos con animales, o en estudios de personas expuestas a altos niveles. Además de su alta carcinogenicidad, dichos contaminantes pueden producir otros efectos tóxicos (de acuerdo al nivel de exposición y de la duración) sobre el sistema nervioso central (SNC), hígado, riñones, corazón, pulmones, piel y efectos reproductivos. Adicionalmente las sustancias químicas como las dioxinas y organoclorados que son lipofílicos, pueden acumularse en los tejidos grasos y producir desordenes endocrinos y reproductivos.

Las altas concentraciones de Partículas inhaladas (IP) y de Partículas Respirables (RP), encontradas en las zonas de depósito de basura con incineración son altas, es improbable que estas partículas alcancen los alvéolos pulmonares, pero pueden causar irritación e inflamación no específica de la vía aérea superior al actuar sinérgicamente con sustancias oxidantes o microorganismos.

Entre los contaminantes mencionados producidos en los rellenos sanitarios se encuentra el Ozono (O_3), el cual es uno de los oxidantes fotoquímicos, que se produce secundariamente a partir de otros contaminantes por la radiación solar, principalmente del NO y VOC.

Los principales efectos sobre la salud de este contaminante, han sido evaluados a partir, de exposiciones experimentales controladas y por estudios epidemiológicos, en donde se han establecido principalmente los efectos de la exposición a cortos periodos de tiempo. Tales efectos incluyen incremento en la mortalidad, en las admisiones hospitalarias de origen respiratorio, en los síntomas

respiratorios, cambios en la función pulmonar, hiperreactividad bronquial e inflamación de la vía aérea. En el proyecto APHEA (Air Pollution and Health: a European Approach), se encontró un incremento del 2.9% en la mortalidad asociada con elevaciones en 50mcg/m^3 en los niveles diarios de NO.

Otros de los contaminantes es el Dióxido de Azufre (SO_2), los efectos sobre la salud producidos por este incluyen disminución de la función pulmonar, incremento en la resistencia de la vía aérea y síntomas respiratorios, siendo los pacientes asmáticos el grupo más sensible a este contaminante.

Los estudios epidemiológicos han demostrado consistentemente los efectos sobre la mortalidad e incremento en las admisiones hospitalarias por causa general, enfermedad respiratoria y cardiovascular. Se ha documentado que la exposición a altas concentraciones de SO_2 provoca broncoconstricción aguda en sujetos normales, mientras la exposición a bajas concentraciones provoca efectos similares en sujetos asmáticos. No obstante, los resultados de estudios de cohorte que evalúan los efectos del SO_2 sobre la salud, muestran que éstos parecen corresponder más a la exposición a partículas ambientales. Algunos de los efectos mencionados para el SO_2 son presentados en la Tabla 6-36.

Tabla 6-36 Niveles promedio a 24 horas de SO_2 y partículas en suspensión y sus efectos sobre la salud.

SO_2 mcg/m^3	PARTÍCULAS mcg/m^3	EFECTOS	GRADO DE CALIFICACIÓN DE EFECTOS
200	200 PTS) (gravimetría)	Disminución ligera y transitoria en la función pulmonar (FVC, FEV_1) en niños y adultos que puede durar 2 – 4 sem	Moderados
250	250 (humos negros)	Aumento de la Morbilidad respiratoria en los adultos susceptibles y posiblemente entre los niños	Moderados
400	400 (humos negros)	Mayor incremento en la Morbilidad respiratoria	Graves
500	500 (humos negros)	Aumento de la Morbilidad entre los ancianos y enfermos crónicos	Graves

Fuente OMS 1990

Algunos de los efectos encontrados para las exposiciones a material particulado (PM10) son presentados en la Tabla 6-37.

Tabla 6-37 Efectos encontrados PM10

INDICADOR DEL EFECTO SOBRE LA SALUD	% DE CAMBIO DEL INDICADOR DE EFECTO ASOCIADO A UN INCREMENTO DE 10 mcg/m^3 de PM_{10}
Incremento de la mortalidad diaria	
– Muertes por todas las causas	1.0
– Muertes por causas respiratorias	3.4
– Muertes por causas del S. circulatorio	1.4
Incremento de la demanda de atención	
Hospitalaria (Enf. Respiratorias)	
– Ingresos	0.8
– Urgencias	1.0
Exacerbación del asma	
– Crisis asmáticas	3.0
– Uso de broncodilatadores	2.9
– Visitas a urgencias	3.4
– Ingresos hospitalarios	1.9
Disminución de la función pulmonar	

INDICADOR DEL EFECTO SOBRE LA SALUD	% DE CAMBIO DEL INDICADOR DE EFECTO ASOCIADO A UN INCREMENTO DE 10 mcg/m³ de PM_{10}
– - Volumen espiratorio máximo por segundo	0.15
PEF	0.05

Fuente Dockey y Pope 1994

Recientes estudios mencionan una asociación existente entre exposiciones prolongadas a contaminación del aire y deterioro en la función pulmonar, tanto en sujetos con síntomas respiratorios como en sujetos libres de ellos y la magnitud del efecto encontrado ha sido similar tanto en población fumadora como en no fumadora.

Con relación a otros determinantes de la función pulmonar, se han encontrado inconsistencias en la asociación con el sexo, que pueden ser debidas a marcadas diferencias por sexo en la exposición ambiental a PM10 y O_3, secundario a la exposición ocupacional; o a una fuerte evidencia de mayor efecto del trabajador sano en mujeres, encontrado en algunos estudios.

Las posibles explicaciones biológicas al deterioro en la salud respiratoria de las personas expuestas a la contaminación del aire están dadas por una respuesta inflamatoria de la vía aérea, mecanismos tóxicos, alteraciones en el aclaramiento mucociliar y cambios estructurales de las vías respiratorias, que en conjunto desencadenan los procesos respiratorios mencionados.

6.13.1.6 Calidad de vida relacionada con salud

En población anciana, la contaminación ambiental actúa sobre condiciones crónicas ya presentes con un leve aumento de la demanda de servicios, pero con significativo aumento de los síntomas percibidos. Así mismo, se ha encontrado que las condiciones adversas en el ambiente influyen de manera negativa en la calidad de vida relacionada con salud de manera directa y a través de su influencia en la salud física de estas poblaciones.

Varios estudios han evaluado la relación entre las condiciones del ambiente y la calidad de vida. Además de las condiciones de la vivienda, el acceso a servicios de trasporte y la seguridad en el barrio, para las personas el ambiente puede constituir una amenaza para su calidad de vida a través de problemas de contaminación del agua o del aire.

Se ha encontrado que una de las vías por las cuales el ambiente puede afectar de manera negativa la calidad de vida en general y la calidad de vida relacionada con salud es a través de la generación de eventos estresantes y su vínculo con la aparición de problemas somáticos.

6.13.1.6.1 Impacto autopercibido en salud y en el ambiente físico y social

Teniendo en cuenta los acelerados procesos de urbanización es necesario conocer mejor la relación ambiente y urbanización, la población urbana de la mayoría de las ciudades de América Latina representa actualmente entre 50% y 70% del total en cada país. Específicamente, el manejo de los residuos sólidos en los contextos urbanos es un asunto que se torna problemático debido al crecimiento demográfico, la concentración de población en centros urbanos y los patrones de consumo.

Los residuos sólidos constituyen un problema de salud y ambiental urbano por su cantidad y por la falta de espacio para su disposición. Aunque la cantidad de residuos sólidos que se genera en las zonas urbanas de los países industrializados es mayor que la de los países periféricos, en estos últimos el manejo de las basuras sigue siendo un problema sin resolver.

Se ha insistido que las infraestructuras para el manejo de los residuos sólidos deben ser ambientalmente amigables, económicamente razonables y socialmente aceptables, esto último para evitar los conflictos con las comunidades que se oponen a ellos, cuando se ubican cerca a zonas residenciales.

Se ha aducido que el aumento de la prevalencia de síntomas auto-reportados no puede ser concluyentemente atribuible a los tóxicos presentes en el relleno sanitario y que pueden estar mediados por alguno de los siguientes fenómenos: a.) efecto del estrés y el temor relacionado con el relleno; b) efecto de sesgo de memoria (la tendencia de las personas expuestas de recordar y reportar más síntomas que las personas no expuestas); c) efecto de las sustancias químicas presentes en el relleno.

Con respecto al impacto de los rellenos en la salud de los trabajadores en la investigación comparativa (caso-control), se reportó que los trabajadores del relleno sanitario presentaron más síntomas respiratorios, neuromusculares, neurológicos y, dermatológicos que el grupo control (trabajadores de una universidad), aunque se plantea que la investigación tuvo limitaciones debido al tamaño de la muestra y al uso sólo del autoreporte de síntomas. Sobre la base de la información precedente se realizará la evaluación particular de nuestro caso del RSNJ, como sigue:

6.13.2 Objetivos

6.13.2.1 General.

Evaluar en el área de influencia del Relleno Sanitario Nuevo Jardín, el impacto sobre la salud y el ambiente social.

6.13.2.2 Específicos.

- Describir las condiciones atmosféricas en el área de influencia del Relleno Sanitario Nuevo Jardín.
- Determinar la ocurrencia de eventos adversos en salud en los niños y en los adultos residentes en el área de influencia del Relleno Sanitario Nuevo Jardín.
- Describir el impacto auto-percibido en salud y en el ambiente físico y social del Relleno Sanitario Nuevo Jardín.

6.13.3 Metodología

6.13.3.1 Área y población del estudio

El estudio fue realizado en la población vecina al Relleno Sanitario Nuevo Jardín y a los trabajadores del relleno sanitario. En el mes de septiembre, octubre y noviembre de 2019, se realizaron varias visitas a la zona de influencia indirecta y directa.

La zona de estudio es la zona noroeste del relleno sanitario donde de conglomera mayor cantidad de población que vive cerca al RSNJ. Que según los datos del INE 2012 se calculó sobre una población total de 1800 habitantes que residen en las zonas aledañas al RSNJ, que se encuentra a 1 Km de distancia del RSNJ.

6.13.3.2 Diseño

El estudio en la población tuvo dos componentes: uno cuantitativo y otro cualitativo. En el primer componente, se realizó un estudio descriptivo de corte transversal y de caso controles y para ello se

utilizó una encuesta estructurada con preguntas dicotómicas, abiertas y de selección múltiple. Además, un estudio cualitativo, se orientó a explorar la auto-percepción del impacto del relleno sanitario de Alpacoma en la salud y en el ambiente social y físico, para lo cual se usó como técnica de grupo focal y encuestas.

Adicionalmente, se realizaron evaluaciones de la calidad del aire en las zonas del estudio con el fin de identificar diferencias en los parámetros de interés entre los expuestos y el área vecina.

6.13.3.3 Criterios de selección

6.13.3.3.1 Criterios de selección del grupo de control (área indirecta).

Criterios de inclusión:

Para establecer si un grupo vulnerable estaba potencialmente expuesto a los contaminantes emitidos por el relleno sanitario de Alpacoma se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1) distancia al perímetro del relleno;
2) condiciones meteorológicas;
3) condiciones topográficas;
4) acepten ser parte del estudio de manera voluntaria.

Los individuos pertenecientes a un grupo poblacional vulnerable se consideraron expuestos si cumplían todas las siguientes características:

- Su lugar de residencia estaba a 1 o menos kilómetros del perímetro del relleno.
- Las condiciones meteorológicas y topográficas indicaban una alta probabilidad de que los contaminantes emitidos desde el relleno estuvieran llegando a su lugar de residencia.
- Personas que deseen participar de la investigación.

Criterios de exclusión del grupo controles (Área indirecta).

- Su lugar de residencia estaba a más de 1 kilómetros del perímetro del relleno.
- Población que no acepten ser parte del estudio.

6.13.3.3.2 Criterios de selección del grupo casos (área directa).

Criterios de inclusión:

- Trabajadores en el relleno sanitario antes del deslizamiento.
- Trabajadores que deseen participar voluntariamente del estudio.

Criterios de exclusión:

- Que hayan trabajado en el relleno sanitario después del deslizamiento.
- Trabajadores que no deseen participar voluntariamente del estudio.

6.13.3.4 Tamaño de muestra

Para determinar el efecto de la exposición al relleno sanitario de Alpacoma en la salud de la población de su área de influencia se realizó el cálculo del tamaño de la muestra mediante la fórmula para hallar diferencias en un grupo expuesto y un grupo control:

Razón de productos cruzados, razón de chances, razón de ventajas, razón de momios, desigualdad relativa y oportunidad relativa son algunos de los nombres propuestos para traducir el término inglés Odds Ratio (OR) es una medida de efecto comúnmente utilizada para comunicar los resultados de una

investigación en salud. Un OR corresponde a un cociente entre dos odds, siendo un odds una forma alternativa de expresar la posibilidad de ocurrencia de un evento de interés o de presencia de una exposición.

Por tanto, si se conoce la probabilidad de exposición entre los controles p2, y se prevé que el OR asociado al factor de estudio es w, el valor de p1, la frecuencia de exposición entre los casos, puede obtenerse fácilmente:

$$OR = w = \frac{p_1(1-p_2)}{p_2(1-p_1)} \Rightarrow wp_2(1-p_1) = p_1(1-p_2) \Rightarrow p_1(1-p_2+wp_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{wp_2}{(1-p_2)+wp_2}$$

Asi, el problema del cálculo del tamaño muestral podrá abordarse mediante las fórmulas habituales empleadas en la comparación de dos proporciones, asumiendo aquí que las proporciones esperadas son p_1 y p_2.

Recurriendo a las fórmulas habituales para determinar el tamaño muestral mínimo necesario para la comparación de dos proporciones, se precisar conocer:

- Una idea del valor aproximado del odds ratio que se desea estimar (w)
- La frecuencia de la exposición entre los casos (p_1).
- La frecuencia de la exposición entre los controles (p_2).

La seguridad con la que se desea trabajar (α), o riesgo de cometer un error de tipo I. Generalmente se trabaja con una seguridad del 95% (α = 0,05).

El poder estadístico (1-β) que se quiere para el estudio, o riesgo de cometer un error de tipo II. Es habitual tomar β = 0,2, es decir, un poder del 80%.

Y los $Z_{1-\alpha/2}$ y $Z_{1-\beta}$ valores que se obtienen de la distribución normal estándar en función de la seguridad y el poder elegidos para el estudio. En particular, para una seguridad de un 95% y un poder estadístico del 80% se tiene que:

$$z_{1-\alpha/2} = 1{,}96 \qquad \text{y}$$

$$z_{1-\beta} = 0{,}84$$

$$n = \frac{\left[z_{1-\alpha/2}\sqrt{2p(1-p)} + z_{1-\beta}\sqrt{p_1(1-p_1)+p_2(1-p_2)}\right]^2}{(p_1-p_2)^2}$$

En el presente estudio, se determinó una muestra de 30 individuos en cada grupo (Trabajadores del relleno sanitario y la población aledaña).

6.13.3.5 Censo y muestreo

Con el propósito de establecer un marco muestral para la selección de la población, se utilizó el censo poblacional INE 2012 en la zona vecina al RSNJ existe alrededor de 1800 personas. Se desarrollaron visitas casa a casa para recolectar información de todos los habitantes.

6.13.3.6 Análisis de datos.

Se llevó a cabo el procesamiento de los datos recogidos, en una base de datos usando SPSS versión 23.

6.13.3.6.1 Captación.

Los individuos seleccionados fueron visitados para solicitar su participación en el estudio. Luego de explicar en detalle los propósitos y procedimientos del seguimiento y de obtener la firma del documento de consentimiento informado, se aplicaba un cuestionario de recolección de información (Anexos, Tomo II, Anexo 11).

6.13.3.6.2 Variables.

6.13.3.7 Variables de resultado:

6.13.3.7.1 Enfermedad

Se evaluó la incidencia de algún tipo de enfermedad como ser enfermedades digestivas, respiratorias, de piel, etc.

6.13.3.8 Variables independientes:

6.13.3.8.1 Características Sociodemográficas

- Edad,
- Género,
- Estado civil.
- Religión.
- Nivel de escolaridad.
- Idioma
- Idioma que hablan en casa
- Ingreso económico
- Trabajo.
- Trabajo de la pareja
- Ocupación.
- Ocupación de la pareja
- Procedencia.
- Residencia.

6.13.3.8.2 Características Socioculturales.

- Costumbre de mascado de coca, frecuencia y cantidad.
- Hábito de fumar, frecuencia y cantidad
- Hábito de beber, frecuencia y cantidad**.**

6.13.3.8.3 Características de la vivienda

- Servicios básicos,
- Servicio de agua,
- Animales en casa.
- Presencia de roedores.
- Depósito y eliminación de basura.

- Tipo de vivienda.
- Presencia de baño privado, eliminación de heces.
- Número de personas con las que vive.
- Número de habitaciones
- Hijos en casa, promedio de hijos y la asistencia al colegio.

6.13.3.8.4 Características de Salud

- Tipo de consulta médica,
- Percepción del estado de salud.
- Presencia de enfermedad en los últimos 12 meses.
- Presencia de enfermedad durante el deslizamiento.
- Mortalidad y sus causas.

6.13.3.8.5 Características Medioambientales

- Percepción de problemas ambientales.
- Capacitaciones.

6.13.3.8.6 Aspectos Éticos

Las consideraciones éticas que guiaron el desarrollo de la presente investigación, se encuentran contempladas en la Declaración de Helsinki y en ellas se garantiza:

- El cumplimiento de los principios de beneficencia y no maleficencia, autonomía y justicia.
- La confidencialidad de la información suministrada por los participantes y la toma de las medidas tendientes a cumplir con este aspecto, por parte de las personas que puedan conocer de ella en las diferentes etapas de la investigación.
- La solicitud de consentimiento informado a los participantes del estudio.

Con el fin de cumplir con los puntos mencionados, en la ejecución de la investigación se desarrollaron las siguientes acciones:

6.13.3.9 Información

A las personas entrevistadas se les hizo entrega de un documento que contiene en forma resumida la descripción de la investigación, sus objetivos, los usos de la información y los mecanismos que garantizan la confidencialidad de la información que el sujeto proporcionó. Este documento incluye datos sobre los investigadores y su ubicación en caso de que los sujetos requirieran contactarlos.

Adicionalmente, el personal de campo estaba en capacidad de responder preguntas relacionadas con el desarrollo de la investigación, para lo cual se desarrolló la correspondiente capacitación.

6.13.3.10 Garantía de confidencialidad

El personal de campo que participó en el estudio firmó un documento conjuntamente con los investigadores, en el que quedó establecido el compromiso de acatar los principios éticos que aquí se definen. Los aspectos éticos hicieron parte de la capacitación programada con el personal y no se guardó información sobre identificación personal en los archivos computarizados.

6.13.3.11 Consentimiento informado

Se elaboró un consentimiento informado que fue firmado en forma individual por todos los sujetos participantes.

Este consentimiento fue leído por las personas entrevistadas y solo se procedió a su firma una vez el entrevistador se cercioraba de que la persona tenía claro el significado del mismo. Se consideró que esta investigación no presenta riesgos, ni psicológicos, ni físicos, para los participantes.

6.13.4 Resultados

6.13.4.1 Población de estudio

6.13.4.1.1 Distrito VI Alpacoma

El Distrito VI de Alpacoma cuenta con las siguientes zonas: Koani, 29 de septiembre, San Miguel, Nueva Esperanza, Cerámica Roja, Santa Bárbara, Incamarca, Valle Alpacoma, Los Pinos, Lauramarca, Dos Torres, Los Alamos, Kespillamayu, Viscachani, Alpacoma, Tunasani, Llojeta Sur.

6.13.4.1.2 Urbanizaciones:

Norte Achocalla

Litoral, Arco Iris, San Miguel, Illimani, Nuevo Amanecer de Cututo, Puerto Camacho.

Durante el mes de septiembre, octubre y noviembre del 2019 se censaron en la zona vecina expuesta al RSNJ un total de 49 encuestas y 30 a los participantes que trabajan en el relleno sanitario de Alpacoma. Los registros del censo se digitaron en una base de datos para la selección de la muestra del estudio.

El rango de edades en la población de los trabajadores estuvo entre 21 y 61 años, y el promedio de edad fue 39.2 años en la zona expuesta al RS (DS: ± 11.5) y 47.8 años en el área indirecta (DS: ± 14.5), con un rango de edad de 20 a 84 años (Tabla 6). Al comparar los grupos del área directa e indirecta tenemos que la mayoría de los encuestados son del sexo masculino 69 % comparando con el grupo de trabajadores que todos son masculinos.

La mayoría en ambos grupos son casados, pero en el grupo de los trabajadores este estado civil es más alto que en grupo del área indirecta (73.3% y 55.1%).

En ambos grupos la mayoría practican la religión católica.

Existe diferencias en ambos grupos en relación al nivel de escolaridad en el grupo de trabajadores existe un 63.3% que concluyeron la secundaria y solo un 40% en el grupo de los vecinos al relleno sanitario. Solo el 17% del grupo del área directa acudió a la universidad versus a 8% en el grupo del área indirecta.

El Idioma con el que se comunican es el castellano en ambos grupos seguido del aimara, además es el idioma con el cual se comunican en casa.

En cuanto al nivel de ingresos no existe clara diferencia siendo el promedio de ingreso de ambos grupos de 3672 y 3152 bolivianos al mes, encontrándose que el salario mínimo en el grupo de trabajadores es de 2115 y en el grupo de vecinos es de 1300 bs/mes.

En el área indirecta solo el 71% de la población cuenta con un trabajo, así mismo el 41% de las parejas realizan algún tipo de actividad para colaborar con la familia. En el grupo de los trabajadores solo el 26% de las parejas trabajan (Tabla 6-38).

Tabla 6-38 Características sociodemográficas en la población del área directa e indirecta.

CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS	Población	
	Trabajadores.	Vecinos al RSNJ
Número	30	49
Edad promedio	39.2 (11.5)	47.8 (14.5)
Rango de edad	21 - 61	20 - 84
Género		
Masculino	30 (100)	34 (69.4)
Femenino		15 (30.6)
ESTADO CIVIL.		
Casado	22 (73.3)	27 (55.1)
Concubino	2 (6.7)	9 (18.4)
Soltero	4 (13.3)	9 (18.4)
Divorciado		2 (4.1)
Viudo	2 (6.7)	2 (4.1)
RELIGIÓN		
Católico	18 (60)	29 (59.2)
Cristiana	4 (13.3)	11 (22.4)
Ninguna	6 (20)	7 (14.3)
Mormona		1 (2)
Testigo de Jehová	1 (3.3)	1 (2)
Adventista.	1 (3.3)	
NIVEL DE ESCOLARIDAD		
Secundaria	19 (63.3)	19 (38.8)
Primaria	3 (10)	14 (28.6)
Nivel técnico	3 (10)	9 (18.4)
Universidad	5 (16.7)	4 (8.2)
Ninguno		3 (6.1)
IDIOMA		
Castellano y aimara	15 (30)	26 (53.1)
Castellano	11 (36.6)	11 (22.4)
Castellano y quechua	1 (3.3)	7 (14.3)
Castellano, aimara y quechua	1 (3.3)	4 (8.2)
Castellano, ingles	1 (3.3)	
Portugués	1 (3.3)	1 (2)
IDIOMA QUE SE HABLA EN CASA		
Castellano		23 (46,9)
Castellano y aimara	17 (56.6)	20 (40,8)
Castellano y quechua	13 (43.3)	2 (4,1)
Castellano, aimara y quechua		4 (8,2)
PROMEDIO DE INGRESO	3672 Bs/mes	3152 Bs/mes
Mínimo.	2115 Bs/mes	1300 Bs/mes.
Máximo.	4800 Bs/mes	12000 Bs/mes
TRABAJO		
Si	100 (100)	35 (71.4)
No		14 (28.6)
TRABAJO DE LA PAREJA		
No	20 (66.6)	24 (49,0)
Si	8 (26)	20 (40,8)
No tiene	2 (6.6)	5 (10.2)

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-39 podemos observar que la principal actividad es el comercio (20.4%), amas de casa (16.3) y chofer y trabajos en ladrilleras (10%).

Tabla 6-39 . Ocupación de la población del área indirecta.

OCUPACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
COMERCIANTE	10	20,4	20,4
AMA DE CASA	8	16,3	36,7
CHOFER	5	10,1	46,8
LADRILLERO	5	10,2	57,0
RENTISTA	4	8,2	65,2
CONSTRUCTOR	3	6,1	71,3
CARPINTERO	2	4,1	75,4
ALBAÑIL	1	2,0	77,4
ARTESANO	1	2,0	79,5
CHAPISTA	1	2,0	81,5
CONTADOR	1	2,0	83,6
COSTURERA	1	2,0	85,6
EMPLEADO	1	2,0	87,6
JUBILADO	1	2,0	89,7
MECANICO	1	2,0	91,7
OBRERO	1	2,0	93,8
PINTOR	1	2,0	95,8
PROFESOR	1	2,0	97,8
SIN DATOS	1	2,0	100
TOTAL	49	100,0	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-40 se observa que la principal actividad en el grupo encuestado es el de obrero, chofer y operador de maquinaria.

Tabla 6-40 Ocupación de la población del área indirecta

OCUPACION TRABAJADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
ALBAÑIL, CHOFER	1	3,3	3,3
ALBAÑIL, SERRAJERIA	1	3,3	6,7
ALMACEN GENERAL	1	3,3	10,0
AYUDANTE MECANICA	1	3,3	13,3
CHOFER	6	20,0	33,3
EMPLEADO	1	3,3	36,7
FUNCIONARIO PUBLICO	1	3,3	40,0
LLANTERO	1	3,3	43,3
OBRERO	11	36,7	80,0
OPERADOR DE MAQUINA PESADA	4	13,3	93,3
SEGURIDAD	1	3,3	96,7
SOLDADOR	1	3,3	100,0
TOTAL	49	100,0	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-41 se observa que la principal ocupación de la pareja en el grupo del área indirecta es el de ama de casa alrededor del 40%.

Tabla 6-41 Ocupación de la pareja de la población del área indirecta.

OCUPACION DE LA PAREJA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
AMA DE CASA	19	38,8	40,8
NO TIENE	10	20,4	95,9
LADRILLERIA	5	10,2	71,4
COMERCIANTE	4	8,2	57,1

CHOFER	3	6,1	49,0
SD	1	2,0	2,0
CARNICERA	1	2,0	42,9
EMPLEADA	1	2,0	59,2
EMPLEADO	1	2,0	61,2
LAVA ROPA	1	2,0	73,5
MILITAR	1	2,0	75,5
PINTOR	1	2,0	98,0
SERVICIO SNACK	1	2,0	100,0
TOTAL	49	100,0	

SD. Sin datos.
Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-42 podemos observar que la principal ocupación de las parejas de los vecinos de Alpacoma es de ama de casa (66.7%) seguido de comerciante (13.3%).

Tabla 6-42 Ocupación de la población del área indirecta

OCUPACION DE LA PAREJA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
AMA DE CASA	20	66,7	66,7
COMERCIANTE	4	13,3	80,0
NO TIENE	2	6,7	86,7
COSTURA	2	6,7	93,4
EMPLEADA	1	3,3	96,7
INDEPENDIENTE	1	3,3	100,0
TOTAL	49	100,0	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En ambos grupos se observa que la mayoría nació en la ciudad de La Paz, 75% (área indirecta) 43% (Área directa), (Tabla 6-43 y Tabla 6-44).

Tabla 6-43 Procedencia de grupo del área indirecta.

PROCEDENCIA VECINOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
ACHOCALLA	1	2,0	2,0
ATIQUIE	1	2,0	4,1
IRUPANA	1	2,0	6,1
LA PAZ	37	75,5	81,6
POTOSI	3	6,1	87,8
PUERTO ACOSTA	2	4,1	91,8
SANTIAGO DE HUATA	1	2,0	93,9
TARACO	1	2,0	95,9
TIWANACU	1	2,0	98,0
VISCACHANI	1	2,0	100,0
TOTAL	49	100,0	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

Tabla 6-44 Procedencia de grupo del área directa.

PROCEDENCIA TRABAJADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
ACHACACHI	1	3,3	3,3
BATALLAS	1	3,3	6,7
CALAMARCA	1	3,3	10,0

PROCEDENCIA TRABAJADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
CALLINZANI	1	3,3	13,3
CAMACHO	1	3,3	16,7
COCHABAMBA	1	3,3	20,0
COLQUIRI	1	3,3	23,3
COROCORO	1	3,3	26,7
EL ALTO	1	3,3	30,0
GUAQUI	1	3,3	33,3
HUAYLLANI	1	3.3	36,7
LA PAZ	12	40,0	76,7
LOAYZA	1	3,3	80,0
MALLA	1	3,3	83,3
POTOSI	1	3,3	86,7
PUCARANI	1	3,3	90,0
PUERTO ACOSTA	1	3,3	93,3
SANTIAGO DE MACHACA	1	3,3	96,7
TAMBILLO	1	3,3	100,0
TOTAL	49	100,0	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

El promedio del tiempo de residencia es de 21 años (un mínimo de 2 años y un máximo de 62 años de residencia en la zona). El 81% de la población encuestada vive en Alpacoma, el resto vive en los alrededores, como Achocalla, El Alto y Viacha. (Tabla 6-45).

Tabla 6-45 Residencia de grupo del área indirecta

RESIDENCIA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
ACHOCALLA	5	10,2	10,2
ALPACOMA	40	81,6	91,8
EL ALTO	2	4,1	95,9
VIACHA	1	2,0	98,0
VILLA COPACABANA	1	2,0	100,0
TOTAL	49	100,0	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

Más del 70% de los trabajadores del Relleno sanitario de Alpacoma viven en las diferentes zonas de la ciudad de La Paz, solo el 20% vive en Alpacoma (Tabla 6-46).

Tabla 6-46 Residencia del grupo del área directa

RESIDENCIA TRABAJADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
ALPACOMA	6	20,0	20,0
EL ALTO	1	3,3	23,3
LA PAZ	21	70,0	93,3
SD	2	6,7	100,0
TOTAL	49	100,0	

SD. Sin datos.
Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-47 se describen las características socioculturales en las dos poblaciones de estudio. En ambas poblaciones es frecuente el consumo de coca (90% área directa) y (82% área indirecta), el consumo es diario y aproximadamente entre uno y dos puñados. Más del 60% en ambos grupos asisten

a acontecimientos sociales de manera ocasional. En ambos grupos beben (83.3% grupo de área directa) frente a 71.4 % (área indirecta). En el grupo de trabajadores el 50% bebe, pero esta normal.

Referente al hábito de fumar en el grupo de trabajadores 50% tiene este hábito y fuman entre 1 a 3 cigarrillos de manera ocasional, a diferencia del grupo de vecinos del área indirecta más del 50% no fuman, solo el 30% fuman de manera ocasional entre 1 a 3 cigarrillos.

Tabla 6-47 Características socioculturales en ambas poblaciones de estudio

Características SOCIOCULTURALES	Población	
	Trabajadores	Vecinos al RSNJ
Número	30	49
COSTUMBRE DE COCA		
Masca	27 (90)	40 (81.6)
No masca	3 (10)	9 (18.4)
FRECUENCIA		
Diario		
Solo fines de semana	16 (53,3)	16 (32,7)
Raras veces	2 6,7	11 (22,4)
Día por medio	7 23,3	8 (16,3)
CANTIDAD	2 6,7	5 (10,2)
Un puñado		
Dos puñados	13 (43,3)	23 46,9
Tres puñados	7 (23,3)	9 18,4
Cuatro puñados	1 (3,3)	7 14,3
	6 (20,0)	1 2,0
ASISTENCIA A ACONTECIMIENTOS SOCIALES.		
Nunca	4 (13.3)	4 (8,2)
Ocasionalmente	20 (66.7)	39 (79,6)
Un fin de semana al mes	2 (6.7)	2 (4,1)
Dos fines de semana al mes	2 (6.7)	
Tres fines de semana al mes	1 (3.3)	1 (2,0)
Todos los fines de semana del mes	1 (3.3)	3 (6,1)
HABITO DE BEBIDA		
Sí.	25 (83.3)	35 (71,4)
No	5 (16.7)	14 (28,6)
CANTIDAD		
Bebe hasta el estado de embriagues	2 (6.7)	6 (12,2)
Toma algunos vasos hasta estar alegre	8 (26.7)	12 (24,5)
Toma, pero esta normal	15 (50)	17 (34,7)
HABITO DE FUMAR		
Día por medio	2 (6.7)	1 (2,0)
Ocasionalmente	15 (50)	17 (34.6)
Solo fines de semana	3 (10)	4 (8,2)
Todos los días	1 (3.3)	2 (4,1)
Nunca	9 (30)	25 (51,0)
FRECUENCIA		
1 cigarrillo/día.		
2 cigarrillo/día.	9 (30)	9 (18,4)
3 cigarrillo/día.	8 (26.7)	6 (12,2)
4 cigarrillo/día.	3 (10)	7 (14,3)
	1 (3.3)	2 (4,1)

Fuente: Base de datos Proyecto Alpacoma

En la Tabla 6-48 se muestra el acceso a los servicios públicos básicos, y no se observan diferencias entre la zona directa y la zona indirecta, aunque llama la atención el hecho de que aun en la zona indirecta aún existe una familia que no cuenta con ningún servicio básico.

En relación al servicio de agua el grupo de los trabajadores el 93% cuenta con agua potable solo el 7% acude a servicio de agua a través de cisterna y pileta pública. Pero en el grupo de vecinos que viven en el área indirecta tenemos que solo el 60% tiene acceso a agua potable, el resto recibe este servicio por pileta pública, cisterna, agua de lluvia y de pozo. En ambos grupos tienen animales domésticos de preferencia perros. Aunque en el grupo de vecinos del área indirecta más de la mitad (75.5%) tienen animales domésticos los más frecuentes son el perro, el gato y gallinas. Lo que llama la atención en el grupo de trabajadores la presencia de roedores en casa es más alta (83%) a diferencia de los vecinos del área indirecta que es la mitad de la población (51%). Entre los roedores más comunes en ambos grupos tenemos a los ratones y a las moscas, seguido de hormigas cucarachas y hormigas.

En ambos grupos se observa que la gran mayoría el depósito de basura lo tiene en el exterior y este es eliminado a través del servicio de recojo de basura por el municipio en la mayoría del grupo del área directa a diferencia del grupo del área indirecta solo la mitad (55%) tiene este servicio el resto elimina la basura al rio o lo queman (18%) o lo botan a la calle (8%).

En referencia a tipo de vivienda en ambos grupos la gran mayoría cuentan con vivienda propia (66.7% grupo de área directa y 75.5% en área indirecta), el 20% de ambos grupos viven en alquiler.

En el grupo del área directa observamos que la gran mayoría (75%) tienen entre 1 a 3 habitaciones donde viven un promedio de 4.9 personas, en el grupo del área indirecta el 72% tiene entre uno y tres habitaciones para habitar, donde el promedio de habitantes por familia es de 4 personas.

En el grupo de trabajadores el 96.6 % tienen hijos con un promedio de hijos de 2.2 donde el 86.6 % de ellos asisten al colegio. Existe diferencia en el grupo del área indirecta donde solo el 67% tienen hijos, con un promedio de hijos de 6 niños por familia y solo la mitad de ellos asisten al colegio.

En el grupo de trabajadores el 70% cuenta con baño privado a diferencia del grupo de los vecinos que viven en el área indirecta donde solo el 45% tiene acceso a baño privado, y la eliminación de heces es al aire libre en su mayoría 43% o acuden al baño público (10%).

Tabla 6-48 Características de la vivienda de las dos poblaciones estudiadas

CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA		Población		
		Trabajadores	Vecinos al RSNJ	
Cantidad		30	49	
SERVICIOS BÁSICOS				
	Agua y Luz	8 (26.6%)	20	(40,8%)
	Luz	1 (3.3%)	12	(24,5%)
	Agua, luz, alcantarillado y teléfono	10 (30%)	8	(16,3%)
	Agua, luz y alcantarillado	11 (36.6%)	4	(8,2%)
	Agua, luz y teléfono		2	(4,1%)
	Luz y alcantarillado		2	(4,1=)
	Ninguno		1	(2%)
SERVICIO DE AGUA				
	Agua potable		29	(59,2)
	Lluvia		9	(18,4)
	Pileta publica	28 (93.3%)	6	(12,2)
	Cisterna		3	(6,1)
	De otra casa	1(3.3%)	1	(2,0)
	Pozo	1 (3.3%)	1	(2,0)

CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA	Población	
	Trabajadores	Vecinos al RSNJ
ANIMALES EN CASA		
Sí	15 (50%)	37 (75.5%)
No	15 (50%)	12 (24.5%)
PRESENCIA DE ROEDORES		
Si	25 (83.3%)	25 (51%)
No	5 (16.6%)	24 (49%)
DEPOSITO DE LA BASURA		
Exterior	28 (93.3%)	41 (83.6%)
Interior	2 (6.6%)	8 (16.3%)
ELIMINACION DE BASURA		
Recojo por basurero del municipio	29 (96.6)	27 (55,1%)
Rio		9 (18,4%)
Lo queman	1 (3.3)	9 (18,4%)
Calle		4 (8,2%)
CASA		
Propia	20 (66.7%)	37 (75,5%)
Alquiler	6 (20%)	9 (18,4%)
Anticrético	3 (10%)	2 (4,1%)
Prestada	1 (3.3%)	1 (2%)
NUMERO DE PERSONAS QUE VIVEN	4.9	4
NUMERO DE HABITACIONES		
Una habitación.	4 (13.3%)	12 (24,5%)
Dos habitaciones	8 (26.7%)	14 (28,68%)
Tres habitaciones	11 (36.7%)	12 (24,5%)
Cuatro habitaciones	6 (20%)	12 (22,4%)
Sin datos	1 (3.3%)	
HIJOS EN CASA		
Si	29 (96.6%)	33 (67.4)
No.	1 (3.3%)	16 (32.6)
Promedio de hijos	2.2	6
Asistencia al colegio	26 (86.6%)	26 (53%)
BAÑO PRIVADO		
Si	21 (70%)	22 (44,9%)
No	9 (30%)	27 (55,1%)
DONDE ELIMINA HECES		
Al aire libre		21 (42,9%)
Comparte con otras personas	1 (3.3%)	12 (24,5%)
Alcantarillado	18 (60%)	5 (10,2%)
Baño publico	5 (16.7%)	5 (10,2%)
Letrina	6 (20%)	4 (8,2%)
Pozo ciego		2 (4,1%)

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En el grupo del área directa el 80% tiene seguro de salud el resto acude a centros de salud. En el grupo de estudio del área indirecta solo el 14% tiene acceso a seguro de salud, el 61% asiste a centros de salud cercanos y el 5% acuden a curanderos o se atienden solos. En relación a la percepción del estado de salud en el grupo de trabajadores es buena (60%) pero la percepción de salud en el grupo del área indirecta es regular (55%). (Tabla 6-49)

Tabla 6-49 Características de salud en ambos grupos de estudio

CARACTERISTICAS DE SALUD	Población		
	Trabajadores.	Vecinos al RSNJ	
Número	30	49	
ASISTENCIA EN CASO DE ENFERMEDAD			
Centro de salud	5 (16.6)	29	(59,2)
Consulta privada		7	(14,3)
Seguro social	24 (80%)	7	(14,3%)
Centro de salud, medicina natural	1 (3.3%)	2	(4,1%)
Curandero		2	(4,0%)
Ellos se atienden		1	(2,0%)
Ninguno		1	(2,0%)
PERCEPCION DEL ESTADO DE SALUD			
Regular	11 (36.7%)	27	(55,1%)
Buena	18 (60%)	16	(32,7%)
Mala	1 (3.3%)	3	(6,1%)
Muy buena		3	(6,1%)

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-50 podemos describir la sintomatología que refieren tanto los trabajadores así como los vecinos en ambos grupos tenemos como principal síntoma la tos seguido de diarreas, problemas oculares estos últimos más frecuentes en la población del área indirecta por el polvo que se produce en el camino producto del ingreso de los carros basureros.

Tabla 6-50 Perfil epidemiológico de síntomas que presentaron durante la gestión 2019 en ambos grupos

ENFERMEDAD	TRABAJADORES	VECINOS
TOS	13	18
DIARREA	7	17
ALTERACIONES OJOS	5	10
DOLOR HUESOS Y MUSCULOS	6	8
NINGUNO	8	7
ENFERMEDADES PIEL	2	4
RESFRIOS	1	3
VESICULA		2
CALAMBRES EN EL PIE		1
CEFALEA		1
DIABETES		1
DOLOR ESTOMAGO		1
DOLORES MENSTRUALES		1
POLIGLOBULIA		1
PRESION ALTA		1
PROSTATA		1

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Ilustración 6-32 se puede observar que el principal síntoma es la tos en ambos grupos seguido de diarrea, problemas culares, dolor de huesos y músculos, aunque existe un grupo de personas que no refieren síntomas.

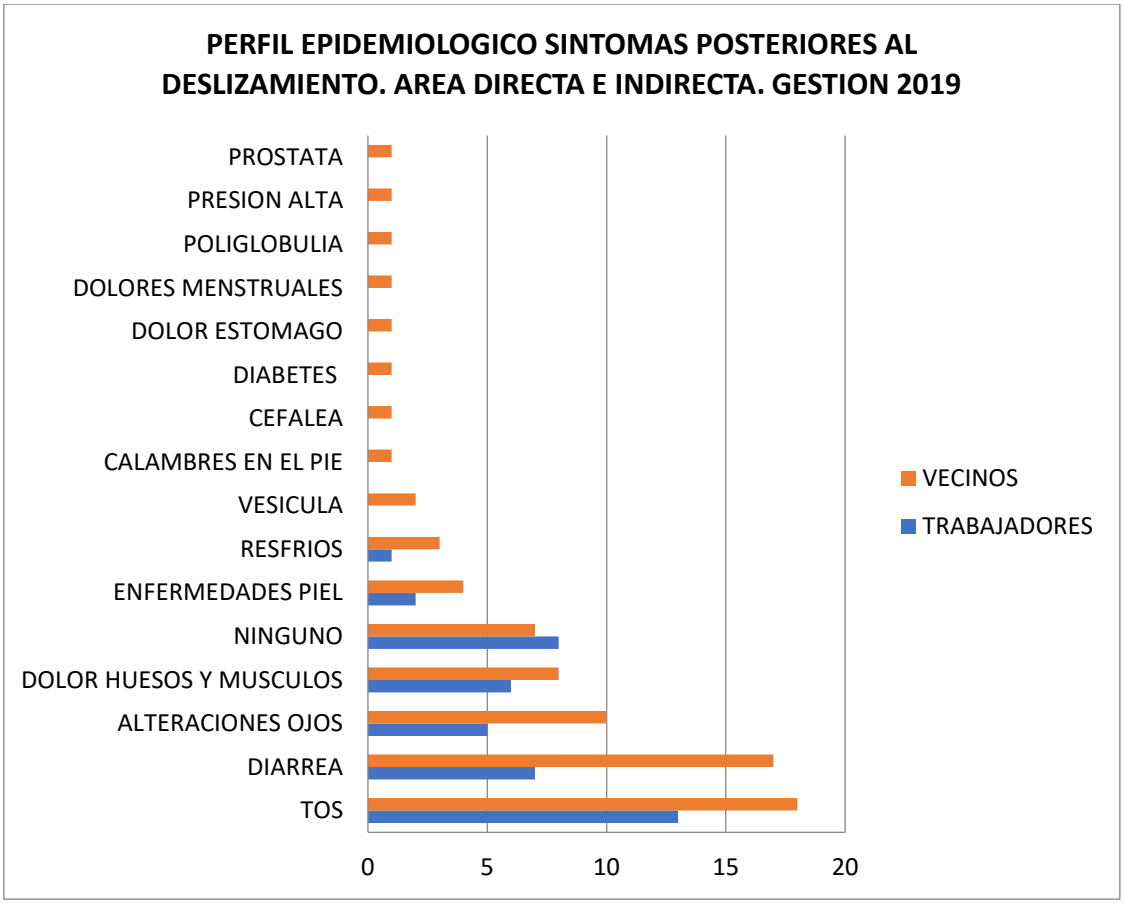


Ilustración 6-32 Perfil epidemiológico de síntomas que presentaron después del deslizamiento (En ambos grupos de estudio. Gestión 2019)

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-51 y Ilustración 6-33 se observa que después del evento producido por el deslizamiento tenemos que el síntoma más frecuente reportado en la población indirecta son las diarreas seguido de problemas oculares, tos y problemas de piel, aunque existe un grupo que no presentaron ningún síntoma.

Tabla 6-51 Perfil epidemiológico después del evento del deslizamiento en ambos grupos

ENFERMEDAD/DESLIZAMIENTO	TRABAJADORES	VECINOS
DIARREA	8	25
ALTERACIONES OJOS	8	17
TOS	10	14
NINGUNO	12	10
ENFERMEDADES PIEL	4	7
VÓMITOS		7
CEFALEA	2	5
DOLOR HUESOS Y MUSCULOS	5	4
DOLOR ESTOMAGO		3
ESTRÉS	1	

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

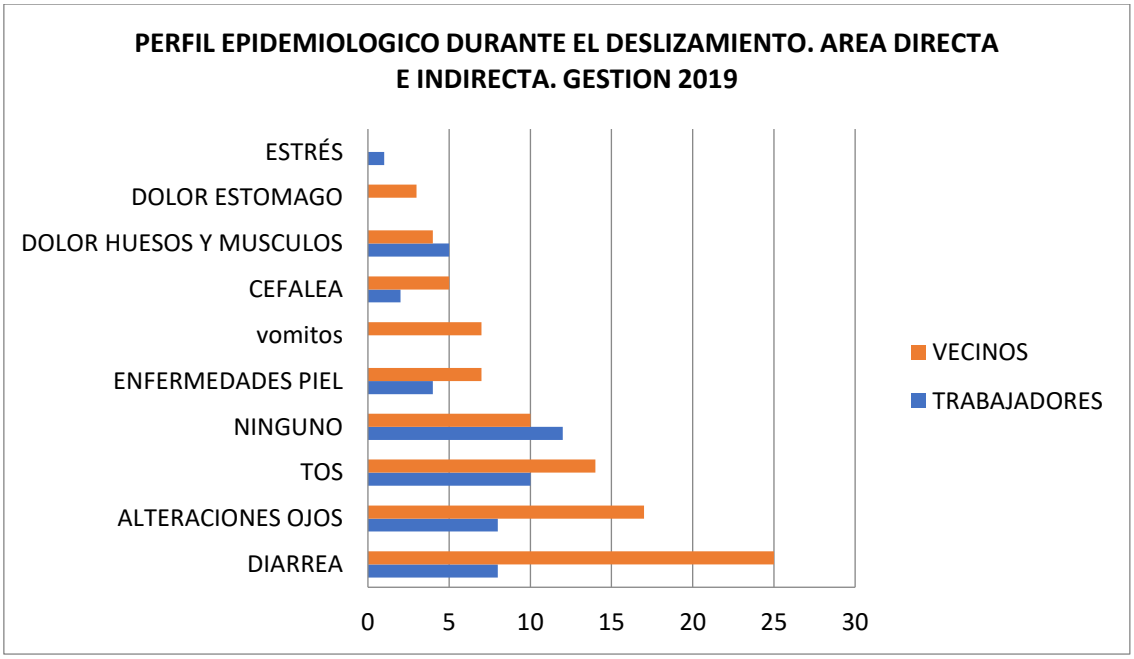


Ilustración 6-33 Perfil epidemiológico después del deslizamiento en ambos grupos de estudio. Gestión 2019
Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En Tabla 6-52 se observa que en el grupo del área indirecta se reportaron 11 fallecimientos en la zona, donde la principal causa reportada es accidental seguida de problemas pulmonares y digestivo (Tabla 6-53).

Tabla 6-52 Reporte de mortalidad de algún familiar durante el último año

MORTALIDAD	TRABAJADORES	VECINOS
NO	27	38
SI	3	11

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

Tabla 6-53 Principales causas de mortalidad en ambos grupos. Gestión 2019

TRABAJADORES	TRABAJADORES	VECINOS
ACCIDENTE		4
ASMA		2
DOLOR ABDOMINAL		1
PARO CARDIORESP		1
VEJEZ		1
CANCER	2	
NO CONOCE	1	2

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Ilustración 6-34 podemos observar que la población de los vecinos del área indirecta dentro de los problemas que más le molesta a esta población es la basura, seguido de problemas ambientales y el olor.

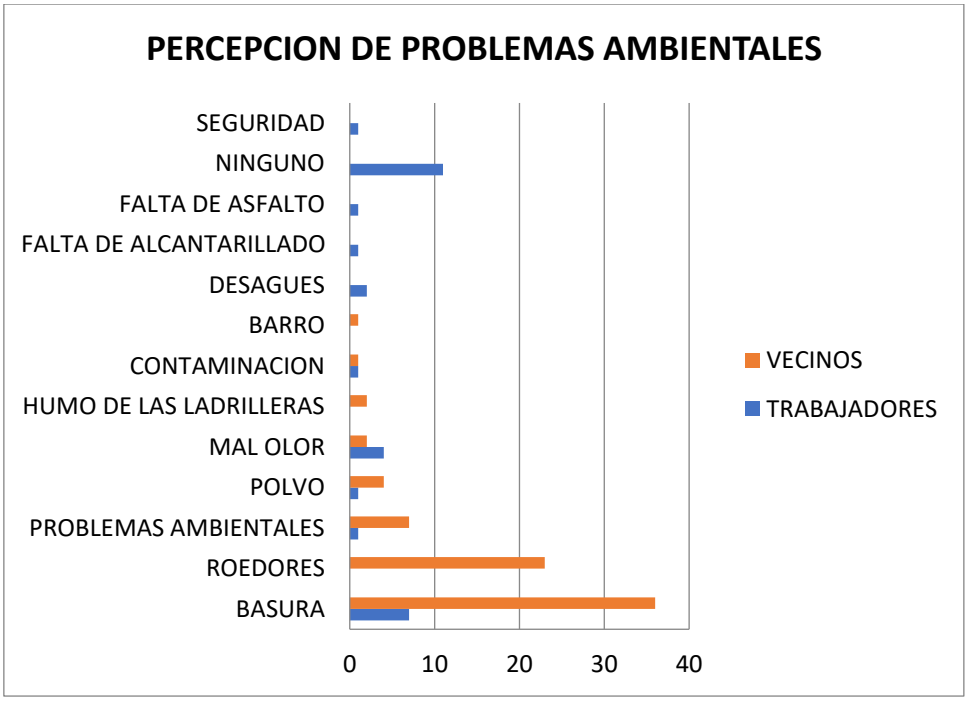


Ilustración 6-34 Percepción de problemas ambientales en ambos grupos de estudio Población del área directa e indirecta. Gestión 2019
Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

En la Tabla 6-54 podemos observar que al grupo del área directa recibe constantemente capacitaciones (83%) a diferencia del grupo del área indirecta que solo el 16% recibió capacitaciones.

Las instituciones o las empresas que realizan capacitaciones en las zonas aledañas al relleno sanitario son el GAMLP y el Ministerio de salud, seguidas de la gobernación a través del centro de salud. En el grupo de trabajadores las capacitaciones fueron realizadas por la GAMLP en el 43.3 %, TERSA (30%), ONG (13.3).

Los temas de capacitación al grupo del área indirecta estaban dirigidos a medio ambiente, higiene y salud, manejo de alimentos y separación de basura. En el grupo de trabajadores se realizó capacitaciones dirigidas a seguridad industrial, medio ambiente, primeros auxilios, contra incendios, residuos sólidos, manejo de sustancias peligrosas y prevención de riesgos

Tabla 6-54 Capacitaciones realizadas a las poblaciones de estudio. Gestión 2019

CAPACITACION	TRABAJADORES	VECINOS
SI	25 (83,3)	8 (16,3)
NO	5 (16,7)	41 (83,6)

Fuente: Base de datos proyecto Alpacoma.

El chi2 es 1.232, lo que nos indica que existe leve relación entre la presencia de enfermedad y el relleno sanitario. OR de 0.537 con un IC de 0.177 – 1.626, podemos inferir que el vivir o estar trabajando en un relleno sanitario no es un factor de riesgo para producir enfermedad estadísticamente no significativa.

En relación con el evento del deslizamiento y la presencia de enfermedad podemos inferir que el chi2 de 3.55 lo que indica que existe relación entre enfermedad y el evento producido por el deslizamiento. El OR es de 0.386 con un intervalo de confidencialidad de 0.140 – 1.054 por lo que podemos interpretar que el evento no es un factor de riesgo para producir enfermedad estadísticamente no significativa.

6.13.4.2 Perfil Epidemiológico de los Centros de Salud.

Dentro de las principales causas de consulta en el Distrito IV, correspondiente a la Comunidad de Achocalla podemos mencionar que aun continua con un perfil epidemiológico tipo infectocontagioso observando que las dos principales causas de consulta continúan siendo las infecciones respiratorias agudas y la enfermedad diarreica aguda, donde la población más afectada es la infantil (recién nacidos a 10 años); cabe notar que como tercera y cuarta causa de consulta se encuentra enfermedades crónicas y del metabolismo como es la hipertensión arterial sistémica frecuente en población adulta mayor y la obesidad con más frecuencia en la población entre 20 y 39 años. Tabla 6-55.

Tabla 6-55 Principales 15 causas de morbilidad
(Centro de salud Achocalla. Primer semestre. Gestión 2019)

CODIGO CIE10	DESCRIPCION	GRUPO ETAREO									TOTAL
		< de 1 año	1 año a 4 años	5 años a 9 años	10 años a 14 años	15 años a 19 años	20 años a 39 años	40 años a 49 años	50 años a 59 años	60 y más años	
J06	Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples o no especificados, incluidos faringitis, resfrío común	40	124	28	9	20	32	14	8	17	**292**
A09	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	12	32	7	3	8	0	3	4	15	**84**
I10	Hipertensión esencial (primaria)	0	0	0	0	0	0	5	15	55	**75**
E66	Obesidad	0	0	0	0	0	60	0	6	0	**66**
N76	Otras afecciones inflamatorias de la vagina y de la vulva	0	0	0	0	0	47	0	0	0	**47**
N94	Dolor y otras afecciones relacionadas con los órganos genitales femeninos y con el ciclo menstrual	0	0	0	0	0	37	0	0	0	**37**
M54	Dorsalgia	0	0	0	1	0	0	0	0	29	**30**
M76	Entesopatías del miembro inferior, excluido el pie	0	0	0	0	0	0	12	0	0	**12**
M94	Otros trastornos del cartílago	0	0	0	0	8	0	0	0	0	**8**
N39	Otros trastornos del sistema urinario	0	0	3	0	0	0	0	0	0	**3**
R17	Ictericia no especifica	1	2	0	0	0	0	0	0	0	**3**
Q65	Deformidades congénitas de la cadera	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**

CODIGO CIE10	DESCRIPCION	GRUPO ETAREO									TOTAL
		< de 1 año	1 año a 4 años	5 años a 9 años	10 años a 14 años	15 años a 19 años	20 años a 39 años	40 años a 49 años	50 años a 59 años	60 y más años	
L30	Otras Dermatitis	0	0	1	1	1	0	0	0	0	**3**
SUB TOTAL CAUSAS		56	158	39	14	37	176	34	33	116	**663**
DEMAS CAUSAS		28	12	12	16	20	5	13	9	35	**150**
TOTAL, CAUSAS		84	170	51	30	57	181	47	42	151	**813**

Fuente: Red 6. Centro de salud Achocalla. Gestión 2019.

Dentro de la Red 6 de Achocalla se encuentra el Centro de Salud de Alpacoma Bajo Distrito 6, el cual está designado a la población vecina al relleno sanitario de Alpacoma.

Este Centro de salud es de reciente creación, la cual está en funcionamiento de manera continua desde el mes de marzo, donde atiende un médico general y una licenciada en enfermería, en horarios de 8 a 14 hrs.

En el Ilustración 6-35 se puede observar la distribución de la población asignada al Centro de salud Alpacoma por grupos etarios, teniendo en cuenta que la mayor población se encuentra entre las edades de 30 a 39 años correspondiendo al 30% de la población total.

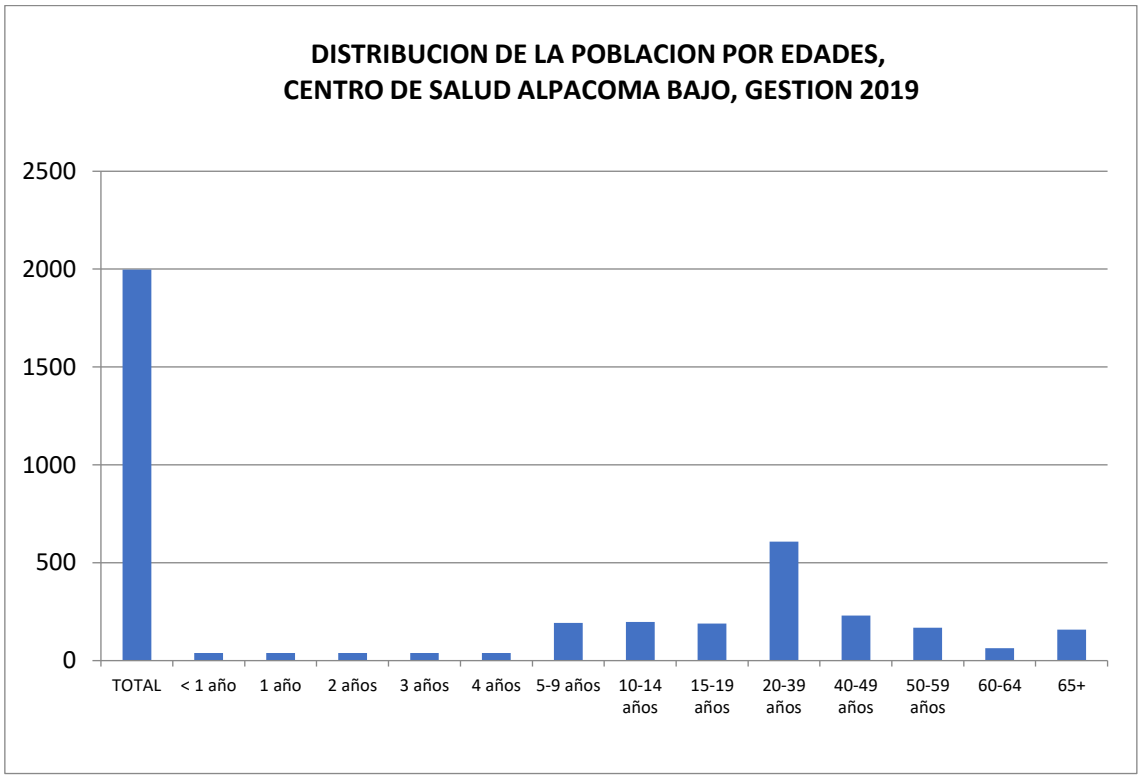


Ilustración 6-35 Distribución de la población por edades, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Gestión 2019
Fuente: SNIS 2019

El Centro de Salud de Alpacoma Bajo atiende a una población de 1998 pacientes distribuidos por edades (Tabla 6-56), se observa que existe mayor población entre las edades de 20 a 39 años, población joven, teniendo en cuenta que esta población es de reciente asentamiento.

Tabla 6-56 Población según grupo etario

GRUPO ETARIO	VALOR	%
< 1 año	38	1,9
1 año	38	1,9
2 años	38	1,9
3 años	38	1,9
4 años	38	1,9
5-9 años	192	9,6
10-14 años	198	9,9
15-19 años	190	9,5
20-39 años	608	30,4
40-49 años	229	11,5
50-59 años	167	8,4
60-64	64	3,2
65+	159	7,9
TOTAL	1998	100

Fuente: SNIS 2019

El grupo etario de mayor consulta al Centro de Salud de Alpacoma Bajo se encuentra en niños de 1 a 4 años de edad y en personas de 20 a 39 años de edad. (Tabla 6-57).

Tabla 6-57 Número de consultas por sexo en el Centro de Salud de Alpacoma Bajo, Año 2019

GRUPO ETAREO	VARONES	MUJERES	CONSULTAS NUEVAS	CONSULTAS REPERIDAS	TOTAL
MENORES DE 6 MESES	19	32	51	12	63
NIÑOS DE 6 MESES A MENORES DE 1 AÑO.	47	29	76	8	84
PERSONAS DE 1 A 4 AÑOS	114	114	228	23	251
PERSONAS DE 5 A 9 AÑOS	22	23	45	0	45
PERSONAS DE 10 A 14 AÑOS	14	17	31	0	31
PERSONAS DE 15 A 19 AÑOS	3	17	20	3	23
PERSONAS DE 20 A 39 AÑOS	7	168	175	22	197
PERSONAS DE 40 A 49 AÑOS	8	18	26	4	30
PERSONAS DE 50 A 59 AÑOS	1	15	16	2	18
PERSONAS DE 60 AÑOS Y MAS	38	71	109	6	115
TOTAL	**273**	**504**	**777**	**80**	**857**

Fuente: SNIS 2019

En el Ilustración 6-36 tenemos que el mayor número de casos de EDA´s en el Centro de Salud de Alpacoma es en los meses de Julio, mayo y septiembre.

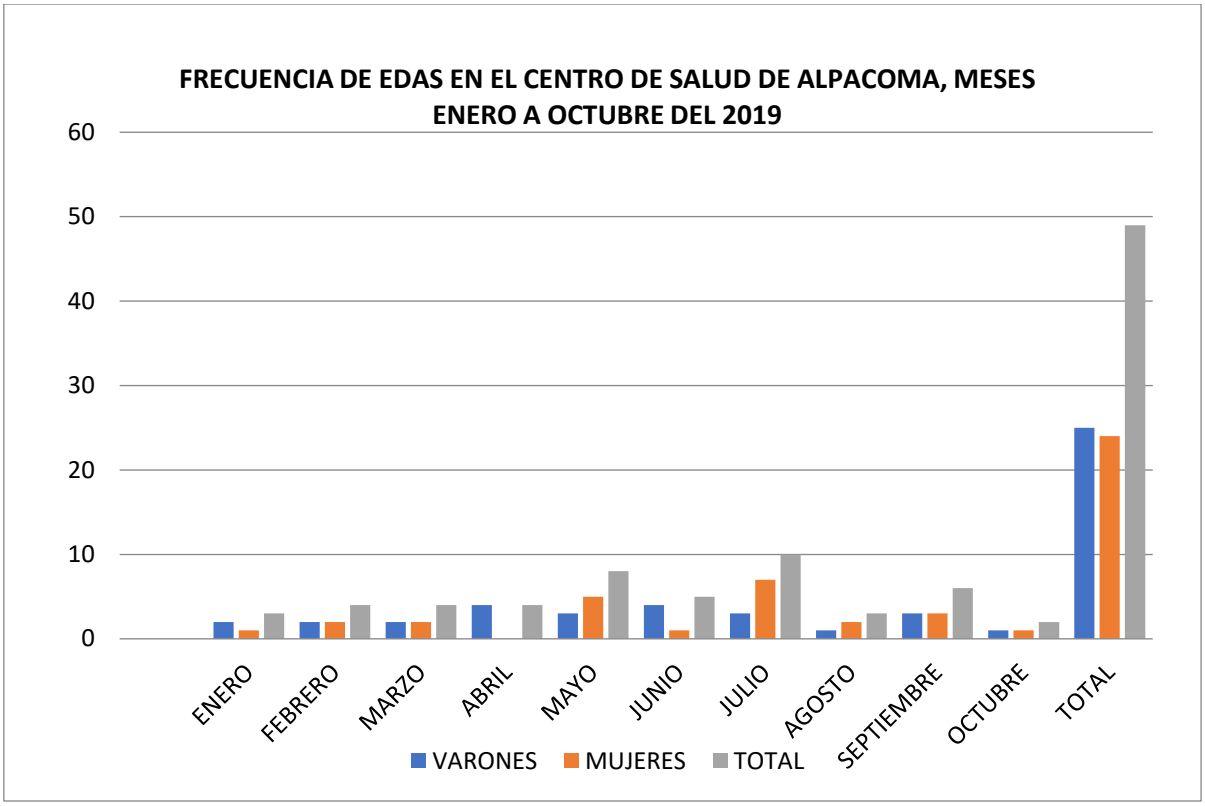


Ilustración 6-36 Frecuencia de EDA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019.
Fuente: SNIS 2019

Se puede observar en la Ilustración 6-37 que se presenta las EDA´S tanto en hombres como mujeres.

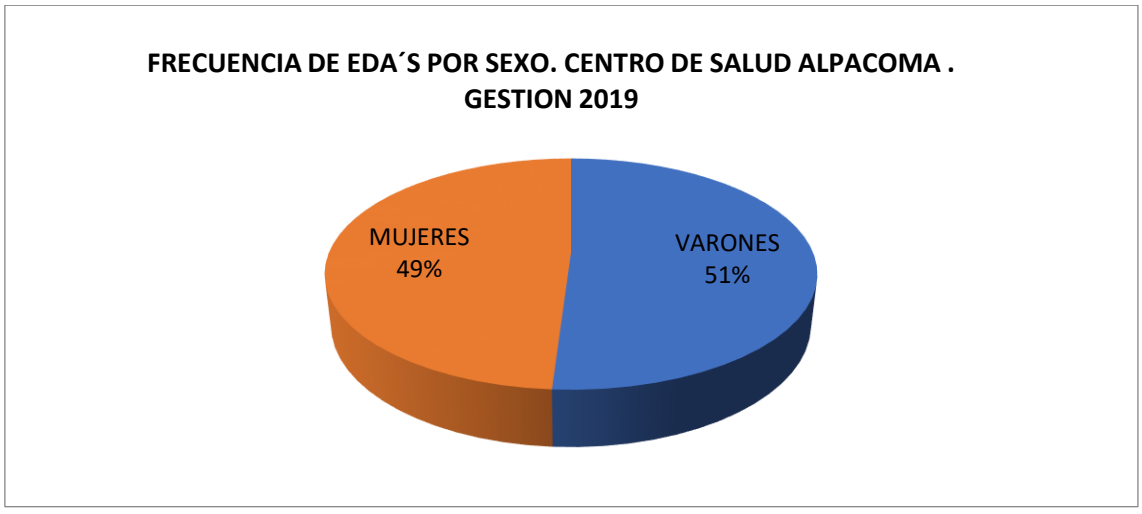


Ilustración 6-37 Frecuencia de EDA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019.
Fuente: SNIS 2019

Se observa en el Ilustración 6-38 que la edad de mayor frecuencia de EDA´s es en las edades de 6 meses a 5 años, con más frecuencias entre las edades de 1 a 4 años.

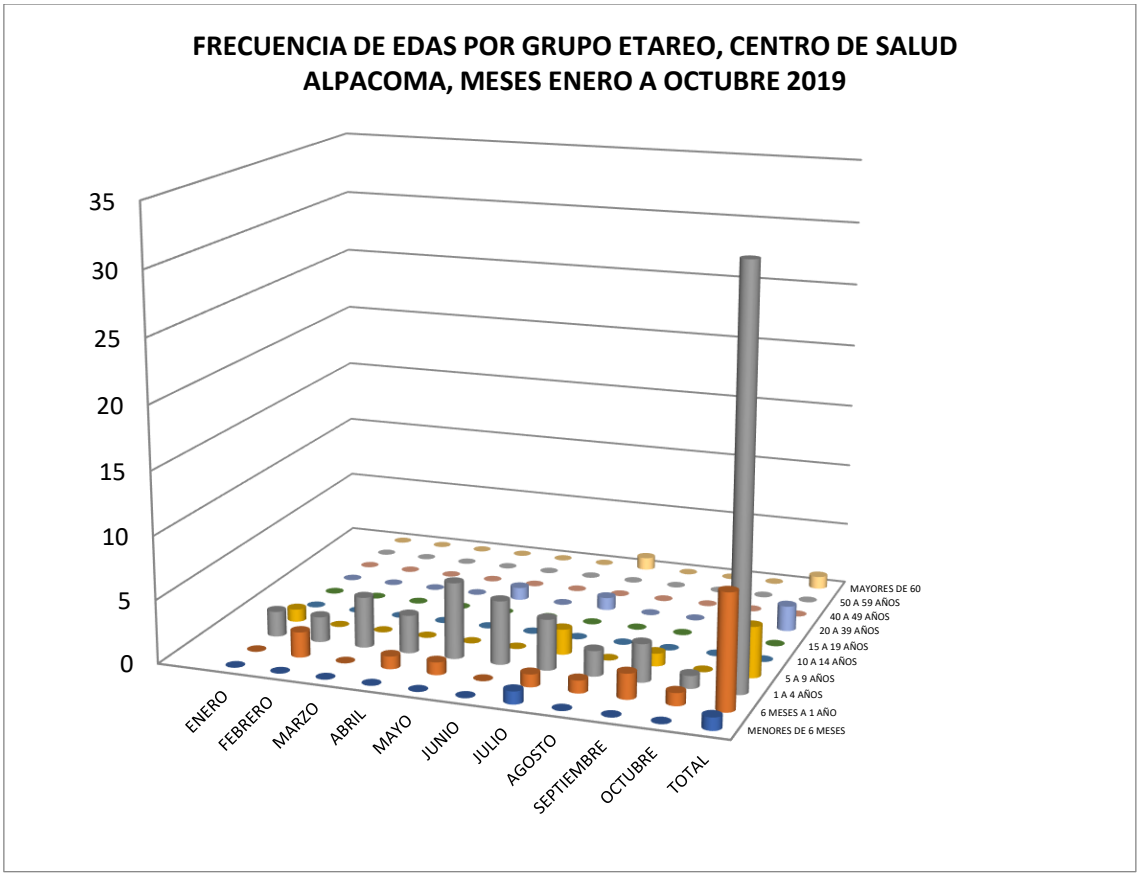


Ilustración 6-38 Frecuencia de EDA´S por grupo etario, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a Octubre. Gestión 2019.

Fuente: SNIS 2019

En la Tabla 6-58 se puede observar el comportamiento de las IRAS en la población observándose que existe mayor frecuencia de IRAS en los meses de mayo y julio, afectando más a las edades de 1 a 4 años.

Tabla 6-58 Frecuencia de IRAS en el centro de salud de Alpacoma Bajo en la Gestión 2019.

MES	MENORES DE 6 MESES	6 MESES A 1 AÑO	1 A 4 AÑOS	5 A 9 AÑOS	10 A 14 AÑOS	15 A 19 AÑOS	20 A 39 AÑOS	40 A 49 AÑOS	50 A 59 AÑOS	MAYORES DE 60	TOTAL
ENERO	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	**3**
FEBRERO	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	**4**
MARZO	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	**4**
ABRIL	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	**4**
MAYO	0	1	6	0	0	0	1	0	0	0	**8**
JUNIO	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	**5**
JULIO	1	1	4	2	0	0	1	0	0	1	**10**
AGOSTO	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	**3**
SEPTIEMBR	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	**6**
OCTUBRE	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	**2**
TOTAL	**1**	**9**	**32**	**4**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**1**	**49**

Fuente: SNIS 2019

En el Ilustración 6-39 tenemos que el mayor número de casos de IRA´s en el Centro de Salud de Alpacoma es en los meses de mayo y julio.

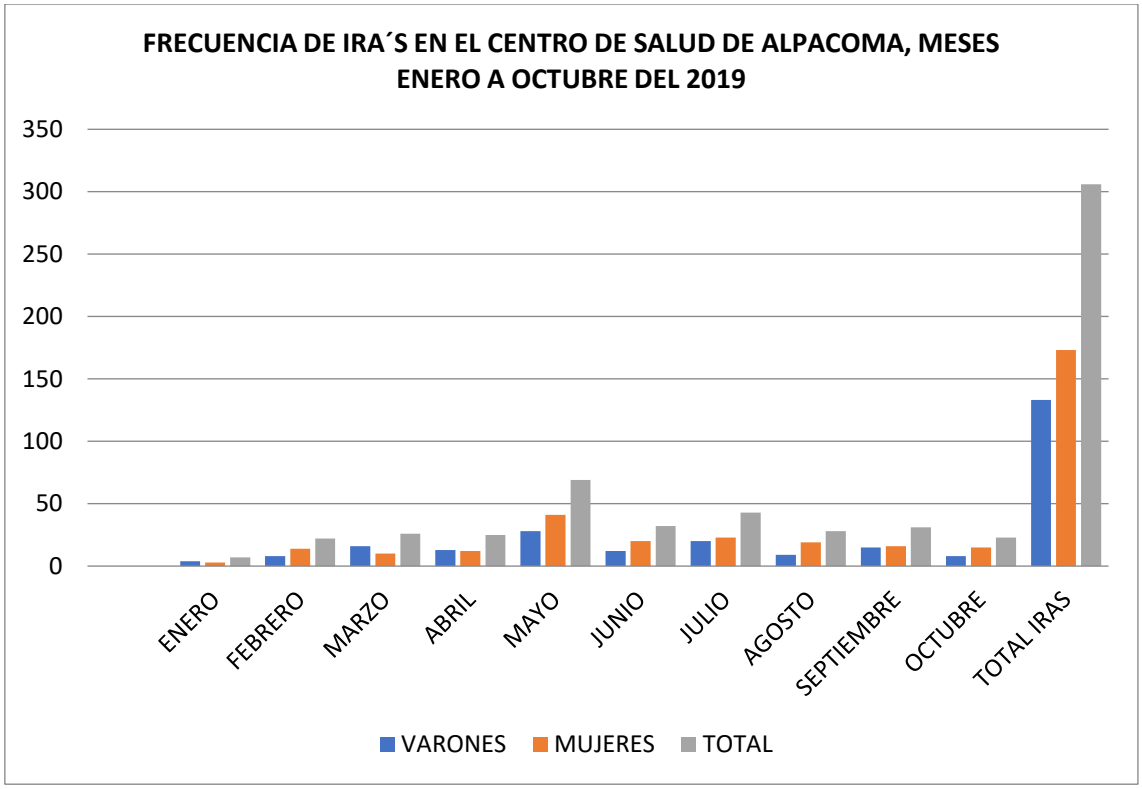


Ilustración 6-39 Frecuencia de IRA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019.
Fuente: SNIS 2019

Se puede observar en el Ilustración 6-40 que la mayor frecuencia de las IRA´S es más en mujeres (57%).

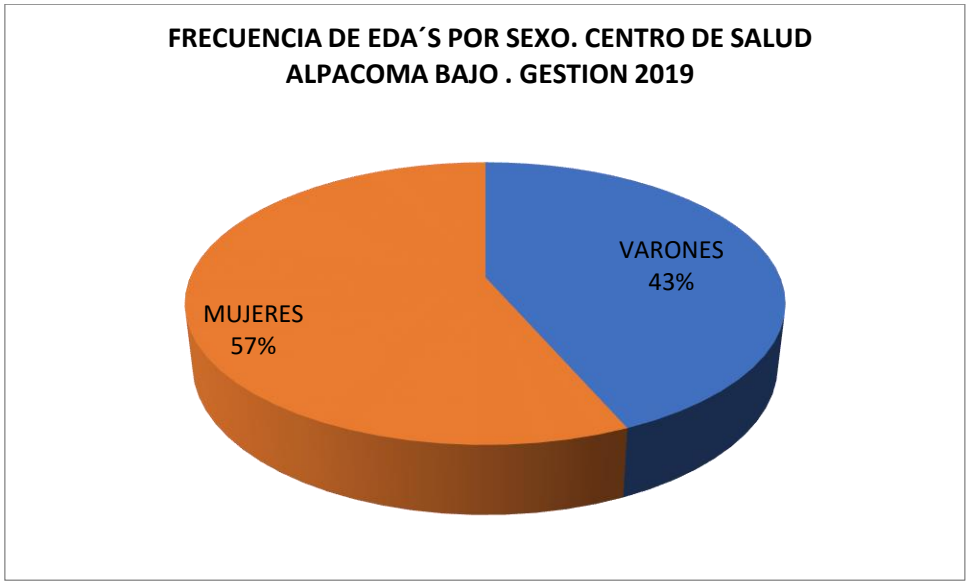


Ilustración 6-40 Frecuencia de IRA´S por sexo, Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019.
Fuente: SNIS 2019

Se observa en el Ilustración 6-41 que la edad de mayor frecuencia de IRA´s es en las edades de 1 a 4 años.

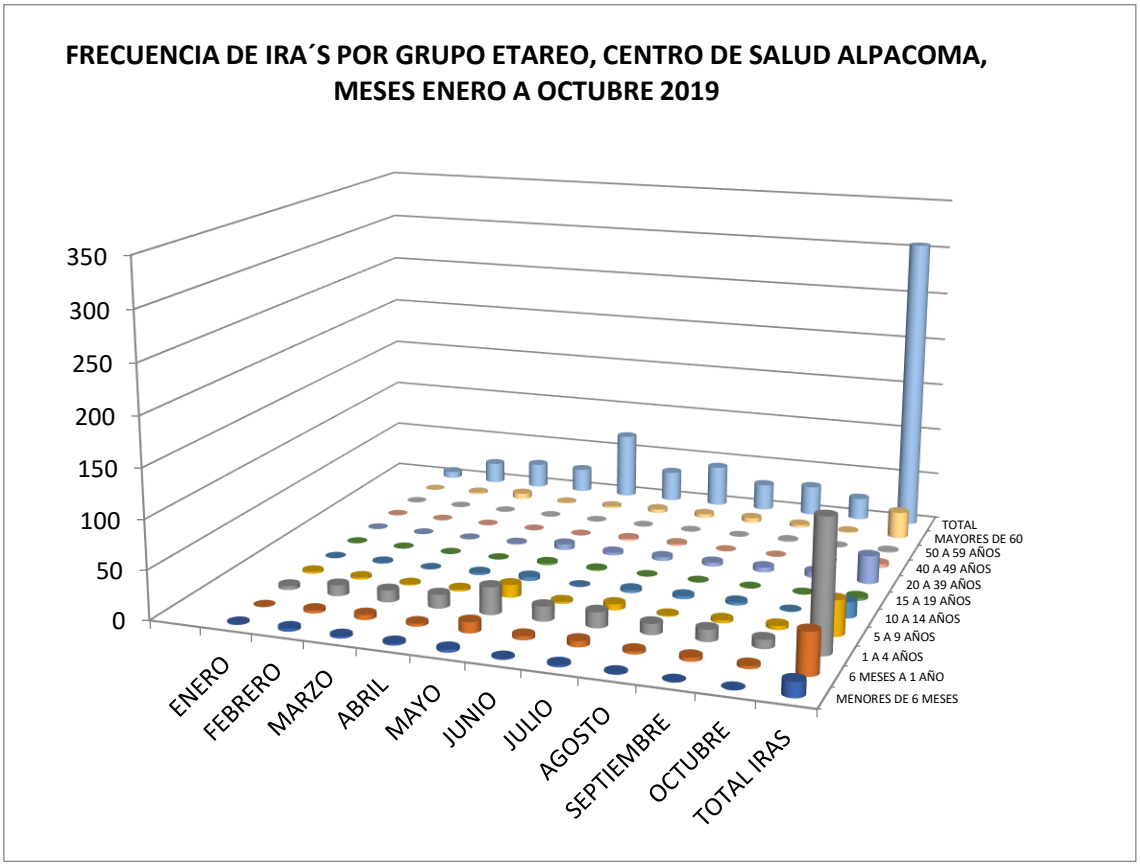


Ilustración 6-41 Frecuencia de IRA´S por grupo etario
Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019
Fuente: SNIS 2019

En la Tabla 6-59 se puede observar el comportamiento de las neumonías en la población observándose que existe mayor frecuencia de neumonía en los meses de mayo, junio y julio, afectando más a las edades de 1 a 4 años.

Tabla 6-59 Frecuencia de neumonías en el centro de salud de Alpacoma Bajo en la Gestión 2019

MES	MENORES DE 6 MESES	6 MESES A 1 AÑO	1 A 4 AÑOS	5 A 9 AÑOS	10 A 14 AÑOS	15 A 19 AÑOS	20 A 39 AÑOS	40 A 49 AÑOS	50 A 59 AÑOS	MAYORES DE 60	TOTAL
ENERO	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	7
FEBRERO	3	3	11	2	1	0	0	0	0	2	22
MARZO	2	5	12	1	0	0	0	0	0	6	26
ABRIL	2	3	14	2	2	0	1	0	0	1	25
MAYO	3	11	28	13	4	2	6	0	0	2	69
JUNIO	1	4	15	2	0	1	3	2	0	4	32
JULIO	2	6	16	6	3	0	4	2	0	4	43
AGOSTO	1	3	11	1	3	0	4	0	0	5	28
SEPTIEMBRE	0	4	12	3	3	0	5	0	1	3	31
OCTUBRE	0	3	9	4	0	0	6	0	0	1	23
TOTAL	**15**	**42**	**132**	**36**	**16**	**3**	**29**	**4**	**1**	**28**	**306**

Fuente: SNIS 2019

En el Ilustración 6-42 tenemos que el mayor número de casos de neumonías en el Centro de Salud de Alpacoma es en los meses de abril y mayo.

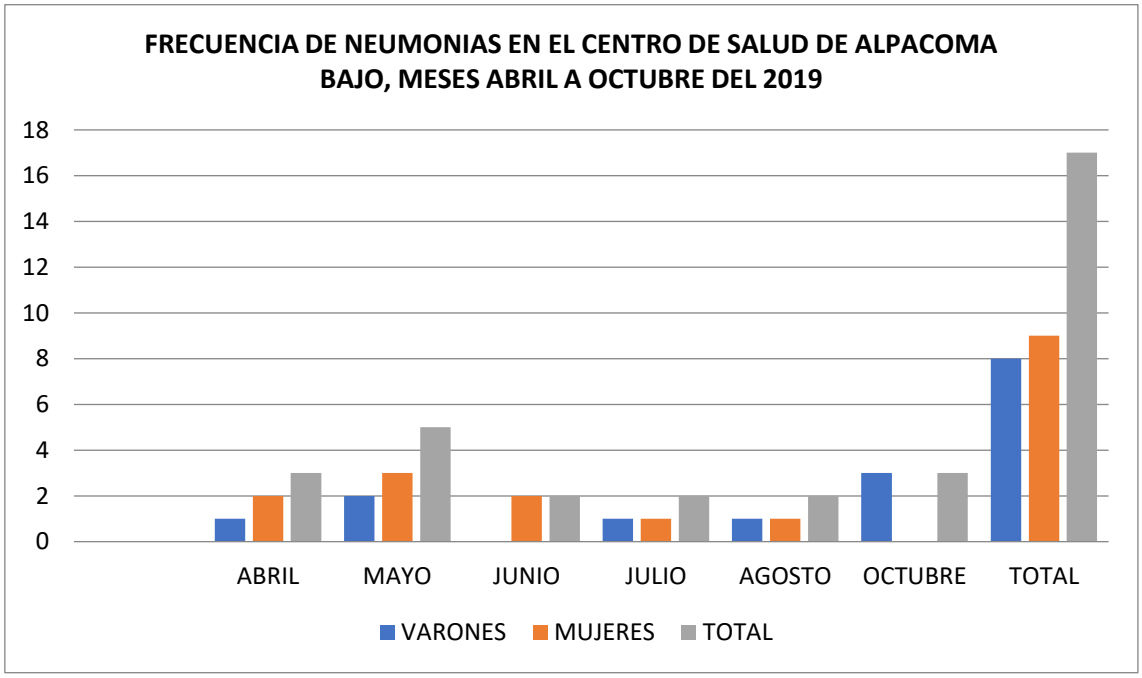


Ilustración 6-42 Frecuencia de neumonías por sexo
Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019.
Fuente: SNIS 2019

Se puede observar en el Ilustración 6-43 que la mayor frecuencia de neumonías es en mujeres (53%).

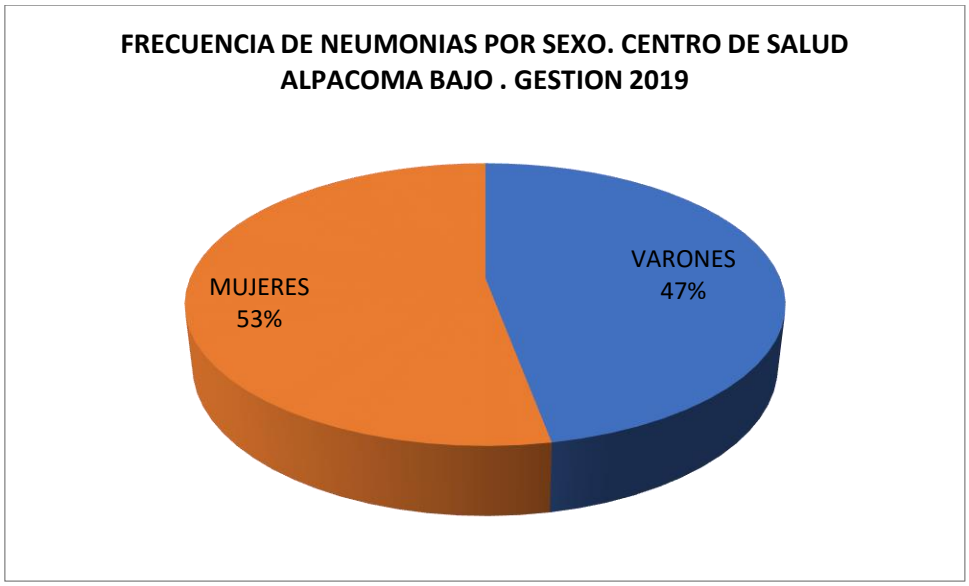


Ilustración 6-43 Frecuencia de neumonías por sexo
Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a octubre. Gestión 2019
Fuente: SNIS 2019

Se observa en el Ilustración 6-44 que la edad de mayor frecuencia de neumonías en las edades de 1 a 4 años.

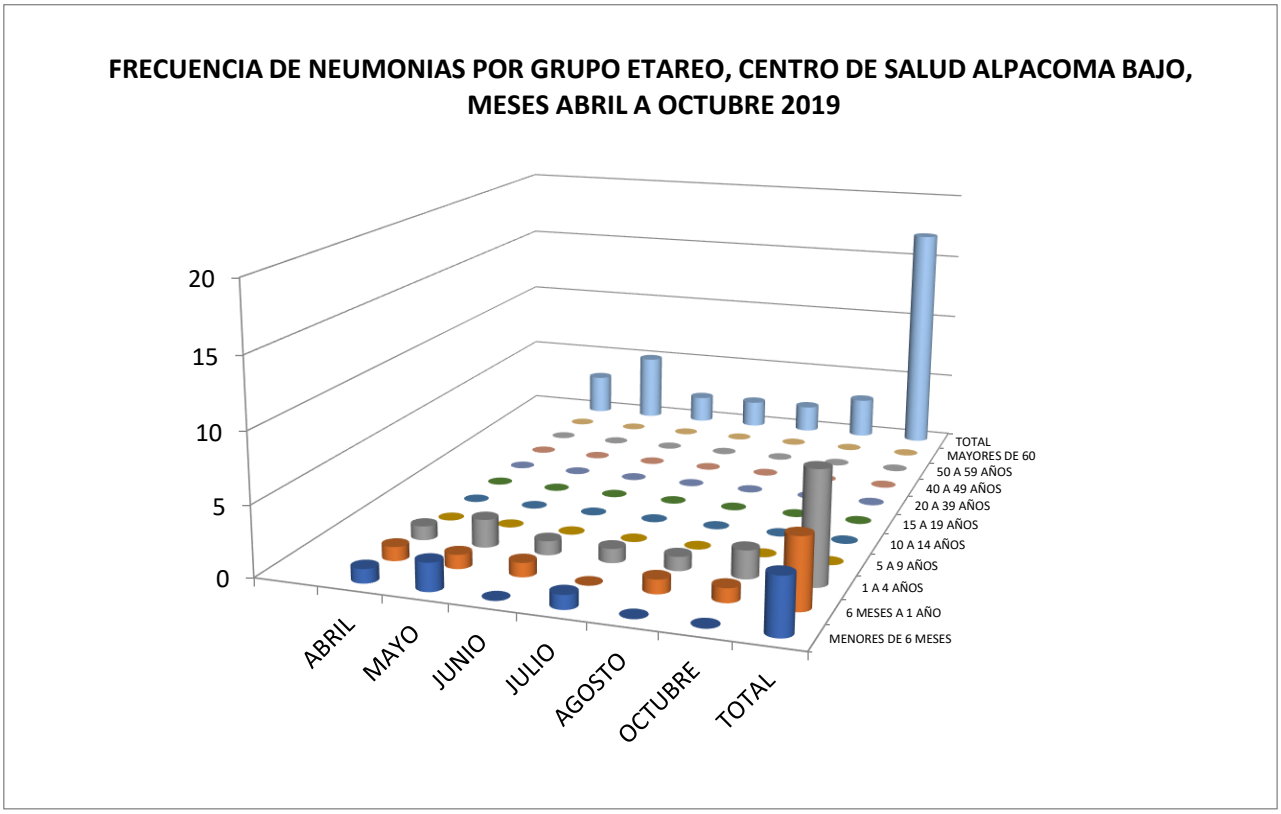


Ilustración 6-44 Frecuencia de neumonías por grupo etario
Centro de Salud Alpacoma Bajo. Meses enero a Octubre. Gestión 2019
Fuente: SNIS 2019

Revisando el perfil epidemiológico que se realizó a los pocos días después del evento tenemos que el síntoma más frecuente es la cefalea en el sexo masculino (30 Casos) seguido del sexo femenino (12 casos), entre las edades de 15 a 59 años. Tabla 6-60.

Tabla 6-60 Principales afecciones en la población de Alpacoma Bajo, posterior al deslizamiento

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Cefalea					1	1	30	12	1	3	32	16	48
IRA sin Neumonía			1			2	1	1	2	1	4	4	8
Inflamaciones oculares						2		4	1	1	1	7	8
Diarrea aguda sin deshidratación			1	4							1	4	5
Síndromes Respiratorios						1	1	3			1	4	5
Vómitos								5			0	5	5
Afección de la piel				1			1				1	1	2
TOTAL	**0**	**0**	**2**	**5**	**1**	**6**	**33**	**25**	**4**	**5**	**40**	**41**	**81**

Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

En la Tabla 6-61, se puede observar que a los 8 días de producido el evento se presentaron casos de IRA´s sin neumonías e inflamaciones oculares.

Tabla 6-61 Principales diagnósticos a los 8 días de producido el deslizamiento 2019

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Diarrea aguda con deshidratacion											0	0	0
Diarrea aguda sin deshidratacion											0	0	0
IRA con Neumonia											0	0	0
IRA sin Neumonia			1				1		1	1	3	1	4
Sindromes Respiratorios *											0	0	0
Afeccion de la piel				1							0	1	1
Inflamaciones oculares								4		1	0	5	5
ETAS **											0	0	0
Tetanos											0	0	0
Sindrome Febril											0	0	0
Meningitis											0	0	0
Agresion por mordedura de animal***											0	0	0
Transtorno Psicologico											0	0	0
Sospecha de sarampion											0	0	0
Embarazo*****											0	0	0
Colera											0	0	0
vomitos											0	0	0
cefalea								1		1	0	2	2
TOTAL	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**5**	**1**	**3**	**3**	**9**	**12**

* Incluye Influenza, EPOC.
** Enfermedades transmitidas por alimentos: Shigelosis, salmonelosis, Hepatitis.
*** Mordedura por canes, ratas, ratones, gatos.
**** El embarazo en condiciones de desastre deberá ser vigilada.
Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

En la Tabla 6-62 podemos observar que a los 9 días de producido el evento se presentaron casos cefaleas 12 casos, vómitos 5 casos y EDA´s 3 casos.

Tabla 6-62 Principales diagnósticos a los 9 días de producido el deslizamiento 2019

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Diarrea aguda con deshidratacion											0	0	0
Diarrea aguda sin deshidratacion			1	2							1	2	3
IRA con Neumonia											0	0	0
IRA sin Neumonia								1			0	1	1
Sindromes Respiratorios *						1					0	1	1
Afeccion de la piel							1				1	0	1
Inflamaciones oculares											0	0	0
ETAS **											0	0	0
Tetanos											0	0	0
Sindrome Febril											0	0	0
Meningitis											0	0	0
Agresion por mordedura de animal***											0	0	0
Transtorno Psicologico											0	0	0
Sospecha de sarampion											0	0	0
Embarazo*****											0	0	0
Colera											0	0	0
vomitos								5			0	5	5
cefalea					1	1	4	5		1	5	7	12
TOTAL	**0**	**0**	**1**	**2**	**1**	**2**	**5**	**11**	**0**	**1**	**7**	**16**	**23**

* Incluye Influenza, EPOC.
** Enfermedades transmitidas por alimentos: Shigelosis, salmonelosis, Hepatitis.
*** Mordedura por canes, ratas, ratones, gatos.
**** El embarazo en condiciones de desastre deberá ser vigilada.

Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

En la Tabla 6-63 podemos observar que a los 10 días de producido el evento se presentaron solo 4 casos de cefaleas en mujeres de 15 a 59 años de edad.

Tabla 6-63 Principales diagnósticos a los 10 días de producido el deslizamiento 2019

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Diarrea aguda con deshidratacion													
Diarrea aguda sin deshidratacion													
IRA con Neumonia													
IRA sin Neumonia													
Sindromes Respiratorios *													
Afeccion de la piel													
Inflamaciones oculares													
ETAS **													
Tetanos													
Sindrome Febril													
Meningitis													
Agresion por mordedura de animal***													
Transtorno Psicologico													
Sospecha de sarampion													
Embarazo*****													
Colera													
vomitos													
cefalea								4				4	4

* Incluye Influenza, EPOC.
** Enfermedades transmitidas por alimentos: Shigelosis, salmonelosis, Hepatitis.
*** Mordedura por canes, ratas, ratones, gatos.
**** El embarazo en condiciones de desastre deberá ser vigilada.
Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

En la Tabla 6-64 podemos observar que a los 11 días de producido el evento se presentaron 10 casos, siendo más frecuentes las cefaleas (4 casos) y síndromes respiratorios (4 casos).

Tabla 6-64 Principales diagnósticos a los 11 días de producido el deslizamiento 2019

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Diarrea aguda con deshidratacion													
Diarrea aguda sin deshidratacion													
IRA con Neumonia													
IRA sin Neumonia									1		1		1
Sindromes Respiratorios *							1	3			1	3	4
Afeccion de la piel													
Inflamaciones oculares									1		1		1
ETAS **													
Tetanos													
Sindrome Febril													
Meningitis													
Agresion por mordedura de animal***													
Transtorno Psicologico													
Sospecha de sarampion													
Embarazo*****													
Colera													
vomitos													
cefalea							2	1		1	2	2	4
TOTAL							3	4	2	1	5	5	10

* Incluye Influenza, EPOC.
** Enfermedades transmitidas por alimentos: Shigelosis, salmonelosis, Hepatitis.
*** Mordedura por canes, ratas, ratones, gatos.
**** El embarazo en condiciones de desastre deberá ser vigilada.
Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

En la Tabla 6-65 podemos observar que a los 14 días de producido el evento se presentaron solo 3 casos en mujeres, uno diarrea sin deshidratación, otro IRA sin neumonía y uno inflamación ocular.

Tabla 6-65 Principales diagnósticos a los 14 días de producido el deslizamiento 2019

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Diarrea aguda con deshidratacion													
Diarrea aguda sin deshidratacion				1								1	1
IRA con Neumonia													
IRA sin Neumonia						1						1	1
Sindromes Respiratorios *													
Afeccion de la piel													
Inflamaciones oculares						1						1	1
ETAS **													
Tetanos													
Sindrome Febril													
Meningitis													
Agresion por mordedura de animal***													
Transtorno Psicologico													
Sospecha de sarampion													
Embarazo*****													
Colera													
vomitos													
cefalea													

* Incluye Influenza, EPOC.
** Enfermedades transmitidas por alimentos: Shigelosis, salmonelosis, Hepatitis.
*** Mordedura por canes, ratas, ratones, gatos.
**** El embarazo en condiciones de desastre deberá ser vigilada.
Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

En la Tabla 6-66 podemos observar que a los 15 días de producido el evento se presentaron un incremento de casos de cefalea en personas del sexo masculino entre las edades de 15 a 59 años.

Tabla 6-66 Principales diagnósticos a los 15 días de producido el deslizamiento 2019

PATOLOGIA TRAZADORA	< 1 Año		1 a 4 años		5 a 14 años		15 a 59 años		> de 60 años		TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Diarrea aguda con deshidratacion													
Diarrea aguda sin deshidratacion				1								1	1
IRA con Neumonia													
IRA sin Neumonia													
Sindromes Respiratorios *													
Afeccion de la piel													
Inflamaciones oculares						1						1	1
ETAS **													
Tetanos													
Sindrome Febril													
Meningitis													
Agresion por mordedura de animal***													
Transtorno Psicologico													
Sospecha de sarampion													
Embarazo*****													
Colera													
vomitos													
cefalea							24	2	1		25	2	27
TOTAL				1		1	24	2	1		25	4	29

* Incluye Influenza, EPOC.
** Enfermedades transmitidas por alimentos: Shigelosis, salmonelosis, Hepatitis.
*** Mordedura por canes, ratas, ratones, gatos.
**** El embarazo en condiciones de desastre deberá ser vigilada.
Fuente: Centro de salud Alpacoma Bajo.

Dentro de las principales causas de mortalidad tenemos que la población más afectada es la adulta mayor, donde las causas de mortalidad son Insuficiencia cardiaca, bronconeumonía, insuficiencia respiratoria y anemia severa. Se registraron 4 casos de defunciones en la gestión 2019. (Tabla 6-67).

Tabla 6-67 Principales 15 causas de morbilidad. Centro de salud Achocalla. Primer semestre. Gestión 2019

CODIGO CIE10	DESCRIPCION	GRUPO ETAREO									TOTAL
		< de 1 año	1 año a 4 años	5 años a 9 años	10 años a 14 años	15 años a 19 años	20 años a 39 años	40 años a 49 años	50 años a 59 años	60 y mas años	
J06	Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples o no especificados	5	72	25	8	15	32	14	8	0	**179**
A09	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	12	32	7	3	8	0	3	4	15	**84**
I10	Hipertensión esencial (primaria)	0	0	0	0	0	0	5	15	55	**75**
J02	Faringitis aguda	17	32	3	1	5	0	0	0	17	**75**
E66	Obesidad	0	0	0	0	0	60	0	6	0	**66**
N76	Otras afecciones inflamatorias de la vagina y de la vulva	0	0	0	0	0	47	0	0	0	**47**
J00	Rinofaringitis aguda [resfriado común]	18	20	0	0	0	0	0	0	0	**38**
N94	Dolor y otras afecciones relacionadas con los órganos genitales femeninos y con el ciclo menstrual	0	0	0	0	0	37	0	0	0	**37**
M54	Dorsalgia	0	0	0	1	0	0	0	0	29	**30**
M76	Entesopatías del miembro	0	0	0	0	0	0	12	0	0	**12**

CODIGO CIE10	DESCRIPCION	GRUPO ETAREO									TOTAL
		< de 1 año	1 año a 4 años	5 años a 9 años	10 años a 14 años	15 años a 19 años	20 años a 39 años	40 años a 49 años	50 años a 59 años	60 y mas años	
	inferior, excluido el pie										
M94	Otros trastornos del cartílago	0	0	0	0	8	0	0	0	0	**8**
N39	Otros trastornos del sistema urinario	0	0	3	0	0	0	0	0	0	**3**
R17	Ictericia no especifica	1	2	0	0	0	0	0	0	0	**3**
Q65	Deformidades congénitas de la cadera	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**
L30	Otras Dermatitis	0	0	1	1	1	0	0	0	0	**3**
SUB TOTAL CAUSAS		56	158	39	14	37	176	34	33	116	**663**
DEMAS CAUSAS		28	12	12	16	20	5	13	9	35	**150**
TOTAL, CAUSAS		84	170	51	30	57	181	47	42	151	**813**

Fuente: Centro de salud Achocalla. Gestión 2019.

En la Tabla 6-68 se puede observar que las principales que se produjeron 4 decesos cuyas causas de fallecimiento son insuficiencia cardiaca, bronconeumonía, hipoxia fetal e insuficiencia respiratoria, (Anexos, Tomo II, Anexo 12. Certificados de defuncion).

Tabla 6-68 Principales causas de mortalidad

FECHA DE DEFUNCION	EDAD	SEXO	DIAGNOSTICO
21/02/2019	84	F	INSUFICIENCIA CARDIACA
09/09/2019	42	M	BRONCONEUMONIA
03/10/2019	RN	M	HIPOXIA FETAL, MACROSOMIA FETAL, DM1 MATERNA
08/10/2019	77	F	INSUFICIENCIA RESPIRATORIA, ANEMIA SEVERA

Fuente: Cementerio de Alpacoma Bajo. Gestión 2019.

6.13.4.3 Otros resultados

Ante un segundo deslizamiento ocurrido el 29 de julio de 2019, se consultó al Centro de Salud de Alpacoma acerca del suceso, las acciones tomadas por parte del personal del centro de Salud. El informe menciona un reporte de una primera evaluación a las 8 horas de producido el evento, indicando que el deslizamiento se produjo a horas 3 am aproximadamente, donde las vías de acceso terrestre no presentaban daño, condición climática despejada, los medios de comunicación radio frecuencia 20/40 mts, frecuencia emisora, teléfonos móvil e internet con normalidad, lo cual mantuvo

a la población comunicada. El personal de salud realizo visitas domiciliarias a todas las viviendas aledañas al relleno sanitario para verificar estado de salud reportado algún tipo de afección a 50 viviendas y 150 familias. Los servicios básicos se encontraron con normalidad (recolección de basura, energía eléctrica, telecomunicaciones, transporte).

Adicionalmente, durante inspecciones al área indirecta informaron la existencia de una ONG de nombre "Sociedad Católica San José", cuya principal función es de colaborar con la población, en especial los niños, adolescentes y mujeres, brindando diferentes tipos de actividades como: estimulación temprana a niños menores de 5 años, reforzamiento a niños mayores de 5 años y adolescentes, diferentes tipos de capacitaciones a mujeres de acuerdo a la necesidad y solicitud. Además, dentro de sus actividades que realiza se encuentra el seguimiento de peso y talla a niños menores de 4 años, datos que fueron facilitados al equipo de auditoria para su análisis.

Se contaron con datos de 41 niños entre 0 a 4 años de edad, con un promedio de 2.5 años (Tabla 6-69 Datos generales sobre el seguimiento del peso y talla)

Tabla 6-69 Datos generales sobre el seguimiento del peso y talla

TOTAL	41
PROMEDIO EDAD	2.585
MODA	2
DE	1.117
RANGO	4

Fuente: Sociedad católica San José.

En la Tabla 6-70 se observa que el sexo masculino es más frecuente (66%).

Tabla 6-70 Frecuencia por sexo en el seguimiento del peso y talla en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma

SEXO	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
FEMENINO	14	34,1	34,1
MASCULINO	27	65,9	100,0
TOTAL	41	100,0	

Fuente: Sociedad católica San José.

En la Tabla 6-71 se observa que la mayor frecuencia del seguimiento de peso y talla es entre las edades de 0 a 4 años, siendo más frecuente entre los 2 a 4 años.

Tabla 6-71 Distribución por edades sobre el seguimiento del peso y talla en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma.

AÑOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
0 AÑOS	2	4,9	4,9
1 AÑO	4	9,8	14,6
2 AÑOS	13	31,7	46,3
3 AÑOS	12	29,3	75,6
4 AÑOS	10	24,4	100,0

Fuente: Sociedad católica San José.

En el Ilustración 6-45 se observa que no existe un cambio en la tendencia del peso durante los meses de abril a noviembre del 2019 en los niños entre 0 a 4 años residentes en zonas vecinas al relleno sanitario de Alpacoma.

Ilustración 6-45 Tendencia del peso en niños menores de 4 años
Desde abril a noviembre residentes en zonas aledañas al relleno sanitario Alpacoma. Gestión 2019.
Fuente: Sociedad católica San José.

En el Ilustración 6-46 se observa que no existe un cambio en la tendencia de la talla durante los meses de abril a noviembre del 2019 en los niños entre 0 a 4 años residentes en zonas vecinas al relleno sanitario de Alpacoma.

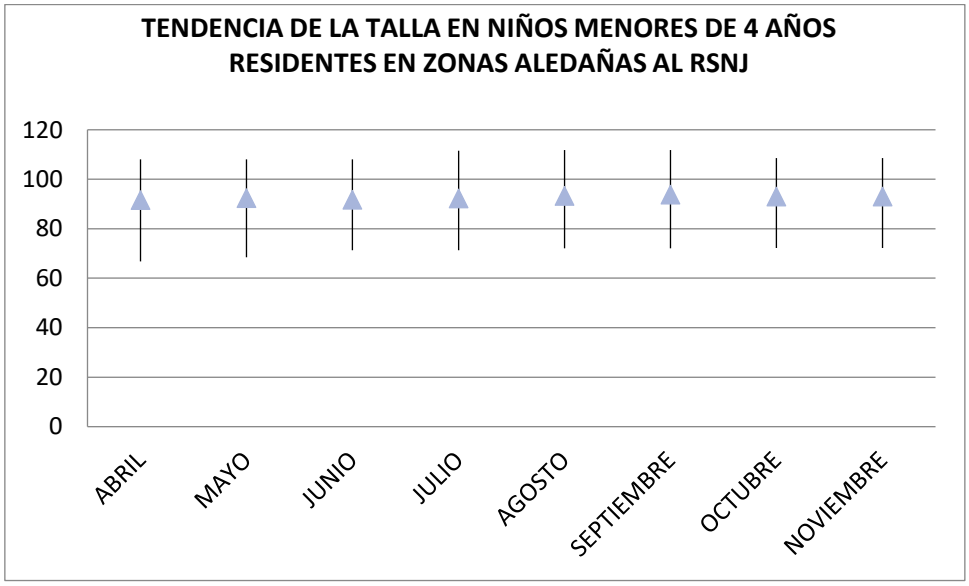


Ilustración 6-46 Tendencia de la talla en niños menores de 4 años
Desde abril a noviembre residentes en zonas aledañas al relleno sanitario Alpacoma. Gestión 2019.
Fuente: Sociedad católica San José.

En la Tabla 6-72 se observa que el 71% de los niños se encuentran dentro del peso normal para la talla, llama la atención que un 16% se encuentran con sobrepeso u obesidad grado I, solo se reportó un caso de desnutrición severa.

Tabla 6-72 Distribución de la relación peso/talla en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma.

PESO - TALLA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
D.A. SEVERA	1	2,4	2,4
NORMAL	29	70,7	73,2
SOBREPESO	4	9,8	82,9
SUPERIOR	7	17,1	100,0
Total	41	100,0	

Fuente: Sociedad católica San José.

En la Tabla 6-73 se observa que el 85% de los niños presenta una talla adecuada para la edad, el 12% presenta talla baja para la edad y solo 2.4% presenta talla alta para la edad. (Ver Anexos, Tomo II, Anexos 11 y 12, Encuestas Perfil Epidemiológico y Certificación de Defunción).

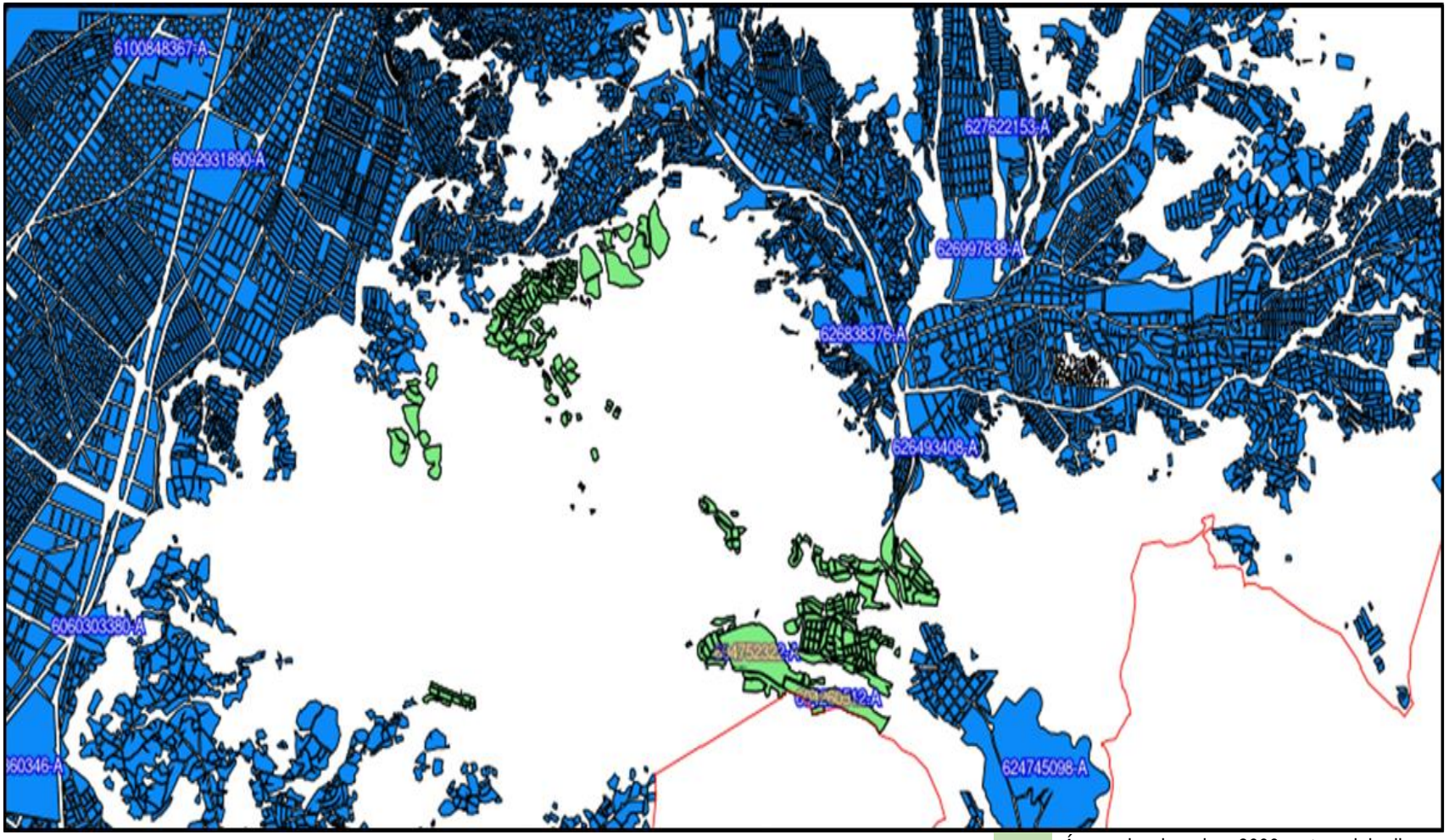
Tabla 6-73 Distribución de la relación talla/edad en niños menores de 4 años residentes de Alpacoma.

TALLA - EDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Talla normal.	35	85,4	85,4
Talla alta	1	2,4	87,8
Talla baja	5	12,2	100,0
Total	41	100,0	

Fuente: Sociedad católica San José.

6.13.5 Aspectos Socioeconómicos

La Ilustración 6-47 enseña el marco con el que se trabajó para obtener la caracterización socioeconómica. El área de influencia tomada en cuenta para la caracterización socioeconómica se limita a un perímetro de 2,000 metros de distancia del Relleno Sanitario Nuevo Jardín.



Población.- 5275

Viviendas encuestadas.- 1844

Ilustración 6-47 Marco de Área seleccionada para la Caracterización Socioeconómica
Fuente: Elaboración propia

6.13.5.1 Demografía

6.13.5.1.1 Características de la población

(Según el último censo y esbozo de la evolución demográfica de la región en el futuro previsible)

La población en estudio asciende a los 5,275 habitantes de los cuales 2,600 son hombres y 2,675 son mujeres, en la Tabla 6-74 se observa que la mayoría de los habitantes son del género femenino con un porcentaje del 50,71%.

Tabla 6-74 Crecimiento Poblacional

Población por Edad	Ambos Sexos	%	Hombres	Mujeres
Total	5.275	100	2.600	2.675
0-3 años	360	7	180	180
4-5 años	212	4	114	98
6-19 años	1.485	28	729	756
20-39 años	1.596	30	767	829
40-59 años	1.191	23	602	589
60 - más años	431	8	208	223

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.1.2 Distribución por grupos etarios.

Desagregando la información del punto anterior, el área de estudio presenta un perfil etario eminentemente joven a adulto ya que las personas menores a los 39 años de edad representan el 30% de su población, donde el 4% y 28% de sus habitantes se encuentran en edad escolar. Por otro lado, el 8% de su población son personas con 60 años o más de edad (Ilustración 6-48).

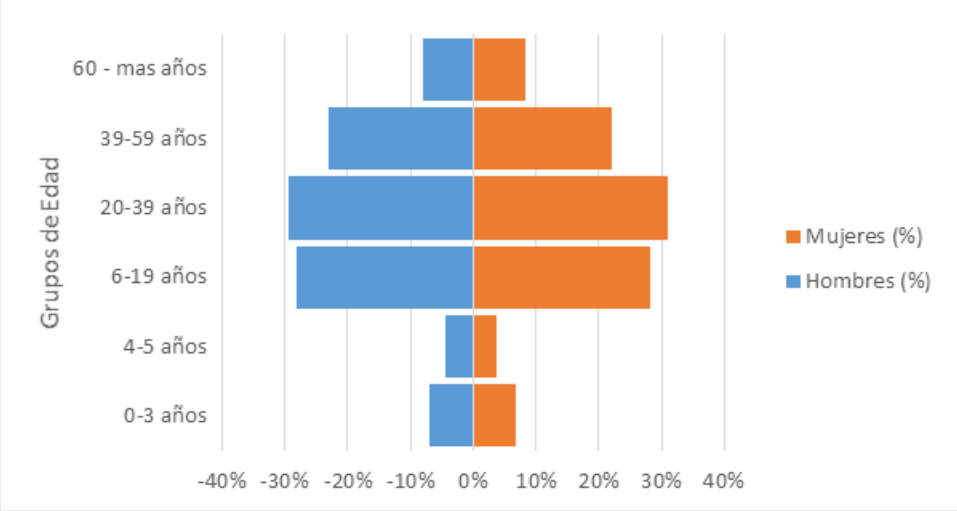


Ilustración 6-48 Pirámide Poblacional Área de Influencia
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.1.3 Ritmo de crecimiento de la población

En la Tabla 6-75 se refleja el ritmo de crecimiento de la población.

Tabla 6-75 Crecimiento Poblacional

Año	Población	Tasa de crecimiento exponencial (%)
2012	5.275	
2013	5.397	2,277
2014	5.519	2,236
2015	5.641	2,192
2016	5.764	2,157
2017	5.887	2,112
2018	6.010	2,068
2019	6.133	2,026
2020	6.256	1,986

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

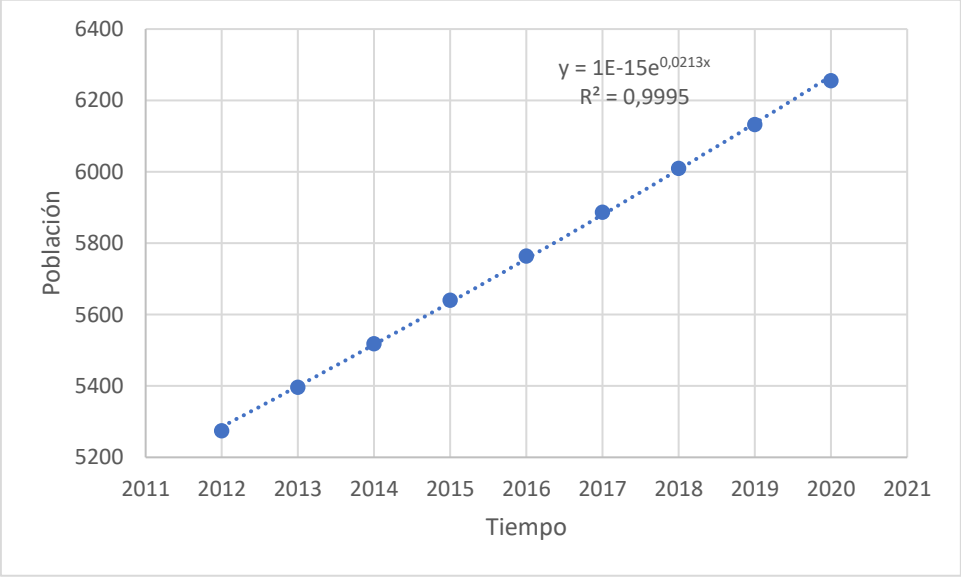


Ilustración 6-49 Crecimiento Poblacional
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

Según el Ilustración 6-49, se concluye que por cada 100 habitantes se añaden 2 habitantes por cada unidad de tiempo, teniendo un nivel de confianza del 99,95%.

6.13.5.1.4 Dinámica migratoria

Según el censo del 2012, en el área de estudio se empadronaron 42 individuos que no residen habitualmente en su departamento de nacimiento, identificados como migrantes internos absolutos o de toda la vida, que corresponden al 0,80% de la población empadronada en el lugar (Ver Tabla 6-76).

Tabla 6-76 Lugar de Residencia Actual

Lugar de residencia actual	Habitantes	%
Aquí	5.220	98,95
En otro lugar del país	42	0.80
En el exterior	13	0.25
Total	5275	100%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.2 Servicios Básicos

6.13.5.2.1 Disponibilidad de Energía Eléctrica

En el área de estudio, el 94% de la población goza del servicio de electricidad de la empresa DELAPAZ, el 5% de la población no cuenta con este servicio debido a los nuevos asentamientos y el 1% que es la población que adquiere la electricidad por otras fuentes como: paneles solares o simplemente adquieren electricidad de sus vecinos (Ilustración 6-50).

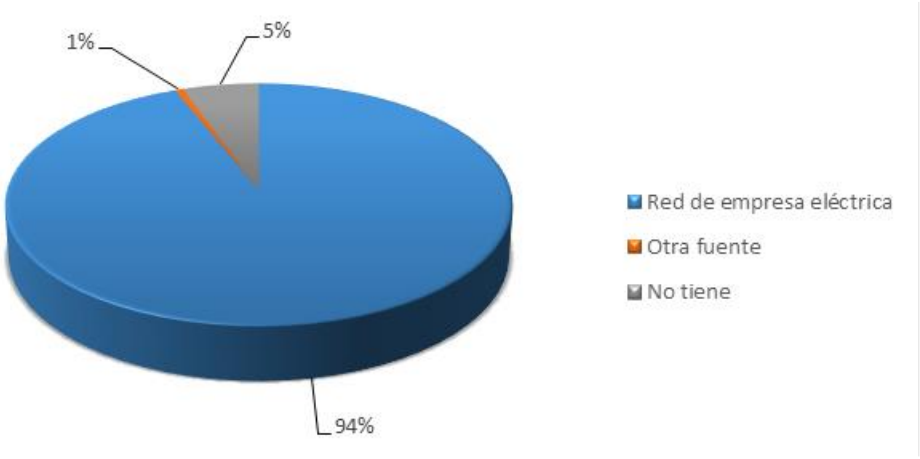


Ilustración 6-50 Energía Eléctrica
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.2.2 Procedencia del agua de consumo

El agua potable para el uso de la población en estudio es proporcionada en un 51% por la empresa EPSAS, el 39 % que es el sector más cercano al relleno se abastece de agua mediante piletas públicas compartidas entre 2 a más familias, el resto (10%) lo obtiene de pozos, agua de lluvia, etc., aunque se conoce que también adquieren el agua de sus vecinos, por temas de salud (Ilustración 6-51).

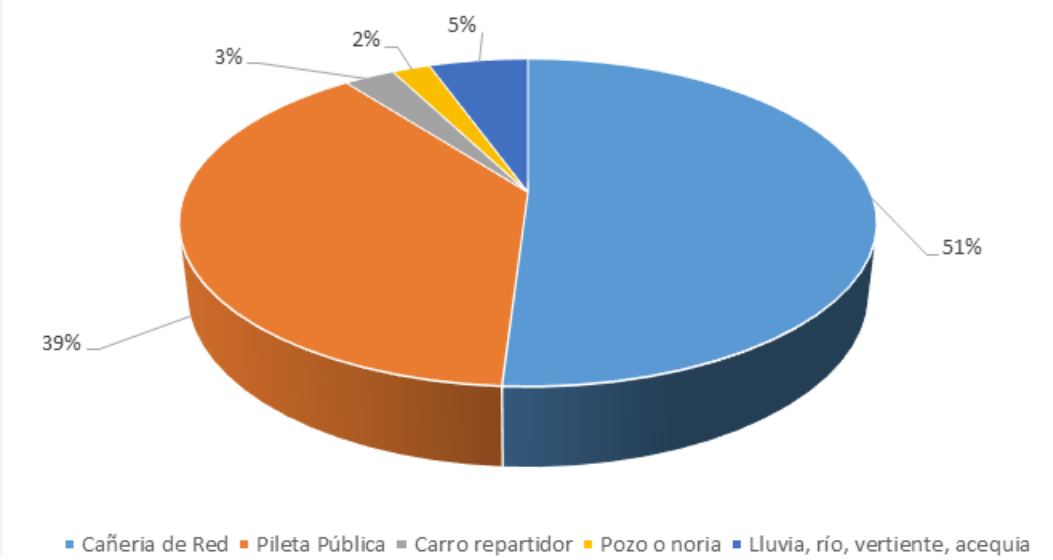


Ilustración 6-51 Agua de Consumo
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.2.3 Desagüe del servicio sanitario

El 86% de la población cuenta con alcantarillado para el recojo y transporte de las aguas residuales de cada vivienda en el área de estudio, el 14% restante tiene otro tipo de prácticas para el tratamiento de sus aguas residuales, desde pozos ciegos, cámaras sépticas, hasta realizar los procesos biológicos en alguna quebrada y/o vertiente cercana por la falta de baños (Ilustración 6-52).

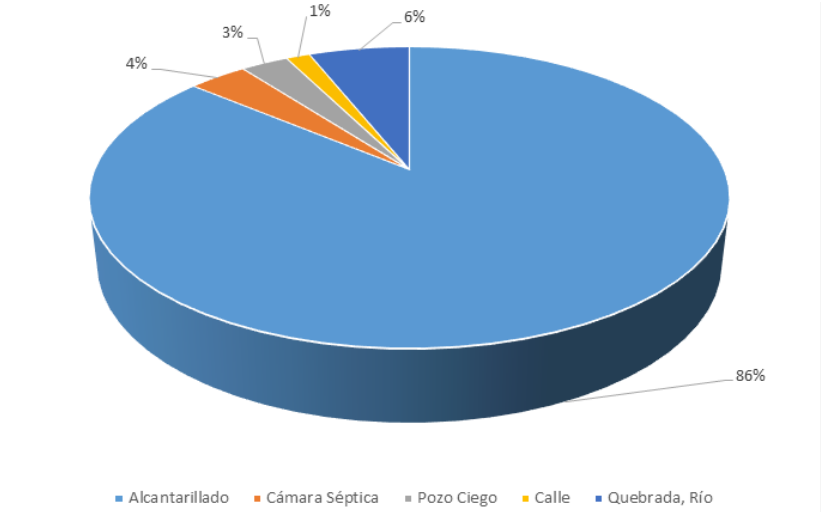


Ilustración 6-52 Servicio Sanitario
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.2.4 Eliminación de Residuos Sólidos

En cuanto a la eliminación de los residuos sólidos domésticos en el área de estudio, el 40% de la población dispone su basura al servicio público de recolección (carros basurero de La Paz Limpia), el 44% lo dispone en los contenedores de la misma empresa, el 10% echan su basura al río y el restante 6% lo queman, lo entierran o lo echan a un terreno baldío (Ilustración 6-53).

La población del área más cercana al relleno tiene muchas quejas de que la empresa que recolecta la basura no realiza paradas por ese sector, debido a que llegan llenos después de su recorrido diario.

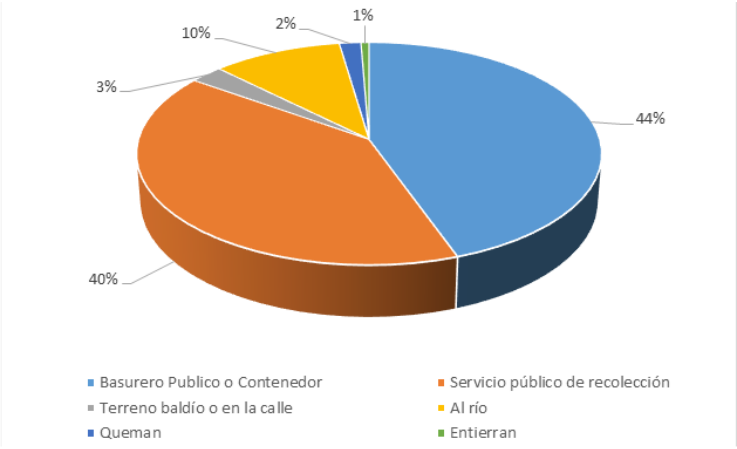


Ilustración 6-53 Eliminación de Residuos Sólidos
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.2.5 Combustible y/o energía para cocinar

La población del área de estudio realiza sus labores de cocina en un 86% con las garrafas de GLP, el 2% tiene conexión a gas domiciliario y el restante 11% utiliza leña u otros métodos como electricidad, energía solar, etc (Ilustración 6-54).

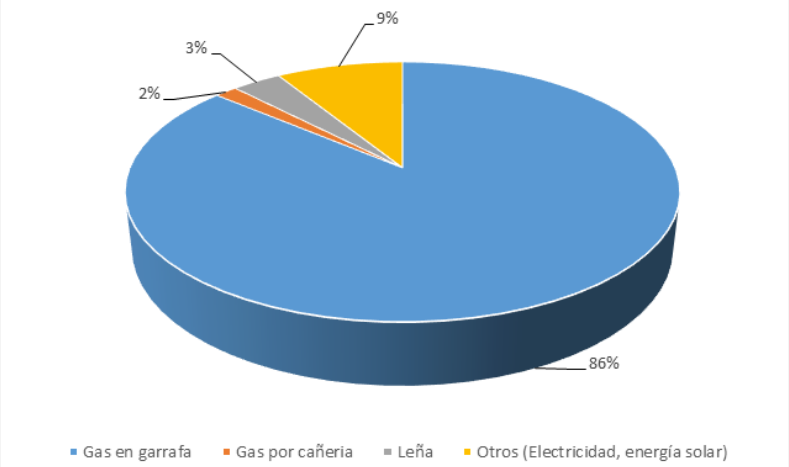


Ilustración 6-54 Tipo de Combustible
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.3 Vías de Acceso

En cuanto a las vías de acceso al Relleno Sanitario Nuevo Jardín, existe una variedad de rutas; se muestra 3 opciones en ruta de acceso, tomando como punto de partida la Plaza del Estudiante (Ilustración 6-55)

Ilustración 6-55 Vías de Acceso al RSNJ
Fuente: Elaboración Propia con base en Google Earth

6.13.5.4 Actividades Económicas

6.13.5.4.1 Definición de las Actividades Económicas

El porcentaje más alto es de 37% definido por "otras actividades", entre ellas se puede mencionar el trabajo en las ladrilleras considerada como una de las actividades principales, en segundo lugar, con un 23% el transporte público (trufis, minibuses y colectivos) y los camiones recolectores de basura, el resto de la población del área de estudio se dedica a otras actividades como ser, construcción, industria, comercio, etc (Ilustración 6-56).

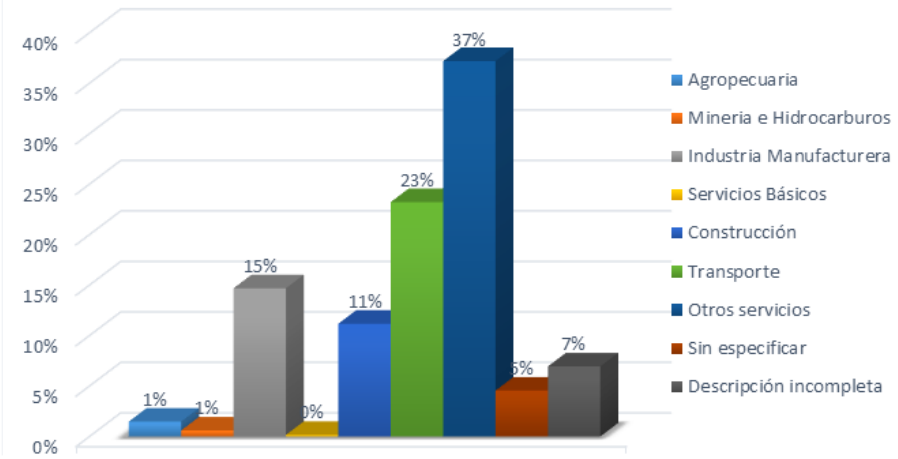


Ilustración 6-56 Actividades Económicas
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.4.2 Categoría ocupacional

La distribución de la población ocupada según su inserción en el mercado de trabajo, está organizada de la siguiente manera; un 49% de la población es de clase obrera o empleado, el 32% trabaja por cuenta propia y el resto de la población que alcanza el 19% es empleador, practicante si remuneración, etc (Ilustración 6-57).

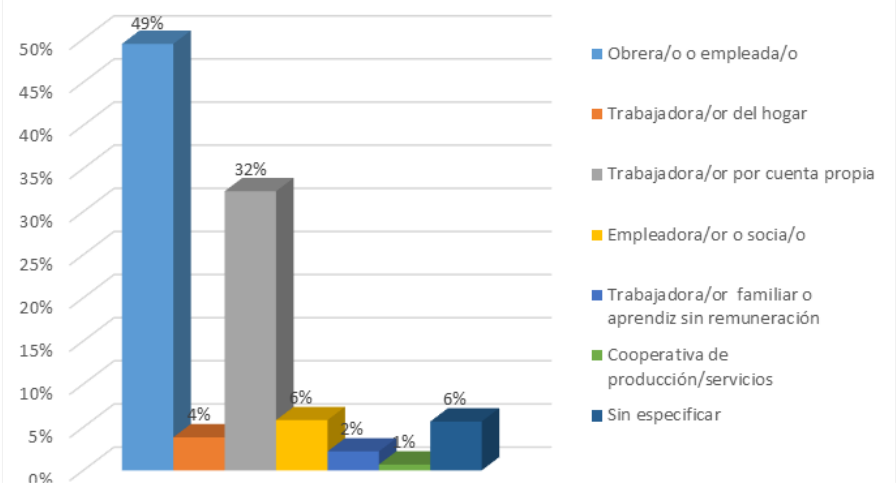


Ilustración 6-57 Categoría Ocupacional
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.4.3 Demanda de fuerza de trabajo

Según el Departamento de Estadística de la OIT, la fuerza de trabajo se compone principalmente por personas económicamente activas que pueden no estar desocupadas, en este sentido tomando en cuenta a la población en estudio, la fuerza de trabajo está conformada por 2483 habitantes de los cuales, el 94.6 % son personas con empleo y el 5,4 % son personas sin empleo (pero se encuentran en edad laboral) (Ver Ilustración 6-58).

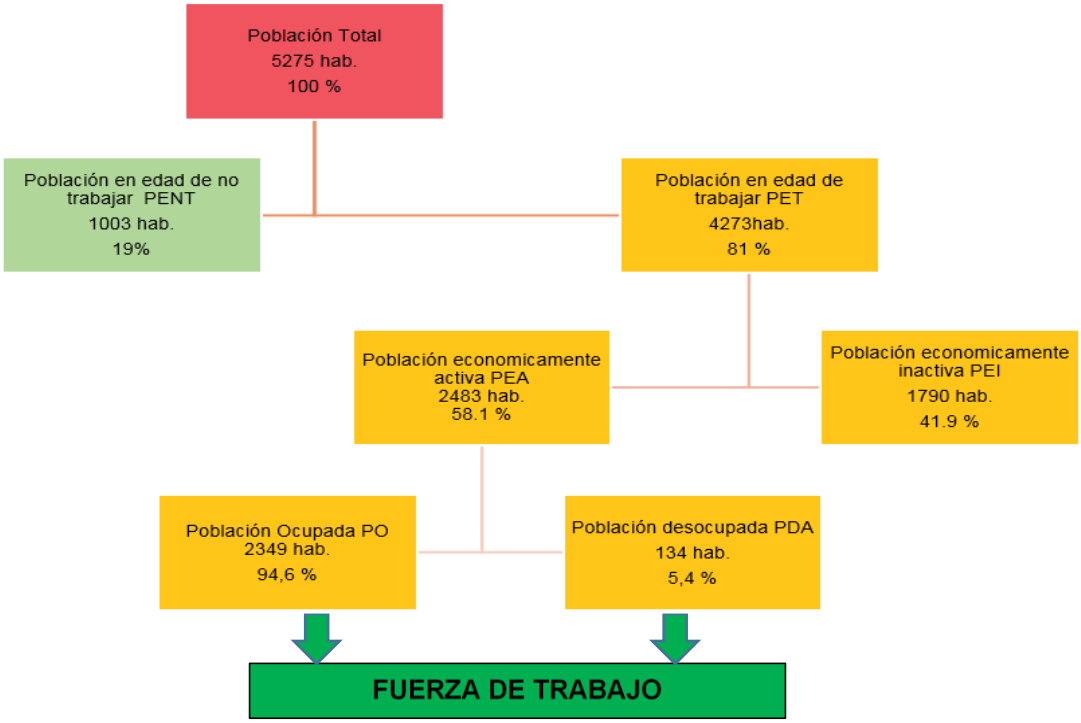


Ilustración 6-58 Fuerza de Trabajo
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la Cartilla de Cotahuma 2016.

Donde:

PT: Población Total
PENT: Población en edad de no trabajar → personas menores de 10 años de edad.
PET: Población en edad de trabajar → personas de 10 años y más de edad.
PEA: Población económicamente activa → personas que trabajan o buscan trabajo activamente.
PO: Población ocupada → personas que trabajan produciendo bienes y servicios económicos.
PDA: Población desocupada[41] → personas que no trabajan, pero buscan trabajo activamente y están disponibles para realizarlo.
PEI: Población económicamente inactiva → personas que no trabajan produciendo bienes y servicios económicos ni buscan trabajo.

[41] Existen varias consideraciones a tomar en cuenta al momento de clasificar a una persona como desocupada abierta o desempleada, entre ellas están, el período de búsqueda de trabajo, el período que no trabajó, el período que estaría disponible para trabajar, qué se considera como búsqueda activa de trabajo, etc. Detalles y aclaraciones generales se encuentran en: "Conceptos y definiciones: Desempleo y Personas fuera de la fuerza de trabajo". Departamento de Estadística de la OIT. David Glejberman. Proyecto RECAP: Diseño de Encuestas de población activa y de módulos de empleo en las Encuestas de hogares para medir el trabajo decente. Turín 2012.

6.13.5.4.4 Vinculación laboral de la población femenina

La población femenina al ser más numerosa (2675 hab.) en el área de estudio tiene una gran importancia en la economía del sector como se observa en el Ilustración 6-59. El 42% de la población femenina es de clase obrera o empleada, el 34% trabaja por cuenta propia como comerciantes, el porcentaje restante y considerando la edad y experiencia tiende a trabajar como empleada de hogar, empleadora, practicante, etc.

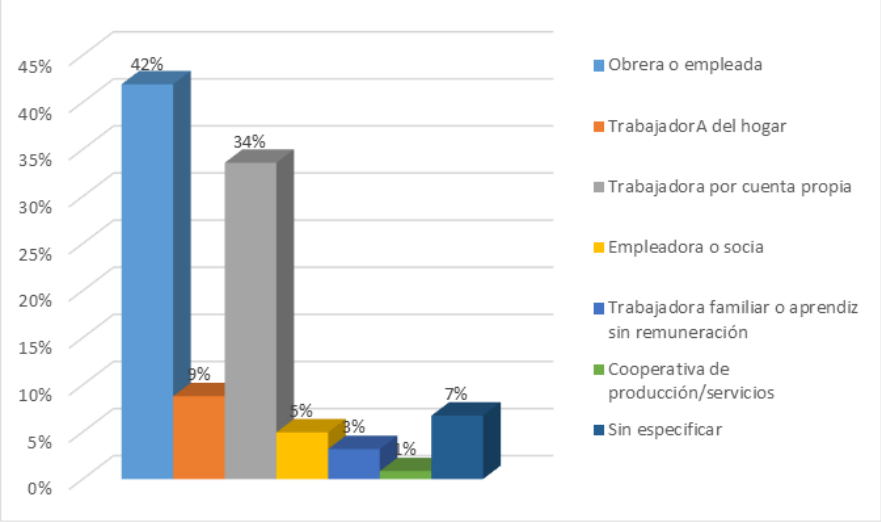


Ilustración 6-59 Actividades Económicas Ocupadas por el Género Femenino
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE 2012

6.13.5.5 Educación

6.13.5.5.1 Relaciones entre la educación y los principales problemas ambientales de la localidad.

Según la encuesta realizada se identificaron los siguientes problemas ambientales:

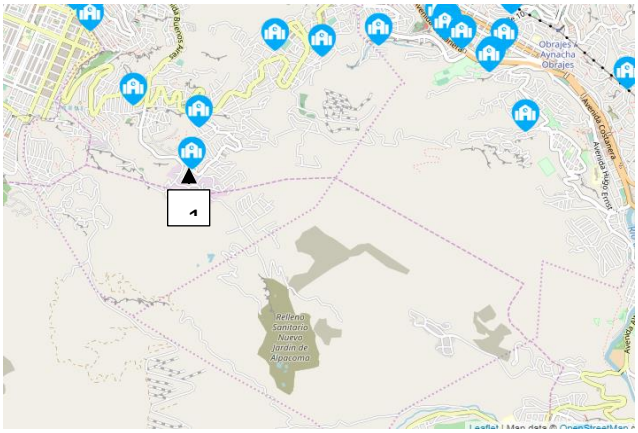
Tabla 6-77 Problemas Ambientales

A	Exceso de polvareda	Debido a que estas vías no están asfaltadas y por el recorrido que cursan los camiones recolectores de basura a esto se añade la falta de riego por parte de la empresa La Paz Limpia.
B	Malos olores	Que fueron insoportables durante el deslizamiento que causo varios problemas en las personas que se encuentran cerca del mismo (vómitos, náuseas, diarrea, etc.), en la actualidad estos malos olores son sentidos a ciertas horas en la mañana de 5 a 7 y en la tarde de 18 a 19 horas.
C	Existencia de roedores insectos y otros vectores	La presencia de grandes promontorios de basura en las quebradas y siendo estos lugares en los cuales algunos habitantes evacúan sus necesidades fisiológicas, es un óptimo lugar para la proliferación de roedores e insectos, que provocan ciertas enfermedades en los habitantes.
D	Inadecuada disposición de RSD	Los habitantes del área tienen conocimientos que rondan de lo básico a lo nulo en cuanto a la buena gestión de los residuos sólidos, por lo que estos son dispuestos en cualquier lugar sin importar las consecuencias.

Fuente: Elaboración propia

6.13.5.5.2 Centros educativos ubicados en la región.

Según la guía urbana del municipio de La Paz el área de estudio cuenta con un centro de educación pública (Ver Ilustración 6-60)



CENTROS DE EDUCACIÓN PÚBLICA.

1. **San Miguel de Alpacoma.**

Ilustración 6-60 Centros de Educación
Fuente: Elaboración propia, con base en la Guía Urbana La Paz

El colegio San Miguel de Alpacoma se encuentra aproximadamente a 2 km de la entrada al Relleno Sanitario Nuevo Jardín, al existir únicamente una línea de trufi que ingresa a ese sector una gran cantidad de niños deben caminar a diario esta distancia para llegar al centro educativo.

6.13.5.5.3 Nivel de instrucción predominante.

Según el Anuario del Gobierno Municipal de La Paz (Tabla 6-78) en el área de estudio, la población en edad de estudiar (6-25 años) cursa el nivel secundario con un 33,8% del total, el 44,1% realiza estudios superiores universitarios.

Tabla 6-78 Nivel de Instrucción Predominante

AREA DE ESTUDIO	2016		
	HOMBRE	MUJER	TOTAL
	100,0%	100,0%	100,0%
Ninguno	0,6%	3,2%	1,9%
Primaria	1,8%	5,8%	3,8%
Secundaria	35,2%	32,3%	33,8%
Superior no universitaria	15,8%	15,5%	15,6%
Superior universitaria	46,7%	41,3%	44,1%
Otros	0,0%	1,9%	0,9%

Fuente: Anuario GAMLP, 2016

6.13.5.6 Uso de la tierra

6.13.5.6.1 Identificación de comunidades

- ✓ Número de familias ubicadas en el área de estudio en función al grado de impacto.

6.13.5.6.2 Problema Central

- ✓ Causas del problema
- ✓ Causas directas
- ✓ Causas indirectas

Actividad 7. Levantamiento Topográfico

7.1 Introducción

Dentro del marco del Contrato de la Auditoría Ambiental por Peligro Inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio de La Paz, se establece la necesidad de un levantamiento topográfico de toda el área involucrada como área directa, es decir, el predio donde se construyó el RSNJ, las áreas involucradas en el deslizamiento y las áreas ocupadas por la parte administrativa.

De acuerdo con las necesidades de información geográfica, en la actualidad se requieren levantamientos topográficos con métodos de mesura apoyados en parámetros convencionales internacionales, que establecen las normas y metodología en el arte de mensurar ya sean distancias, ubicación geográfica y obtención de áreas, sobre la superficie de la tierra. A esto se le debe añadir la tecnología e instrumental altamente sofisticados que coadyuven a las mensuras con la mayor precisión posible. El presente informe y la documentación que se adjunta será testimonio suficiente del levantamiento topográfico realizado por la empresa Los Álamos IC S.R.L.

7.2 Objetivo

El objetivo es mostrar de manera fehaciente y confiable los datos técnicos del terreno, como ser; su ubicación, límites, longitud, y curvas de nivel, plasmados en la elaboración del plano topográfico en gabinete, para su posterior aplicación en el área requerida.

7.3 Ubicación del Proyecto.

El Relleno Sanitario Nuevo Jardín se encuentra ubicado en un área aproximada de 40 hectáreas, dentro el Macro Distrito Cotahuma Zona Alpacoma (Ilustración 7-1)

Se puede acceder al relleno siguiendo la Av. Buenos Aires, siguiendo la Av. Los Pinos, parte norte y por la parte sur carretera hacia Achocalla donde se toma un desvío, pasando por el Río Achocalla.

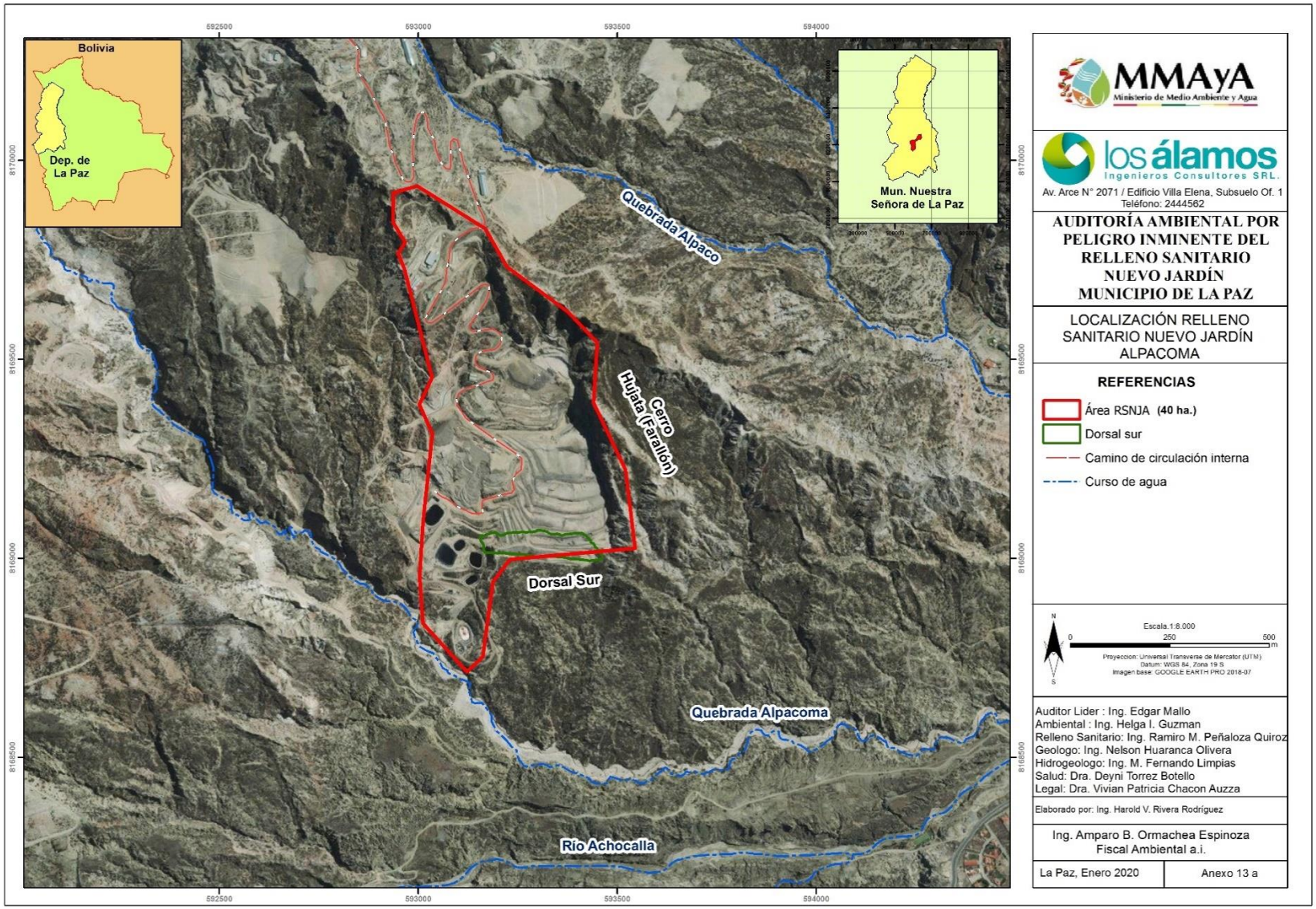


Ilustración 7-1 Ubicación del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

7.4 Alcance del Trabajo

El alcance del trabajo es la obtención de información métrica, a partir de los productos cartográficos obtenidos mediante el procesamiento fotogramétrico como:

- Planimetría 2D
- Curvas de nivel 2D – 3D
- Imagen Georeferenciada con una resolución de 5 cm por pixel.
- Cálculo de áreas delimitadas de las celdas.

7.4.1 Personal e instrumentos

7.4.1.1 Personal.

El levantamiento topográfico, requirió de personal especializado en el área topográfica, el cual se describe a continuación:

- Piloto del Dron Mavic 2 Pro: Encargado de la planificación y vuelo del Dron en sus diferentes misiones.
- Personal de apoyo: Encargado de la toma de puntos de control con GPS y vigilancia del recorrido de las líneas de vuelo del Dron.

7.4.1.2 Instrumentos y Equipos.

El equipo utilizado para el trabajo fue:

- GPS Garmin 64 S
- Dron Mavic 2 Pro
- Libreta de anotaciones

7.4.1.3 Equipos Geodésicos y Topográficos.

Equipo de Gabinete

- 01 computadora Mac Book Pro
- 01 impresora HP 845-c

7.5 Especificaciones Técnicas de los Equipos Empleados

Un Dron es una aeronave que vuela sin tripulación, capaz de sostener un nivel de vuelo controlado y es propulsado por uno o varios motores.

El Mavic 2 Pro es un Dron que cuenta con rotores del estilo helicóptero, estos equipos de ala rotativa, al contar con giroscopios y estabilizadores y un sistema GPS, se pueden mantener en el mismo sitio sin variar la posición, pudiendo tomar fotos y videos de calidad alta (Cuadro 7-1).

Con forme los drones han ido evolucionando en tamaño, forma, capacidades, también lo han hecho en sus capacidades básicas, de esta manera se les ha ido incorporando, giroscopios, acelerómetros, magnetómetros, altímetros, GPS, sonar, sensor laser, cámara de video y fotografía de alta calidad.

Cuadro 7-1 Características de Equipo Topográfico

Características	Mavic 2 Pro
Dimensiones	91 x 214 x 84 mm
Peso	907 gr
Altura máxima vuelo	6.000 m sobre nivel del mar
Batería	Intercambiable con autonomía máxima 31 minutos según condiciones de vuelo
Velocidad de vuelo máxima	72 km/h en modo Sport
Frecuencia de funcionamiento	2,4 y 5,5 Ghz (OcuSync 2.0)
GNSS	GPS y Glonass
Sistema de detección	Detección de obstáculos omnidireccional
Cámara	Hasselblad Sensor 1” CMOS 20MP
Apertura	Variable F2.8/F11
Fotografía	Resolución máxima 5472 x 3648 (JPG y DNG)
Vídeo	4K a 24/25/30p, 2,7K a 24/25/30/48/50/60p y FHD a 24/25/30/48/50/60/120p
Modos de color	DLog-M (10 bits), permite vídeo HDR (HLG 10 Bits)
Formato grabación	MP4/Mov (códec H264 y H265)
Almacenamiento	8GB internos más ranura microSD (compatible con capacidad hasta 128GB y velocidad lectura/escritura UHS-I Clase 3)

Fuente: Elaboración propia

7.6 Especificaciones Técnicas del Trabajo.

Para lograr los objetivos de la auditoría se desarrollaron las siguientes etapas:

Gabinete: En esta primera etapa se fue colectando y generando Geodatos (Shapes, Imágenes de Satélite, Sentinel – Google Earth Pro – Sas Planet), con los cuales se pudo delimitar del área de estudio, propuesta de misiones de vuelo del Dron y su verificación en campo realizando un recorrido por las áreas de trabajo del relleno.

Con la aplicación Pix4Dcapture en el dispositivo móvil se ha realizado los planes de vuelo, teniendo un total de 7 misiones de vuelo para cubrir el área efectiva de trabajo. La altura de vuelo seleccionado fue de 100 metros con un tiempo de vuelo de 20 minutos para cada misión. (Ilustración 7-2)

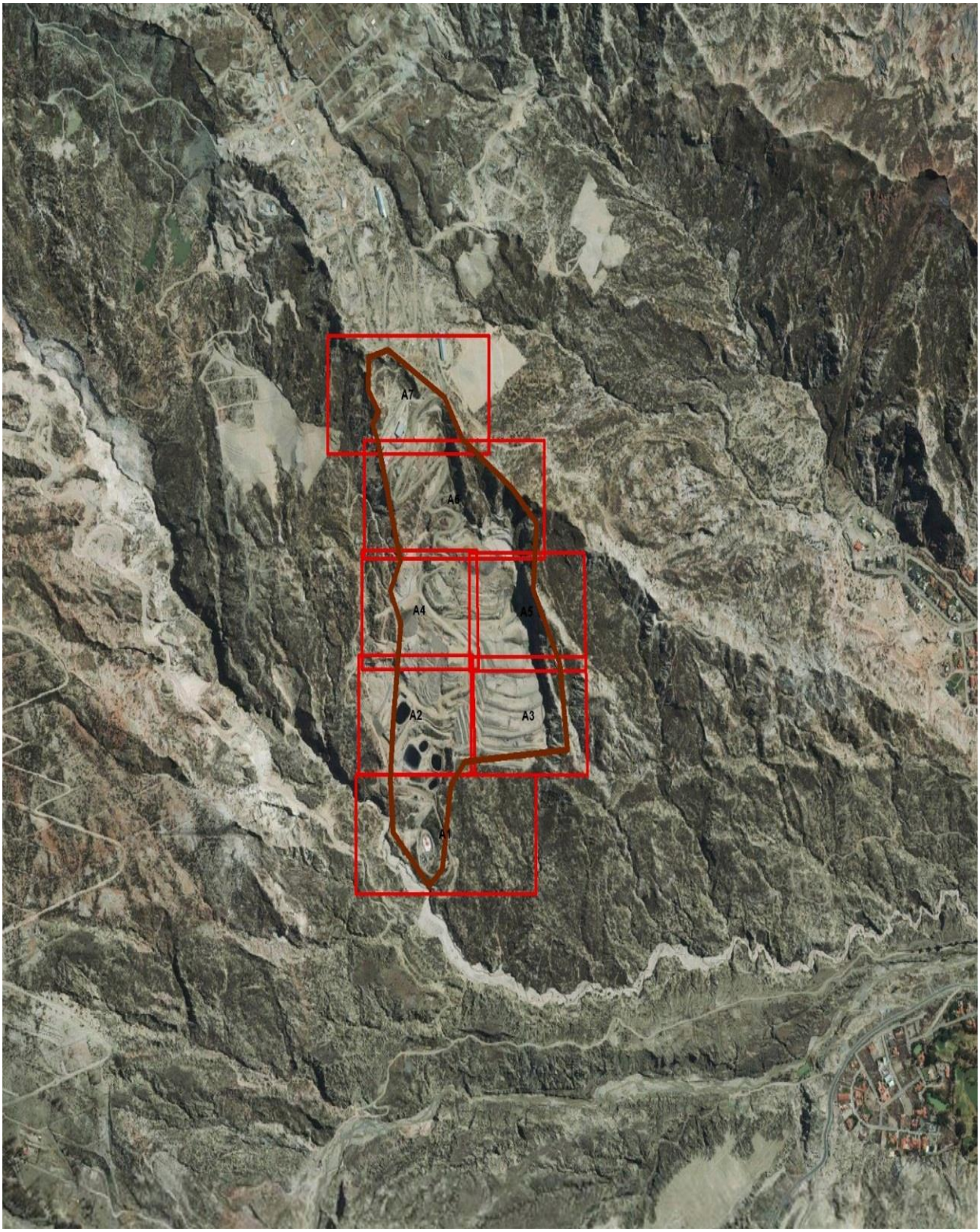


Ilustración 7-2 Area Efectiva de Trabajo
Fuente: Elaboración propia

Campo: En esta fase las misiones de vuelo se las realizó moviéndose a 5 lugares estratégicos para el despegue del Dron (Mavic 2 Pro), terminando con todas las misiones de vuelo en 2 días.

Ilustración 7-3 Sobrevuelo del terreno
Fuente: Elaboración propia

Post campo: Una vez terminado con las misiones de sobrevuelo del Dron, se procedió a la verificación de los datos colectados (fotografías obtenidas por cada misión, Ilustración 7-3), así como la sobreposición aceptable entre cada misión para que no exista vacíos.

Para un mayor control de las áreas trabajadas se tomaron fotografías terrestres del área del relleno sanitario y se ajustó la imagen generada por el Dron con 3 BM localizados en inmediaciones del relleno.

Para el procesamiento en el Software Fotogramétrico especializado Pix4Dmapper, el programa realiza 3 pasos principales:

1) Generación de nube de puntos de paso: Genera archivos de nube de puntos con extensiones LAS y LAZ.

2) Puntos de control y de paso: El software coloca los puntos de control de paso en todo el modelo generado para controlar el desplazamiento y deformación del modelo, para una mayor optimización del modelo se ha utilizado las coordenadas de los BM del relleno identificado en terreno, siendo un total de 3 BM.

3) Generación de puntos densa: Con los puntos de paso manual y puntos de control terrestre se ha generado la Nube de Puntos densa para todo el modelo.

Para una mejor optimización del modelo se realiza la edición de la nube de puntos, para poder generar el DEM (Modelo Digital de Elevación), se clasifica los elementos superficiales por sobre todo los elementos antrópicos como vehículos de alto tonelaje, construcciones, etc.

Resultados del modelo

Imagen de Dron ortorectificada: Con el software fotogramétrico Pix4Dmapper se generó una imagen ortorectificada de la superficie levantada, a una resolución espacial de 0.5 m.

Ilustración 7-4 . Imagen Ortorectificada
Fuente: Elaboración propia

Modelo Digital de Elevación (DEM): El Pix4dmapper también generó el DEM de la superficie levantada, a una resolución de 0.5 m. Con este procedimiento se ha eliminado los elementos antrópicos y de vegetación, dejando la superficie topográfica.

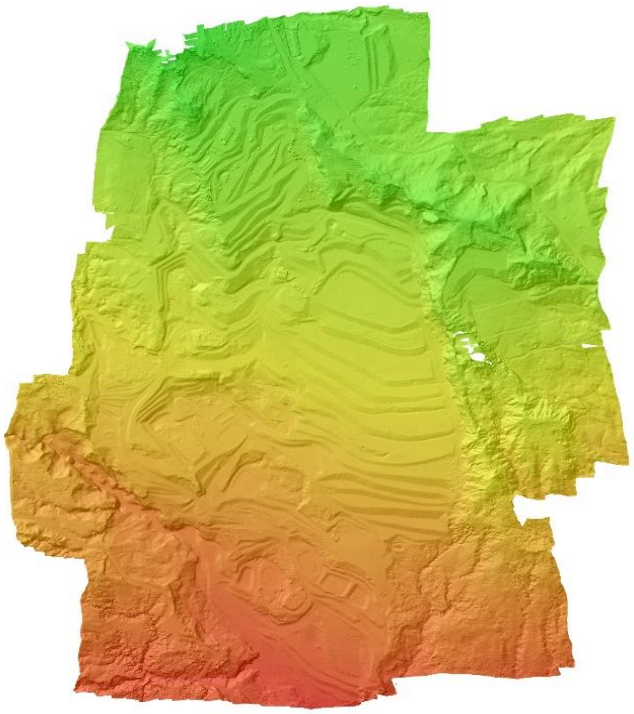


Ilustración 7-5 Modelo Digital de Elevación
Fuente: Elaboración propia

Curvas de nivel a partir del DEM: Una vez obtenido el Modelo Digital de Elevación se procedió a obtener las curvas de nivel a 0.5 m de separación entre líneas.

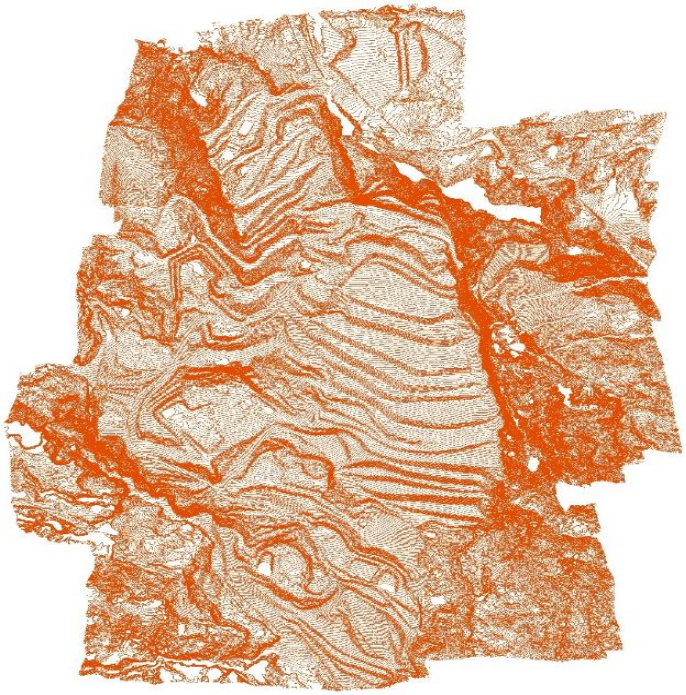


Ilustración 7-6 Curvas de nivel
Fuente: Elaboración propia

Actividad 8. Geología y Geotecnia

8.1 Geología

8.1.1 Introducción

Se efectúa el reconocimiento geológico del sector del RSNJ describiendo y evaluando las condiciones geológicas actuales, además se hace una reconstrucción de la geología del sector en una etapa previa a la implementación de las obras del proyecto del relleno sanitario, esto en base a bibliografía e imágenes satelitales antiguas.

8.1.2 Objetivos y Alcance

- Efectuar la evaluación de la situación actual de los aspectos geológicos en el área de estudio.
- Caracterizar del encuadre geológico del área de estudio.
- Generar información geológica actual, acompañada por el respectivo mapa geológico.
- Efectuar la reconstrucción de la geología del área sin intervención de obras civiles e interpretar el grado de afectación de éstas en las características geológicas y/o viceversa, interpretar el grado de control o influencia de las características geológicas en la implementación y ejecución de las operaciones del RSNJ.

8.1.3 Metodología

El trabajo está dividido en tres fases:

8.1.3.1 Fase I - trabajo de gabinete I

Esta fase consiste en la recopilación y análisis de la información existente de trabajos anteriores sobre el área de estudio con el propósito de entender el panorama regional, las características, rasgos geológicos y eventos relacionándolos con el área de trabajo, esta fase incluye además la preparación de material adecuado para el trabajo en campo.

8.1.3.2 Fase II - trabajo de campo

El trabajo de campo consiste en el reconocimiento geológico del sector correspondiente al emplazamiento de las obras civiles del RSNJ, ubicados sobre un sector del margen izquierdo de la quebrada Alpacoma, y alrededores, mapeando los afloramientos a escalas variadas según sus características en campo.

Se efectuó el trabajo de mapeo geológico detallado con énfasis en el reconocimiento de litología, estratigrafía, estructuras geológicas, buzamiento de estratos y sistemas de diaclasas en rocas del sector.

8.1.3.3 Fase III - trabajo de gabinete II

En esta fase se elaboran tanto el mapa geológico final, como el texto explicativo del área con todos los datos obtenidos en el campo,

El texto explicativo describe la litología, estratigrafía, geomorfología, geología estructural, riesgos geológicos y sismicidad del área.

El mapa geológico es confeccionado a escala 1:3000, en formato ArcGis.

8.1.4 Marco Geológico Regional

8.1.4.1 Fisiografía

Las características fisiográficas de una región tienen estrecha relación con los factores geológicos y el tipo de rocas que afloran en superficie. Bolivia refleja esas características particulares en sus seis regiones fisiográficas definidas, de oeste a este: Cordillera Occidental, Altiplano, Cordillera Oriental, Zona Subandina, Llanuras Chaco Benianas y Escudo Precámbrico. El área de interés se encuentra en la región del Altiplano. (Ilustración 8-1)

- Cordillera Occidental (en color verde claro)
- Altiplano (en color anaranjado)
- Cordillera Oriental (en color magenta)
- Zona Subandina (en color verde medio)
- Llanuras Chaco Benianas (en color amarillo)
- Escudo Precámbrico (en color rojo)

En azul la ubicación de la zona de estudio. (Relleno Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma). Provincia Fisiográfica del Altiplano.

Ilustración 8-1 Mapa de regiones fisiográficas
Fuente: Guía a los Yacimientos Metalíferos de Bolivia. Arce. O 2007

El Altiplano en general está constituido predominantemente por unidades de origen fluvio-lacustre conformada por sedimentos cuaternarios. Esta provincia fisiográfica es una cuenca tectónica producida por fallamiento en bloque ocurrido durante la última fase de distensión de la Orogenia Andina, en la cual se depositaron sedimentos durante el cuaternario[42].

[42] Ficha Tecnica del Mapa Fisiografica de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sosotenible y Planificacion. 2002.

La zona de estudio corresponde a una unidad fisiográfica de serranías altas fuertemente disectadas, pendientes entre 15 a 45% y una altitud entre 2900 a 3900 m.s.n.m. Los suelos son superficiales, bien drenados y se presentan afloramientos rocosos susceptibles a riesgos de erosión[43].

8.1.4.2 Geología Regional

8.1.4.2.1 Introducción

El desarrollo de la geología seguirá un ordenamiento cronológico desarrollando las secuencias estratigráficas a lo largo de los distintos ciclos tectosedimentarios, se describirán las rocas de acuerdo a las características de su distribución areal y las características del sector del valle de La Paz.

Las rocas del zócalo del Altiplano en el sector corresponden a depósitos del ciclo Cordillerano (Ordovícico superior – Devónico Superior), los afloramientos se encuentran restringidos y dispersos. La mayor parte de los afloramientos del valle de La Paz corresponden a depósitos del Ciclo Andino. (Triásico inferior – Presente).

Una síntesis de la cronoestratigrafía del valle de La Paz y sus alrededores se resume en la Ilustración 8-2 Cuadro cronoestratigráfico del valle de La Paz.

[43] Ficha Tecnica del Mapa Fisiografica de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sosotenible y Planificacion. 2002.

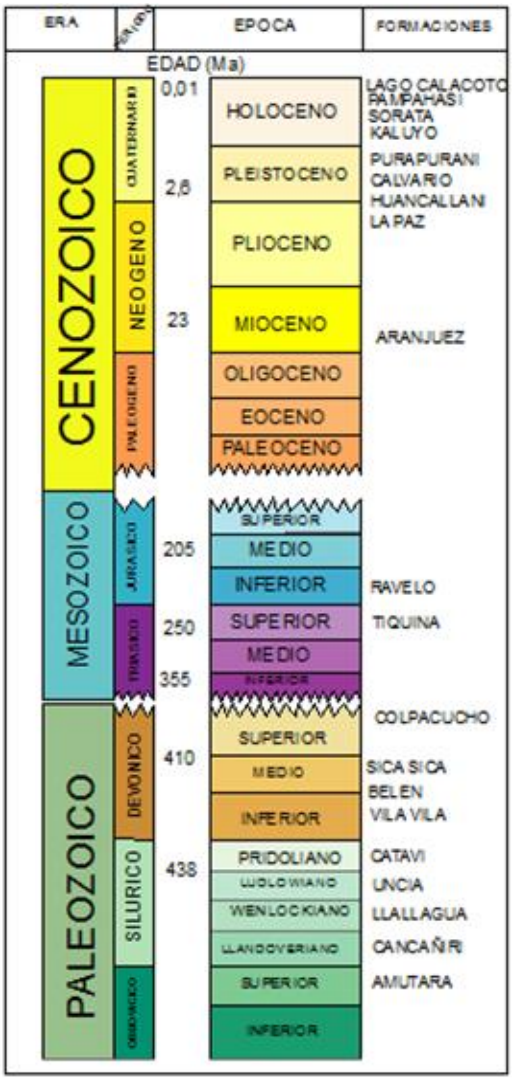


Ilustración 8-2 Cuadro cronoestratigráfico del valle de La Paz
Fuente. Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz. Espinoza, F. 2015

El área de interés se encuentra hacia el sur de la ciudad de La Paz, si bien el Valle de La Paz fue estudiado desde la década de 1930 por diferentes autores hasta la actualidad y existe abundante información, entendiendo que la infomación propia a los terrenos del relleno sanitario es poco accesible y dispersa, es importante recalcar que no se cuenta con un mapa geológico regional detallado que incluya al sector del Relleno Sanitario Nuevo Jardín (el mapa geológico generado por el Gobierno Municipal de La Paz no incluye la zona del Relleno Sanitario) (Anexo 13 I): Ubicación del área del RSNJ respecto al mapa geológico del Gobierno Municipal de La Paz).

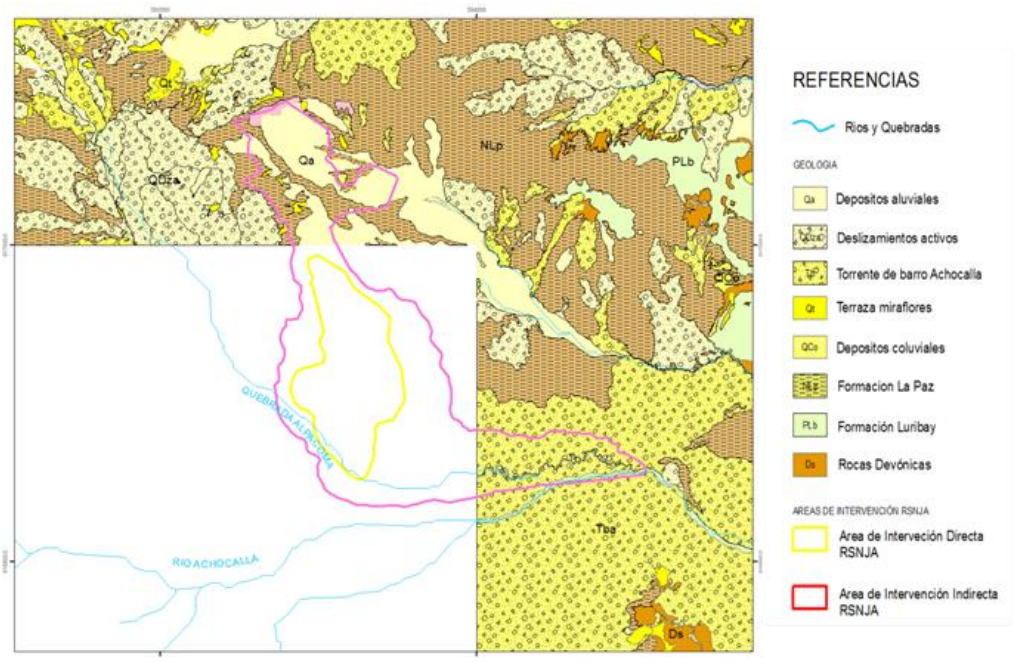


Ilustración 8-3 Ubicación del área del RSNJ respecto al mapa geológico del Gobierno Municipal de La Paz
Fuente. Mapa Geológico de La Paz. GMLP. 2011

Con estos antecedentes se vio por conveniente tomar como mapa base regional el trabajo de Ernest Dobrovolny, que considera un detalle específico para un área que incluye al RSNJ. (Ilustración 8-4)

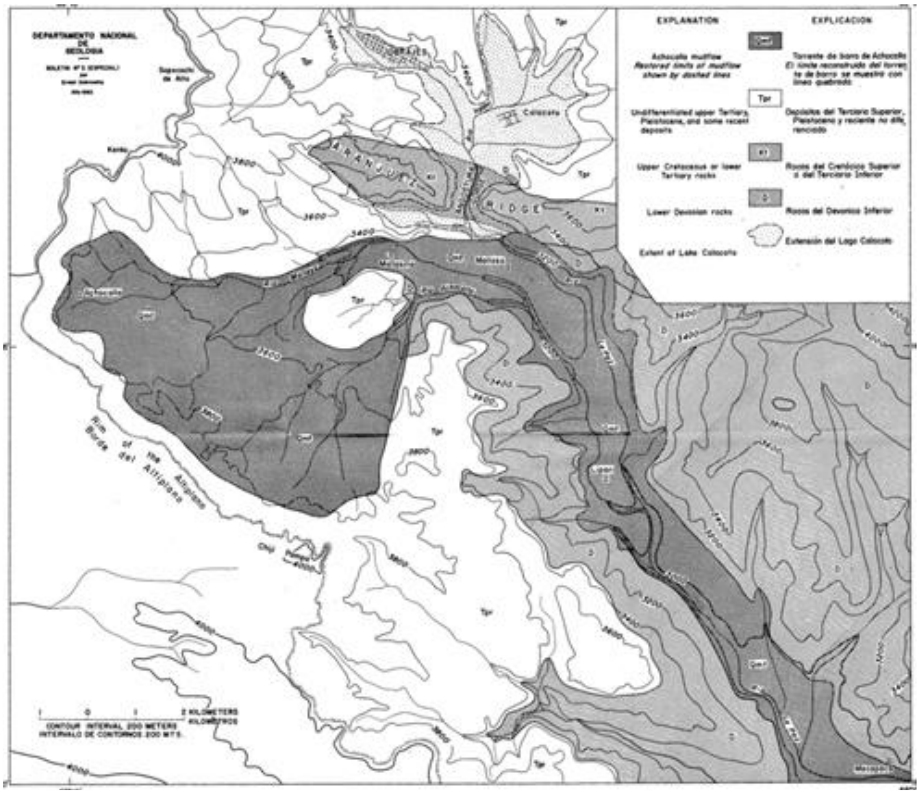


Ilustración 8-4 Delimitación del lago Calacoto y distribución del torrente de barro Achocalla
Fuente. Geología del Valle de La Paz. Dobrovolny, E. 1962

8.1.4.2.2 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica iniciando con los sedimentos más antiguos presentes en el área es la siguiente:

- **Ciclo Cordillerano**

  Paleozoico

  Devónico

  Las rocas del Devónico de La Paz corresponden a la etapa final de una secuencia regresiva representada por las psamitas de la Formación Vila Vila desarrolladas en un ámbito costero, durante el Devónico inferior se evidencia el inicio de un proceso transgresivo relacionado a la depositación de psamitas basales y pelitas de la Formación Belén que corresponden a un ambiente de plataforma interna que pasan a facies de plataforma externa, continúa un nuevo ciclo regresivo representado por las lutitas, limolitas y escasas areniscas de la Formación Sica Sica que presenta facies de plataforma interna, posteriormente pradan a facies psamíticas, transicionales y de playa de la Formación Colpacucho, una gran parte de estos afloramientos se encuentra hacia la región sur del Valle de La Paz[44].

  Afloramientos de rocas correspondientes a este ciclo se encuentran dentro del área de estudio.

- **Ciclo Andino**

  Cenozoico

  Oligoceno Superior

  Durante el Oligoceno Superior y en relación con los movimientos de la Fase Incaica la deposición de sedimentos se efectúa en ámbitos intermontanos. A estos procesos corresponden los niveles de conglomerados polimícticos de color rojizo intenso con intercalaciones de areniscas rojizas denominados Formación Aranjuez o formaciones Peñas y Luribay. Estos conglomerados presentan estratos que son casi verticales, bastante duros y sobresalen en el relieve. Los estratos presentan clastos de rocas paleozoicas subredondeados de dimensiones variables y con fuerte imbricación.

  Los afloramientos de estos depósitos se encuentran fuera del área de estudio.

  Plioceno

  Formación La Paz

  Discordantemente sobre las unidades más antiguas sobreyacen las facies fluviales y fluviolacustres de la Formación La Paz. Los materiales que componen esta formación son principalmente arcillosos. Esta secuencia comienza con una serie de gravas y los niveles arcillosos se encuentran intercalados por numerosos lentes de gravas y arena con imbricación que indica direcciones de flujo provenientes de la Cordillera Oriental. Hacia la base de esta formación se han encontrado horizontes de tobas cuyas dataciones han reportado edades

[44] Reseña Geologica de carta Geologica de Bolivia, Hoja de La Paz, escala 1:100000. (1995).

entre 5,8 ± 0,1 y 5,5 ± 0,02 millones de años. Hacia el tope de la Formación La Paz aflora la denominada Cinerita Chijini que fue datada en 2,65 ± 0,012 millones de años indicando que los sedimentos de la Formación La Paz se habrían formado en un lapso agproximado de 3 millones de años. Se debe destacar que se han encontrado numerosos restos fósiles de fragmentos de huesos de mamíferos que indican una edad pliocénica[45].

Se muestra un ejemplo de la sucesión litológica de la Formación La Paz, descrita en el sector de Achocalla según informes de las consultoras BRGM-BCOM (Ilustración 8-5) Columna litológica Formación La Paz, sector Achocalla).

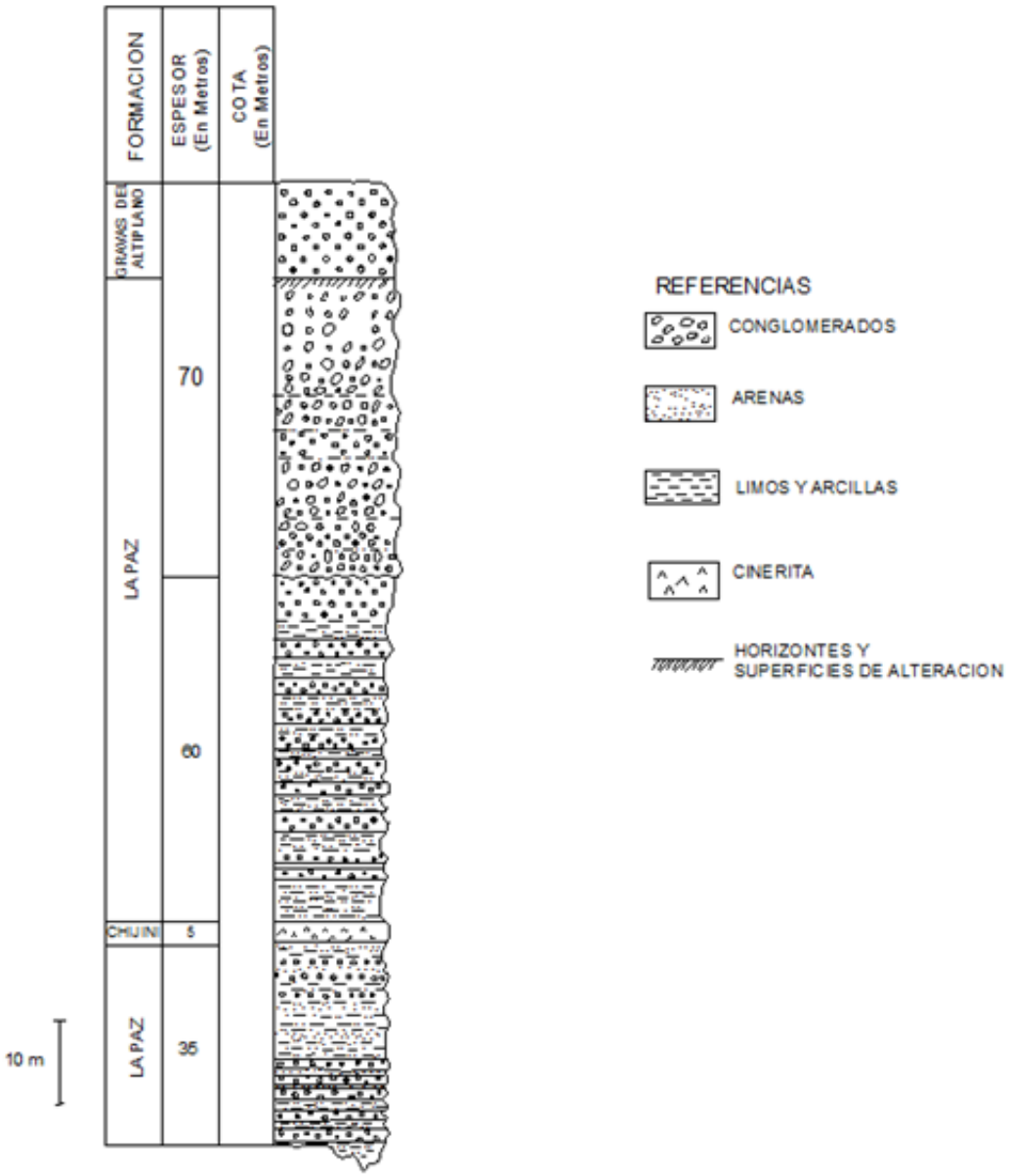


Ilustración 8-5 Columna litológica de la Formación La Paz, sector Achocalla
Fuente. El Pliocuaternario de la región de La Paz. Ballivian et al, 1978

[45] Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Geología y Geomorfología. Espinoza F. 2015.

Holoceno

Depósitos de Terraza

Producto de procesos geodinámicos ocurridos en la época actual. Corresponden al material detrítico que fue transportado por los ríos y depositado, casi siempre temporalmente, a lo largo de sus llanuras de inundación. Los elementos que lo conforman comprenden bloques, cantos, gravas, arenas y arcillas, las formas de los bloques son variadas desde angulosas a redondeadas, su distribución y continuidad es muy irregular.

Depósitos Aluviales

Producto de procesos geodinámicos ocurridos en la época actual. Corresponden al material detrítico que fue transportado por los ríos y depositado a lo largo de la planicie de inundación. Compuesto por bloques, cantos, gravas, arenas y arcillas, su distribución y continuidad es muy irregular.

A continuación, se presenta una descripción litológica general y resumida de la estratigrafía del valle de La Paz (Ilustración 8-6): Columna litológica general del valle de La Paz)

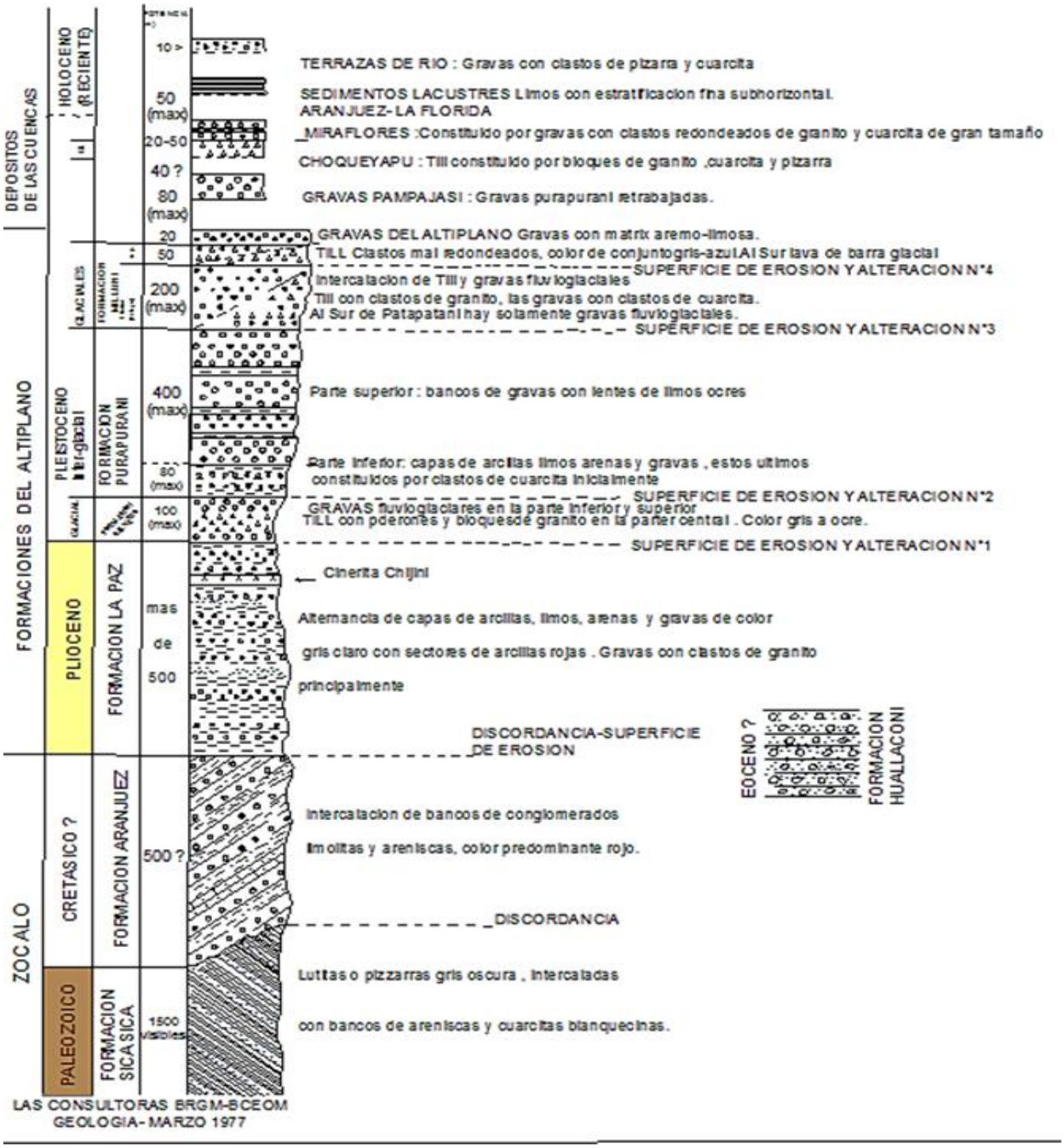


Ilustración 8-6 Columna litológica general del valle de La Paz
Fuente. Plan De Desarrollo Urbano - Ciudad De La Paz. Tomo 1, 1978

8.1.4.3 Geología Estructural

La Cordillera Real de los Andes presenta en la región del valle de La Paz una dirección preferencial noroeste – sureste, las estructuras geológicas presentan la misma dirección, pues es a través de ellas que se ha estructurado esta cordillera. La región se encuentra muy disturbada y las rocas han experimentado varias etapas de deformación. Las discordancias son frecuentes, por ejemplo, entre rocas de edad paleozoica – neógena y cuaternaria.

En el Plioceno, la deformación ha producido el desarrollo de pliegues poco pronunciados en la Formación La Paz, una fase de compresión horizontal N-S produjo en la Formación La Paz microfallas inversas poco frecuentes de rumbo E-W y W. NW-E.SE. Al fin del Plioceno una fase de compresión horizontal E.NE-W-SW produjo pliegues NS a NW-SE y fallas de desplazamiento de rumbo. Las direcciones de las mismas son NE-SW para las fallas dextrales y W. NW-E.SE para las fallas siniestrales.

Las fallas regionales de los alrededores de La Paz están ubicadas en el Altiplano. Estas fallas se disponen frecuentemente en escalones. Los dos juegos de fallas más próximos a la zona de estudio se pueden seguir de Alpacoma - Llojeta hasta el aeropuerto de El Alto-Río Seco (se observan rechazos de las gravas de hasta 10 o 15 metros) y desde Amachuma hasta Chijini Grande en el Altiplano (presentan rechazos de solo algunos metros)[46].

El área de estudio se encuentra fuera de los trazos de estos dos grupos de fallas regionales. (Ilustración 8-7 Mapa de Geología Estructural).

[46] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.

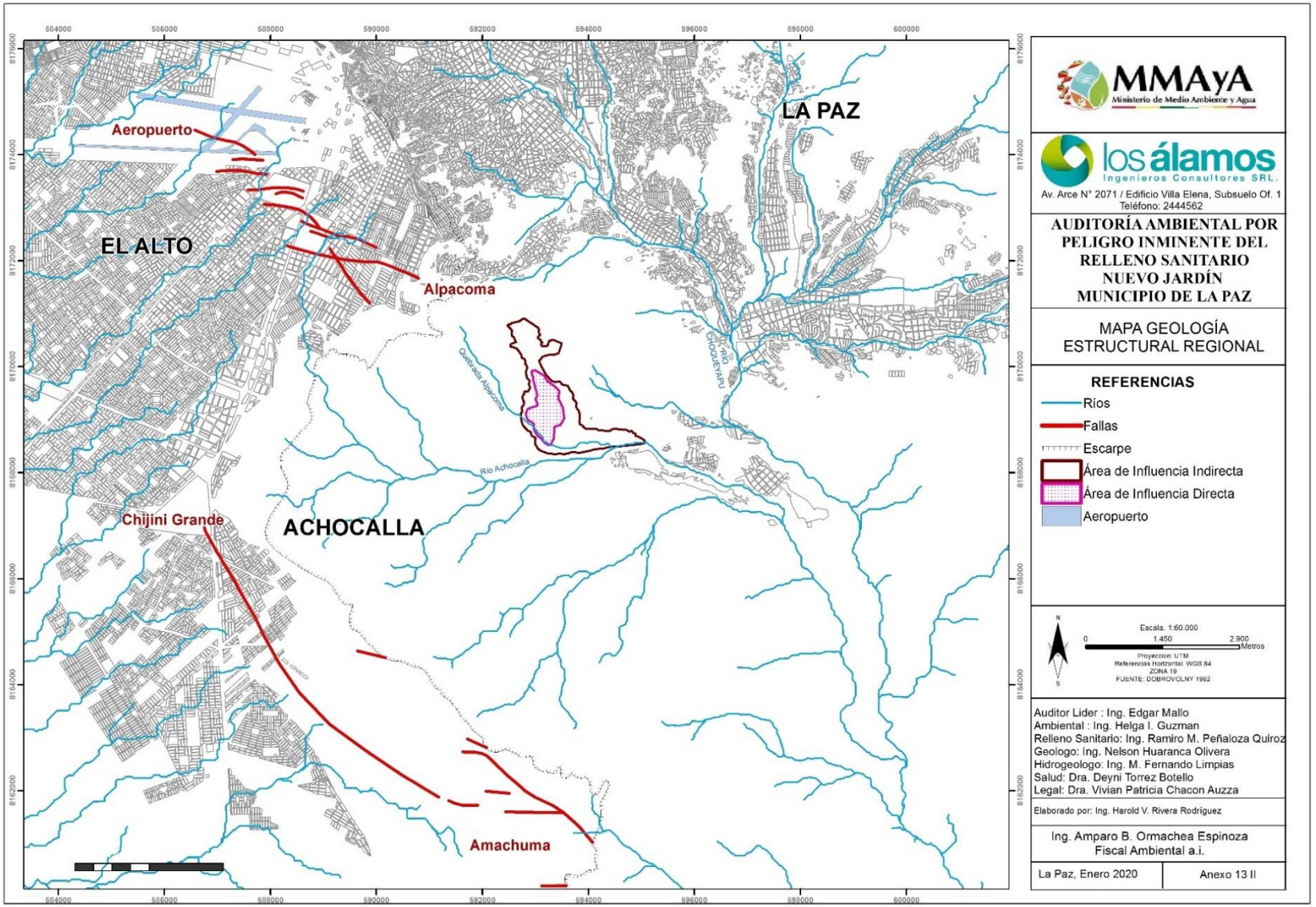


Ilustración 8-7 Mapa de Geología Estructural Regional
Fuente. Plan De Desarrollo Urbano - Ciudad De La Paz. Tomo 1, 1978

8.1.4.4 Geomorfología

Después del periodo de glaciaciones el valle de La Paz ha experimentado varias etapas sucesivas de erosión y procesos de ahondamiento de la cuenca del valle.

Las formas del relieve traducen el comportamiento diferencial de los terrenos y dan información sobre la naturaleza del terreno, su permeabilidad, su grado de consolidación, su homogeneidad, su alteración y numerosas características geotécnicas.

8.1.4.4.1 Pendientes medianas

Superiores a 10% (5,7°), las pendientes medianas se ubican en las zonas intermedias de unión entre las terrazas y las pendientes abruptas. Sobre las laderas de las cuencas, se encuentran numerosas superficies planas más o menos extendidas, onduladas y accesibles, que corresponden a una antigua remoción en masa de mayor importancia. Entre ellas la zona de Achocalla[47].

8.1.4.4.2 Farellones o escarpes

Bastante discontinuos y a veces muy elevados, los farellones se encuentran en todos los tipos de formaciones geológicas, sobre todo las muy cortadas por la erosión. Pueden ser verticales en sectores donde predominan los limos (Bolognia, Alpacoma, por ejemplo), indicando así que estas formaciones están bien consolidadas[48].

8.1.4.4.3 Relieves abruptos

Los paisajes de relieves muy accidentados están presentes en toda la región, resultan de una erosión intensa torrencial y por las lluvias en terrenos de cohesión bastante debil. En tales zonas, las quebradas se han desarrollado rápidamente y se han juntando ocasionando la desaparición de la antigua superficie topográfica. El sector toma un aspecto muy accidentado, con crestas dentadas, chimeneas, acanaladuras subverticales y quebradas encajonadas y estrechas, el terreno es desprovisto de vegetación la que no puede desarrollarse sobre las paredes erosionadas por las lluvias y el viento. Están afectados los depósitos de remoción en masa antiguos y recientes como los de Achocalla y Alpacoma[49].

8.1.4.4.4 Remoción en masa

Este fenómeno, imputable a la naturaleza desfavorable del terreno y a la morfología está bastante desarrollado en las laderas de la cuenca de La Paz y sus alrededores. La inestabilidad afecta todos los tipos de terrenos, pero más frecuentemente a los que contienen materiales finos (limos y arcillas). Las manifestaciones de la inestabilidad gravitacional son varias, muchas veces bien evidentes y de mecanismo bastante simple, pero también existen movimientos complejos donde es difícil distinguir las partes estables de las inestables y de explicar los mecanismos que los han regido.

Se distinguen en este caso dos categorías de remoción en masa: la antigua, de mayor importancia, estabilizada hace mucho tiempo y la reciente o actual, menos extendida y compleja.

[47] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.
[48] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.
[49] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.

- **Remoción en Masa Antigua**

Uno de los efectos más espectaculares de la erosión que siguió a las últimas glaciaciones fue la remoción en masa de sectores muy extendidos, el que ha sido, entre los procesos geomórficos, el más activo en la elaboración de la cuenca del valle de La Paz.

Se distinguen dos grandes épocas de extensos eventos de remoción en masa que están en relación con las fases de erosión glacial y torrencial en el valle de La Paz. La primera (Pampahasi) desarrollada en los valles del Norte y Este. La segunda y tercera (Post-Miraflores) desarrollada posteriormente al depósito de las gravas Miraflores, después del retroceso de la última glaciación considerada la época de remoción en masa con mayor importancia[50].

- **Torrente De Barro – Flujo de Detritos de Achocalla**

El "torrente de barro de Achocalla" es una de las geoformas más impresionante ocurrida en Sudamérica. Una teoría para su formación indica que se habría formado como resultado de un movimiento en masa gigante o una serie de episodios en masa (postglaciales) que fluyeron bloqueando temporalmente el curso del rio La Paz ocasionando por la acumulación del agua un lago denominado Calacoto. Otra teoría indica que el valle de Achocalla se habría formado como resultado del drenaje catastrófico de un lago glacial (lago Carrasco), el proceso no es estrictamente un torrente de barro y correspondería más bien a un relleno de valle por flujos de detritos. Esta teoría es muy aceptable y quizás está relacionada a procesos sísmicos ocurridos en el valle de La Paz[51].

Los depósitos que componen este "torrente de barro - flujo de detritos" contienen bloques de cinerita en la parte basal, los terrenos aparecen sin estructura, donde se reconoce mezclados a todos los depósitos del Altiplano (limos predominantes, arcillas, gravas, cinerita) sin embargo es posible encontrar paquetes cuya estratificación está más o menos perturbada.

Los ríos han lavado en gran parte estos materiales y localmente pueden observarse las rocas que infrayacen a estos depósitos, en la base del torrente, donde se superponen a rocas del Devónico se encuentra una grava estratificada que contiene fragmentos de granito, localmente se observan lentes de arena y grava, la parte superior está esencialmente compuesta por limo y arena muy fina con bloques y fragmentos de la Cinerita Chijini distribuidos muy irregularmente a lo largo de todo el torrente.

- **Remoción en Masa Reciente y/o Actual**

Gran parte de los movimientos en masa recientes corresponden a deslizamientos de tipo rotacional y deslizamientos compuestos. Estos se encuentran en todas las laderas del valle de La Paz. Algunos de ellos se encuentran estables y otros se encuentran activos. Se clasifican según el tipo (derrumbe, deslizamiento, flujo de tierra, hundimiento, mazamorras, etc.) con aspectos y características muy diversas. Se encuentran en las márgenes de los ríos y quebradas afectando considerablemente las

[50] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.

[51] Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz. Geología y Geomorfología. Espinoza, F. 2015.

formaciones desplazadas antiguamente. (Ejemplo: partes inferiores de los flujos de Achocalla, Llojeta, Alpacoma)[52].

8.1.4.4.5 Quebradas

Ocasionadas por la erosión torrencial, las quebradas están desarrolladas en todas las formaciones. Se pueden distinguir dos tipos de quebradas:

- **Quebradas aisladas**

Son bien delimitadas, más o menos profundas, alargadas según la línea de máxima pendiente. Son ejemplos característicos de una erosión lineal juvenil, lo que significa que evolucionan cada año. Se encuentran quebradas aisladas encajonadas en las terrazas de grava, o en la remoción en masa antigua como ser los sectores de Achocalla, Alpacoma.

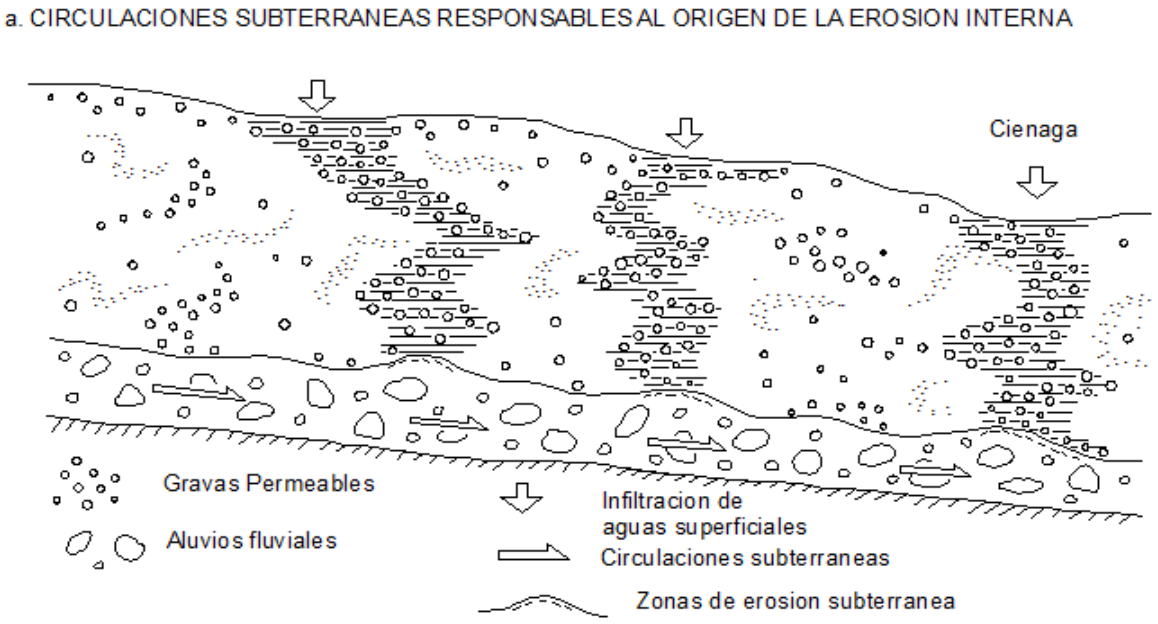
- **Quebradas desarrolladas**

Cuando una quebrada aislada existe desde un cierto tiempo, desarrolla ramificaciones hacia los lados y hacia la naciente, tomando un aspecto dendrítico. Esta disposición corresponde a una erosión regresiva rápida en materiales generalmente poco consistentes y gravosos. Se encuentran desarrolladas igualmente en los flujos de tierra antiguos pero ramificados con menos fineza[53].

8.1.4.4.6 Pseudo-karst

Las formaciones geológicas retrabajadas como los flujos de terrenos antiguos (Achocalla, Mallasa, Llojeta) presentan paisajes dentados espectaculares de tipo “kárstico”, con sumideros, pozos, cárcavas, túneles, crestas cortadas. Este aspecto es debido a la erosión, por las aguas subterráneas, que se produce por ablación lenta de las partes finas del terreno en profundidad y, en segunda fase por el arrastre de materiales en los canales subterráneos y pozos naturales. (Ilustración 8-8) Etapas de formación de los pseudo-karst)[54].

[52] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.
[53] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.
[54] Plan de Desarrollo Urbano. Consultora BRGM-BCEOM-PCA. Tomo I.



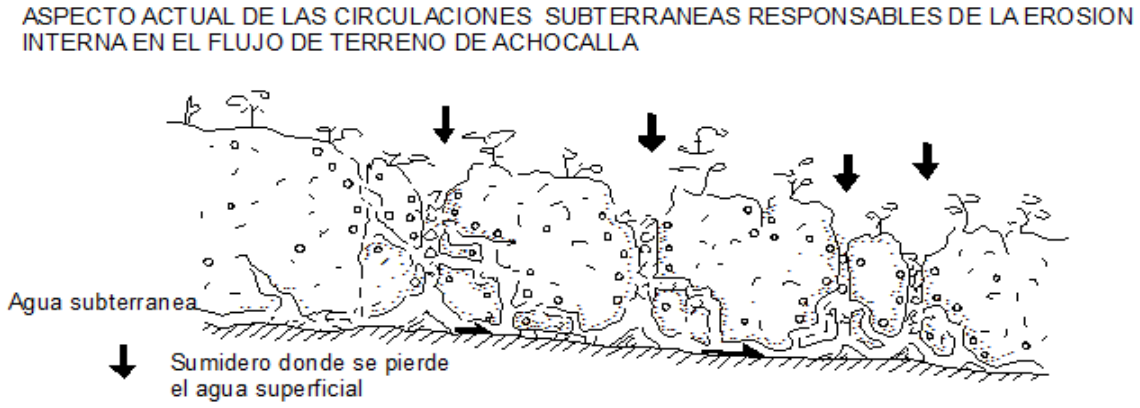


Ilustración 8-8 Etapas de formación de los pseudo-karst
Fuente. Plan De Desarrollo Urbano - Ciudad De La Paz. Tomo 1, 1978

8.1.5 Geología Local

El área del proyecto está constituida por dos unidades formacionales reconocidas en terreno, estas son la Formación Sica Sica y la Formación La Paz, además de depósitos recientes producto de diversos factores en su formación (Anexo 13 III), las observaciones, descripciones e interpretaciones de la geología del sector corresponden a:

8.1.5.1 Estratigrafía

8.1.5.1.1 Formación Sica Sica

El zócalo de la secuencia estratigráfica presente en el sector del Relleno Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma está constituido por rocas sedimentarias, de edad Devónico inferior a medio (Emsiano-

Eifeliano, 407,6 ± 2,6 M.a a 393,3 ±1,2 M.a.) correspondientes a la Formación Sica Sica. Debe hacerse notar que el área de exposición de estos afloramientos es restringida, siendo el sector aledaño a la operación del Relleno Sanitario el único en el que se encuentran expuestos a lo largo de la quebrada Alpacoma.

Estos afloramientos rocosos se encuentran bien expuestos en ambos márgenes de la quebrada Alpacoma, en el extremo Sur-Sureste del área de influencia directa establecida para el presente estudio y alrededores, fuera del área de operaciones del Relleno Sanitario. (Ilustración 8-9) Vista de los afloramientos rocosos de la Formación Sica Sica expuestos en ambos márgenes de la quebrada Alpacoma).

Ilustración 8-9 Afloramientos de la Formación Sica Sica
Expuestos en ambos márgenes de la quebrada Alpacoma. Se aprecia la estratificación de los mismos.
Fuente: Propia

Los afloramientos corresponden a una secuencia pelítica, expuesta en el margen derecho de la quebrada Alpacoma, compuesta por limolitas predominantes intercaladas con areniscas de grano fino, el color de las rocas es gris blanquecino en superficies frescas, siendo las tonalidades marrones, ocres y amarillentas las visibles en superficie, producto esto de la intemperización y oxidación a la que se encuentran sujetas. Se encuentran bien estratificadas en bancos de 2 a 10 cm, con rumbo general NNW-SSE a NNE-SSW y buzamientos que varían entre los 29° a 51° al NE y SE. Se observan 2 planos de diaclasamiento persistentes, los cuales actuando en conjunto con los planos de estratificación favorecen la erosión generando superficies expuestas paralelas al plano de estratificación. Hay presencia de rastros de bioturbación paralelos a los planos de estratificación. (Ilustración 8-10: Afloramientos de la Formación Sica Sica expuestos en el margen derecho de la quebrada Alpacoma).

Ilustración 8-10 Afloramientos de la Formación Sica Sica
Expuestos en el margen derecho de la quebrada Alpacoma. Se aprecia la intercalación de limolitas y areniscas de grano fino, el plano de estratificación es bien expuesto por los agentes de erosión.
Fuente: Propia

La secuencia se torna más arenosa, de manera transicional pasando a un predominio de areniscas de grano fino, micáceas, alternando con delgados niveles de limolitas, hasta llegar a areniscas cuarzosas de grano fino; expuestas en el margen izquierdo de la quebrada Alpacoma; bien estratificadas, en paquetes de 20 a 30 cm, de color gris en superficie fresca y marrones, negruzcas, amarillentas en superficies expuestas, se encuentran replegadas, vetillas poco formales de cuarzo lechoso, de hasta 1 cm de ancho cortan ciertos niveles de la roca. Algunos planos de estratificación muestran características de posibles fallas intraformacionales, desarrollando en ellos un material de relleno compuesto por arcillas con espesores de hasta 10 cm. (Ilustración 8-11: Afloramientos de la Formación Sica Sica) expuestos en el margen izquierdo de la quebrada Alpacoma).

Ilustración 8-11 Afloramientos de la Formación Sica Sica
Expuestos en el margen izquierdo de la quebrada Alpacoma. Se aprecian las areniscas cuarzosas de grano fino, con planos de estratificación bien expuestos, intensamente fracturadas.
Fuente: Propia

El contacto entre las rocas devónicas y la secuencia pliocena es discordante, se encuentra bien expuesto en el margen izquierdo de la quebrada Alpacoma en el sector aledaño al RSNJ y en ambas márgenes aguas arriba. La base de la secuencia pliocena está conformada por gravas, polimícticas, semiconsolidadas, de tonalidades marrones, matrix soportadas, con clastos sub-redondeados a sub-angulosos de tamaños variables que alcanzan hasta los 40 cm. Los clastos están compuestos por cuarcita (subangulosos) y granito (subredondeados), sin clasificación. (Ilustración 8-12: Contacto entre rocas devónicas y la secuencia pliocena expuestos en el margen izquierdo de la quebrada Alpacoma).

Ilustración 8-12 Contacto entre rocas devónicas
Y las secuencias pliocenas expuestas en el margen izquierdo de la quebrada Alpacoma. Se aprecia la naturaleza discordante del contacto, con las cuarcitas devónicas bien estratificadas infrayaciendo a gravas polimícticas matrix soportadas.
Fuente: Propia

8.1.5.1.2 Formación La Paz

Los terrenos ocupados por el RSNJ y alrededores tienen como basamento a los materiales sedimentarios de origen lacustre y fluviolacustre de edad Pliocena (5,8 ± 0,1 M.a. Toba Cota Cota a 2,65 ± 0,012 M.a. Toba Chijini) correspondientes a la unidad inferior de la Formación La Paz.

Se incluyen bajo la denominación de Formación La Paz a los estratos lenticulares poco consolidados de limo, arcilla, arena, grava y algunas delgadas franjas de arcilla muy carbonácea, estos estratos individuales no pueden seguirse de manera continua por más de 1000 m.

En la parte del extremo sur del RSNJ, se observan depósitos arcillo-limosos de tonalidades marrones y rojizas, en estos depósitos de granulometría fina se presentan lentes de gravas, con potencias variables, alcanzando hasta 5 m., de formas y extensiones irregulares, estas gravas son polimícticas, matrix soportadas, compuestas por clastos subredondeados de cuarcitas, pizarras y granito, no seleccionados, el diámetro de estos clastos es variable, alcanzando ocasionalmente los 60 cm. La matrix es arenosa, limosa, de tonalidades grises. (Ilustración 8-13: Gravas polimícticas).

Es posible observar estos lentes de gravas gruesas distribuidos informalmente en la parte basal de la Formación La Paz dentro del área de intervención del RSNJ, en los taludes naturales aledaños al margen izquierdo de la quebrada Alpacoma y en los taludes naturales en inmediaciones del sector de la poza de maceración 2 y estanque de lixiviado 2.

Ilustración 8-13 Gravas polimícticas
Se aprecian los clastos subredondeados y de diversos tamaños, en la parte superior derecha se aprecian los depósitos arcillo-limosos predominantes en el sector.
Fuente: Propia

El sector Este del RSNJ muestra expuesta, en un farellón vertical de 60 m de altura, la secuencia de la Formación La Paz más completa del lugar, inaccesible en casi la totalidad del corte. Se aprecian los estratos lenticulares poco consolidados de limo, arcilla, arena, grava limosa roja y algunas delgadas franjas de arenas de grano fino medianamente consolidadas que resaltan en el relieve. Se describe la secuencia con las características generales de esta. (Ilustración 8-14: Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-14 Secuencia de la Formación La Paz
Expuesta en farellón al este del RSNJ. Se presentan estratos lenticulares poco consolidados de limo, arcilla, arena, grava limosa roja y algunas delgadas franjas de arenas de grano fino medianamente consolidadas que resaltan en el relieve
Fuente: Propia

La secuencia aflorante en la parte baja del RSNJ corresponde a un nivel limo-arcilloso de color marrón, con potencia de más de 5 m., la erosión desarrolla las típicas cárcavas características de la Formación La Paz. (Ilustración 8-15: Secuencia de la Formación La Paz expuesta en la parte baja del farellón, al este del RSNJ).

Ilustración 8-15 Secuencia de la Formación La Paz
Expuesta en la parte baja del farellón, al este del RSNJ. Se aprecia la naturaleza limo-arcillosa predominante y el desarrollo de cárcavas en ella. En la parte superior de la secuencia se aprecian depósitos del Borrente de Barro Achocalla. Fuente: Propia

Subiendo en la secuencia se observa que intercalan en la secuencia de limos y arcillas niveles de gravas finas a medias medianamente consolidados, de coloración marrón, con 20 a 50 cm de espesor, es posible apreciar localmente estratificación cruzada en estos niveles gravosos. (Ilustración 8-16: Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-16 Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ
Se aprecian los limos y arcillas medianamente consolidados predominantes en el sector, así mismo un nivel de gravas que resaltan en el relieve
Fuente: Propia

Subiendo en la secuencia, en el sector medio del farellón en el sector de banquinas de refuerzo de la Dorsal Sur, se compone de bancos alternados de arcilla limosa, arcilla, arena y grava, medianamente consolidados de tonalidades marrones, grises, blanquecinas, negruzcas y rojizas, con potencias variadas, manteniendo una tendencia general al SE, la secuencia culmina con niveles rojizos de limos y arcillas. (Ilustración 8-17: Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-17 Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ
Se aprecian los estratos medianamente consolidados con litologías y coloraciones diversas
Fuente: Propia

En el sector medio del farellón, aledaña a la zona de las macroceldas, la secuencia predominantemente limo arcillosa medianamente consolidada muestra como rasgo distintivo la presencia de dos niveles regulares de grava arenosa y arenas rojizas, medianamente consolidadas y bastante regulares en extensión, de hasta 20 cm de espesor individual, que resaltan en el relieve del farellón. (Ilustración 8-18: Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-18 Secuencia de la Formación La Paz expuesta en farellón al este del RSNJ
Se aprecian los estratos lenticulares poco consolidados de limo, arcilla, arena, grava limosa roja y dos franjas de gravas arenosas y arenas de grano fino de coloración rojiza medianamente consolidadas que resaltan en el relieve.
Fuente: Propia

Los contactos entre niveles limo arcillosos y gravas son bien definidos, localmente la arcilla limosa y arcilla, están bien estratificadas, aunque en partes tienen apariencia maciza con algunos clastos irregularmente distribuidos de pizarra y granito. La grava consiste de fragmentos bien redondeados de pizarra, lutita, cuarcita y granito (Ilustración 8-19: Contacto entre nivel limo arcilloso y gravas, expuesto en farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-19 Contacto entre nivel limo arcilloso y gravas
Expuesto en farellón al este del RSNJ. Se aprecian los limos y arcillas de color canela con presencia irregular de clastos líticos, así mismo se aprecian gravas con abundante fragmento lítico polimíctico y redondeado.
Fuente. Propia

Las capas lenticulares rojizas compuestas por limos, arcillas, arena y grava presentan locamente laminación y estratificación cruzada, los niveles de arena son de grano fino y se encuentran mediana a fuertemente consolidados, otorgando puntalmente a estas capas alta dureza y resistencia a la erosión. (Ilustración 8-20: Niveles de arenas y gravas rojizas, expuestos en farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-20 Niveles de arenas y gravas rojizas
Expuestos en farellón al este del RSNJ. Se aprecian los estratos lenticulares de arenas de grano fino medianamente consolidadas que resaltan en el relieve, mostrando laminación y estratificación cruzada
Fuente: Propia

En la parte superior del farellón se encuentran niveles de arenas de grano fino, bien consolidadas, de tonalidades blanquecinas, cabe destacar que este fenómeno de fuerte consolidación en niveles arenosos se encuentra presente en toda la formación La Paz, de manera muy aleatoria y esporádica, no siendo continuo ni regular y por lo tanto no pudiendo establecerse como estratos guías ni predecir la localización de estos. (Ilustración 8-21: Niveles de arenas de grano fino bien consolidadas, expuestas en la parte superior del farellón al este del RSNJ).

Ilustración 8-21 Niveles de arenas de grano fino bien consolidadas
Expuestas en la parte superior del farellón al este del RSNJ. Se aprecia en detalle un nivel gris blanquecino de arenas que resaltan en el relieve
Fuente: Propia

En el sector norte del RSNJ la secuencia corresponde completamente a la Formación La Paz, observándose la predominancia de materiales limo arcillosos medianamente consolidados, de coloraciones grises y rojizas, con taludes naturales que tienden a la verticalidad. Debe mencionarse que las operaciones del RSNJ están modificando la morfología natural del sector. (Ilustración 8-22: Depósitos de la Formación La Paz expuestos en el sector norte del RSNJ).

Ilustración 8-22 Depósitos de la Formación La Paz
Expuestos en el sector norte del RSNJ. Se aprecia la secuencia limo arcillosa predominante además de la modificación de los taludes naturales por la operación del RSNJ
Fuente. Propia

En el sector oeste del RSNJ se encuentran, de la misma manera, bien expuestos los depósitos de la Formación La Paz, con las mismas características de materiales predominantemente limo arcillosos de coloraciones marrones, blanquecinas y rojizas. Este sector es fuertemente modificado por el componente vialidad de las operaciones del RSNJ. (Ilustración 8-23: Depósitos de la Formación La Paz expuestos en el sector oeste del RSNJ).

Ilustración 8-23 Depósitos de la Formación La Paz
Expuestos en el sector oeste del RSNJ. Se aprecia la secuencia limo arcillosa predominante además de la modificación de los taludes naturales por la operación del RSNJ
Fuente: Propia

Fuera del área de influencia directa del área de operaciones los depósitos de la formación La Paz constituyen los afloramientos predominantes, abarcando una extensa y continúa cubierta mayormente inaccesible por las cárcavas profundas y taludes verticales, características de estos materiales. (Ilustración 8-24: Depósitos de la Formación La Paz expuestos en el sector sur, aguas abajo del RSNJ).

Ilustración 8-24 Depósitos de la Formación La Paz
Expuestos en el sector sur, aguas abajo del RSNJ. Se aprecian los limos y arcillas pobre a medianamente consolidados predominantes en el sector, así mismo el relieve muy irregular propio de las cárcavas. En la parte superior de la secuencia se aprecian depósitos del Borrente de Barro Achocalla.
Fuente. Propia

Cerca de la confluencia de la quebrada Alpacoma con el río Achocalla el panorama es similar, los depósitos predominantes corresponden a los limos y arcillas de tonalidades marrones, medianamente consolidados de la Formación La Paz, intercalan niveles y lentes irregulares de gravas finas y gruesas, además de la incorporación esporádica de algún bloque de cinerita en el material arcilloso, la morfología muestra taludes verticales y cárcavas profundas, lo que hace inaccesible el terreno, cabe hacer notar que este sector sufrió modificaciones en su morfología y taludes naturales por trabajos de intervención en etapas de ejecución de planes de contingencia del RSNJ. (Ilustración 8-25: Depósitos de la Formación La Paz expuestos cerca de la confluencia de la quebrada Alpacoma y el río Achocalla, aguas abajo del RSNJ).

Ilustración 8-25 Depósitos de la Formación La Paz
Expuestos cerca de la confluencia de la quebrada Alpacoma y el río Achocalla, aguas abajo del RSNJ. Se aprecian los limos y arcillas medianamente consolidados predominantes en el sector, así mismos niveles irregulares de gravas que resaltan en el relieve
Fuente: Propia

8.1.5.1.3 Torrente De Barro – Flujo de Detritos Achocalla

A lo largo del valle de Achocalla, y en el extremo sur del área del RSNJ, pueden observarse materiales correspondientes a los torrentes de barro – flujos de detritos. Si bien los ríos lavaron en gran parte estos materiales aún pueden observarse remanentes suprayaciendo a depósitos de la Formación La Paz. Los depósitos del torrente están compuestos por gravas, arenas, arcillas, no seleccionados, poco consolidados, de color canela y ocasionalmente muestran estratificación gruesa. Localmente se observan lentes de arena y grava. Estos materiales fueron intervenidos y removidos casi en su totalidad en el sector sur del RSNJ. (Ilustración 8-26 Depósitos del torrente de barro o flujo detritos suprayaciendo a los depósitos de la Formación La Paz sector sur del RSNJ).

Ilustración 8-26 Depósitos del torrente de barro o flujo detritos
Suprayaciendo a los depósitos de la Formación La Paz sector sur del RSNJ. Se aprecia la erosión diferencial afectando a los materiales poco consolidados del torrente
Fuente: Propia

Bloques y fragmentos de la Cinerita Chijini están distribuidos muy irregularmente a lo largo de todo el torrente, aunque son más comunes en su superficie. (Ilustración 8-27: Bloques de la Cinerita Chijini en la parte superior de cárcavas del torrente de barro).

Ilustración 8-27 Bloques de la Cinerita Chijini
En la parte superior de cárcavas del torrente de barro. Se aprecia la erosión diferencial afectando a los materiales poco consolidados del torrente
Fuente. Propia

Remanentes de los depósitos del torrente de barro – flujo de detritos Achocalla se aprecian de manera irregular y ocasional en el margen derecho de la quebrada Alpacoma, es usual encontrar fragmentos de la Cinerita Chijini en estos depósitos. (Ilustración 8-28: Depósitos del torrente de barro en el margen derecho de la quebrada Alpacoma).

Ilustración 8-28 Depósitos del torrente de barro
En el margen derecho de la quebrada Alpacoma. Se aprecian los materiales pobremente consolidados y la consiguiente erosión en ellos.
Fuente: Propia

8.1.5.1.4 Depósitos Aluviales

Los depósitos aluviales del área de estudio se restringen a los presentes en el piso de la quebrada Alpacoma, estando estos compuestos por gravas, arenas, limos y arcillas sin seleccionar y no consolidados. En épocas de precipitaciones cotidianas es importante el aporte de sedimentos finos en este curso de agua, dando un carácter de inaccesible a todo el piso de la quebrada Alpacoma. (Ilustración 8-29: Quebrada Alpacoma, colindante al extremo sur del RSNJ).

Ilustración 8-29 Quebrada Alpacoma, colindante al extremo sur del RSNJ
Se observan los depósitos de limos, arcillas, arenas y gravas en el piso de la quebrada, también se aprecia el poco desgaste por acción del agua que existe en las rocas devónicas aflorantes.
Fuente: Propia

El piso de la quebrada Alpacoma se ensancha por tramos hacia la confluencia con el río Achocalla, manteniendo las mismas características ya descritas. (Ilustración 8-30: Quebrada Alpacoma, en cercanías a la confluencia con el río Achocalla).

Ilustración 8-30 Quebrada Alpacoma, en cercanías a la confluencia con el río Achocalla
Se observan los depósitos de limos, arcillas, arenas y gravas en el piso de la quebrada.
Fuente: Propia

8.1.5.1.5 Dorsal Sur

Debe destacarse la presencia de un rasgo geológico y geomorfológico ya inexistente en el área del RSNJ (debido a la modificación del terreno) pero de gran importancia en el contexto geológico-geotécnico denominado **Dorsal Sur**

Este rasgo geomorfológico estaba constituido por materiales pertenecientes a la Formación La Paz, conformando un alto topográfico con dirección W-E, dominando el sistema de drenaje y de deposición y estabilización de materiales de deslizamientos ocurridos en el sector. En áreas bajas colindantes a esta Dorsal sur se encontraban los depósitos del torrente de barro – flujo de detritos Achocalla. No es posible efectuar descripciones e interpretaciones precisas que describan de mejor manera a este rasgo

morfológico y sus orígenes debido a su completo recubrimiento por los materiales antrópicos del RSNJ. Ilustración 8-31: Ubicación de la Dorsal Sur antes de ser intervenida por trabajos propios del RSNJ). Este rasgo estructural es muy extendido hacia el este, siendo parte de un juego de lineamientos estructurales visibles a escala regional.

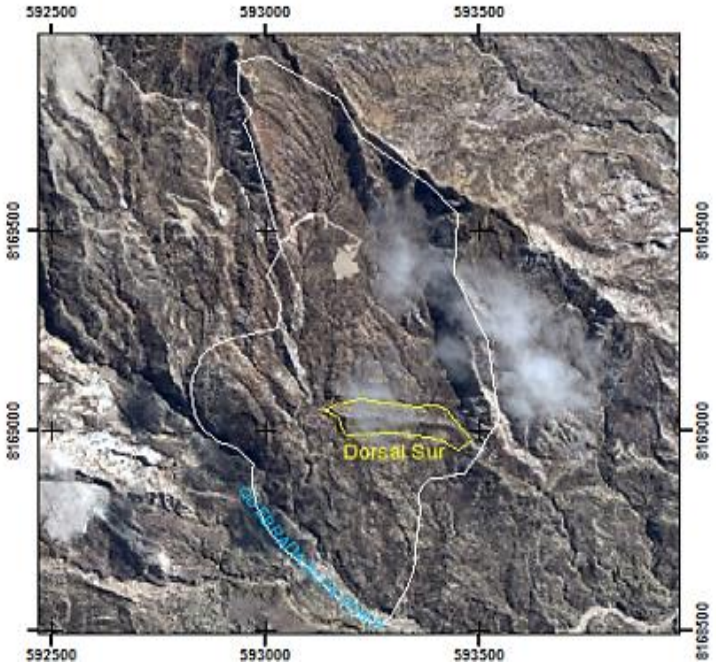


Ilustración 8-31 Ubicación de la Dorsal Sur

Antes de ser intervenida por trabajos propios del RSNJ. En línea blanca el área de influencia directa del RSNJ, en amarillo el rasgo de la Dorsal Sur

Fuente: Propia; Imagen base Google Earth, 2004

8.1.5.1.6 Depósitos de Deslizamientos Recientes

El sector de emplazamiento de las obras del RSNJ corresponde a depósitos de un evento de deslizamiento en materiales de la Formación La Paz. Este evento, denominado deslizamiento Alpacoma, tuvo un carácter rotacional, mostrando sus escarpes principales en el sector norte del RSNJ. Este movimiento en masa comprometió a los depósitos de la Formación La Paz, desplazándose con dirección a la quebrada Alpacoma y hallando su cuña en la Dorsal Sur. Actualmente la totalidad de los materiales originados por este evento se encuentran modificados por los trabajos propios del RSNJ no pudiendo hacerse descripciones e interpretaciones en campo. (Ilustración 8-32): Escarpes y área de material perturbado en terrenos del RSNJ).

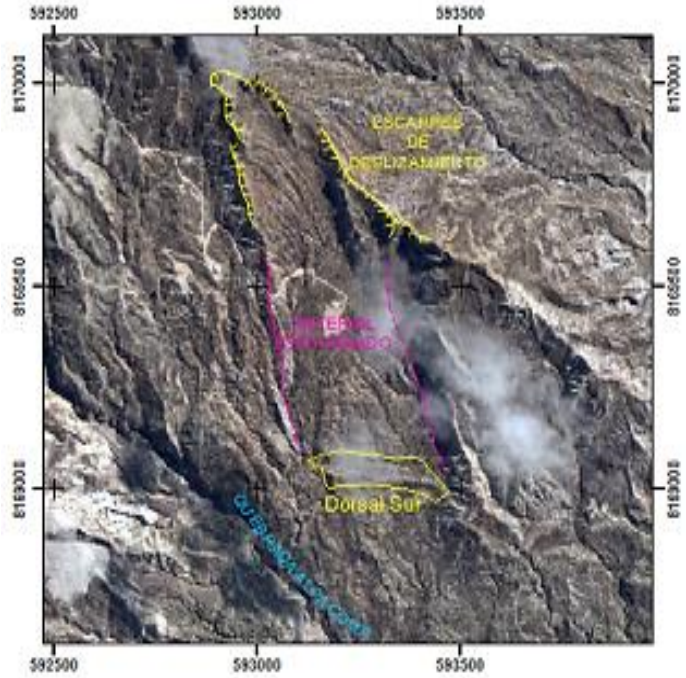


Ilustración 8-32 Escarpes y área de material perturbado en terrenos del RSNJ
En líneas amarillas se marcan los escarpes principales del deslizamiento y en líneas rosadas el borde del área del material perturbado, en amarillo la Dorsal Sur
Fuente: Propia. Imagen base Google Earth, 2004

En base a descripciones de informes existentes que cuentan con apoyo de perforaciones y estudios geofísicos se infieren profundidades de 6 a 30 metros para el cuerpo de este deslizamiento, encontrándose por debajo los depósitos in situ de la Formación La Paz.

8.1.5.1.7 Depósitos Antrópicos

Por las características del proyecto del Relleno Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma, la totalidad del área de interés ha sido intervenida por obras civiles, modificando totalmente las características de los suelos y su morfología. Los depósitos deslizados de la Formación La Paz, fueron parcialmente retirados y modificados en la totalidad del área. Es así que los depósitos recientes corresponden a residuos sólidos de diversa naturaleza, intercalados con materiales arcillosos, lixiviados y materiales propios de accesos camineros e infraestructura civil. Los taludes han sido modificados mostrando en la actualidad ángulos inferiores a los 45°. (Ilustración 8-33 Vista desde el oeste del sector de las celdas de acopio de residuos del RSNJ).

Ilustración 8-33 Vista desde el oeste del sector de las celdas de acopio de residuos del RSNJ
Se aprecian los taludes y banquinas producto de la modificación total del terreno natural.
Fuente. Propia

8.1.6 Geología Estructural

En el marco geológico regional el área del RSNJ no se encuentra afectada por ningún trazo de falla activa o de nivel regional. A nivel local, el marco estructural implica solamente a los eventos que perturbaron depósitos de la Formación La Paz. Estos depósitos fueron pasibles a las deformaciones propias de los eventos de la fase Quechuana, durante el Plioceno, la cual, por su carácter compresivo, ocasionó dos sistemas preferenciales de fallamiento con direcciones NE-SW y E-W.

Las características estructurales en la zona del RSNJ corresponden a la presencia frecuente de planos de falla locales, de corta extensión e involucrando desplazamientos de orden decimétrico. Se describirán de manera general algunos ejemplos de estos rasgos estructurales observados en el sector norte del RSNJ, sin entrar en interpretaciones o análisis profundos de ellos, pues para esto sería necesario un estudio puntual y detallado del tema con mucha inversión de tiempo en campo para la obtención de la mayor cantidad de datos y su posterior procesamiento y análisis tectónico – estructural.

En el sector norte del RSNJ se observan numerosos planos de fallas normales, con alto grado de inclinación tendiendo a la verticalidad del plano, es bastante complicado describir las características individuales de los planos por su cobertura con materiales finos producto del intemperismo de los materiales poco consolidados. En el sector del talud colindante a la celda 11 se observa un plano de falla de tipo normal, con rumbo NE-SW e inclinación cercana a la vertical, implicando una secuencia de limos y arenas rojizas, que sufren un desplazamiento vertical de hasta 2 m. (Ilustración 8-34: Plano de falla normal, talud aledaño a la celda 11, sector norte del RSNJ).

Ilustración 8-34 Plano de falla normal, talud aledaño a la celda 11
Sector norte del RSNJ. Se observa la secuencia de limos y arenas rojizas implicada en la disturbación
Fuente. Propia

En el mismo sector se observan tres planos de fallas inversas, con dirección NE – SW e inclinación cercana a la vertical que implican a la misma secuencia de limos y arenas rojizas, el desplazamiento vertical es de hasta 70 cm. Se observa también un plano de falla normal con un desplazamiento de 30 cm. Estos 5 planos descritos se presentan en una distancia no superior a los 30 m, evidenciándose el carácter de fuerte disturbación local en los depósitos de la Formación La Paz. (Ilustración 8-35: Planos de fallas, talud aledaño a la celda 11, sector norte del RSNJ).

Ilustración 8-35 Planos de fallas, talud aledaño a la celda 11
Sector norte del RSNJ. Se observa la secuencia de limos y arenas rojizas que sirve como guía para evidenciar la disturbación.
Fuente. Propia

8.1.7 Geomorfología

8.1.7.1 Farellones o escarpes

Es el rasgo dominante en el sector del RSNJ, corresponde al farellón vertical de 60 m de altura ubicado en el extremo este del área. Al estar este farellón desarrollado en depósitos medianamente consolidados y compuestos por limos, arcillas, arenas y gravas, es sometido a erosión hídrica y eólica, desgastando su superficie de manera continua y pervasiva, presentando surcos y canales verticales de diferentes profundidades.

8.1.7.2 Relieves abruptos

Rasgo propio de toda el área del RSNJ, resultado de la erosión intensa por corrientes de agua y lluvias en terrenos de cohesión bastante dócil como ser los depósitos de remoción en masa antiguos y recientes correspondientes al torrente de barro Achocalla y al deslizamiento Alpacoma.

En estos depósitos las quebradas se desarrollan muy rápidamente y el terreno toma un aspecto muy accidentado, con acanaladuras verticales (cárcavas) y quebradas encajonadas y estrechas, las paredes de estas son afectadas por erosión eólica e hídrica.

La totalidad de este rasgo en terrenos naturales ha sido intervenida por los trabajos de la operación de RSNJ, sin embargo, su identificación previa es muy importante pues es un factor determinante en la instancia de implementación de obras civiles y sus consideraciones geotécnicas y constructivas, se debe mencionar también que los procesos continúan actuando en materiales antrópicos poco consolidados y sin la impermeabilización adecuada.

8.1.7.3 Remoción en masa

Desarrollado en la totalidad del sector de operaciones del RSNJ, comprende el torrente de barro – flujo de detritos Achocalla (en el extremo sur del RSNJ por debajo de la Dorsal Sur) y el deslizamiento Alpacoma (en todo el sector norte y central del RSNJ hasta la Dorsal Sur), este último fenómeno de inestabilidad afectó a los depósitos de materiales finos poco o medianamente consolidados de la Formación La Paz en el sector del área de estudio.

Actualmente no se observan estos rasgos geomorfológicos en el sector, puesto que fueron intervenidos en su totalidad por las operaciones propias del RSNJ, sin embargo, su identificación previa es muy importante pues es un factor determinante en la instancia de implementación de obras civiles y sus consideraciones geotécnicas y constructivas.

8.1.8 Red de Drenaje Natural

Describiremos la red natural de transporte gravitacional de agua, sedimento o contaminantes, tomando en cuenta el fuerte control de la litología del terreno en el sector del RSNJ. También se efectuará un análisis multitemporal en base a imágenes satelitales (años 2004, 2005, 2014 y 2018) de la intervención por las obras propias de la operación del relleno y su afectación a la red natural de drenaje.

AÑO 2004

En la imagen satelital del año 2004 observamos un drenaje de tipo dendrítico, con numerosos afluentes que desembocan en dos quebradas dominantes y profundas, la primera situada al este del área del RSNJ colindante al farellón y paralela a este, la segunda que discurre por el actual límite oeste del RSNJ, con dirección norte sur, ambas quebradas inician en el extremo norte del área de estudio y captan la escorrentía de toda el área, tienen como nivel de base la quebrada Alpacoma ubicada al sur del área de estudio . En esta instancia la intervención por obras civiles en el sector era puntual no afectando a la red de drenaje natural.

Se debe tomar en cuenta que, por las condiciones litológicas (depósitos finos poco o medianamente consolidados) y las condiciones geomorfológicas (zona de deslizamiento) la mayor parte del agua proveniente de las lluvias no cae directamente en los cauces fluviales, sino que se infiltra en el suelo no consolidado erosionando la zona de materiales más débiles formando numerosas cárcavas y de estas se filtra a los dos canales fluviales principales. (Ilustración 8-36): Red de drenaje para el año 2004, en área del RSNJ).

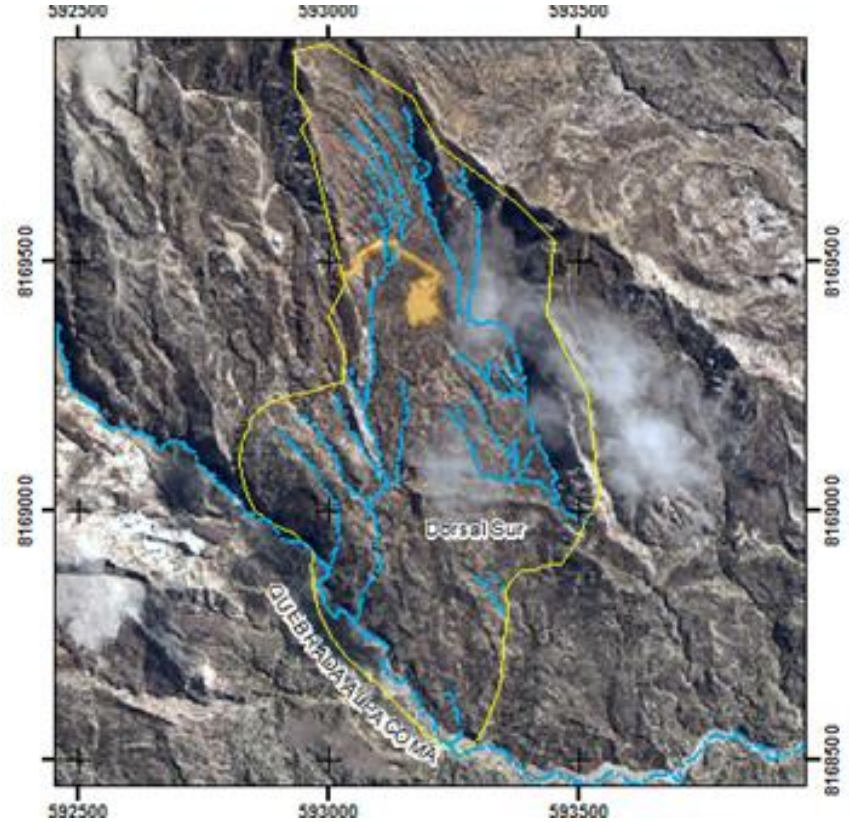


Ilustración 8-36 Red de drenaje para el año 2004
En área del RSNJ. En línea amarilla se marca el área de influencia directa del RSNJ, en celeste los cauces fluviales y pintado en anaranjado la intervención con obras civiles.
Fuente. Propia. Imagen base Google Earth, 2004

AÑO 2005

En la imagen satelital del año 2005 observamos que la intervención por obras civiles en el sector se intensifica en el sector norte, afectando las partes altas y nacientes de la red de drenaje natural, no siendo aún significativa en los dos cauces fluviales principales.

Se debe tomar en cuenta que, los procesos de infiltración en el suelo y residuos sólidos no consolidados y no impermeabilizados, continúan erosionando la zona de materiales más débiles, formando cárcavas, con la consiguiente filtración desde estas a los dos canales fluviales principales (Ilustración 8-37) Red de drenaje para el año 2005, en área del RSNJ).

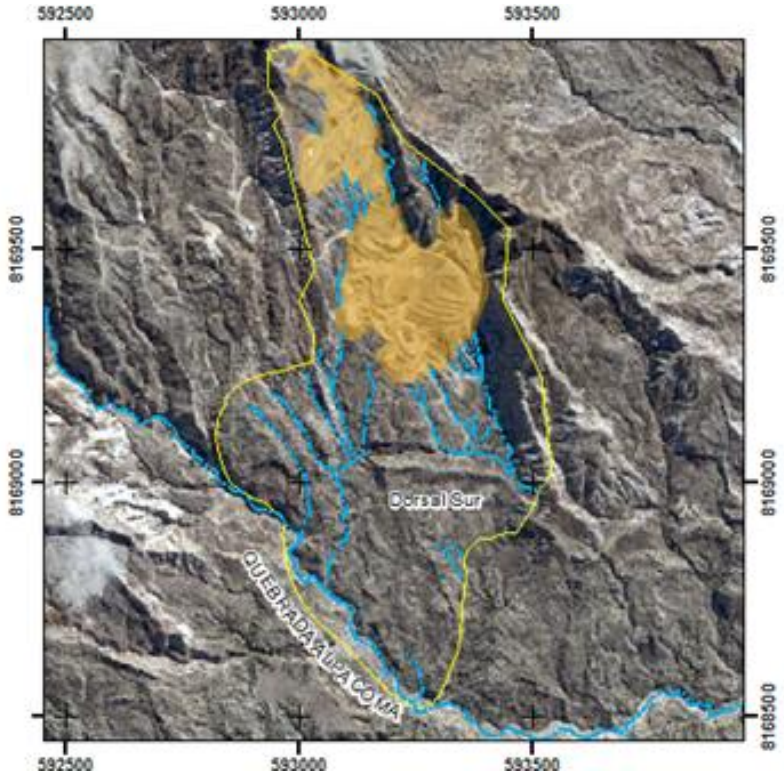


Ilustración 8-37 Red de drenaje para el año 2005

En área del RSNJ. En línea amarilla se marca el área de influencia directa del RSNJ, en celeste los cauces fluviales y pintado en anaranjado la intervención con obras civiles.

Fuente: Propia. Imagen base Google Earth, 2005

AÑO 2014

En la imagen satelital del año 2014 observamos que la intervención por obras civiles en el sector abarca un 60 % de la zona, afectando las partes altas, nacientes y los dos cauces fluviales principales de la red de drenaje natural. Se debe tomar en cuenta que, los procesos de infiltración en el suelo y residuos sólidos no consolidados y no impermeabilizados continúan. (Ilustración 8-38): Red de drenaje para el año 2014, en área del RSNJ).

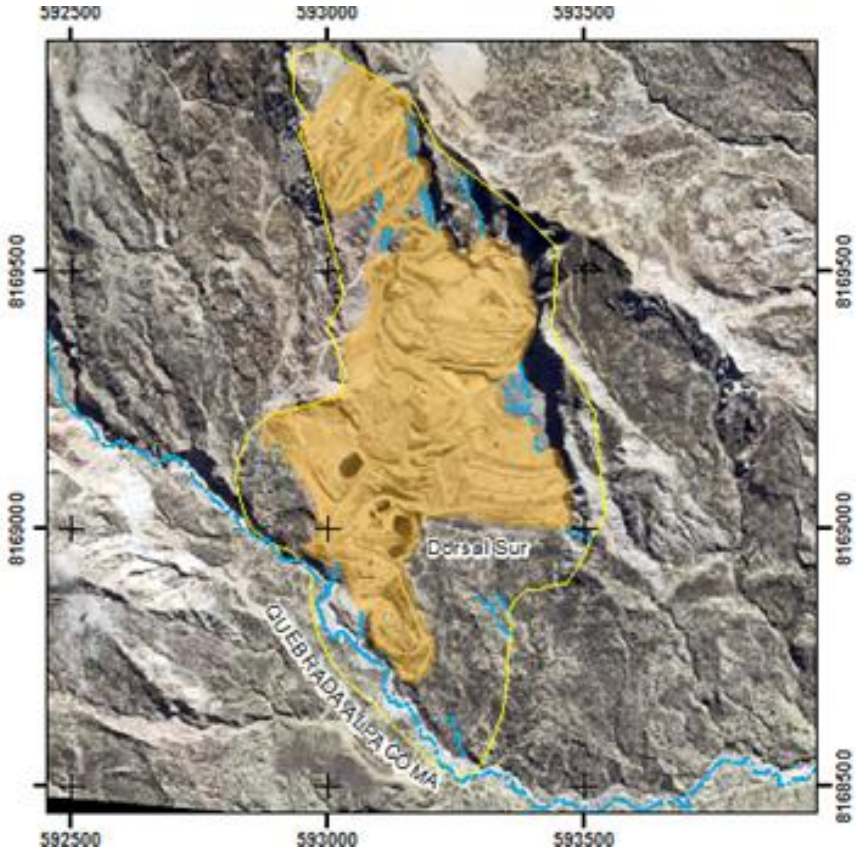


Ilustración 8-38 Red de drenaje para el año 2014

En área del RSNJ. En línea amarilla se marca el área de influencia directa del RSNJ, en celeste los cauces fluviales y pintado en anaranjado la intervención con obras civiles. (Fuente. Propia. Imagen base Google Earth, 2014)

AÑO 2018

En la imagen satelital del año 2018 observamos que la intervención por obras civiles en el sector abarca un 80 % de la zona, afectando las partes altas, nacientes y los dos cauces fluviales principales de la red de drenaje natural. Se debe tomar en cuenta que, los procesos de infiltración en el suelo y residuos sólidos no consolidados y no impermeabilizados continúan. (Ilustración 8-39): Red de drenaje para el año 2018, en área del RSNJ).

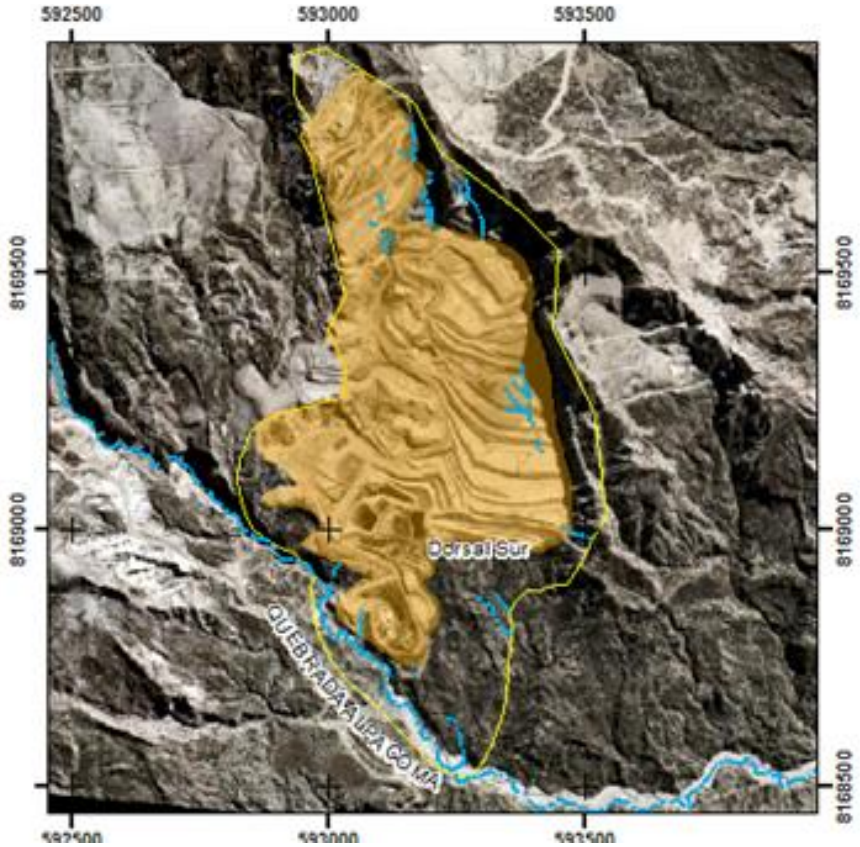


Ilustración 8-39 Red de Drenaje para el año 2018

En área del RSNJ. En línea amarilla se marca el área de influencia directa del RSNJ, en celeste los cauces fluviales y pintado en anaranjado la intervención con obras civiles.

Fuente. Propia. Imagen base Google Earth, 2018)

A la actualidad el área de intervención se amplió, abarcando más terreno al sur, con un 100 % de afectación a los cauces fluviales naturales. Debe hacerse notar que los procesos de infiltración y erosión de materiales y residuos sólidos nada o poco consolidados, nada o poco impermeabilizados continúan, pudiendo llegar a afectar las obras civiles situadas por encima de los antiguos cauces fluviales, creando zonas de debilidad en estos.

8.1.9 Geodinámica

La geodinámica natural de la zona del RSNJ está dominada por procesos de remoción en masa del deslizamiento Alpacoma. Este proceso corresponde a un deslizamiento de tipo rotacional, con los escarpes principales ubicados en el sector norte del RSNJ y el cuerpo de material perturbado extendido hacia la quebrada Alpacoma teniendo como cuña a la Dorsal Sur. No se conocen las características del plano principal de este evento, sin embargo, por estudios geofísicos anteriores se estima la profundidad de este entre 6 a 30 m.

La naturaleza del dinamismo de estos procesos genera las condiciones para la formación de varios planos escalonados dentro del cuerpo mismo del deslizamiento y la presencia de bloques basculados y/o rotados en él. Sumado esto a las condiciones de infiltración en los materiales poco o medianamente consolidados del cuerpo del deslizamiento se generan las condiciones de lubricamiento de planos,

dando carácter de inestable a toda la zona. (Ilustración 8-40): Diagrama de las partes de un deslizamiento de tipo rotacional).

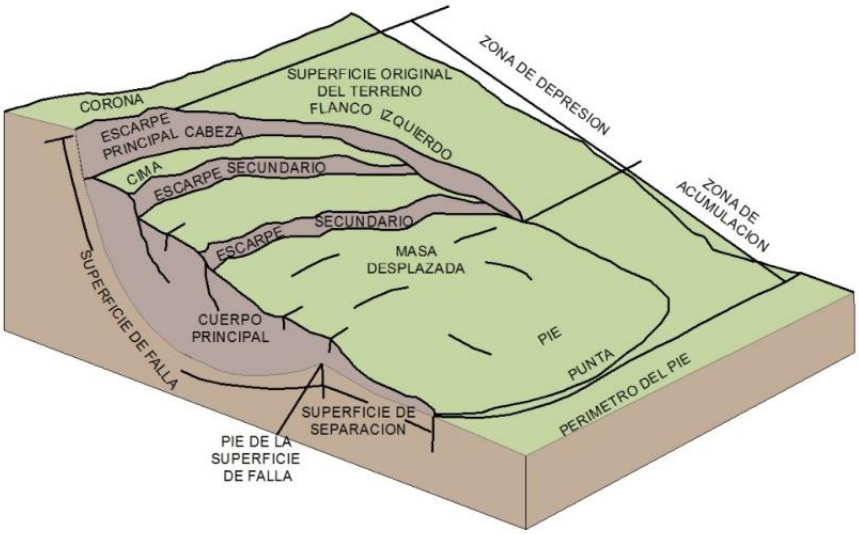


Ilustración 8-40 Diagrama de las partes de un deslizamiento de tipo rotacional
Fuente: Los movimientos en masa en la Región Andina Proyecto Multinacional Andino, 2007)

8.1.10 Riesgos Geológicos

Los riesgos geológicos actuales en el área del RSNJ son:

- Reactivación de nuevos deslizamientos en los materiales antrópicos poco o medianamente consolidados que componen el sector. Esto debido a taludes mal diseñados, mal conformados o por cortes al pie de talud.
- Caída de bloques de las partes altas de los taludes verticales.
- Remoción en masa de los materiales sueltos producidos por el trabajo con maquinaria en el lecho de la quebrada Alpacoma como parte del plan de contingencias específico para el deslizamiento del RSNJ.
- Caída de bloques o deslizamientos por afectaciones a los taludes naturales producto del trabajo con maquinaria en el lecho de la quebrada Alpacoma como parte del plan de contingencias específico para el deslizamiento del RSNJ.

8.1.10.1 Sismicidad

El monitoreo y vigilancia de la actividad sísmica en Bolivia es la principal actividad del Observatorio San Calixto (OSC), lo que permite la investigación de la sismología para el conocimiento de la amenaza sísmica en el país.

El mapa de Barazanghi e Isacks (1976) muestra que los sismos superficiales (de 0 m hasta 70 km de profundidad) se sitúan cerca de la costa del Pacífico, y que los sismos intermedios (entre 71 y 230 km de profundidad) están ubicados al este de esta costa, debajo de las cordilleras andinas. También existen sismos superficiales en las zonas de las cordilleras andinas.

La información generada por Gutemberg – Ritcher complementada por publicaciones posteriores ha permitido hacer un mapa de ubicación de los principales sismos situados dentro de un radio de 500 km alrededor de La Paz, este mapa muestra que los sismos importantes más próximos a La Paz están ubicados por una parte a 100 km (o menos) al N de La Paz en la región de Sorata, Mapiri y Consata y por otra parte, a 200 km al SE y S-SW de La Paz, en las regiones de Cochabamba y de la frontera con Chile. Estos sismos son generalmente de una profundidad media, pero algunos pueden llegar a ser superficiales.

El OSC ha publicado recientemente un mapa de sismicidad de Bolivia (2016) en el cuál La Paz se sitúa en una zona 2. (Ilustración 8-41): Mapa de actividad sísmica en Bolivia).

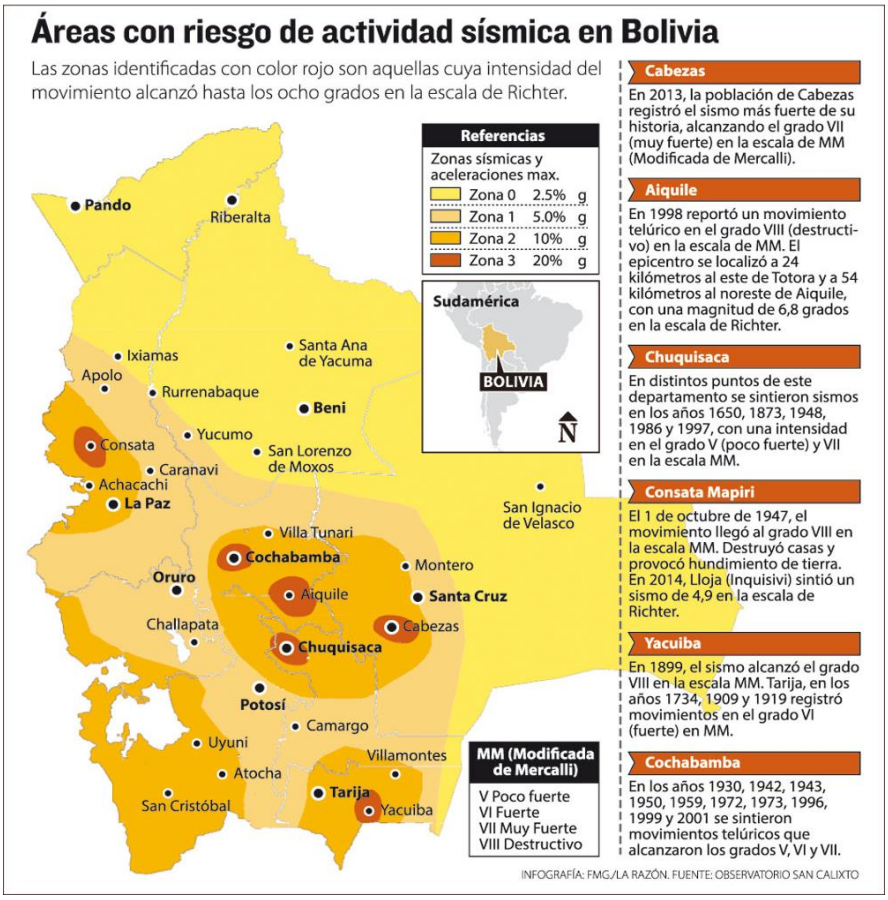


Ilustración 8-41 Mapa de actividad sísmica en Bolivia
La Paz se encuentra en la zona 2, con intensidad alcanzada de movimiento sísmico de VII. (Fuente. La Razón/OSC, 2016)

En la ciudad de La Paz y sus alrededores, la sismicidad mencionada desde la fundación de la ciudad no es muy importante, pero no está absolutamente ausente. No son conocidos focos de sismos a menos de 60 o 70 km de la ciudad, solo fueron sentidos temblores o sacudidas correspondientes a sismos cuyos focos fueron relativamente alejados de la ciudad.

Los sismos más próximos a La Paz fueron los siguientes:

-En Consata, Mapiri, el 24 de febrero de 1947, magnitud 6.4, destruyó casas y provocó hundimientos y deslizamientos de tierra, el terremoto mató al ganado y destruyó cultivos.

-Zona central de las provincias Iturralde de la Paz y Ballivián del Beni, 9 de junio de 1994, magnitud 8.9, considerado el más fuerte en la historia del país, se produjo a 630 km de profundidad y no dejó víctimas, provocó rajaduras de paredes y movimiento de cabañas en Pando, fue sentido en varias capitales de Sud América, causó muertos en la sierra del Perú y heridos en Río Branco, Brasil.

- Provincia Juan Manuel Pando, 30 de abril de 2014, magnitud 3.6. Sin daños.

-Arequipa, Perú, 01 de marzo de 2019, magnitud 7.0, profundidad de 257,4 km, sentido en la ciudad de La Paz, no se tiene reporte de daños.

-Cliza, Cochabamba, 15 de marzo de 2019, magnitud 6,3, profundidad 358 km, se sintió en la ciudad de La Paz, sin daños.

Todos estos antecedentes indican que la sismicidad en la zona de La Paz es relativamente baja, según catálogos y registros sísmicos nunca fueron localizados epicentros de sismos en el sitio de La Paz y tampoco se sintieron sacudidas más fuertes que la intensidad V de la escala de Mercalli. La intensidad de los temblores más fuertes que podrán ser percibidos en La Paz, correspondería a los grados V o VI, los cuales corresponden a aceleraciones de 0,15 hasta 0,32 m/seg^2.

Estas intensidades no necesitan imponer reglas antisísmicas, ya que todas las construcciones de buena calidad pueden soportarlas. Sin embargo, este riesgo sísmico (intensidad V a VI) incita a evitar construcciones que no estarían en conformidad con las normas correctas, esto es, fundaciones insuficientes o mal ejecutadas, vigas sin continuidad, voladizos, etc.

Se debe tomar en cuenta la influencia de los temblores sísmicos sobre los riesgos naturales: caídas de bloques, hundimientos, derrumbes, deslizamientos y flujos de terrenos, los cuales pueden ser agravados u originados por las sacudidas correspondientes a los sismos[55].

8.2 Estudio Geotécnico

8.2.1 Descripción del Macizo Rocoso

Como complementación a las descripciones litológicas de los afloramientos de rocas devónicas que constituyen el basamento rocoso del sector se ejecutaron tres estaciones geomecánicas (EG), todas en el extremo sur del sector del RSNJ y fuera del sector de operaciones de este, se ejecutaron dos EG en el margen derecho de la quebrada Alpacoma y una EG en el margen izquierdo. El detalle de la denominación y coordenadas de ubicación se presenta en la Tabla 8-1.

Tabla 8-1 Detalle de ubicación de estaciones geomecánicas

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	COORD ESTE (m)	COORD NORTE (m)	ALTURA (m)	UBICACIÓN
EG-01	592974	8168806	3424	Margen derecho de la Quebrada Alpacoma
EG-02	592980	8168845	3426	Margen derecho de la Quebrada Alpacoma
EG-03	592967	8168914	3428,5	Margen izquierdo de la Quebrada Alpacoma

Fuente: Propia

[55] Plan de Desarrollo Urbano. Consultoras BRGM – BCEOM – PCA. Tomo 2

La distribución y ubicación de estas estaciones geomecánicas dentro del área del RSNJ se muestra en la Ilustración 8-42. Ubicación de estaciones geomecánicas.

Ilustración 8-42 Ubicación de estaciones geomecánicas
Fuente: Propia. Imagen base: Dron Mavic 2 PRO 2019

La Ilustración 8-43, la Ilustración 8-44 y Ilustración 8-45 muestran en detalle los datos de campo obtenidos, su sistematización y obtención de parámetros finales.

LÁMINA 1

REGISTRO DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

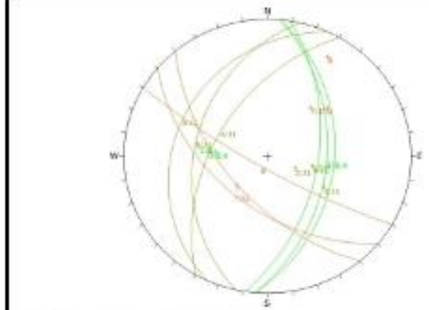
PROYECTO	Auditoría Ambiental por Peligro Inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio De La Paz							ESTACION N°
FECHA	10-nov-19	X:	592974	Y:	8168806	Z:	3424	DATUM WGS 84	EG-1

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tipo de Plano	S	S	S	J1	J1	J1	J2	J2	J2									
Dip Dir	95	99	95	300	295	283	220	210	230									
Buzamiento	40	51	45	49	24	36	50	80	57									
ESPACIADO																		
>2000 mm																		
600 - 2000 mm																		
200 - 600 mm							x	x	x									
60 - 200 mm	x	x	x	x	x	x												
< 60 mm																		
CONTINUIDAD																		
< 1 m							x	x	x									
1 - 3 m																		
3 - 10 m																		
10 - 20 m	x	x	x	x	x	x												
> 20 m																		
APERTURA																		
Nada																		
< 0.1 mm																		
0.1 - 1.0 mm																		
1 - 5 mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
> 5 mm																		
RUGOSIDAD																		
Ondulación	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa									
JRC	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6									
MET. JUNTA																		
Grado																		
AGUA																		
Seco	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
Liq. Húmedo																		
Húmedo																		
Goteando																		
Fluyendo																		
RELLENO																		
Naturaleza	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox									
Espesor cm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1									

FORMACIÓN GEOLÓGICA:	Sica Sica	EDAD:	Devónico
DESCRIPCION:	Limolitas con intercalación de areniscas de grano fino, color gris en superficie fresca, ocre en superficie expuesta		
GRADO DE METEORIZACIÓN:	III	OBSERVACIONES:	Margen derecho de la quebrada Alpacoma, al sur del RSNJA

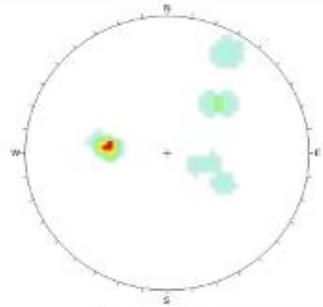
PROYECCION ESTEREOGRAFICA

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES



	Color	Dip	Dip Direction	Label
		Used Planes		
1		40	95	S
2		51	99	S
3		45	95	S
4		49	300	J1
5		24	295	J1
6		36	283	J1
7		50	220	J2
8		80	210	
9		57	230	

ESTEREOGRAMA DE DENSIDAD DE POLOS



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.40
	3.40 - 6.80
	6.80 - 10.20
	10.20 - 13.60
	13.60 - 17.00
	17.00 - 20.40
	20.40 - 23.80
	23.80 - 27.20
	27.20 - 30.60
	30.60 - 34.00

REFERENCIAS: S: Estratificación Ox: Oxidos
J1,J2....: Diaclasas Q: Cuarzo

VALOR DE REBOTE DEL ESCLERÓMETRO	S	J1	J2					Media
	5.0 - 25	5.0 - 25	5.0 - 25					5.0 - 25

Observaciones: Aproximación al rango a partir de estimación de índices de campo

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

RMR - Según Bieniawski (1989)

	Parámetro	Descripción	Valoración
1	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)	5-25	2
2	Designación de calidad de la Roca RQD (%)	25 - 50	8
3	Espaciamiento de Discontinuidad (mm)	60 - 200	10
4	Longitud de discontinuidad - Persistencia (m)	3 - 10	2
	Separación (Abertura)	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
	Relleno	Blando	0
	Intemperismo	Moderado	3
5	Presencia de agua	Seco	15

RMR = 44
CLASIFICACIÓN: III Media

Estabilidad:	Parcialmente estable
Roturas:	Planar a lo largo de algunas juntas
Probabilidad de rotura:	0,4

Q - Según Barton (1974)

	Parámetro	Descripción	Valoración
1	RQD (%)	25 - 50	25
2	Número de sistemas Jn	3 familias de diaclasas	9
3	Número de rugosidad Jr	Lisas, planares	1
4	Número de alteración Ja	Arcillas blandas	4
5	Factor reducción por agua en diacont. Jw	Excavación seca	1
6	Factor reducción esfuerzos - SRF	Tensiones elevadas	0,5

Q = 1,39
CLASIFICACIÓN C Roca mala

OBSERVACIONES:

Ilustración 8-43 Estaciones Geomecánicas
Fuente: Elaboración Propia

LÁMINA 2 — REGISTRO DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

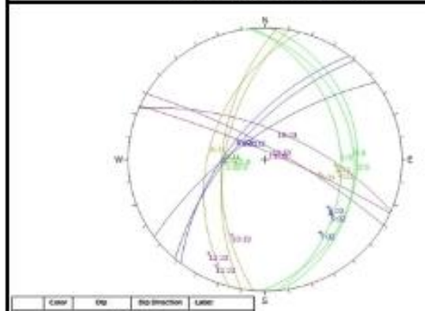
PROYECTO	Auditoría Ambiental por Peligro Inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio De La Paz						ESTACION N°
FECHA	10-nov-19	X:	592980	Y:	8168845	Z: 3426 DATUM WGS 84	EG-2

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tipo de Plano	S	S	S	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3						
Dip Dir	85	92	83	280	275	285	324	308	311	64	83	79						
Buzamiento	32	22	24	57	55	45	69	61	65	23	24	30						
ESPACIADO																		
>2000 mm																		
600 - 2000 mm																		
200 - 600 mm				x	x	x												
60 - 200 mm	x	x	x				x	x	x	x	x	x						
< 60 mm																		
CONTINUIDAD																		
< 1 m				x	x	x	x	x	x	x	x	x						
1 - 3 m																		
3 - 10 m																		
10 - 20 m	x	x	x															
> 20 m																		
APERTURA																		
Nada																		
< 0.1 mm																		
0.1 - 1.0 mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
1 - 5 mm																		
> 5 mm																		
RUGOSIDAD																		
Ondulación	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa	lisa						
JRC	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6						
MET. JUNTA																		
Grado																		
AGUA																		
Seco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
Liq. Húmedo																		
Húmedo																		
Goteando																		
Fluyendo																		
RELLENO																		
Naturaleza	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox	Ox						
Espesor cm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1						

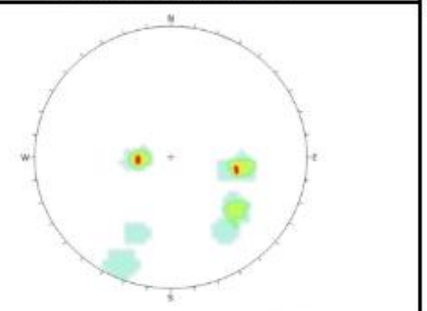
FORMACIÓN GEOLÓGICA:	Sica Sica	EDAD:	Devónico
DESCRIPCION:	Areniscas micáceas de grano fino, intercalan niveles de limolita, color gris en superficie fresca y ocre en superficie expuesta.		
GRADO DE METEORIZACIÓN:	III	OBSERVACIONES:	Margen derecho de la quebrada Alpacoma, al sur del RSNJA

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES



ESTEREOGRAMA DE DENSIDAD DE POLOS



	Color	Dip	Dip Direction	Label
		User Planes		
1		32	83	S
2		22	92	S
3		24	83	S
4		57	280	J1
5		55	275	J1
6		45	285	J1
7		69	324	J2
8		61	308	J2
9		65	311	J2
10		23	64	J3
11		24	83	J3
12		30	79	J3

Color	Density Concentrations		
	0.00	-	2.80
	2.80	-	5.60
	5.60	-	8.40
	8.40	-	11.20
	11.20	-	14.00
	14.00	-	16.80
	16.80	-	19.60
	19.60	-	22.40
	22.40	-	25.20
	25.20	-	28.00

REFERENCIAS: S: Estratificación; J1,J2....: Diaclasas; Ox: Oxidos; Q: Cuarzo

VALOR DE REBOTE DEL ESCLERÓMETRO	S	J1	J2				Media	Observaciones:	Aproximación al rango a partir de estimación de índices de campo
	25 - 50	25 - 50	25 - 50				25 - 50		

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

RMR - Según Bieniawski (1989)

	Parámetro	Descripción	Valoración
1	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)	25 - 50	2
2	Designación de calidad de la Roca RQD (%)	0 - 25	2
3	Espaciamiento de Discontinuidad (mm)	60 - 200	8
4	Longitud de discontinuidad - Persistencia (m)	1 - 3	4
	Separación (Abertura) mm	0,1 - 1	4
	Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
	Relleno	Blando	0
	Intemperismo	Moderado	5
5	Presencia de agua	Seco	13

RMR = 41

CLASIFICACIÓN: III Media

Estabilidad:	Parcialmente estable
Roturas:	Planar a lo largo de algunas juntas
Probabilidad de rotura:	0,4

Q - Según Barton (1974)

	Parámetro	Descripción	Valoración
1	RQD (%)	0 - 25	15
2	Número de sistemas Jn	3 familias de diaclasas y una a	12
3	Número de rugosidad Jr	Lisas, planares	1
4	Número de alteración Ja	Arcillas blandas	4
5	Factor reducción por agua en disconf. Jw	Excavación seca	1
6	Factor reducción esfuerzos - SRF	Tensiones elevadas	0,5

Q = 0,03

CLASIFICACIÓN D Roca muy mala

OBSERVACIONES:

Ilustración 8-44. Lámina 2 de Estaciones Geomecánicas
Fuente: Elaboración Propia

LÁMINA 3 — REGISTRO DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

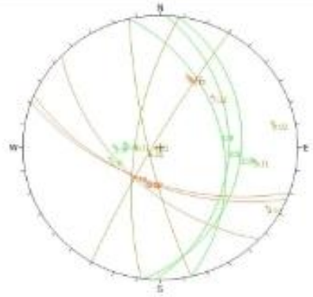
PROYECTO	Auditoría Ambiental por Peligro Inminente del Relleno Sanitario Nuevo Jardín – Municipio De La Paz							ESTACION N°
FECHA	10-nov-19	X:	592967	Y:	8168914	Z:	3428,5	DATUM WGS 84	EG-3

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tipo de Plano	S	S	S	J1	J1	J1	J2	J2	J2									
Dip Dir	77	97	92	300	278	257	224	200	203									
Buzamiento	41	29	37	84	69	80	57	60	59									
ESPACIADO																		
>2000 mm																		
600 - 2000 mm																		
200 - 600 mm	x	x	x															
60 - 200 mm				x	x	x	x	x	x									
< 60 mm																		
CONTINUIDAD																		
< 1 m																		
1 - 3 m																		
3 - 10 m				x	x	x	x	x	x									
10 - 20 m	x	x	x															
> 20 m																		
APERTURA																		
Nada				x	x	x												
< 0.1 mm																		
0.1 - 1.0 mm																		
1 - 5 mm							x	x	x									
> 5 mm	x	x	x															
RUGOSIDAD																		
Ondulación	rug	rug	rug	rug	rug	rug	rug	rug	rug									
JRC	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8									
MET. JUNTA																		
Grado																		
AGUA																		
Seco	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
Liq. Húmedo																		
Húmedo																		
Goteando																		
Fluyendo																		
RELLENO																		
Naturaleza	Ox	Ox	Ox	s/r	s/r	s/r	Ox	Ox	Ox									
Espesor cm	10	10	10	0,1			0,1	0,1	0,1									

FORMACIÓN GEOLÓGICA:	Sica Sica	EDAD:	Devónico
DESCRIPCIÓN:	Areniscas cuarzosas de grano fino, masivas, de color gris en superficie fresca y ocre en superficie		
GRADO DE METEORIZACIÓN:	II	OBSERVACIONES:	Margen izquierdo de la quebrada Alpacoma, al sur del RSNJA

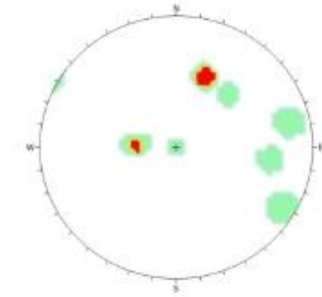
PROYECCION ESTEREOGRAFICA

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		41	77	S
2		29	97	S
3		37	92	S
4		84	300	J1
5		69	278	J1
6		80	257	J1
7		57	224	J2
8		60	200	J2
9		59	203	J2

ESTEREOGRAMA DE DENSIDAD DE POLOS



Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.30
	2.30 - 4.60
	4.60 - 6.90
	6.90 - 9.20
	9.20 - 11.50
	11.50 - 13.80
	13.80 - 16.10
	16.10 - 18.40
	18.40 - 20.70
	20.70 - 23.00

REFERENCIAS: S: Estratificación; J1,J2....: Diaclasas; Ox: Oxidos; Q: Cuarzo; s/r: Sin relleno

VALOR DE REBOTE DEL ESCLERÓMETRO	S	J1	J2				Media
	50 - 100	50 - 100	50 - 100				50 - 100

Observaciones: Aproximación al rango a partir de estimación de índices de campo

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

RMR - Según Bieniawski (1989)

	Parámetro	Descripción	Valoración
1	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)	50 - 100	2
2	Designación de calidad de la Roca RQD (%)	75 - 90	8
3	Espaciamiento de Discontinuidad (mm)	60 - 200	10
4	Longitud de discontinuidad - Persistencia (m)	3 - 10	2
	Separación (Abertura)	>5 mm	0
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Duro - no existe	4
	Intemperismo	Moderado	3
5	Presencia de agua	Seco	15

RMR = 49
CLASIFICACIÓN: III Media

Estabilidad:	Parcialmente estable
Roturas:	Planar a lo largo de algunas juntas
Probabilidad de rotura:	0,4

Q - Según Barton (1974)

	Parámetro	Descripción	Valoración
1	RQD (%)	75 - 90	85
2	Número de sistemas Jn	3 familias de diaclasas	9
3	Número de rugosidad Jr	Rugosa	3
4	Número de alteración Ja	Ligeramente alterados	2
5	Factor reducción por agua en discont. Jw	Excavación seca	1
6	Factor reducción esfuerzos - SRF	Tensiones medias	1

Q = 14,17
CLASIFICACIÓN F Roca buena

OBSERVACIONES:

Ilustración 8-45. Lámina 3 de Estaciones Geomecánicas
Fuente: Elaboración Propia

8.2.2 Estudio de Suelos

En el terreno se ubicaron ocho pozos de exploración, siete de estos pozos alcanzaron tres metros de profundidad y uno alcanzó cuatro metros y medio. En estos pozos se realizó la colecta de muestras de acuerdo a la naturaleza de los materiales presentes en el terreno, esto es, con cada cambio de material, también se efectuaron ensayos in situ correspondientes a penetración dinámica y pruebas de permeabilidad. (Ver Anexos, Tomo II, Anexo 8, Estudio de Laboratorio – Suelos y Materiales).

8.2.2.1 Exploración y muestreo

Los ocho pozos de exploración fueron ubicados en terreno natural, en materiales deslizados de la Formación La Paz y en afloramientos de esta formación in situ. Están distribuidos en toda el área del RSNJ. Estos pozos fueron excavados a cielo abierto con el fin de obtener descripciones de la litología en el tramo explorado y observar la presencia de niveles con agua en ellos. La excavación de los pozos se suspendió cuando las características de consolidación de los depósitos atravesados ya no permitieron proseguir el trabajo manual.

El detalle de denominación, coordenadas y ubicación de los pozos está resumido en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2 Detalle de ubicación de pozos de exploración

POZO	COORD ESTE (m)	COORD NORTE (m)	ALTITUD (m)	PROFUNDIDAD (m)	UBICACIÓN
SU-01	593192	8169450	3583	3	Aledaño al sector oeste de la macro-celda 4.
SU-02	593127	8169113	3507	3	Al norte del sector de residuos sólidos expuestos.
SU-03	593094	8169767	3665	3	Extremo sur del RSNJ. Aledaño a zona de pozo de aereación.
SU-04	593219	8169458	3585	4,5	Aledaño al sector oeste de la macro-celda 4.
SU-05	593436	8169330	3568	3	Farellón, al extremo este del RSNJ.
SU-06	593476	8169008	3519	3	Relicto de la Dorsal Sur, al extremo este del RSNJ.
SU-07	593072	8169182	3513	3	Al norte del EG 5
SU-08	593215	8168868	3460	3	Al norte del Estanque de lixiviados 1

Fuente: Propia

La distribución y ubicación de estos pozos dentro del área del RSNJ se muestra en la Ilustración 8-46 Ubicación de pozos de exploración.

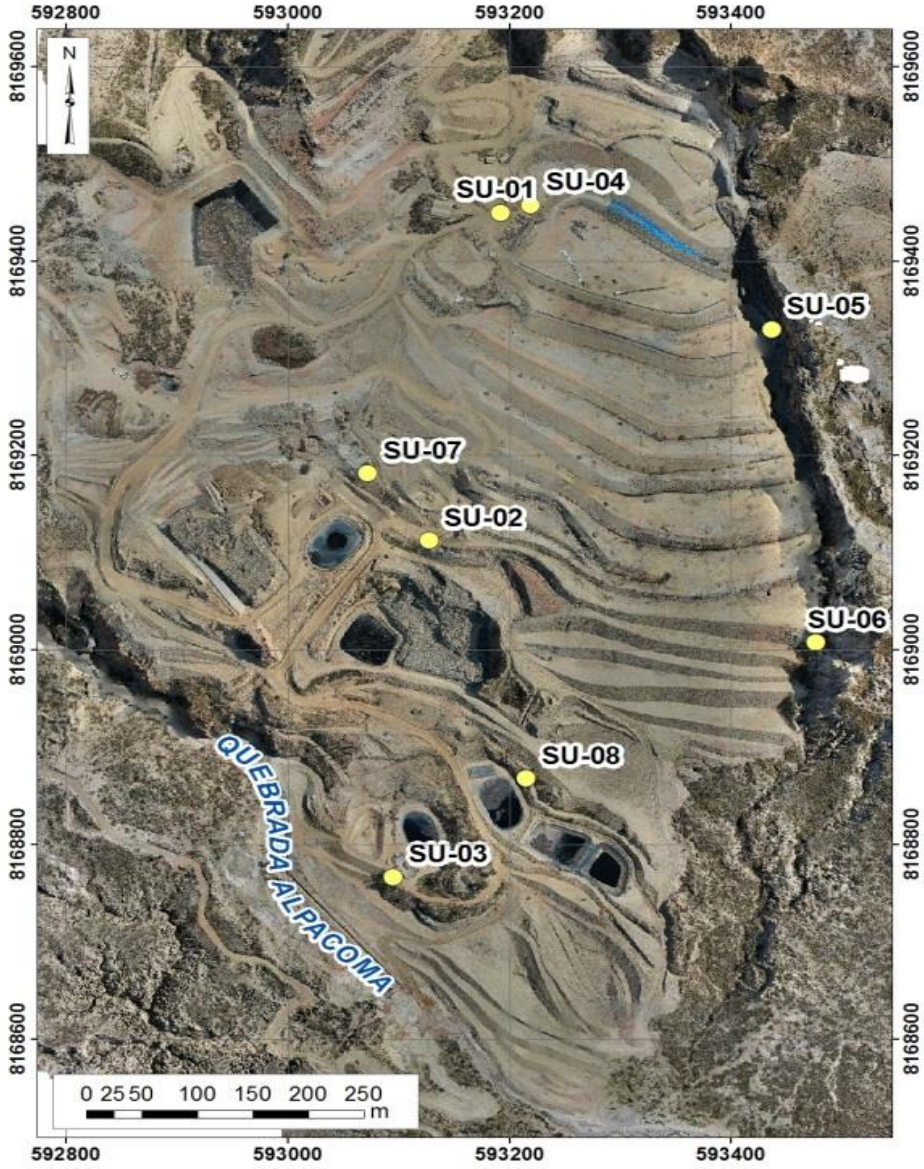


Ilustración 8-46 Ubicación de pozos de exploración
Fuente: Propia. Imagen base: Dron Mavic 2 PRO 2019)

8.2.2.2 Ensayos in situ

8.2.2.2.1 Descripción litológica

Cuadro 8-1 Descripción litológica del pozo SU-01

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-01	Materiales deslizados de la Formación La Paz	0,0 – 0,7	Material de relleno, compuesto por arenas, limos y arcillas con presencia abundante de residuos sólidos.
		0,7 – 3,0	Arcillas y limos de color marrón.

Fuente: Propia

Fotografía 8-1 Pozo SU-01
Fuente. Propia

Cuadro 8-2 Descripción litológica del pozo SU-02

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-02	Materiales deslizados de la Formación La Paz	0,0 – 0,7	Material de relleno, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas con presencia abundante de residuos sólidos.
		0,7 – 3,0	Arcillas y limos de color marrón.

Fuente: Propia

Fotografía 8-2 Pozo SU-02.
Fuente: Propia

Cuadro 8-3 Descripción litológica del pozo SU-03

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-03	Formación La Paz	0,0 – 0,8	Material antrópico de color marrón, bioturbado, compuesto por arcillas con raíces, residuos sólidos y restos de plásticos.
		0,8 – 3,0	Arcillas y limos, de color marrón, con ocasionales clastos subredondeados de arenisca y granito, estos clastos tienen diámetros de hasta 10 cm.

Fuente: Propia

Fotografía 8-3 Pozo SU-03
Fuente: Propia

Cuadro 8-4 Descripción litológica del pozo SU-04

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-04	Materiales deslizados de la Formación La Paz	0,0 – 1,3	Material de relleno, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas con presencia abundante de residuos sólidos.
		1,3 – 1,5	Nivel compacto compuesto por arcillas y restos de plásticos.
		1,5 – 2,1	Material de relleno, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas con presencia de ocasionales clastos subredondeados de granito. Se observa humedad en el material.
		2,1 – 2,2	Material gris bioturbado, arcillas y limos con abundante presencia de raíces
		2,2 – 4,5	Arcillas y limos con clastos subredondeados de areniscas, pizarras y granito.

Fuente: Propia

Fotografía 8-4 Pozo SU-04
Fuente: Propia

Cuadro 8-5 Descripción litológica del pozo SU-05

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-05	Formación La Paz	0,0 – 0,4	Material gris bioturbado, arcillas y limos con presencia de raíces. Se observa humedad en el material.
		0,4 – 3,0	Arcillas y limos con clastos subredondeados de areniscas, pizarras y granito. El contacto con un nivel de arena de grano fino, de color gris, bien consolidado, hace inviable a continuación del trabajo manual.

Fuente: Propia

Fotografía 8-5 Pozo SU-05
Fuente: Propia

Cuadro 8-6 Descripción litológica del pozo SU-06

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-06	Formación La Paz	0,0 – 3,0	Arenas, arcillas y limos con clastos subredondeados de areniscas micáceas y pizarras. A los 2,8 metros se tiene la presencia de filtración de agua en el pozo.

Fuente: Propia

Fotografía 8-6 Pozo SU-06
Fuente: Propia

Cuadro 8-7 Descripción litológica del pozo SU-07

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-07	Formación La Paz	0,0 – 0,2	Material gris bioturbado, arcillas y limos con abundante presencia de raíces
		0,2 – 0,4	Material rojizo bioturbado, arcillas y limos con abundante presencia de raíces
		0,4 – 0,5	Material gris bioturbado, arcillas y limos con abundante presencia de raíces
		0,5 – 3,0	Arcillas y limos con clastos subredondeados de areniscas y pizarras. A los 2,6 metros hay humedad en el material del pozo.

Fuente: Propia

Fotografía 8-7 Pozo SU-07
Fuente: Propia

Cuadro 8-8 Descripción litológica del pozo SU-08

POZO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	TRAMO (m)	LITOLOGÍA
SU-08	Formación La Paz	0,0 – 0,5	Material gris bioturbado, arcillas y limos con abundante presencia de raíces
		0,5 – 3,0	Arcillas y limos con clastos subredondeados de areniscas y pizarras, material compacto.

Fuente: Propia

Fotografía 8-8 Pozo SU-08
Fuente: Propia

8.2.2.2.2 Ensayos de penetración estándar

El ensayo de Penetración Estándar (SPT) es utilizado para la determinación de las condiciones de compresibilidad y resistencia de suelos, el procedimiento está indicado en la norma ASTM D-1586. El registro de penetración e índice de penetración "N" se obtiene al considerar los golpes necesarios para penetrar los últimos 30 cm de un total de 45 cm de muestreador; los primeros 15 cm no se consideran, dado que el suelo podría estar alterado por efectos del procedimiento utilizado durante la ejecución de la excavación. La resistencia a la penetración es un indicador de la compacidad de los suelos no cohesivos y de la resistencia de los suelos cohesivos, pues es, un ensayo dinámico de esfuerzo cortante in situ.

Muchos investigadores han intentado realizar correlaciones entre N y la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos, la dispersión de los datos obtenidos es muy grande, tomaremos como referencia la tabla de propiedades de suelos arcillosos de Hunt, 1984. Tabla 8-3.

Tabla 8-3 Propiedades de suelos arcillosos

Consistencia	N	Identificación manual	q_u (kg/cm^2)
Dura	>30	Se marca difícilmente	> 4,0
Muy rígida	15 - 30	Se marca con la uña del pulgar	2,0 – 4,0
Rígida	8 – 15	Se marca con el pulgar	1,0 – 2,0
Media	4 – 8	Moldeable bajo presiones fuertes	0,5 – 1,0
Blanda	2 – 4	Moldeable bajo presiones débiles	0,25 – 0,5
Muy blanda	<2	Se deshace entre los dedos	0 – 0,25

Fuente: Hunt, 1984, en IGME, 1987

Se efectuaron nueve ensayos SPT en cinco de los pozos de exploración, las profundidades fueron de 1,5 m y en el fondo del pozo, de los nueve ensayos efectuados seis corresponden a suelos arcillosos

normalmente consolidados con consistencias blanda - rígida y tres a suelos arcillosos sobreconsolidados con consistencia muy rígida.

La Tabla 8-4 resume lo resultados obtenidos para estos ensayos.

Tabla 8-4 Resumen de ensayos SPT

POZO	PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES SPT	CAPACIDAD PORTANTE (kg/cm^2)
SU-04	1,5	8	0,8
	4,5	14	2,18
SU-05	2,8	25	1,89
SU-06	1,5	18	1,57
	3,0	22	1,76
SU-07	1,5	3	0,25
	3,0	4	0,29
SU-08	1,5	7	0,66
	3,0	4	0,21

Fuente: Propia

8.2.2.2.3 Ensayos de permeabilidad

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo para transmitir el agua y el aire, mientras más permeable sea el suelo, mayor será la infiltración. Por lo general los suelos se componen de capas y, a menudo, la calidad del suelo varía considerablemente de una capa a otra, es por esto que al planificar obras civiles de embalses u otras que tengan considerado el almacenamiento o recepción de líquidos se debe evitar la presencia de una capa permeable en el fondo para impedir una pérdida de agua excesiva hacia el subsuelo a causa de la filtración.

La permeabilidad del suelo suele medirse en función a la velocidad del flujo de agua a través de este durante un periodo determinado, se expresa o bien como una tasa de permeabilidad en cm/hora (cm/h), milímetros por hora (mm/h) o centímetros por día (cm/d) o bien como un coeficiente de permeabilidad (K) en metros por segundo (m/s) o en centímetros por segundo (cm/s).

Si bien no hay una norma establecida para trabajos de estas características en nuestro país, tomaremos como referencia la figura 5.1 presentada en la Guía Para el Diseño de un Relleno Sanitario. Antioquía, Colombia, 2002. Tabla 8-5. Relación entre el tipo de suelo, el coeficiente de permeabilidad y su aceptación para drenaje y relleno sanitario).

Tabla 8-5 Relación entre el tipo de suelo y el coeficiente de permeabilidad
(Y su aceptación para drenaje y relleno sanitario)

K (cm/s)	10^2	10^1	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Drenaje	Bueno						Malo		Prácticamente impermeable			
Relleno sanitario	Pésimo									Bueno		
Tipo de suelo	Grava gruesa (cascajo)	Arena limpia mezcla da con grava				Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla				Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación e intemperización		
				Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de impermeabilización.								

Fuente: Guía para el diseño de un relleno sanitario, Jaramillo, 2002

Se efectuaron dos ensayos de permeabilidad in situ, en dos pozos de exploración, se consideró ejecutar el ensayo en función de los tipos de materiales identificados en los pozos. Ambos valores corresponden a suelos con coeficiente de permeabilidad pésimo para relleno sanitario, esto según la tabla tomada como referencia.

La Tabla 8-6 resume lo resultados obtenidos para estos ensayos.

Tabla 8-6 Resumen de ensayos SPT

POZO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (cm/seg)
SU-04	4,5	Arcilloso	4,43 E-03
SU-06	3,5	Areno arcilloso	2,66 E-02

Fuente: Propia

8.2.2.3 Otros ensayos

8.2.2.3.1 Clasificación Unificada

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS (Unified Soil Classification System – USCS) es un sistema de clasificación de suelos utilizado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N° 200, los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50 % de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50 % de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos se designan por símbolos de grupo, los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos, mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos, como se muestra en el Cuadro 8-9.

Cuadro 8-9 Designación de símbolos para suelos

Primera y/o segunda letra		Segunda letra	
Símbolo	**Definición**	**Letra**	**Definición**
G	Grava	**P**	Pobremente graduado (tamaño de partícula uniforme)
S	Arena	**W**	Bien gradado (tamaños de partícula diversos)
M	Limo	**H**	Alta plasticidad
C	Arcilla	**L**	Baja plasticidad
O	orgánico		

Fuente: Propia

Se efectuaron doce análisis de clasificación en los ocho pozos de exploración, se consideró colectar las muestras en función de los tipos de materiales identificados en los pozos, de los doce análisis efectuados ocho corresponden a suelos de tipo CL y cuatro corresponden a suelos de tipo SC.

SUELOS TIPO CL

Son suelos de grano fino, corresponden a arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras. Aptitudes de usos: revestimiento de canales, pero es erodable.

Como consecuencia de la actividad reducida de los minerales arcillosos presentes en estos suelos, a compresibilidad y el hinchamiento d los mismos no presentan magnitudes importantes. Por la presencia de minerales arcillosos de actividad reducida, la resistencia al corte variará de pobre a regular dependiendo de su rigidez y del grado de saturación del material (resistencias al corte pobres serán el resultado de suelos saturados, en cambio, resistencias al corte más altas tendrán su origen en suelos con un grado de saturación bajo y de la presencia de arena o materiales granulares que incrementen la fricción interna del suelo.

SUELOS TIPO SC

Son suelos de grano grueso, corresponden a arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla. Aptitudes de uso: revestimiento de canales, capas de pavimento.

La Tabla 8-7 resume lo resultados obtenidos para estos ensayos.

Tabla 8-7 Resumen de clasificación unificada de suelos

POZO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN
SU-01	3,0	CL	Arcilla de baja plasticidad
SU-02	3,0	CL	Arcilla de baja plasticidad
SU-03	3,0	CL	Arcilla de baja plasticidad

POZO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN
SU-04	1,5	CL	Arcilla de baja plasticidad
	4,5	CL	Arcilla de baja plasticidad
SU-05	2,8	SC	Arena arcillosa
SU-06	1,5	SC	Arena arcillosa
	3,0	SC	Arena arcillosa
SU-07	1,5	CL	Arcilla de baja plasticidad
	3,0	CL	Arcilla de baja plasticidad
SU-08	1,5	CL	Arcilla de baja plasticidad
	3,0	SC	Arena arcillosa

Fuente: Propia

8.2.2.3.2 Cohesión

La cohesión es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide en kg/cm^2. Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de 0,25 a 1,5 kg/cm2, o más. Los suelos limosos tienen muy poca y en las arenas la cohesión es prácticamente nula.

Se efectuaron dos análisis de cohesión (C) en dos muestras de dos pozos de exploración, los valores corresponden a arcilla semirígida. Se resumen los detalles en la Tabla 8-8.

Tabla 8-8 Resumen de ensayos de cohesión.

POZO	PROFUNDIDAD (m)	COHESIÓN (kg/cm^2)
SU-04	4,00	0,13
SU-06	2,00	0,11

Fuente: Propia

8.2.2.3.3 Ángulo de fricción

Es una propiedad de los materiales granulares. Al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. En un material granular cualquiera el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas, pero en un material sin cohesión y donde la partícula es muy pequeña en relación al tamaño del conjunto el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno. Es muy importante para determinar la estabilidad de taludes.

Se efectuaron dos análisis de cálculo de ángulo de fricción en dos muestras de dos pozos de exploración. Se resumen los detalles en la Tabla 8-9.

Tabla 8-9 Resumen de ensayos de cohesión

POZO	PROFUNDIDAD (m)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)
SU-04	4,00	27,5
SU-06	2,00	32,0

Fuente: Propia

8.2.2.3.4 Peso específico

Es la relación existente entre el peso y el volumen de una sustancia, el peso específico es el peso de una sustancia por unidad de volumen, viene expresado en kg/cm^3.

Se obtuvieron dos valores de peso específico, en dos muestras de dos pozos de exploración, se resume el detalle en la Tabla 8-10.

Tabla 8-10 Resumen de ensayos de peso específico

POZO	PROFUNDIDAD (m)	PESO ESPECÍFICO (kg/cm^3)
SU-04	4,00	2,023
SU-06	2,00	2,049

Fuente: Propia

El detalle de análisis de las muestras en laboratorios y los resultados se presenta en el Anexo 8 adjunto. Laboratorio de suelos y materiales.

8.2.3 Estudio geofísico

Con la finalidad de obtener información actualizada del subsuelo en el sector del RSNJ se efectuó un estudio geofísico, el método seleccionado fue el Método Eléctrico de Resistividades, conocido como Tomografía Electroresistiva (TER). (Ver Anexos, Tomo II, Anexo 7, Estudo Geofísico).

Este método geofísico es altamente eficiente en la determinación de zonas con grandes contrastes de resistividad eléctrica y principalmente en medios de muy baja resistividad debido a la presencia de fluidos salinos. Consiste en la inyección de corriente eléctrica y a partir del potencial generado en el mismo se determina la resistencia del suelo. Este valor de resistencia es transformado a un valor de resistividad aparente a partir de una constante geométrica cuya magnitud dependerá del dispositivo empleado y de la separación de los electrodos, tanto de inyección de corriente como de medición del potencial.

Como resultado se construyen secciones en dos dimensiones, para ver los cambios en el subsuelo, luego se utiliza un logaritmo de inversión para conocer la distribución real de resistividades o imagen eléctrica, para poder realizar una interpretación geológica de la sección.

Se ejecutaron ocho líneas TER, cada una con longitud horizontal de 258 metros, con un alcance de interpretación del subsuelo de hasta 80 metros. Tres de estas líneas son continuas con dirección norte

– sur y atraviesan longitudinalmente el área del RSNJ desde el sector de la celda 11 hasta la zona del EG-1; otras tres tienen una dirección oeste – este y se ubican entre la macrocelda 4 y el extremo norte de la Dorsal Sur; las dos restantes se encuentran en el extremo sur del RSNJ, tienen dirección noroeste - sureste y se ubican en la zona de banquinas de sostenimiento del EG 1 y por debajo del sector de tratamiento de lodos biológicos. Se detalla la ubicación en la Tabla 8-11.

Tabla 8-11 Ubicación de perfiles TER

PERFIL TER	INICIO		FINAL		LONGITUD (m)
	COORD E (m)	COORD N (m)	COORD E (m)	COORD N (m)	
TER – 1	593281	8169570	593261,8	8169323,6	258
TER – 2	593261,8	8169323,6	593237,6	8169077,9	258
TER – 3	593237,6	8169077,9	593220	8168833,9	258
TER – 4	593148,6	8169413,5	593402,6	8169366,8	258
TER – 5	593188,8	8169315,6	593433,6	8169226,4	258
TER – 6	593221,6	8169118,5	593465,5	8169044,5	258
TER – 7	593165,6	8168762,9	593317,6	8168574,9	258
TER - 8	592974,5	8168905	593090,5	8168686	258

Fuente: Informe Geofísico, GEOMAX, 2020)

La visualización de la ubicación de estos estudios en el área del RSNJ se ilustra en la Ilustración 8-47Ubicación de líneas de estudio geofísico en el RSNJ

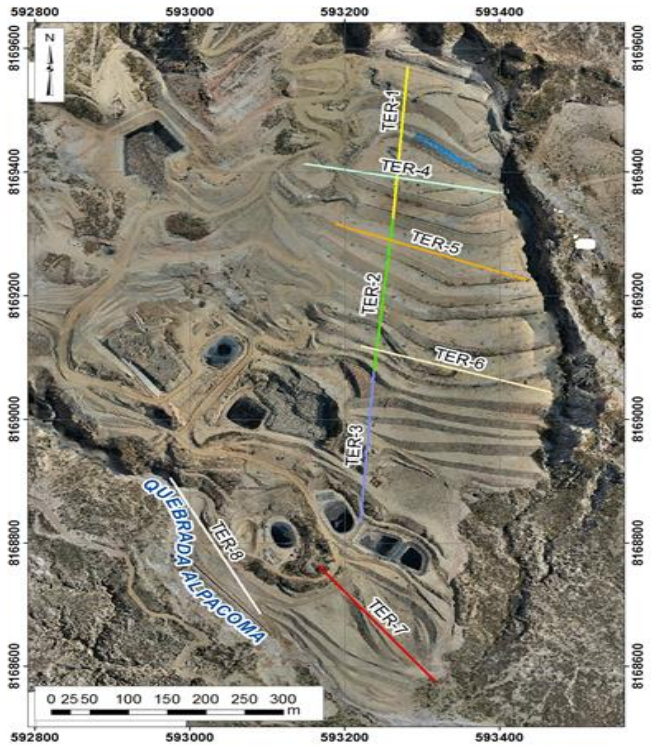


Ilustración 8-47Ubicación de líneas de estudio geofísico en el RSNJ
Fuente: Propia. Imagen base: Dron Mavic 2 PRO 2019

La interpretación de los datos dio como resultado la identificación de niveles de materiales de residuos sólidos, arcillas, arenas arcillosas, zonas saturadas por humedad y líquidos (considerando el tipo de terreno del estudio se interpreta que estos líquidos son lixiviados).

El detalle de ejecución y análisis e interpretaciones de este estudio se presenta en el Anexo adjunto, Estudio Geofísico.

8.2.4 Perforaciones

En base a la información obtenida con el estudio geofísico apoyado con el reconocimiento de campo se programó la ejecución de un pozo profundo, situado en el sector sur del RSNJ, en el sector oeste de las banquinas de apoyo del EG 1.

La finalidad de esta perforación es interceptar un nivel de baja resistividad, a la profundidad aproximada de entre 20 a 25 metros interpretado como la presencia de una zona con lixiviados que podrían estar constituyendo la pluma contaminante.

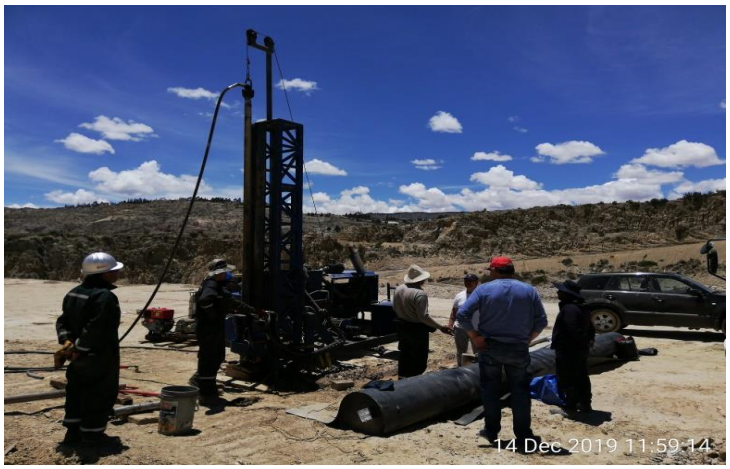
El pozo fue ejecutado mediante sistema de perforación a diamantina, sin recuperación de testigos, con diámetro HQ (diámetro del pozo de 96 mm) y alcanzó una profundidad de 35 metros.

Los detalles de ubicación del pozo se muestran en la Tabla 8-12.

Tabla 8-12 Ubicación de pozo PP-4

POZO	COORD E (m)	COORD N (m)	ALTURA (m)	DIÁMETRO	PROFUNDIDAD (m)
PP-4	593171,99	8168685,34	3420,5	HQ	35

Fuente: Propia



Fotografía 8-9 Perforación del pozo PP-4.
Fuente: Propia

La ubicación de este pozo dentro del RSNJ se ilustra en la Ilustración 8-48

Ilustración 8-48Ubicación del pozo PP-4 en el RSNJ
Fuente: Propia. Imagen base: Dron Mavic 2 PRO 2019

El detalle de la descripción del pozo se muestra en la Tabla 8-13. La representación gráfica de la descripción y el diseño del pozo se muestran en la Ilustración 8-48

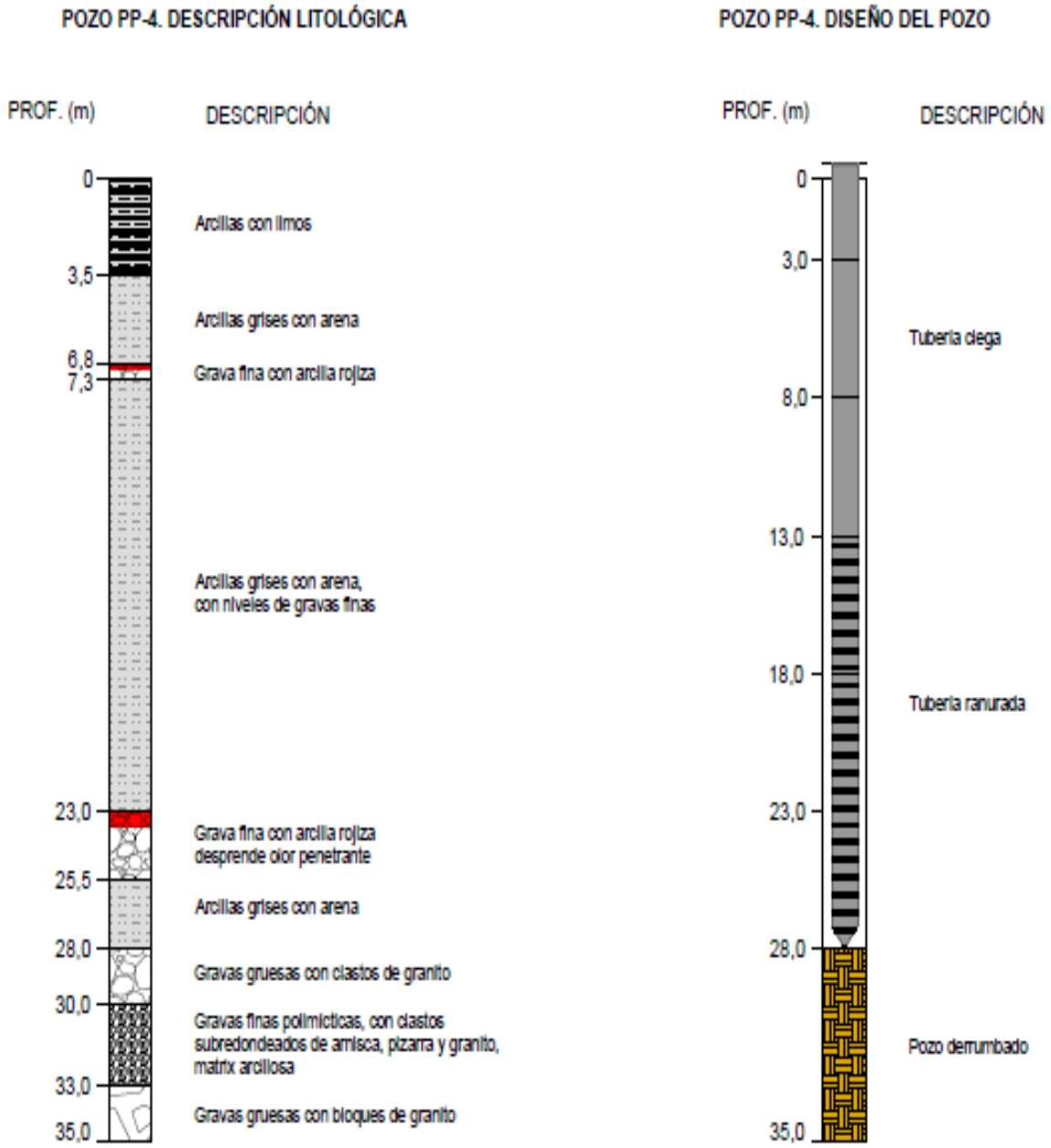


Ilustración 8-49 Descripción Litológica y Diseño de Pozo PP-4
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-13 Descripción del pozo PP-4

PROFUNDIDAD (m)		DESCRIPCIÓN
DE	HASTA	
0	3,5	Arcilla con limo, de color gris.
3,5	6,8	Arena con limo y arcilla de color gris
6,8	7,3	Grava fina a media con matrix arcillosa de coloración rojiza
7,3	23,0	Arena con limo y arcilla de color gris con intercalaciones esporádicas de niveles de gravas finas a medias
23,0	25,5	Arcilla rojiza con gravas medias, el material emite olor penetrante, posible zona con lixiviado.
25,5	28,0	Arena con limo y arcilla de color gris
28,0	30,0	Gravas gruesas con bloques de granito
30,0	33,0	Gravas finas polimícticas, clastos subredondeados de arenisca, pizarra y granito
33,0	35,0	Gravas gruesas con bolones de granito

Fuente: Propia

Como puede apreciarse el pozo cumplió el objetivo programado, encontrándose el nivel con bajas resistividades señalado por el estudio geofísico, culminada la perforación se procedió al entubado del pozo de acuerdo a diseño, y se colectaron muestras de agua, el detalle de los resultados químicos y sus interpretaciones se presentan en el capítulo correspondiente a hidrogeología.

Cabe mencionar que se tiene referencia de siete perforaciones ejecutadas por el método de diamantina, con recuperación de testigos, en una etapa posterior al evento de deslizamiento de residuos sólidos de Enero de 2019, si bien esta información procede de una fuente externa y no cuenta con el respaldo del documento técnico se puede destacar que: no se reconocen niveles de flujos de agua en los pozos y que, en las profundidades alcanzadas por estas (hasta 60 metros) no se encontró con evidencias certeras el contacto entre material deslizado de la Formación La Paz y depósitos de esta formación in situ.

Actividad 9. Identificación de las Principales Fuentes de Contaminación

9.1 Consideraciones Generales

Para determinar las principales fuentes de contaminación debemos caracterizar la operación del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, señalando que se debería tratar de una obra de ingeniería altamente especializada para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios municipales.

De acuerdo a la Ley 755 de Gestión Integral de Residuos promulgada el 28 de octubre de 2015 artículo 31," *La disposición final de los residuos, debe realizarse en rellenos sanitarios u otras instalaciones de confinamiento, las mismas que deben contar con la infraestructura y equipamiento acorde al tipo de residuo, cantidad y volumen, cumpliendo todas las condiciones técnicas, ambientales y de seguridad durante su construcción, operación y cierre. Estas instalaciones deberán funcionar prioritariamente para residuos no aprovechables*".

9.2 Clasificación de los Residuos Sólidos Municipales (RSM)

La misma ley clasifica los residuos:

- Por sus características
- Por fuente de generación
- Por su gestión operativa

9.2.1 Clasificación por sus Características

Por sus características tiene tres dimensiones:

- Residuos No Peligrosos que son: Orgánicos; Reciclables y No Aprovechables
- Residuos Especiales que no son motivo de la presente AA (Ver resolución Ministerial No. 432 del 1 de noviembre de 2015) y,
- Residuos Peligrosos, ídem que el anterior.

9.2.1.1 Residuos No Peligrosos

De los residuos **No Peligrosos** los orgánicos y no aprovechables deben ser dispuestos en un relleno sanitario, lo que implica que cada relleno sanitario (según ley) debe contar **Obligatoriamente** con una planta de clasificación para aprovechar los residuos Reciclables.

9.2.2 Clasificación por Fuentes de Generación

Por la fuente de generación tiene dos dimensiones:

9.2.2.1 Residuos Municipales

Que son generados en fuentes de domicilios; comercios; empresas e instituciones; servicios de barrido y limpieza de áreas públicas; mantenimiento de áreas verdes y poda de jardines y establecimientos de salud

9.2.2.2 Residuos Industriales

Que no son motivo de la presente AA (Ver resolución Ministerial No. 432 del 1 de noviembre de 2015).

9.2.3 Clasificación por Gestión Operativa

Por su gestión operativa tiene cuatro dimensiones:

9.2.3.1 Residuos Municipales

Que se generan en domicilios; comercios empresas e instituciones; servicios de barrido y limpieza de áreas públicas; mantenimiento de áreas verdes y poda de jardines y establecimientos de salud.

9.2.3.2 Residuos especiales

Por sus características de volumen y composición requieren de una gestión operativa especial.

9.2.3.3 Residuos Peligrosos

Tienen características CRETIP, establecidos en la normativa técnica vigente y requieren de una gestión diferenciada.

9.2.3.4 Residuos Industriales

Son residuos generados en actividades productivas del sector mencionado.

Entonces los residuos sólidos domésticos del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma pueden caracterizados de manera integral como residuos no peligrosos, municipales y especiales.

9.3 Fuentes de Contaminación

El Municipio de La Paz, actual administrador del RSNJ en etapa de cierre tiene desafíos para reducir las fuentes de contaminación con medidas de adecuación que se encuentran asociadas a obras de infraestructura.

Las fuentes de contaminación están asociadas a los factores del aire, aguas (superficiales, subterráneas) y suelos.

9.4 Factor Aire

El factor aire es afectado por las emisiones de ruido, gases de combustión, partículas suspendidas totales (PST), menores a 10 micrones (PM10), biológicas viables (PBV), biogás (CH_4 y CO_2) y olores (SH_2), según:

Cuadro 9-1 Factor Aire

Factores de Aire	Fuentes de Contaminación	Identificación	Calificación
Ruido	Los niveles de ruido en el RSNJ se encuentran por debajo de Límite Permisible de 68 dBA para horario diurno	El ruido no representa una fuente de contaminación principal	Baja
Gases de Combustión	No podemos evaluar sus niveles de contaminación, porque no estaba dentro del plan de monitoreo del MA. No se monitoreo su impacto en la calidad del aire del RSNJ	Las fuentes son emisiones del funcionamiento del equipo y maquinaria operativa en el RSNJ	Sin calificación

Factores de Aire	Fuentes de Contaminación	Identificación	Calificación
Partículas Suspendidas Totales (PST)	A pesar del efecto visual del grado de contaminación por este parámetro. Los valores reportados en los monitoreos se encuentran dentro del límite permisible de 260 μg/m³	Las PST representan una fuente de contaminación representativa	Media
Particulas Menores a 10 Micrones	A pesar del efecto visual del grado de contaminación por este parámetro. Los valores reportados en los monitoreos se encuentran dentro del límite permisible de 150 μg/m³	Las PM10 representan una fuente de contaminación representativa.	Baja
Partículas Biológicas Viables	Bajo la metodología empleada en el monitoreo, esta fuente genera un efecto importante sobre el medio ambiente y la salud, debido a las concentraciones de bacterias y hongos en el aire	Es considerada como fuente de contaminación principal	Alta
Biogás	Captadores de biogás deben quemar el CH_4. Su mala operación y funcionamiento genera emisiones del metano y dióxido de carbono a la atmósfera (aire).	Es considerada como fuente de contaminación principal.	Alta
Olor	La concentración del ácido sulfhídrico (SH_2) no excede el límite permisible establecido por el RMCA. Empero su acción sinérgica con las emisiones de PST, PM10, PBV y el biogás, representa una fuente de contaminación del aire superior al efecto de suma de factores.	Es considerada como fuente de contaminación principal.	Alta

Fuente: Elaboración propia
Nota Calificacion: Baja: No representa una fuente de contaminación principal, **Media:** Fuente de contaminación representativa, **Alta:** Representa una fuente de contaminación principal

Un sistema de drenaje de biogás que tiene por finalidad evacuar el gas metano y otros de fermentación (fundamentalmente anaeróbica) que se forman en el interior de la masa acumulada en el transcurso del tiempo. Esto evitaría la combustión espontánea que se produce en la basura, que provoca contaminación atmosférica.

Los residuos sólidos domésticos municipales generan dos tipos de gases:

- **Gases de invernadero**: Estos gases están compuestos por el metano el dióxido de carbono cuyas propiedades son el de retener el calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmósfera.
- -**Degradadores de la capa de ozono**: Hay productos que, por la naturaleza de su fabricación y los agentes químicos utilizados en su elaboración, generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases son conocidos como clorofluorocarbonados o CFC´s y se emplean en la fabricación de envases propulsores de aerosoles para el cabello, en algunas pinturas y desodorantes. Cuando los envases de estos productos son desechados a la basura se convierten en fuentes de emisión de estos gases.

La inadecuada disposición de los residuos sólidos es fuente de proliferación de fauna nociva (ratas, cucarachas, moscas, mosquitos, etc.), la cual puede transmitir enfermedades infecciosas. Los residuos sólidos dispuestos inadecuadamente pueden generar gases, humos y polvos que contribuyen a la contaminación atmosférica. Pueden, también, originar problemas de contaminación de las napas acuíferas, por la percolación de sus lixiviados en el subsuelo.

9.5 Factor Hídrico

El factor hídrico identificada por la quebrada Alpacoma que cruza colindantemente en la parte sur del RSNJ no estaría afectada por la operación del relleno, debido a que no existen descargadas líquidas directas al mismo. Como ya se ha descrito en muhcas acápites anteriores, los cuerpos de agua que atravienan lugares alterando antropogenicamen sierven de colectores sanitarios, específicamente al ser un afluente la quebrada de Alpacoma del río Achocalla es afectado en su calidad por la quebrada Alpacoma con una carga másica orgánica. Dentro del factor hídrico se puede considerar como un elemento altamente contaminante al lixiviado generado por descomposición de la materia orgánica de la basura.

El caso del RSNJ para el factor hídrico tiene una característica particular, debido a que la quebrada Alpacoma, desde su nacimiento hasta la confluencia con el río Achocalla presenta concentraciones elevadas de parámetros de la ley 1330, que alteran su calidad.

Se tiene registros históricos de la calidad a calidad hídrica de la quebrada Alpacoma por la operación normal del RSNJ no fue comprobada, salvo por el evento del 15 de enero de 2019. Principalmente porque no existen descargas líquidas directas de aguas del RSNJ a la quebrada.

Tengamos en cuenta que la presente Auditoria Ambiental se inició en época ingreso de la época lluviosa, siendo mas fructifero cuando se cuenta con datos de ambas estaciones.

Si bien la calida de la Qebrada Alpacoma, presenta características propias, superficialmente no encotramos proceso alguno que pueda existir o relacionarlo, o si esta influenciado por el agua de escorrentía proveniente del RSNJ sobre la calidad del agua de la quebrada Alpacoma, que seguramente esta desarrollada en la fase de resultados.

Sin embargo, existen indicios de que lo que corresponde a aguas subterráneas y subsuperficiales, cuentan con un gran potencial de ser considerados elementos contaminantes.

Cuadro 9-2 Factor Agua

Factor Agua	Fuentes de Contaminación	Identificación/Calificación
Superficiales	Fuente potencial de contaminación como agua de escorrentía	Sin identificación y calificación
Subterráneas	Fuente potencial de contaminación como lixiviado de flujo subsuperficial.	Sin identificación y calificación

Fuente: Elaboración propia

El principio básico del funcionamiento de un relleno sanitario es el de la aplicación de principios de ingeniería para confinar la basura, reduciendo su volumen (al mínimo practicable) y cubriendo la basura con una capa de tierra al final de cada jornada. Éste debe de contar con:

- Un sistema de drenaje de agua diseñado para reducir en lo posible la cantidad de agua que llega a las diferentes partes del área de la zona de relleno ya sea por precipitaciones directas pueda generar flujos de agua por escorrentía que transporta hidráulicamente lixiviados de los queques y de afloramientos (fugas por los pies de los taludes) de lixiviados, escurrimientos de agua de terrenos adyacentes, crecida de una vertiente y por filtración del subsuelo del relleno.
- Un diseño de colecta de lixiviados, ya que, si el espesor del suelo entre la base del relleno y las aguas subterráneas no logra atenuar el alto poder contaminante del lixiviado, éste

contaminará las aguas subterráneas, alterando así sus características físicas, químicas y biológicas.

9.6 Suelos

En el factor de suelos la fuente de contaminación está identificada en dos dimensiones: aforos sin control de lixiviados y la elaboración de los queques que resulta de la mezcla de tres partes de tierra con una de lixiviado y su disposición en lugares que no tienen cobertura impermeabilizada.

En el análisis de la Línea Base Ambiental (LBA) en el punto 5.5 Condiciones de Línea Base Ambiental se cuantifica, analiza e identifica las principales fuentes de contaminación.

Sobre el factor suelo superficial y subsuperficial en la operación del RSNJ, se produce contaminación debido a un deficiente diseño y operación del relleno, caso contrario no podría existir esa posibilidad.

Cuando existe residuos sólidos domiciliarios expuestos representa una fuente de contaminación importante, alternativamente cuando emergen lixiviados fugitivos en los taludes; estas dos situaciones podrían ser agravadas con una precipitación pluvial, por lo tanto, sólo bajo estas condiciones: inadecuado diseño, inadecuada operación, residuos sólidos expuestos y lixiviado emergente son causas de contaminación importante (Cuadro 9-3).

Cuadro 9-3 Factor Suelo

Factor Suelo	Condiciones y Fuentes de Contaminación	Identificación/Calificación
Suelo Superficial	inadecuado diseño, inadecuada operación, residuos sólidos expuestos y lixiviado emergente; ocasionan un suelo contaminado	Bajo esas condiciones se considera que se ocasiona contaminación principal
Suelo	Inadecuado diseño, inadecuada operación, residuos sólidos expuestos y lixiviado emergente infiltrado; ocasionan un suelo contaminado.	Bajo esas condiciones se considera que se ocasiona contaminación principal

Fuente: Elaboración propia

Actividad 10. Identificación, Inventario y Evaluación de Impactos Ambientales Negativos

(Que Inciden en el Área de Estudio)

La magnitud del impacto ponderado establece el grado de impacto provocado por los aspectos identificados, la escala base de la evaluación para interpretación es:

Impactos generados por la AOP (Amenaza)

Tabla 10-1 Escala de evaluación

Magnitud del impacto	Tipo de impacto	Magnitud ponderada
1	Muy Bajo	0 – 10
2	Bajo	11 -15
3	Medio	16 - 30
4	Alto	31 - 50
5	Muy Alto	>51

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10-2 impactos Ambientales (vulnerabilidad)

Magnitud del impacto	Tipo de impacto	Magnitud Ponderada	IMPACTO
0	Ninguno	0%	
1	Muy Bajo	1% – 20%	
2	Bajo	21% - 40%	
3	Medio	41% - 60%	
4	Alto	61% - 80%	NEGATIVO
5	Muy Alto	81% - 100%	NEGATIVO

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el impacto se aplica una escala de 1 a 5 correspondiente a la magnitud del impacto, (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), mostrando que los impactos de magnitud 4 y 5 (alto y muy alto) representan impactos “negativos” por el efecto al medio ambiente.

10.1 Identificación de Impactos generados por la AOP

La amenaza generada por AOP (impactos generados por la AOP) se calculan en base a la evaluación del Diseño final del Relleno Sanitario Nuevo Jardín y la Propuesta Técnica de TERSA, a partir del cual se establecieron los siguientes criterios:

- Área de Residuos sólidos
- Régimen Operacional
- Generación de lixiviados
- Generación de Biogás

- Recepción de Residuos y disposición en las celdas
- Vida útil del Relleno
- Características del Relleno

Para cada criterio se definen los aspectos ambientales, se le asigna un valor (peso) que representa el grado de amenaza sobre los componentes abióticos, bióticos, socioeconómicos y ecológico biológico que se evaluaran en adelante para determinar los impactos negativos.

La determinación de los pesos para cada criterio se determina mediante un análisis que responde a la pregunta: ¿Qué criterios de la AOP representan mayor amenaza y cual su importancia respecto a los otros según la operación?

Para establecer las unidades de medida de verificación y establecer los grados de significancia se consideraron: criterios técnicos de diseño, de ingeniería y operación del RSNJ.

Para realizar la evaluación (asignar un valor establecido) se evaluó el grado de cumplimiento a los parámetros de diseño y la operación del RSNJ contrastada con la información de operación reportada en los IMAs (2010 – 2018).

La magnitud del impacto se determina, multiplicando el valor establecido por el peso. Este valor inicial, finalmente es ponderado según la escala propuesta (1 a 5), para discriminar el grado de la amenaza y consecuente impacto, para finalmente identificar los impactos negativos.

Tabla 10-3 Evaluación determinación del area de las celdas

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION	VERIFICACION UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO
		ASPECTO AMBIENTAL		SIGNIFANCIA			ponderado
I. AREA DE RESIDUOS SOLIDOS - RSNJ	10	*Distribución de superficies de las celdas*	*Área (Ha)*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcial*	50	4
		Área de celdas programada para residuos sólidos	<20	0	5		
			>20	5			

Fuente: Elaboración propia

Las determinaciones del área de las celdas (determinada según en levantamiento topográfico) indica que se ocupó un área menor a la planificada.

Tabla 10-4 Evluación proyección de ingresos

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION	VERIFICACION/UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO
		ASPECTO AMBIENTAL		SIGNIFANCIA	MAGNITUD DEL IMPACTO		ponderado
II. REGIMEN OPERACIONAL	5	*Control ingreso de residuos*	*Peso (TM)*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcial*	25	3
		Diferencia de Ingreso de residuos operados por año	<175.507 – 185.831	1	5		
			185.831 – 196.155	2			
			196.155 – **206.479**	3			
			206.479 – 216.803	4			
			216.803 - >227.127	5			

Fuente: Elaboración propia

La información de Proyección de ingreso y los reportes anuales, indican que los años 2017 y 2018 se operó por encima de la capacidad planificada.

Tabla 10-5 Evaluación generación de lixiviados

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION ASPECTO AMBIENTAL	VERIFICACION/UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
III. GENERACION DE LIXIVIADOS	10	*Generación de Lixiviados por*	*Verificación (80 m³/día parámetro diseño)*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcia*	50	4
		Precipitación Pluvial	>> 80	5	5		
		Superficie del Relleno	> 80	3			
		Modo de operación	< 80	1			

Fuente: Elaboración propia

Los mayores caudales de lixiviación se produjeron a partir de los años 2013 al 2018, con precipitaciones mayores en los años 2017 y 2018, lo que denota en tener una mayor influencia de lixiviados a causa de las precipitaciones en la zona de las celdas.

Tabla 10-6 Evaluación generación de biogas

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION ASPECTO AMBIENTAL	VERIFICACION/UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
IV. GENERACION DE BIOGAS	5	*Generación por venteo pasivo*	*Verificación (5% - 14%)*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcia*	15	2
		Compuesto Gas Metano	< 5%	0	3		
			5% - 14%	3			
			> 14%	5			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a reportes la generación de biogás está en un promedio de 9,11% en el periodo de 2010 al 2018. Se considera que se tiene una situación de una mezcla explosiva.

Por análisis de Macroceldas la composición de biogás en el relleno esta entre 48,40 a 50,47 % de metano, mostrando contar con residuos con generación de biogás explosivos.

Tabla 10-7 Evaluación recepción de residuos

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION ASPECTO AMBIENTAL	VERIFICACION/UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
V. RECEPCION DE RESIDUOS Y DISPOSICION	5	*Capacidad de Recepción del Proyecto*	*Volumen (m³)*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcia*	25	3
		Diferencia de Volumen total	<1.901.030 – 2.012.855	1	5		

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION ASPECTO AMBIENTAL	VERIFICACION/UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
EN LAS CELDAS		recolectado y Volumen total disponible	2.012.855 – 2.124.681	2			
			2.124.681 – 2**.236.506**	3			
			2.236.506 – 2.348.157	4			
			2.348.157 – >2.460.157	5			

Fuente: Elaboración propia

La información de Capacidad de Recepción del Proyecto establece como volumen disponible total del Relleno de 2.236.506m3, valor que para la fecha del evento fue sobrepasado en un 27%

Tabla 10-8 Evaluación vida util del RSNJ

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION ASPECTO AMBIENTAL	VERIFICACION/UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
VI VIDA UTIL DEL RELLENO	5	*Tiempo de operación del Proyecto*	*años*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcia*	25	3
		Tiempo de vida útil de proyecto en función de las etapas previstas y volumen disponible	<8	1	5		
			9	2			
			10	3			
			11	4			
			>12	5			

Fuente: Elaboración propia

Según registro del Manifiesto Ambiental (2004 – 2010) se detallan registros de noviembre de 2004 hasta junio de 2019, según la propuesta Técnica TERSA, el relleno debía operar 9 años a partir del año 2006 al 2014, por lo que a la fecha del incidente el Relleno opero 15 años.

Tabla 10-9 Evaluación caracteristicas del terreno

CRITERIO	PESO	DESCRIPCION	VERIFICACION/ UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
VII.CARACTERISTICAS DEL RELLENO	5	Volumen m^3 (Residuos)	*Volumen (m3)*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcial*	20	3
			0-100	0	**4**		
			101-10000	1			
			10001-50000	2			
			50001-200000	3			
			200001-600000	4			
			>600000	5			

		Características físicas	Longitud (m)	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial		
	15	Presencia de fisuras paralelas o transversales a la corona de los Taludes	<2m	1	2	80	3
			2 - 5m	2			
			>5m	3			
		Depresiones visibles de la Corona del Talud o expansión de Pie de talud	Si	1	0		
			No	0			
		Desplazamientos visibles horizontales o verticales al pie de los taludes	Si	1	0		
			No	0			
		Grietas en los taludes y en el suelo al Pie del Talud	Si	1	1		
			No	0			
		Filtraciones en los taludes	Si	1	1		
			No	0			
		Erosión hídrica del Relleno	Profundidad (m)	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial		
	3	Sin posibilidad de erosión	0	0	5	15	2
		Formación de surcos pequeños	0	1			
		Surcos profundos	0,1 – 0,5	2			
		Carcavas pequeñas	0,5 – 1,0	3			
		Carcavas profundas	1,0 -3,0	4			
		Evidencia de Colapso	> 3,0	5			
		Composición	*Verificación*	*Puntaje parcial*	*Elija puntaje parcial*		
	10	% de agua promedio en los Residuos (>3,9 puede generar lixiviados)	<3.9	0	5	50	4
			>3,9	5			
			Verificación	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial		
	5	Evidencia de riesgos por remoción de masa	Si	1	1	5	1

			No	0			
	10	Impermeabilidad del piso	Verificación	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial	10	1
			Si	1	1		
			No	0			
	3	***Angulo del Talud del residuo (celdas)***	Angulo	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial	15	5
			0 -5	0	5		
			jun-15	1			
			16-25	2			
			26-35	3			
			36-40	4			
			>40	5			
	3	***Angulo pendiente del terreno***	Angulo	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial	9	1
			0 -5	0	3		
			jun-15	1			
			16-25	2			
			26-35	3			
			36-40	4			
			>40	5			
	3	***Precipitación media anual (mm/año)***	mm/año	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial	6	1
			0-500	1	2		
			500-1000	2			
			1000-2000	3			
			2000-3000	4			
			3000-4000	5			
			>5000	6			
	3	Sismicidad en Bolivia	Rango de índices	Puntaje parcial	Elija puntaje parcial	6	1
			0,04-0,05	1	2		
			0,05-0,06	2			

		Zona sísmica	0,06-0,07	3			
			0,07-0,08	4			
			0,08-0,09	5			
			0,09-0,10	6			
			0,10-0,12	7			
			>0,12	8			

Fuente: Elaboración propia

El análisis de las Características del Relleno se realiza en base a los parámetros establecidos en la Propuesta Técnica Tersa, tomando en cuenta los parámetros técnicos de capacidad, construcción, control, generación de emisiones, y manifestaciones de inestabilidad.

10.1.1 Inventario y Evaluación de Impactos Negativos

La vulnerabilidad ambiental (impactos generados sobre el medio) se calculan en base al impacto ambiental del RSNJ sobre los componentes:

- Abióticos: factores agua superficial, agua subterránea, suelo, aire, ecológico biológico
- Bióticos: factores ecosistemas, biodiversidad fauna y biodiversidad flora
- Social y económica (Socioeconómico): salud, asentamientos humanos, características de la estructura social

A cada factor se le asigna un valor (peso) que representa el grado de vulnerabilidad que cada factor presenta, frente a las amenazadas generadas por los aspectos identificados.

La determinación de los pesos de cada uno de los factores ambientales se determina mediante un análisis que responde a la pregunta: ¿Qué factor ambiental es más susceptible a ser afectado por la presencia de la AOP y cual su importancia respecto a los otros según donde se ubica?

Con puntajes ponderados finales para cada uno de los factores ambientales impactados por el Relleno, se obtendrá un valor que indica el nivel de vulnerabilidad ambiental es decir la magnitud del Impacto.

Para poder establecer la valoración de los impactos negativos. Cada valor de magnitud de impacto es ponderado según la escala propuesta (1 a 5),

La información contrastada para realizar el inventario y evaluación de impactos, corresponde a la línea base ambiental, la información de los IMAs del 2010 al 2018, los monitoreos de control realizados después del incidente por la empresa.

Para establecer las unidades de medida para verificar los grados de significancia se consideraron: criterios técnicos de cada componente, límites permisibles en el contexto nacional e internacional y evaluaciones realizadas en la etapa de auditoria.

Los puntajes de significancia son asignados según la información reportada en los informes de monitoreo realizados después del incidente (semanales hasta marzo de 2020), y el análisis de los valores reportados en los IMAs desde el 2010 hasta el 2018 con énfasis a la información del año 2018 (etapa que define el estado antes del incidente) y finalmente la información del monitoreo realizados por la consultora.

Componente Abiótico – Vulnerabilidad Abiótica

- ***Factor agua superficial***

Tabla 10-10 Evaluación factor agua

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
AGUA SUPERFICIAL			*Valor*	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	6	*pH*	<4	2	2	12	1
			4 a 6	1			
			6 a 8	0			
			8 a 10	1			
			>10	2			
	8	*Sólidos Suspendidos Totales (SST)*	<100 mg/l	0	2	16	1
			101 - 200 mg/l	1			
			>200 mg/l	2			
	4	*Sólidos Disueltos Totales (SDT)*	<1000 mg/l	0	0	0	0
			1001 - 1500 mg/l	1			
			>1500 mg/l	2			
	4	*Conductividad*	< 1500 µS/cm	0	0	0	0
			>1500 µS/cm	2			
	16	*Concentración de Iones metálicos y no metálicos en el drenaje o cuerpo de agua (pasando el RSNJ)*	MATRIZ AUXILIAR QDA+100		2	32	2
	4	*Fosforo Total*	< 1 mg/L	0	2	8	1
			>1mg/L	2			
	4	*Demanda Quimica de Oxígeno(DQO)*	<5 mg/l	0	2	8	1
			5 - 60 mg/l	1			
			>60 mg/l	2			
	4	*Demanada Bioquimica de Oxígeno(DBO)*	<2 mg/l	0	2	8	1
			2 - 30 mg/l	1			
			>30 mg/l	2			

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
	8	*Colifecales(NMP/100mL)*	<200 NMP/100mL	0	2	16	1
			200 - 5000 NMP/100mL	1			
			>5000 NMP/100mL	2			
	18	*Alteración en la calidad del cuerpo de agua (aguas arriba vs aguas abajo respecto al RSNJ*	Nula	0	0	0	0
			Baja	3			
			Media	6			
			Alta	10			
	4	*Distancia aproximada respecto al RSNJ (m)*	> 100	0	1	4	1
			Entre 50-99 m	1			
			entre 0-49 m	2			
	8	*Arrastre de partículas del RSNJ hacia el recurso hídrico*	No	0	2	16	1
			Si	2			
	4	*Presencia de precipitados de hierro, calcio u otros*	No	0	0	0	0
			Si	2			
	8	*Uso del recurso hídrico*	Sin uso o uso muy limitado	0	0	0	0
			Uso industrial	1			
			Uso recreativo	2			
			Uso pecuario	3			
			Uso agricola	3			
			Uso para consumo humano	4			

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación se consideró la evaluación de los puntos QDA -100 Y QDA+100, puntos monitoreados después del incidente en el Relleno, observaciones de campo y el área de influencia directa.

- ***Factor agua subterránea***

Tabla 10-11 Evaluación factor agua subterranea

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
AGUA SUBTERRANEA			*Valor*	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	10	*pH*	<4	2	0	0	0
			4 a 6	1			
			6 a 8	0			
			8 a 10	1			
			>10	2			
	8	*Sólidos Suspendidos Totales (SST)*	<100 mg/l	0	2	16	1
			101 - 200 mg/l	1			
			>200 mg/l	2			
	4	*Sólidos Disueltos Totales (SDT)*	<1000 mg/l	0	2	8	1
			1001 - 1500 mg/l	1			
			>1500 mg/l	2			
	10	*Conductividad*	< 1500 µS/cm	0	2	2	1
			>1500 µS/cm	2			
	20	*Concentración de Iones metálicos y no metálicos en el drenaje o cuerpo de agua (pasando el RSNJ)*			5	93	4
	10	*Fósforo Total*	< 1 mg/L	0	0	0	0
			>1mg/L	2			
	4	*Demanda Química de Oxígeno (DQO)*	<5 mg/l	0	2	8	1
			5 - 60 mg/l	1			
			>60 mg/l	2			
	4	*Demanda Bioquimica de Oxígeno (DBO)*	<2 mg/l	0	1	4	1
			2 - 30 mg/l	1			
			>30 mg/l	2			
	10	*Colifecales (NMP/100mL)*	<200 NMP/100mL	0	0	0	0
			200 - 5000 NMP/100mL	1			

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
			>5000 NMP/100mL	2			
	20	*Alteración en la calidad del cuerpo de agua (pozo de control aguas arriba vs pozo de control aguas abajo respecto al RSNJ*	Nula	0	0	0	0
			Baja	3			
			Media	6			
			Alta	10			

Fuente: Elaboración propia

- ***Factor suelo***

Tabla 10-12 Evaluación factor suelo

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
SUELO			*Valor Conductividad*	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	15	*Conductividad eléctrica (relacionado al contenido de sales)*	0-0,98 dS/m (no salino)	0	0	0	0
			0,98-1,71 dS/m (muy ligeramente salino)	1			
			1,71- 3,16 dS/m (ligeramente salino)	2			
			3,16 - 6,07 dS/m (moderadamente salino)	3			
			> 6,07 dS/m (fuertemente salino)	4			
			Valor pH - Tipo de Suelo	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	15	*pH del suelo*	**Suelos impactados por relleno sanitaro**		5	20	1
			pH < 3,5	5			
			6,5>pH<3	3			
			8.0<pH>6,5	0			
			9.5<pH>8.0	3			

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
			11.0<pH>9,5	5			
			7,0>pH<5,5	3			
			Valor	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	30	*Concentración de Iones metálicos y no metálicos (Suelos)*	Valor ponderado		6	180	2
	10	*Afectación en la calidad del suelo (suelo no impactado por el RSNJ vs suelo impactado)*	Nula	0	2	20	1
			Baja	1			
			Media	2			
			Alta	3			
	10	*Arrastre de sólidos desde el RSNJ hacia suelos aledaños por efecto de la erosión hídrica*	No	0	3	30	1
			Si	3			
	10	*Transporte de material particulado desde el RSNJ hacia suelos aledaños por efecto de la erosión eólica (formación de dunas)*	No	0	0	0	0
			Si	2			
	10	*Área impactada del suelo por el RSNJ (directamente e indirectamente)*	de 1 a 100 m2	1	3	30	1
			de 101 a 1000 m2	2			
			de 1001 a 10000 m2	3			
			más de 10000 m2	4			

Fuente: Elaboración propia

- ***Factor aire***

Tabla 10-13 Evaluación factor aire

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
AIRE			*Valor*	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	30	*Partículas menores a 10 micrones (PM10)*	<62	0	2	60	2
			63 – 150	1			
			>150	2			
	15	*Partículas (PST)*	<150	0	2	30	1
			150 – 260	1			
			>260	2			
	30	*Particulas Biologicas Viables (UFC/m^3)*	<200	0	4	120	3
			200 – 800	1			
			801 – 2500	2			
			2501 – 8000	3			
			>8000	4			
	19	*Generación de biogas*	% CO_2 > % CH_4	0	2	38	1
			%CH_4 > %CO2	2			

Fuente: Elaboración propia

- ***Factor ecologico biologico***

Tabla 10-14 Evaluación factor ecológico biológico

FACTOR	PESO	DESCRIPCIÓN	VERIFICACIÓN / UNIDADES DE MEDIDA	PUNTAJE SIGNIFANCIA	VALOR ESTABLECIDO	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO ponderado
ECOLOGICO BIOLOGICO			*Valor*	*Puntaje Parcial*	*Elija Puntaje Parcial*		
	40	*Proliferación de vectores*	< 100	1	4	160	3
			101 -1000	2			
			1001 – 10000	3			
			> 10000	4			
	30	*Contraste*	Color del residuo no contrasta con el entorno	0	3	90	2
			Color del residuo contrasta con el entorno	3			
	30	*Vegetación*	La vegetación natural cubre < 20 % del área del RSNJ	1	2	60	1
			La vegetación cubre 10% del residuo	2			
			No existe vegetación en el área del RSNJ	3			

Fuente: Elaboración propia

Componente biótico – Vulnerabilidad biótica

Tabla 10-15 Evaluación componente biotico

FACTORES	PESO	INDICADOR	SUB PESO	Elija Puntaje Parcial	SUBTOTAL	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO Ponderado
ECOSISTEMAS	40	Afectación a ecosistemas y hábitats	30	15	23	920	3
		Pérdida de cobertura vegetal	10	8			
BIODIVERSIDAD FAUNA	25	Afectación a especies endémicas	4	2	5	125	1
		Afectaciones a especies amenazadas	6	3			

FACTORES	PESO	INDICADOR	SUB PESO	Elija Puntaje Parcial	SUBTOTAL	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO Ponderado
		Afectación a la abundancia y riqueza de especies (Índice de biodiversidad Shannon-Wiener)	6				
		Afectación a la composición de especies (Índice de similitud Sorensen)	9				
BIODIVERSIDAD FLORA	35	Afectación a especies endémicas	4	3	15	525	2
		Afectación especies amenazadas	8	6			
		Afectación a la abundancia y riqueza de especies (Índice de biodiversidad Shannon-Wiener)	6				
		Afectación a la estructura de la vegetación (Índice de Valor de Importancia - IVI)	8				
		Afectación a la composición de especies (Índice de similitud Sorensen)	9	6			

Fuente: Elaboración propia

Según RSNJ en 2010 se registraron 46 especies faunísticas, el mismo año en el manifiesto ambiental se nombran 19 especies, en los IMAS no fue valorada la situación de flora y fauna

Componente socioeconómico - Vulnerabilidad social y económica

Tabla 10-16 Evaluación componente social y económica

CRITERIO	DESCRIPCION	PESO	CATEGORÍAS	VALOR	ELIJA PUNTAJE PARCIAL	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO PONDERADO
Salud	Enfermedades	30	Enfermedades leves (irritaciones, llagas, pérdida de cabello, etc.)	1	1	30	2
			Enfermedades que requieren tratamiento médico, (IRAPs e IRAs, alergias, otros)	2			

CRITERIO	DESCRIPCION	PESO	CATEGORÍAS	VALOR	ELIJA PUNTAJE PARCIAL	MAGNITUD IMPACTO	MAGNITUD IMPACTO PONDERADO
			Enfermedades graves (requieren internación, tratamiento, hospitalización (tuberculosis, enfermedades renales.)	3			
			Enfermedades crónicas (Silicosis, cáncer de piel, cáncer pulmonar, etc.)	4			
Asentamientos Humanos	Distancia del Relleno al asentamiento humano	25	Mayor a 1000 m.	1	1	25	2
			Entre 501 y 1000m.	2			
			Entre 301 y 500 m.	3			
			A menos de 300 m.	4			
	Población del asentamiento humano	20	De 1 a 50 habitantes	1	4	80	4
			51 a 100 habitantes	2			
			101 a 500 habitantes	3			
			Más de 500 habitantes	4			
Características de la estructura social	Uso actual de suelos	15	Presencia de área de recuperación natural	1	1	15	1
			Industrias, Comercio	2			
			Agrícola, Pecuaria	3			
			Asentamientos Humanos-Residencial	4			
	Porcentaje poblacional con Necesidades Básicas Insatisfechas	10	Menor a 12%	1	3	30	2
			Entre 12% y 25%	2			
			Entre 25% y 37%	3			
			Mayor al 37%	4			

Fuente: Elaboración propia

La información fue evaluada en base al punto Linea base ambiental, sustentada en el manifiesto Ambiental, anexo N° 2, donde se tiene una descripción de los asentamientos humanos, las distancias de las poblaciones colindantes, donde no existe grupos etnicos a 10 kilometros de

distancia. La más cercana está el valle de Achocalla con actividades agricolas. No existe en el área de influencia directa ambiente antropogenico, existiendo 150 familias en la comunidad de Alpacoma, mismos que no cuentan con servicios básicos, energia, agua potable. Son familias pobres que trabajan en ladrilleras y actividad agricola de sustento.

Deteccion de los Impactos Negativos

De los cuadros de identificación de impactos generados por la AOP e inventario y evaluación de impactos negativos, se realiza la evaluación de impactos aplicando la matriz de evaluación de impactos negativos.

Metodología

Un aspecto ambiental que se considere negativo según los criterios establecidos en los cuadros de identificación de impactos considerando los siguientes parámetros:

a.) Componentes/Factores: C/F

Son las consecuencias negativas que pueden tener como afectación la salud, el medio ambiente.

b.) Probabilidad de Ocurrencia: PO

Se entiende a la probabilidad de manifestarse un impacto ambiental debido a un aspecto ambiental.

c.) Frecuencia de Ocurrencia: FO

Señala cuán a menudo un impacto puede ocurrir.

d.) Magnitud del Impacto: MI

Mide el grado de afectación del impacto al medio ambiente, y representa el valor de magnitud ponderada de cada criterio evaluado según el aspecto identificado.

e.) Cumplimiento Normativo: CN

Identifica el desarrollo de la actividad del relleno respecto al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

f.) Fórmula para determinar el nivel de significancia

Primero se determina el valor de los componentes afectados (C/F), por la relevancia de la identificación de los impactos ambientales, la suma de los valores promedio de la magnitud del impacto ponderado (de cada componente), se suma multiplica por dos, aplicando la siguiente fórmula:

$$C/F = 2\{Aire + Agua\ (superficial\ y\ subterránea) + Suelo + Socioeconómico + Ecológico + Biótico\}$$

Segundo, sumamos los demás valores de (Probabilidad de ocurrencia, frecuencia de ocurrencia, magnitud del impacto, cumplimiento normativo) al valor C/F, obteniendo el valor total de significancia (VT)

$$VT: Valor\ Total \qquad VT = C/F + PO + FO + MI + CN$$

Tercero se determina el grado de significancia aplicando los siguientes rangos:

Tabla 10-17 Rando de significancia

SIGNIFICANCIA IMPACTO	*RANGO DEL VALOR DE SIGNIFICANCIA*
-	*< 15*
-	*≤ 15 y >22*
NEGATIVO	*≤ 22 y >30*
NEGATIVO	*>30*

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10-18 Matriz de evaluación de impactos negativos

CRITERIO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	VULNERABILIDAD COMPONENTES/FACTORES							Probabilidad de	Frecuencia de	Magnitud del	Cumplimiento	Valor Ocurrencia	Nivel Significancia	SIGNIFICANCIA IMPACTOS AMBIENTALES
			Aire	Agua	Agua	Suelos	Socioecon	Ecológico	Biótico							
Área de celdas para residuos sólidos	Distribución de superficies de las celdas	Inestabilidad del relleno	0	1	2	1	2	3	2	4	4	4	2	**25**	**36**	**NEGATIVO**
Régimen operacional	Diferencia de Ingreso de residuos operados por año	Inestabilidad del relleno	2	1	2	1	0	0	2	4	4	4	1	**21**	**29**	**NEGATIVO**
Generación de lixiviados	Precipitación sobre celdas	Contaminación de suelo y aguas	0	1	2	1	2	0	2	4	4	4	2	22	30	**NEGATIVO**
Generación de biogás	Generación de metano	contaminación de aire	2	0	0	0	0	3	2	3	3	4	3	**20**	**27**	**NEGATIVO**
Recepción de residuos y disposición en las celdas	disposición de volúmenes	inestabilidad del relleno	0	1	0	1	0	0	0	4	4	4	1	15	17	-
Vida útil del Relleno	etapas de operación	Inestabilidad del relleno Contaminación:	0	1	2	0	0	0	2	3	3	4	1	16	21	**NEGATIVO**

CRITERIO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	VULNERABILIDAD COMPONENTES/FACTORES							Probabilidad de	Frecuencia de	Magnitud del	Cumplimiento	Valor Ocurrencia	Nivel Significancia	SIGNIFICANCIA IMPACTOS AMBIENTALES
			Aire	Agua	Agua	Suelos	Socioecon	Ecológico	Biótico							
		suelo agua superficial agua subterránea														
Características del relleno	disponibilidad de volumen	inestabilidad del relleno	0	1	1	1	0	0	0	3	3	4	1	14	17	-
	manifiesto Físicos	inestabilidad del relleno	0	1	1	1	0	0	1	3	3	5	1	16	20	-
	erosión por generación hídrica	inestabilidad del relleno	0	1	2	1	0	1	0	3	3	5	1	17	22	**NEGATIVO**
	generación agua en residuos	inestabilidad del relleno	0	1	2	0	0	0	1	3	3	5	1	16	20	-
	remoción de masa	inestabilidad del relleno	0	1	2	1	0	0	1	2	2	5	1	15	20	-
	impermeabilidad	inestabilidad del relleno	0	1	2	1	1	1	1	3	3	3	1	17	24	**NEGATIVO**
	Angulo talud	inestabilidad del relleno	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	1	**13**	**16**	-
	pendiente terreno	inestabilidad del relleno	0	0	0	3	0	1	1	3	3	2	1	**14**	**19**	-
	precipitación	generación lixiviados	0	1	2	3	0	1	1	3	3	2	1	**17**	**25**	**NEGATIVO**
	sismicidad	inestabilidad del relleno	0	1	2	2	0	1	1	2	2	4	1	16	23	**NEGATIVO**

Fuente: Elaboración propia

Actividad 11. Detección de los Impactos Ambientales Negativos de la AOP

Realizando análisis de alternativas de adecuación y/o remediación

Para detectar los impactos ambientales negativos de la AOP, Relleno Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma se debe analizar los antecedentes desde la creación de la idea hasta su consolidación, más aún cuando se demanda la presentación de alternativas de adecuación y/o remediación que podrían haber sido develadas en la elaboración de los Términos de Referencia.

Reviste alta importancia considerar que el proyecto ingenieril inicial fue diseñado en el año 2004 y presentado como documento oficial a las autoridades ambientales en el año 2010 como Manifiesto Ambiental, fundamental para la construcción de la AOP, con el condicionamiento de que se hubiera construido tal cual fue propuesto.

Los cambios o modificaciones sobre el diseño ingenieril original no fueron comunicados oficialmente a las autoridades ambientales competentes nacionales. Se considera que los cambios o modificaciones siempre son posibles si resultan en la mejora y optimización del diseño original, bajo la condicionante (para el caso) de la aprobación oficial.

La generación de dudas sobre el diseño original de la AOP comparada a la versión operativa, constructiva y la negativa sobre el acceso a la información al respecto, plantea el presente análisis.

Bajo condiciones normales, cuando la selección del sitio de emplazamiento del RSNJ cumple los parámetros técnicamente exigidos por la norma para las evaluaciones geológicas, geotécnicas, hidrográficas, hidrogeológicas y ambientales, posteriormente, constructivas, operativas, mantenimiento, cierre y post cierre; los riesgos se minimizan y la generación de impactos ambientales sobre el aire (partículas suspendidas totales, menores a 10 micrones, biológicas viables, biogás y olores), aguas superficiales, subterráneas y suelos, se reducen ostensiblemente.

Durante las Actividades en el Sitio a Auditar que actualmente se encuentra en etapa de cierre se fue verificando el estado ambiental del RSNJ, desde inicios del mes de octubre de 2019 hasta el último ingreso el 21 de enero de 2020 con 161 inspecciones con resultados definidos en la planificación de la AA por cada uno de los siete (7) especialistas, empresas de servicios, profesionales y personal de apoyo.

Las medidas de adecuación comprometidas ante la autoridad ambiental competente nacional (AACN) en el MA para cada factor ambiental, aire, agua, sustancias peligrosas, residuos sólidos y seguridad e higiene, son reducidas, genéricas e incompletas.

Además, dos factores ambientales de fundamental importancia fueron omitidos en la elaboración del Manifiesto Ambiental (MA) como son los factores de Riesgos (RI) y Suelos y Subsuelos (SS), en consecuencia, para estos dos factores ambientales tampoco se identificaron deficiencias y efectos ambientales, medidas de adecuación y el seguimiento o monitoreo ambiental.

En contraparte, para el factor riesgo se presentó en el MA un documento identificado como Análisis de Riesgos donde los riesgos de derrumbes, deslizamientos y movimientos en masa fueron calificados por la metodología empleada como Apreciable, cuya descripción señala que:

” El *trabajo puede continuar, pero tomando medidas de prevención en forma inmediata para reducir el riesgo*”.

En la escala de la metodología aplicada, ni siquiera la siguiente calificación de mayor impacto, de Moderado es aplicable, ya que la definición de Importante a Intolerable debería corresponder al evento suscitado el 15 de enero de 2019.

Para la detección de los impactos ambientales negativos y presentar alternativas de adecuación y/o remediación, analizamos los compromisos asumidos y no cumplidos:

Cuadro 11-1 Medidas de Adecuación del Manifiesto Ambiental

Factor: Agua			
Acción o Medida	**Análisis**	**Evaluación**	**Observaciones**
Implementar una Planta de tratamiento de lixiviados	El lixiviado tratado debería ser descargado directamente en la quebrada cercana con una carga másica no contaminante	Medida de adecuación no suficiente, ya que si se cumpliría en la reducción de la carga másica hasta niveles aceptables, se debería descargar hacia el Alpacoma; hecho que no ocurre.	El lixiviado tratado es empleado para la elaboración de queques, no previstos en la normativa
Mantenimiento preventivo del pozo séptico	Se informa en los IMA´s de forma discontinua. I IMA´s 2015 y I IMA´s 2017.	Respaldos del mantenimiento del pozo séptico en dos ocasiones por fotos.	No se informa en los restantes IMA´s. Omisión informativa.
Excavación de pozos de monitoreo de control	Medida genérica, inadecuada	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La medida no resuelve el riesgo de contaminación.	Es una medida de monitoreo y no una medida de adecuación ambiental.
Factor: Aire			
Acción o Medida	**Análisis**	**Evaluación**	**Observaciones**
Programa de encendido y quemado del biogás en todas las celdas del RSNJ	El quemado del biogás resulta de efecto positivo porque se emite CO_2 a la atmósfera y no metano.	El impacto ambiental que produce el metano es 21 veces más que el CO_2.	Los IMA´s informan 98 captadores de biogás. Se verificó 76 captadores. 39 apagados, 25 en combustión, 10 lixiviado y 2 intermitente.
Mantenimiento de maquinaria	Deficiencia planteada a priori, sin respaldo analítico de laboratorio.	No se informa las mediciones de opacidad.	Tampoco se presenta respaldos del mantenimiento de la maquinaria.
Riego con cisterna 3 veces al día y agregado de ripio en la senda interna.	Se informa que existe riego permanente.	Durante las inspecciones se verificó un riego intermitente, tal vez una vez cada dos días. Las vías en tramos cortos cuentan con ripiado.	No todas las vías estan ripiadas
Implementación de barrera viva	Medida de adecuación de aplicación indirecta	Reforestación escasa.	No existen barreras vivas por reforestación.
Factor: Residuos Sólidos			
Acción o Medida	**Análisis**	**Evaluación**	**Observaciones**
Implementación de Planta de Separación de Residuos orgánicos e inorgánicos.	Funcionamiento mínimo con casi 1000 toneladas segregadas. No se informa en los IMA´s.	Única deficiencia que no permite y seguimiento adecuado a este factor. El reducido funcionamiento (comprobado en las inspecciones) de la planta no optimizó la disposición de RSD.	Una inadecuada disposición o sobrecarga de los RSD deberían ser motivo de monitoreo. Tampoco se identificó los residuos sólidos y

			lodos generados en el proceso de tratamiento de lixiviados.
Factor: Sustancias Peligrosas			
Acción o Medida	**Análisis**	**Evaluación**	**Observaciones**
Venta de lubricantes a empresa autorizada	No se informa en los IMA´s. Omisión administrativa	Deficiencia y efecto no adecuado.	No se presenta respaldos de que dichas ventas al sr. Mario Quiroga se hubieran efectuado.
Factor: Seguridad e Higiene Ocupacional[56]			
Acción o Medida	**Análisis**	**Evaluación**	**Observaciones**
Elaboración de reglamento interno del Relleno Sanitario. Creación del comité mixto de seguridad e higiene	Única medida de adecuación insuficiente para este factor. Medida no precisa y no concordante con la deficiencia y efecto, relacionado exclusivamente al uso de EPP´s.	Deficiencia no planteada adecuadamente, aunque la aplicación de la medida es genérica y amplia, no es específica como se requiere.	No se informa en los monitoreos o se presenta respaldos de uso de EPP´s, cursos de capacitación, señalización que tiene el RSNJ, etc.

Fuente: Elaboración propia, con base en el MA

En la elaboración Manifiesto Ambiental aprobado por el MMAyA los profesionales responsables omiten la identificación de deficiencias y efectos, los planes de adecuación ambiental y el programa de monitoreo para dos factores ambientales importantes como son riesgos (RI), suelos y subsuelos (SS).

11.1 Detección de Impactos Ambientales Negativos de la AOP

Sobre el desarrollo anterior, podemos concluir que los impactos ambientales negativos pueden ser identificados y evaluados, pero además incorporamos una evaluación de los impactos negativos sobre los factores ambientales omitidos de riesgos, suelos y subsuelos, como se detalla a continuación:

[56] Fuente: Elaboración propia. Nombre del factor no correcto

Cuadro 11-2 Impactos Ambientales Negativos Factor Aire

Componente	Impactos Ambientales	Detección/Evaluación
Partículas Suspendidas Totales (PST)	De acuerdo a los resultados analíticos se encuentran dentro de los Límites Permisibles.	La concentración de PST en el aire en las AID y AII, no representa un impacto ambiental negativo.
Partículas Menores a 10 Micrones (PM10)	De acuerdo a los resultados analíticos se encuentran dentro de los Límites Permisibles	La concentración de PM10 en el aire en las AID y AII, no representa un impacto ambiental negativo.
Partículas Biológicas viables	La concentración de partículas biológicas viables como recuento de bacterias exceden los límites permisibles de referencia de Pierre Boutin.	La concentración de estas partículas representa un impacto ambiental negativo y genera riesgos para la salud de la población, dentro del Relleno Sanitario.
Biogás	La evaluación ambiental concluye que el metano contribuye 21 veces de impacto al cambio climático que el dióxido de carbono.	El mal funcionamiento de los captadores de biogás del RSNJ representa un impacto ambiental negativo para el cambio climático local.
Olores	De acuerdo a los resultados analíticos la concentración del SH_2 no excede su límite permisible hasta una distancia de 2 km	La concentración del SH_2 no representa un impacto ambiental negativo, aunque en condiciones climáticas no favorables (inversión térmica) el alcance de su concentración es mayor en distancia e intensidad.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11-3 . Impactos Ambientales Negativos Factor Aguas

Componente	Impactos Ambientales	Detección/Evaluación
Agua		
Superficiales	La operación, mantenimiento y actual cierre del RSNJ no genera impactos a las aguas superficiales, debido a que no existen descargas líquidas del RSNJ hacia la quebrada Alpacoma; excepto durante el evento de enero de 2019.	No genera impactos ambientales negativos de alta intensidad por descargas eventuales líquidas de lixiviados. Durante el evento del deslizamiento ocasionó un Impacto ambiental Negativo.
Subterráneas	La calidad de estas aguas se encuentra dentro de los límites permisibles de referencia.	Actualmente, estas aguas no producen impactos ambientales negativos al medio ambiente.
Lixiviados	Los lixiviados son los líquidos que contienen una extrema carga másica contaminante. Durante el año precedente fue dispuesto en la elaboración de queques (mezcla de tierra y lixiviado), debido a que no estaba funcionamiento la planta de tratamiento.	Los lixiviados en forma de queques generan importantes impactos negativos al medio ambiente, afectando al suelo.
Residuales	No existe una evaluación analítica de las descargas de aguas residuales.	Se puede considerar como impacto ambiental negativo al medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11-4 Impactos Ambientales Negativos Factor Residuos Sólidos

Componente	Impacto Ambiental	Detección/Evaluación
Residuos Sólidos Domésticos dispuestos en el RSNJ	Adecuadamente dispuestos bajo conceptos de ingeniería; no generan impactos.	Una inadecuada disposición de los RSD genera afloramiento sobre el suelo causando impactos ambientales negativos. En el RSNJ se nota el afloramiento de lixiviados en los pies de los taludes.
Queques	La disposición final inadecuada de queques sin cobertura impermeable	Causa impactos ambientales negativos, particularmente en época de lluvias
Residuos sólidos y lodos de lixiviados	Disposición final no considerada en el MA	Contienen una carga másica importante.
Residuos Patógenos	Su disposición sin cobertura impermeable, cubierto con una capa de cal.	Actualmente estables, pero su inadecuada disposición genera riesgos de impactos ambientales negativos al medio.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11-5 Impactos Ambientales Negativos Factor Sustancias Peligrosas

Componente	Impacto Ambiental	Detección/Evaluación
Lixiviado	Inadecuado tratamiento	Genera impacto ambiental sin cualificación y cuantificación del mismo.
Hidrocarburos usados	Disposición final no considerada en el MA	Genera impacto ambiental
Envases de sustancias peligrosas	Disposición final no considerada en el MA	Genera impacto ambiental

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11-6 Impactos Ambientales Negativos Factor Seguridad e Higiene

Componente	Impacto Ambiental Negativo	Detección/Evaluación
Señalización	Elementos sin implementación	Generan riesgos
Elementos de Protección Personal		
Talleres		
Orden y Limpieza		
Infraestructura		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11-7 Impactos Ambientales Negativos Factor Riesgos

Componente	Impacto Ambiental Negativo	Detección/Evaluación
Salud de los trabajadores	No considerado en el MA	Sin evaluación
Señalización		
Capacitaciones/talleres		
Orden y Limpieza		
Infraestructura		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11-8 Impactos Ambientales Negativos Factor Suelos y Subsuelos

Componente	Impacto Ambiental Negativo	Detección/Evaluación
Desestructuración del suelo	No considerado en el MA	**Impactos ambientales negativos**
Derrame de hidrocarburos		
Mezcla de suelos con lixiviados		
Bancos de préstamo		

Fuente: Elaboración propia

11.2 Análisis de Alternativas de Adecuación y/o Remediación

Las alternativas de adecuación al Manifiesto Ambiental deberían haber sido reformuladas al año siguiente de ser aprobado porque se modificaron diseños y no se consideraron en la evaluación ambiental factores primordiales. El criterio principal, es la aprobación de un diseño de ingeniería (2004) cuya capacidad de disposición final de residuos sólidos domésticos con vida útil finalizada durante el mes de abril de 2009, fecha anterior a la tramitación del documento ambiental. El documento Manifiesto Ambiental (MA) contiene información confusa, como datos incorrectos (ejemplo: la altura geográfica del relleno, niveles de tratamiento cambiados, no empleo de códigos de los procesos, omisión de los factores riesgos y suelos y presentación de resultados de análisis químicos de aguas del Relleno Sanitario de Mallasa), inadecuada determinación de las deficiencias y efectos para plantear sus medidas de adecuación que concluyen con un programa de control o monitoreo.

En este panorama se resuelve presentar el análisis de alternativas de adecuación y/o remediación:

Cuadro 11-9 Análisis de Alternativas de Adecuación y/o Remediación

Factor	Adecuación	Remediación	Acciones
Aire:			
Partículas Suspendidas Totales y Menores a 10 Micrones	Ripiado completo de las vías internas del RSNJ. Humedecimiento diario de las vías internas.	No aplica	Implementar en el corto plazo que evitará o reducirá los niveles de contaminación del aire.
Partículas Biológicas Viables (PBV)	Instalación adecuada y completa del sistema de drenaje de lixiviados.		
Biogás	Reinstalación del sistema de captación del biogás para su quemado.		
Olores	Instalación adecuada y completa del sistema de drenaje de lixiviados.		
Agua:			
Superficiales	Verificar la posibilidad del impacto a la quebrada alpacoma de las decargas superiores.	En caso de verificarse la adecuación, cavar una zanja de coronación	Se construye una canalización y embovedado de la quebrada Alpacoma para su mejor gestión
Subterráneas	Control previo de calidad y tratamiento diseñado de forma adecuada	Con pozos profundos de control	Análisis de laboratorio con muestreos de pozos profundos
Lixiviados	Tratamiento de ecualización, anaeróbico, aeróbico, químico y de osmosis inversa	Instalación de una Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa a plena capacidad del volumen a ser tratado	Mejorar el sistema de drenaje de lixiviados
Aguas Residuales	Pozo séptico sin descarga	Nuevo diseño del pozo, que cuente con un sistema de tratamiento de aguas	Aplicación inmediata
Residuos Sólidos			

Factor	Adecuación	Remediación	Acciones
Domésticos	Cubrir con tierra los residuos expuestos y compactarlos. Perfilar taludes	Ejecutar a cabalidad el Plan de Cierre	Sin disposición final por el cierre del RSNJ, desde el 21 de agosto de 2019
Queques	Volumen de lixiviado tratado en planta de osmosis inversa	No elaborar	Se prohíbe la elaboración de queques
Residuos sólidos y lodos de lixiviados	Disponer en un lecho de secado	Construir el lecho de secado de lodos	Previo tratamiento
Residuos Patógenos	Compactación definitiva y encapsulado	Cierre definitivo	Trabajos operativos
Sustancias Peligrosas			
Lixiviado	Proporcionar Tratamiento de ecualización, anaeróbico, aeróbico, químico y de osmosis inversa	Instalar una Planta de Tratamiento de Lixiviado adecuada	Se prohíbe la elaboración de queques
Hidrocarburos usados	Almacenar de manera temporal los hidrocarburos usados para su posterior venta a recicladores	Construir un almacén para disposición temporal de HC usados	Generar la gestión ambiental para disposición final documentada
Envases de sustancias peligrosas	Disponer de manera temporal en ambiente adecuado en el Taller de Mantenimiento	Acondicionar en Planta de Clasificación	Elaborar una propuesta de reuso
Seguridad e Higiene			
Señalización	Instalar señalización informativa y preventiva	Letreros bajo norma y en cantidad suficiente	Compra
Elementos de Protección Personal	Dotar de EPP´s al personal operativo del RSNJ	Obligar el uso de EPP´s al personal	Efectuar controles diarios
Capacitación	Talleres y charlas técnicas	Adiestramiento al personal	Plan y cronograma de ejecución
Orden y Limpieza	Mantener el orden y limpieza	Contratar personal	Controles diarios
Infraestructura	Adecuar a norma la infraestructura	Construir las áreas necesarias	Mantenimiento adecuado
Riesgos			
Salud de los trabajadores	Presentar exámenes preocupacionales	Garantizar buen estado de salud de los operadores	Seguimiento y control
Señalización	Instalar señalización informativa y preventiva	Letreros bajo norma y en cantidad suficiente	Compra
Capacitación	Talleres y charlas técnicas	Adiestramiento al personal	Plan y cronograma de ejecución
Orden y Limpieza	Mantener el orden y limpieza	Contratar personal	Controles diarios
Suelos y Subsuelos			
Desestructuración del suelo	Estabilizar sectores de riesgo	Compactar y nivelar el terreno	Construir una cuña pasiva en el sector dorsal sur
Derrame de hidrocarburos	Retiro del suelo contaminado	Disponer en nuevo relleno	Disponer en nuevo relleno
Mezcla de suelos con lixiviados	Sin continuidad operativa	Prohibición de elaboración	Actividad proscrita

Fuente: Elaboración propia

Para una correcta aplicación de las medidas de adecuación y remediación se debía partir de un Manifiesto Ambiental que sea adecuado a la realidad ambiental de diseño, construcción, operación, mantenimiento, cierre y post cierre. O alternativamente, debió ser actualizado al alcance de su realidad operativa.

Actividad 12. Identificación de Factores que Posiblemente Ocasionaron el Evento

12.1 Identificación de las causas del colapso de la Macro celda 4 y parte de la Macro celda 3

El método elegido por las autoridades del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, para la disposición final de los residuos sólidos generados en la ciudad, es el de Relleno Sanitario, con la finalidad de preservar la salud pública y proteger al medio ambiente de los efectos nocivos de una acumulación incontrolada de los residuos sólidos.

La norma boliviana NB-742 define al relleno sanitario como: "Obra de ingeniería para la disposición final segura de residuos sólidos en sitios adecuados y bajo condiciones controladas para evitar daños al medio ambiente y la salud."

La "American Society of Civil Engineers (ASCE)", define el método e indica el procedimiento básico de la siguiente forma: "Relleno Sanitario es la técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligro para la salud y la seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo la basura así depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria o por lo menos al fin de cada jornada".

Entonces, como toda obra de ingeniería, un relleno sanitario se distingue por contar con estudios preliminares, diseño del proyecto, especificaciones técnicas, etc. Así mismo para confinar la basura compactada y recubierta de tierra, deberá disponer de equipo pesado especialmente diseñado y de una entidad encargada de la operación y control del relleno sanitario, con especialización y experiencia.

12.1.1 Factores de Control Especial en el Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma

Dada la característica sui géneris del RSNJ, sujeto de examen del presente estudio, por su emplazamiento sobre un sector con pendiente natural promedio de 24.21% y que adopta como método de operación, la combinación de trinchera y de area para la conformación de celdas y macroceldas, requiere prestar especial cuidado a los siguientes factores y componentes:

- Talud de tierra resultante del corte y excavación de suelo
- Sistema de impermeabilización de las celdas
- Compactación y cobertura de la celda diaria
- Control de infiltración de aguas superficiales
- Drenaje de líquidos lixiviados
- Recolección y control de biogás
- Talud de residuos sólidos resultante de la conformación de las celdas

12.1.2 Posibles Problemas y Consecuencias

Al producirse errores u omisiones en la construcción de las celdas y macroceldas y/o malas prácticas de control, podrían producirse algunas contingencias, como las que a continuación se señalan, correspondiente a cada factor del acápite anterior:

- El corte de tierra mayor al ángulo de fricción interna, pone en riesgo la estabilidad del terreno, destruiría el sistema de impermeabilización, produciendo movimiento de la masa de basura, focalizada en el posible sector de falla.
- Un error en la impermeabilización artificial, está susceptible a infiltración interna de lixiviados, el que a su vez lubricaría las áreas de contacto entre los residuos y el terreno natural.
- La deficiente compactación de las celdas diarias y su correspondiente cobertura con una capa de tierra, generan a la postre asentamientos superficiales imprevistos y una cadena de posibles consecuencias negativas.
- La infiltración de aguas superficiales en las celdas de residuos ocasiona el incremento de producción de líquidos lixiviados.
- Las obras y actividades de control de lixiviados son vitales en la operación de cualquier relleno sanitario, pues son muy difíciles de depurar y a mayor volumen sobrepasan la capacidad instalada para su manejo y control. Más aun en nuestro caso, al añadirse taludes tanto de suelo natural como de residuos, la sobresaturación genera lubricación de los posibles planos de deslizamiento.
- El biogás se genera en forma natural por la descomposición de la materia orgánica, en su edad madura se convierte en autocombustible y por eso se producen puntos de incendio y fumarolas cuando no son conducidas técnicamente. Además, producirían asentamientos superficiales imprevistos, contribuyendo en forma negativa a la estabilidad del relleno.
- Igualmente, el talud de las celdas y macroceldas deben construirse de acuerdo a su propio ángulo de estabilidad. Caso contrario está sujeto a la activación de su posible plano de falla, por las causas ya señaladas.

12.1.3 Licitación Pública LPA – 100/05

El proceso de licitación pública se inicio en fecha 02/06/2005 con el código LPA – 100/05 con fecha de presentación de propuestas el 08/06/2005. Dicha licitación se declaró desierta debido a que el único proponente: "DIMENSION ENASA – CONCORDIA S.A." no cumplio con la propuesta técnica.

En fecha 18/08/2005 se publica la segunda convocatoria nacional N° LPA/100/05, la cual se adjudica la empresa: "DIMENSION ENASA – CONCORDIA S.A.".

El pliego de condiciones de dicha licitación pública estipula en la, Sección III, Capitulo II, Numeral 2.7 Diseño de Relleno Sanitario:

"El consecionario para el desarrollo de las celdas, tomara como referencia el diseño del relleno sanitario vigente y proporcionado por el GMLP, para las primeras veninte (20) hectáreas además de lo establecido en el artículo 77 del reglamento de residuos solidos y normativa vigente.

La ampliación de áreas para la disposición final deberá ser eleborada y presentada por el concecionario un año antes de la finalización de la vida útil de las primeras veinte (20) hectáreas, conforme al proyecto corrrespondiente que el GMLP provehera. Las nuevas áreas deberán ser aprobadas por la supervición e implementadas en los terrenos designados por el GMLP para tal efecto."

12.1.4 Contrato de Conceción para la Disposición Final de Residuos Sólidos

El proceso de licitación concluyó con la aprobación del **CONTRATO 1746-05** de fecha 12/12/2005, mediante Ordenanza del Concejo Municipal No 29/2006 en fecha 02/02/2006, con la denominación: "Contrato de Concesión para la Disposición Final de Residuos Sólidos en el Relleno

Sanitario del Municipio de La Paz en operación; así como las actividades relativas al cierre y mantenimiento del Rellleno Sanitario de Mallasa".

Según la información a la Empresa Auditora, este contrato tuvo modificaciones que se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro 12-1 Fechas de contratos y modificaciones

Documento Contractual	Fecha de suscripción	Observaciones
Contrato principal	12/12/2005	Por ordenanza municipal N° 29/2006 - Aprueba contrato N° 1746/05 (***Con un plazo de 20 años para concesión de la disposición final en RSNJA y 10 años para act. Relativas cierre y mantenimiento del RSM***)
Contrato Modificatorio N °1	29/05/2006	Aprobado con Ordenanza Municipal GMLP N° 219/2006 Nuevo plazo de inicio de operaciones del Contrato el 01 de julio de 2006
Contrato Modificatorio N °2	08/03/2010	Aprobado con Resolución Municipal N° 282/2010 - (Modifica: exclusión de Participación del concesionario respecto al Proyecto de Aprovechamiento del Biogás, el establecimiento de las condiciones de autorización de uso de la maquinaria a la conclusión del contrato)
Contrato Modificatorio N °3	10/06/2016	Modifica el contrato en su cláusula sexta (plazo de concesión) ampliándose a once años las actividades relativas al Cierre y Mantenimiento del RSM.
Contrato Modificatorio N °4	30/06/2017	Modifica el contrato en su cláusula sexta (plazo de concesión) ampliándose a doce años las actividades relativas al Cierre y Mantenimiento del RSM.

Fuente: Elaboración propia

12.1.5 Análisis del Proyecto Original

Se consideran como "Proyecto Original del Relleno Sanitario Nuevo Jardín", al mencionado en el pliego de licitación como *diseño del relleno sanitario vigente* elaborado en el año 2005.

Tuvo por objetivo servir de base para la ejecución de las obras de adecuación, de la disposición final de los residuos sólidos y del manejo de los lixiviados y biogás, de manera que se cumplan con los preceptos de la legislación ambiental boliviana y de los procedimientos técnicos que rigen la técnica de relleno sanitario.

Según el estudio geológico de la empresa consultora "APROCON", en la etapa de licitación para la compra del sitio, la zona de Alpacoma en general se caracterizaba por problemas de índole geológico; dicho estudio ha indicado la presencia de sectores con suelos estables e inestables. Los sectores estables están dados por los afloramientos "in situ" de las formaciones La Paz, Cinerita Chijini y Purapurani, estos sectores ocupaban el 30% de Alpacoma.

El área de las 20 Has, objeto del presente proyecto, se encuentra en el sector estable de Alpacoma, según informes de esa época de autoridades del GMLP. Dos franjas de cerros laterales de la Formación La Paz y una transversal en la parte inferior limítrofe (dorsal sur), flanquean dicha área.

La superficie del área de estudio presentaba pendientes, ondulaciones y cárcavas producto de la erosión hidráulica. La vegetación era pobre, sin capa vegetal, sin indicios de fauna importante. Por tanto, el sector no brindaba el posible aprovechamiento del suelo como área de construcciones, tampoco como área de recreación ni zona de cultivo.

12.1.5.1 Estudios Previos del Sitio

El diseño inicial del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma se realizó en base a los estudios mínimos proporcionados por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, como ser:

- Levantamiento Topográfico
- Geología
- Hidrogeología
- Geotecnia

De los cuales se puede resumir en los siguientes aspectos:

- Levantamiento Topográfico

Realizado con instrumento estación total. La información corresponde a 14,7 Ha., por ser las útiles de las primeras 20 Has adquiridas. De la información generada se pudo obtener:

- Planimetría
- Altimetría
- Secciones

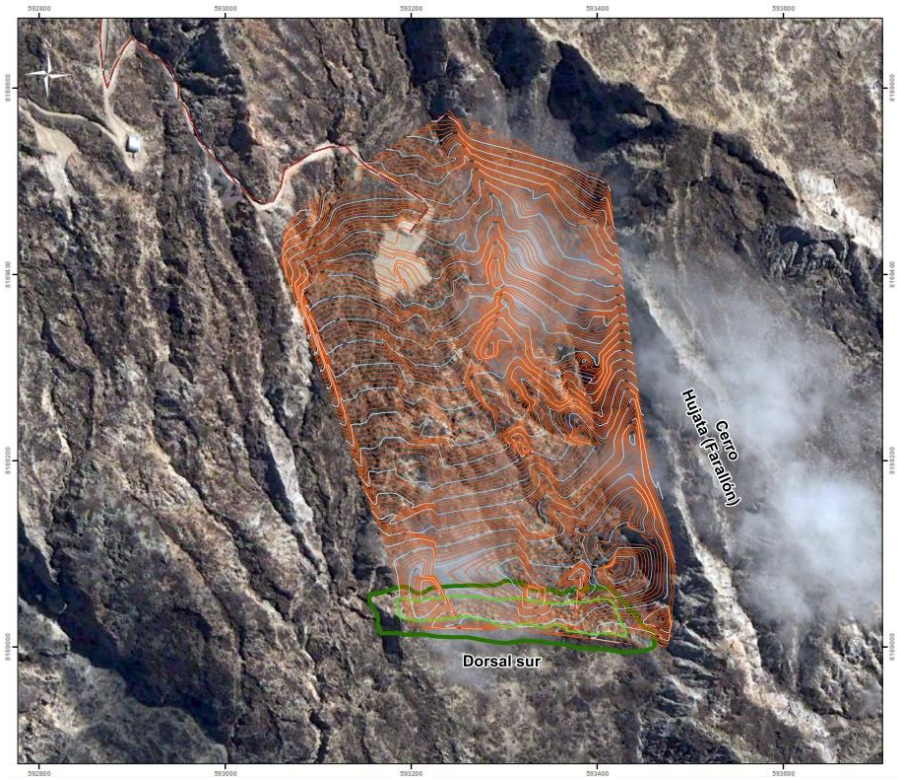


Ilustración 12-1 Levantamiento Topográfico año 2004
(Emplazado sobre la Imagen Satelital del Mismo Año)
Fuente: Elaboración propia

- Geología:
  - Geología Local: En el área estudiada no afloran rocas de edad Paleozoica ni Cretácica, sin embargo, su presencia tiene que ser inferida a pocos metros de profundidad, debido a su presencia en zonas aledañas y a algunos afloramientos que se observan en al fondo del río Alpacoma y en el fondo de algunos sifonamientos y quebradas.
- Geomorfología:
  - La geomorfología en todo el sector de Alpacoma muestra un paisaje muy accidentado, el cual refleja de alguna manera las condiciones geodinámicas actuales responsables del modelado del terreno. De esta manera, se puede observar diferentes tipos de rasgos geomorfológicos como ser: cárcavas, escarpes, deslizamientos y sifonamientos.
- Geofísica:
  - Ante la imposibilidad de ingresar con equipos de perforación para determinar los espesores de los diferentes materiales componentes del subsuelo, se ha optado por realizar estudios mediante sondeos eléctricos verticales; es importante mencionar que estos ensayos se han realizado íntegramente en la zona central donde se ha implantado el relleno sanitario. Se han realizado 7 sondeos geoeléctricos cuyos resultados han permitido construir dos perfiles geofísicos P-1 y P-2.
  - Perfil Geofísico P-1: Tiene una dirección NW- SE, en el cual se observa la potencia de los materiales cuaternarios deslizados con un espesor aproximado de 9.0 metros, compuesto en su mayoría por material heterogéneo de arcillas y limos, en la parte superficial seco y húmedo en profundidad; luego se tiene la presencia de arcillas de la Formación La Paz con un espesor considerable de aproximadamente 96.0 metros. Por debajo de este nivel se asume la existencia de un conglomerado semi consolidado, el cual estaría por debajo de la formación La Paz.
  - Perfil Geofísico P-2: Este perfil se ha construido en forma perpendicular al anterior con dirección N-S, donde se tiene la existencia de un banco de materiales cuaternarios de aproximadamente 30.0 metros de potencia en la parte central y de 14 metros como promedio en los extremos; por debajo se tiene la presencia de las arcillas de la Formación La Paz con una potencia aproximada de 80,0 metros, para luego pasar a un nivel de conglomerados que se encontrarían en la base de la Formación La Paz.
- Hidrogeología:
  - En la zona de estudio se observa la existencia de tres tipos de unidades hidrogeológicas, como ser: rocas paleozoicas, formación La Paz y depósitos cuaternarios. Las observaciones de campo realizadas han permitido establecer que no existen afloramientos de aguas subterráneas ni zonas de máxima humedad, lo que se explica debido a la granulometría fina de los materiales componentes del suelo, a la baja permeabilidad de los mismos y sobre todo que las áreas de recarga no son de gran extensión.
- Geotecnia:
  - Granulometría: De siete muestras analizadas, tres constituyen suelos esencialmente finos (arcillas de baja a media plasticidad), con porcentajes de material que pasa el tamiz No.200, comprendido entre 97% a 99.6% Los restantes, consisten en mezclas de suelos arcillo-limosos con contenidos de arena, de un 38% a 40% en peso.
  - Límites de Atterberg: La determinación de los límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), permite establecer que el índice de plasticidad (IP) de las muestras

ensayadas, se halla comprendido en el intervalo de 6% a 21%, correspondiendo, en general, los mayores valores a suelos esencialmente finos, en tanto que las magnitudes menores, se encuentran asociadas con las mezclas de suelos (arcilla, limo y arena)

- Clasificación Unificada de Suelos: La información obtenida de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, ha permitido clasificar a los suelos de acuerdo con el sistema unificado, como Arcillas de baja a media plasticidad (CL) y Limos y arcillas de baja plasticidad (ML-CL), con contenidos de arena.
- Ensayos de Peso específico relativo, densidad y compactación: En razón de que los materiales circundantes tienen que servir con cobertura compactada a las capas de basura, se han realizado tres ensayos de compactación por el método AASHTO T 99 B. Los ensayos efectuados permiten afirmar que se pueden alcanzar densidades de entre 1.69 y 1.89 Kg. / dm^3.

12.1.5.2 Parámetros de Diseño

A continuación, se recopilará en forma escueta los criterios empleados para el diseño del RSNJ, con la recomendación, en su lectura, que fue elaborado para la gestión de 2004.

12.1.5.2.1 Generación de Residuos Sólidos

Tabla 12-1 Datos de Generación de Residuos Sólidos – Proyecto Original

Año	Población	Producción P. Capita	Generación Domiciliaria	Otros Residuos	Generación Total	Cobertura	Total
	Hab.	Kg/h/d	Kg/dia	Kg/dia	Kg/dia	%	Kg/dia
2001	789586	0,565	446116	49073	495189	87	430814
2002	798429	0,576	460135	50615	510750	87	444352
2003	807372	0,588	474594	52205	526799	87	458316
2004	816414	0,600	489508	53846	543354	87	472718
2005	825558	0,612	504890	55538	560428	87	487572
2006	834804	0,624	520756	57283	578039	88	508674
2007	844154	0,636	537120	59083	596203	88	524659
2008	853609	0,649	553998	60940	614938	88	541146
2009	863169	0,662	571407	62855	634262	88	558151
2010	872837	0,675	589363	64830	654193	88	575690

Fuente: Memoria de Cálculo del Proyecto Original RSNJ

12.1.5.2.2 Parámetros de Diseño de las Celdas

Estos datos son quizá los más importantes, porque definen la vida útil del relleno, el volumen o espacio requerido para alojar los residuos sólidos, la cantidad de tierra necesaria para las coberturas e inclusive definen la planeación de la operación. Con datos experimentales en nuestro medio, se adoptaron los siguientes parámetros:

- Ancho del frente de trabajo diario: 12 m
- Altura efectiva de la celda: 2.35 m
- Espesor cubierta celda diaria: 0.15 m
- Altura total de la celda diaria: 2.50 m
- Talud para formar celda diaria: 2 de avance: 1 de altura
- Peso volumétrico residuos compactados 800 Kg /m^3

- Espesor de cubierta final del relleno: 0.60 m
- Pendiente longitudinal cubierta final: 2 %
- Pendiente transversal cubierta final: 2 %

FUENTE: Memoria de Cálculo del Proyecto Original RSNJ

12.1.5.2.3 Descripción de la Morfología Proyectada

Dada la magnitud del proyecto, se dividió en cuatro grandes zonas, denominadas “Macro celdas”, cada una con su propio nivel de desplante, formando un escalonamiento entre sí, para adaptarse a la configuración del terreno natural.

El nivel de desplante es la superficie inferior del suelo sobre la cual se construyen diariamente las celdas con residuos sólidos. Corresponde a una cota topográfica referida al nivel del mar, se la propone para cada etapa de proyecto y debe realizarse el replanteo topográfico en obra.

Por las características topográficas del sitio, el Relleno Sanitario Nuevo Jardín se debía construir conformado un gran talud frontal, con juego de 4 plataformas o terrazas, correspondientes a la culminación de cada Macrocelda; entre terrazas un juego de taludes y banquinas intermedias, de acuerdo al diseño de ingeniería mostrado como ejemplo en la Ilustración 12-2.

PERFIL LONGITUDINAL "1"

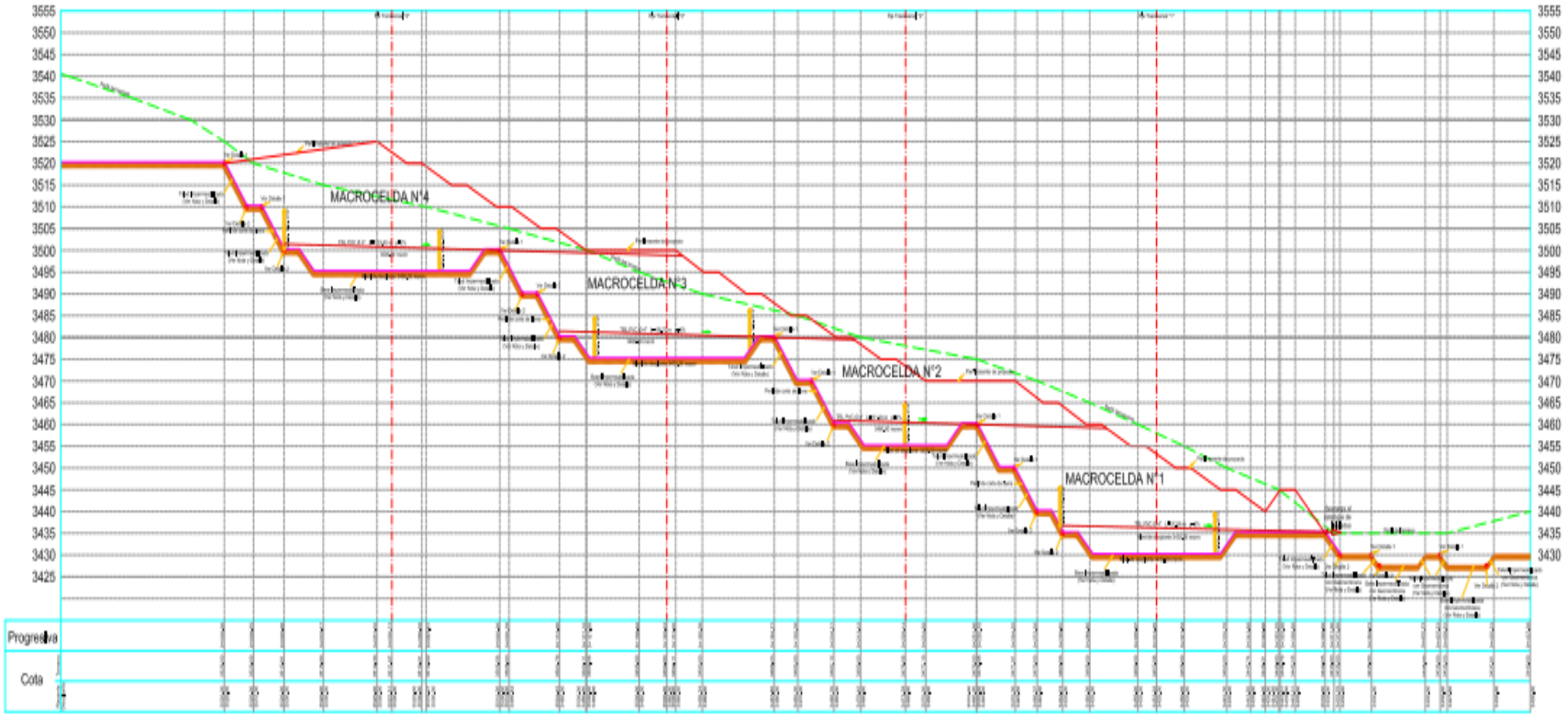


Ilustración 12-2 Ejemplo del juego de planos que conforma el diseño original donde se muestra la morfología proyectada
Fuente: Elaboración propia

En los planos de perfiles longitudinales y transversales del proyecto, se especifica la "Rasante de Proyecto", que forman planos horizontales e inclinados a cotas topográficas escalonadas, desde el nivel de desplante hasta alcanzar la cota máxima del terreno, que es a su vez, la cota máxima del relleno sanitario.

12.1.5.3 Adecuación de las Macroceldas

Los trabajos de adecuación se inician con el corte de tierra, de acuerdo con las dimensiones y detalles especificadas en los planos del proyecto, planificada por etapas, con personal y equipo suficiente de manera que dichos trabajos sean continuos durante el tiempo de operación de todo el relleno sanitario.

12.1.5.4 Impermeabilización

Una vez alcanzados los niveles de corte y obtenido la suficiente capacidad volumétrica para habilitar una etapa, se procede con los trabajos de impermeabilización, en la base y las paredes de cada celda. Dichos trabajos se deben ejecutar con material natural (arcilla) y material sintético (geo membrana); el sistema de impermeabilización se encuentra diseñado en los planos del proyecto.

12.1.5.5 Drenaje de lixiviados y biogás

También se encuentra en los planos del proyecto los detalles para la construcción de drenes recolectores de lixiviados y de los ductos captadores de biogás desde el nivel de desplante. En tales condiciones, cada celda quedaría habilitada en concordancia con lo especificado en las normas técnicas.

12.1.5.6 Desarrollo de las Celdas

El desarrollo de las celdas se planificó en el sentido vertical; los taludes con inclinación 1V:2H en cumplimiento a la Norma Boliviana de Residuos Sólidos NB 760, en lo referido a la construcción de las celdas diarias. El diseño indica que cada 5,00 m de desnivel se conformará superficies horizontales, denominadas banquinas, con 5,00 m de ancho, para asegurar la estabilidad del talud total. Este proceso en forma gradual, durante cada día de la vida útil, hasta alcanzar la cota máxima, denominada en los planos "rasante de proyecto".

12.1.5.7 Nivel de Cobertura del Diseño Original

En los planos de perfiles longitudinales y transversales del proyecto, se especifica la "Rasante de Proyecto", que forman planos horizontales e inclinados a cotas topográficas escalonadas, desde el nivel de desplante inferior, 3.430 msnm., hasta alcanzar la cota máxima del terreno, que es a su vez, la cota máxima del relleno sanitario, 3.530 msnm, En cada etapa que alcance las cotas rasante, se especifica que se colocará sobre la cubierta diaria de 15 cm. otros 45 cm. de material del lugar, por capas. Los últimos 20 cm. con material arcilloso compactado al 85% de la prueba Proctor T-99 y con pendientes transversal y longitudinal del 2%; para constituirse en una capa impermeable

12.1.5.8 Uso final del sitio

El proyectista recomienda que la superficie recuperada, no será apta para ningún tipo de edificación debido a la exigua capacidad de carga que ofrecerá, además de los asentamientos diferenciales que presentará por efecto de la degradación de los residuos. Por lo tanto, solamente se podrá en el futuro, implementar proyectos de recreación comunitaria, como parques, canchas deportivas, áreas verdes con plantas y arbustos de raíces cortas, etc.

12.1.5.9 Calendarización del Relleno Sanitario Nuevo Jardín

La planificación genérica para la operación, referida a los planos componentes del proyecto, consiste en el desarrollo en orden correlativo de las Macroceldas.

A excepción de la Macrocelda 4, denominada también la "Zona de Emergencia", que exige la norma boliviana.

Esto significa que, a lo largo de la vida útil del Relleno Sanitario Nuevo Jardín, debe permanecer siempre un sector habilitado con todos los requisitos de dicha norma, para depositar residuos sólidos en periodos de hasta tres meses continuos, en casos de emergencia.

Tal es el caso de las épocas de lluvia, que en nuestro medio se presentan entre los meses de diciembre a abril, por esa razón, en la próxima Tabla: Calendarización del RSNJ, la operación de las celdas de la Macrocelda 4, figura en los periodos de mayor precipitación pluvial, supuestamente de enero a marzo de cada año.

A continuación, se reproduce la programación cronológica del rellenado de las celdas y macroceldas diseñadas, con inicio de operación en la Macrocelda de Emergencia, en fecha confirmada del 01 de noviembre de 2004 y con la fecha probable de conclusión el 31 de enero de 2010.

Por tanto, en el Proyecto Original del Relleno Sanitario Nuevo Jardín, se calculó:

VIDA UTIL = 63 MESES

Tabla 12-2 Calendarización del Relleno Sanitario Nuevo Jardín

Nivel Topográfico msnm.	Ubicación Macrocelda Celda	Capacidad Volumétrica (m^3)	Recepción Promedio (ton/ día)	Req. Volumen (m^3/día)	Vida Util (días)	Recepción Residuos (toneladas)	Prog. Rellenado
3495 - 3500	M4	20463,25	470,00	652,00	31,39	14.751,12	nov-04
3500 - 3505		19305,72	470,00	652,00	29,61	13.916,70	dic-04
3500 - 3505		24235,51	480,00	666,00	36,39	17.467,03	ene-05
3505 - 3510		39.754,87	480,00	666,00	59,69	28.652,16	feb-mar-05
3430 - 3435	M1-C1	16.133,28	480,00	666,00	24,22	11.627,59	abr-05
3435 - 3440		27.656,02	480,00	666,00	41,53	19.932,27	may-05
3440 - 3445		32.777,15	480,00	666,00	49,21	23.623,17	jun-05
3445 - 3450		27.878,62	480,00	666,00	41,86	20.092,70	jul-ago-05
3450 - 3455		26.341,80	480,00	666,00	39,55	18.985,08	sep-05
3455 - 3460	M1-C1	21.056,52	480,00	666,00	31,62	15.175,87	oct-05
3430 - 3435	M1-C2	18.279,17	480,00	666,00	27,45	13.174,18	nov-05
3435 - 3440		30.479,73	480,00	666,00	45,77	21.967,37	dic-05

Nivel Topográfico msnm.	Ubicación Macrocelda Celda	Capacidad Volumétrica (m^3)	Recepción Promedio (ton/ día)	Req. Volumen (m^3/día)	Vida Util (días)	Recepción Residuos (toneladas)	Prog. Rellenado
3505 - 3510	M4-C1	4.049,28	490,00	679,00	5,96	2.922,16	ene-06
3510 - 3515	M4-C1	39.818,46	490,00	679,00	58,64	28.734,97	ene-feb-06
3505 - 3510		35.594,91	490,00	679,00	52,42	25.687,05	mar-06
3435 - 3440	M1-C2	16.789,86	490,00	679,00	24,73	12.116,39	abr-06
3440 - 3445		36.473,69	490,00	679,00	53,72	26.321,22	may-jun-06
3445 - 3450		32.055,81	490,00	679,00	47,21	23.133,06	jul-ago-06
3450 - 3455		31.297,97	490,00	679,00	46,09	22.586,16	sep-06
3455 - 3460		25.866,78	490,00	679,00	38,10	18.666,75	oct-nov-06
3455 - 3460	M2-C1	6.749,50	490,00	679,00	9,94	4.870,77	nov-06
3460 - 3465		28.861,22	490,00	679,00	42,51	20.827,68	dic-06
3520 - 3525	M4-C1	15.851,97	500,00	693,00	22,87	11.437,21	ene-07
3500 - 3505	M4-C2	48.033,73	500,00	693,00	69,31	34.656,37	feb-mar-07
3465 - 3470	M2-C1	24.721,60	500,00	693,00	35,67	17.836,65	abr-07
3470 - 3475		13.505,03	500,00	693,00	19,49	9.743,89	may-07
3475 - 3480		10.232,65	500,00	693,00	14,77	7.382,86	jun-07
3455 - 3460	M2-C2	14.987,09	500,00	693,00	21,63	10.813,20	jul-07
3460 - 3465		44.759,84	500,00	693,00	64,59	32.294,26	ago-07
3465 - 3470		38.013,38	500,00	693,00	54,85	27.426,68	sep-oct-07
3470 - 3475		25.581,94	500,00	693,00	36,91	18.457,39	nov-07
3475 - 3480		19.677,93	500,00	693,00	28,40	14.197,64	dic-07
3500 - 3505	M4-C2	20.235,60	511,00	706,00	28,66	14.646,45	ene-08
3505 - 3510		44.148,46	511,00	706,00	62,53	31.954,48	feb-mar-08
3475 - 3480	M2-C2	12.896,73	511,00	706,00	18,27	9.334,60	mar-08
3475 - 3480	M3-C1	12.639,41	511,00	706,00	17,90	9.148,35	mar-08
3480 - 3485		28.189,50	511,00	706,00	39,93	20.403,45	abr-08
3485 - 3490		23.057,90	511,00	706,00	32,66	16.689,22	may-08
3490 - 3495		28.186,06	511,00	706,00	39,92	20.400,96	jun-08
3495 - 3500		26.406,46	511,00	706,00	37,40	19.112,89	jul-ago-08
3475 - 3480	M3-C2	17.888,41	511,00	706,00	25,34	12.947,56	sep-08
3480 - 3485		32.506,96	511,00	706,00	46,04	23.528,41	oct-08
3485 - 3490		28.432,19	511,00	706,00	40,27	20.579,11	nov-dic-08
3510 - 3515	M4-C2	44.491,22	521,00	720,00	61,79	32.194,34	ene-feb-09
3515 - 3520		39.571,89	521,00	720,00	54,96	28.634,66	mar-09
3490 - 3495	M3-C2	26.284,49	521,00	720,00	36,51	19.019,75	abr-09
3495 - 3500		22.429,28	521,00	720,00	31,15	16.230,08	may-09
3475 - 3480	M3-C3	16.136,21	521,00	720,00	22,41	11.676,34	jun-09
3480 - 3485		32.067,18	521,00	720,00	44,54	23.204,17	jul-09
3485 - 3490		30.181,61	521,00	720,00	41,92	21.839,75	ago-09
3490 - 3495		33.658,92	521,00	720,00	46,75	24.355,97	sep-oct-09
3495 - 3500		31.399,71	521,00	720,00	43,61	22.721,18	nov-09
3520 - 3525	M4-C2	17.947,11	521,00	720,00	24,93	12.986,73	dic-09
		25.552,80	531,00	734,00	34,81	18.485,74	ene-10

Fuente: Memoria de Cálculo del Proyecto Original RSNJ

12.1.5.9.1 Diseño Final a Nivel Constructivo

El Proyecto Original del RSNJ incluye el diseño a nivel constructivo representados en el siguiente juego de planos:

- Topografía
- Planimetría de Nivel de Desplante
- Planimetría del Sistema de Recolección de Lixiviados
- Planimetría de Ubicación de Captadores de Biogás
- Planimetría del Nivel de Cobertura
- Planimetría General
- Perfiles Longitudinales 1 y 2
- Perfiles Transversales 1,2,3 y 4
- Detalles Constructivos para:
  - Sistema de Impermeabilización de Celdas y Estanques de Lixiviados
  - Anclaje perimetral de Geomembrana
  - Recolección de Lixiviados
  - Captura de Biogás
  - Combustión de Biogás
  - Plataforma de Descarga de Residuos Sólidos desde Camión Recolector

También se encuentran planos de las obras complementarias, como ser:

- Caseta de pasaje y báscula
- Canal perimetral
- Camino de circulación interna
- Oficinas de operación y supervisión
- Caseta de control y vigilancia
- Almacén y depósito
- Servicios sanitarios
- Taller de mantenimiento
- Servicios de primeros auxilios
- Sistema de Iluminación
- Sistema de señalización
- Áreas de amortiguamiento
- Áreas de espera de vehículos recolectores

12.2 Ficha Técnica del Diseño Original del Proyecto Relleno sanitario Nuevo Jardín

Tabla 12-3 Ficha Técnica RSNJ

DESCRIPCION	Unidad	CARACTERISTICA
UBICACIÓN		Bajo Alpacoma
AREA DEL PREDIO	m²	400.000,00
AREA INICIAL DESTINADA AL PROYECTO	m²	200.000,00
AREA DE DISEÑO MACROCELDAS DE RESIDUOS DOMICILIARIOS	m²	84.097,14
AREA DE DISEÑO CELDA DE RESIDUOS PATOGENOS	m²	3.702,34
AREA TOTAL DE DISEÑO DE RESIDUOS	m²	87.799,48
AREA DE MANEJO Y CONTROL DE LIXIVIADOS	m²	13.497,00
AREA DE AMORTIGUAMIENTO	m²	85.934,88
AREA DE OBRAS COMPLEMENTARIAS	m²	12.768,64
VIDA UTIL		5 años y 3 meses
VOLUMEN DE EXCAVACION PARA ADECUACION	m³	1.255.859,21
FECHA INICIO DE OPERACIONES		1 de novbre. de 2004
FECHA PROYECTADA CIERRE DE OPERACIONES		31 de enero 2010
GENERACION DIARIA DE RESIDUOS AL INICIO DE OPERACIONES	ton	495,189
GENERACION DIARIA DE RESID. PROYECTADA AL FINAL DE OPERACIONES	ton	654,193
DOCUMENTO LEGAL AMBIENTAL DE INICIO DE OPERACIONES		LICENCIA EVENTUAL
FECHA DE EMISION DE LICENCIA EVENTUAL		

Fuente: Elaboración propia

12.2.1 Breve descripción del proyecto ofertado por la empresa TERSA S.A.

Dentro del proceso de licitación del servicio de disposición final de residuos sólidos, el oferente, empresa Sociedad Accidental Concordia Dimensión Enasa (posteriormente denominada TERSA S.A.), que a la postre resultó la adjudicada, presentó como parte de su oferta un diseño de explotación del sitio, con planos generales y detalles constructivos, que incluyen el manejo, control y tratamiento de lixiviados y manejo, control y quema centralizada de biogás.

Dicho proyecto no fue ejecutado por razones desconocidas para la presente auditoría, porque en la documentación revisada no existe antecedente.

Para fines de información se adjunta en carpetas de ANEXO, TOMO III, ANEXO DE 13, PUNTOS O,P,Q muestras de los planos de lo mencionado.

12.2.2 Especificaciones Técnicas

De acuerdo a la información recopilada de fuente del GAMLP, todas las actividades, tareas, obras y proyectos a ejecutarse en el relleno sanitario están reguladas en el documento técnico llamado “MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO PARA LOS RELLENOS SANITARIOS DE ALPACOMA Y MALLASA”.

Para fines de la presnte auditoria se tomará en cuenta el siguiente contenido:

- CAPITULO II: Construccion, operación y cierre del Relleno Sanitario Nuevo Jardin de Alpacoma
- CAPITULO IV: Seguridad Industrial
- CAPITULO V: Esquipo y maquinaria

12.2.3 Enfoque Técnico

Posteriormente se produjeron hasta cuatro modificaciones al contrato y en lo que respecta a los temas de interés técnico podemos resumir en lo siguiente:

Solo se menciona desde el primer contrato que las especificaciones técnicas para la operación del RSNJ se regirá a lo estipulado en los Términos de Referencia del Documento Base de Contratación (DBC) y del "Manual de Operaciones), en el sentido que forman parte de los términos contractuales

En el contrato de inicio destacamos que la empresa adjudicada se compromete a

- Financiar los siguientes proyectos:
  a. Mecanismos de desarrollo Limpio (MDL) para el aprovechamiento de biogás y Obtención de los Certificados de Reducción de emisiones de gases de efectos invernaderos (CER's)
  b. Planta Clasificadora de Residuos Sólidos
- Deben presentar el PLAN DE OPERACIÓN dentro de los 60 días calendario, anteriores del inicio del periodo de implementación.

En el Primer Contrato Modificatorio, de fecha 27/06/2006 se le instruye a la empresa concesionaria:

a. Habilitar la Celda Nª 3 (Macrocelda 1) con el Nivel de desplante en la Formación La Paz hasta el 27/06/2006
b. Cumplimiento de la propuesta técnica (sistemas de impermeabilización, construcción de drenajes para lixiviados y biogases, construcción de obras civiles, construcción de drenajes)
c. Cumplimiento de la Norma Boliviana NB 760 en cuanto al manejo de aguas de lluvia, drenajes y obras hidráulicas
d. Se fija plazo de presentación del proyecto a diseño final hasta 30/06/06
e. Concluir Celda de Patógenos hasta el 30/06/2006
f. Concluir Depósito de Lixiviados No 1 hasta el 30/06/2006
g. Concluir Depósito de Lixiviados No 2 hasta el 07/07/2006
h. Deben subsanar las observaciones y adjuntar lo siguiente hasta el 30/06/2006:
   i. Manual de Operaciones
   ii. Manejo de aguas de lluvias, drenajes y obras hidráulicas

En el Segundo Contrato Modificatorio, de fecha 28/05/2010 se indica que las actividades excluidas de la concesión son:

i. Mecanismos de desarrollo Limpio (MDL) para el aprovechamiento biogás
ii. Obtención de los Certificados de Reducción de emisiones de gases de efectos invernaderos (CER's)

También se destaca que dentro de las inversiones faltantes se encuentra la Planta de Clasificación de Residuos Sólidos de 40 ton/día.

12.2.4 Supervisión de la Operación de Disposición Final de Residuos Sólidos

De acuerdo con el Pliego de licitación, la Supervisión del Servicio recae en la unidad del Ejecutivo Municipal denominado "SISTEMA DE REGULACION MUNICIPAL" (SIREMU)

Esta entidad debe nombrar el personal técnico idóneo, debidamente calificado y capacitado para realizar el seguimiento de todas las actividades relativas al servicio, para lograr los objetivos de disponer los residuos sólidos domésticos, los residuos de mercados y ferias, los residuos industriales asimilables a domésticos y los residuos sólidos patógenos sean confinados en forma segura, minimizando los daños al medio ambiente y precautelando la salud de la población.

Las actividades a supervisar se encuentran reguladas en la Sección 111-Especificaciones Técnicas del DBC y en el MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO PARA LOS RELLENOS SANITARIOS DE ALPACOMA Y MALLASA

Para establecer el mecanismo de supervisión de las operaciones del RSNJ, acudimos a la documentación correspondiente, enviada por el GAMLP.

Cuadro 12-2 Aspectos Contractuales

Contrato 1746/05 (02/02/2006)

DECIMA NOVENA: SUPERVISIÓN Y CONTROL

El CONCEDENTE designará a la instancia responsable de la SUPERVISION del servicio de Disposición Final de Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario en funcionamiento, el Cierre y Mantenimiento del Relleno Sanitario de Mallasa y el aprovechamiento del Biogás y comunicará oficialmente esta designación al CONCESIONARIO mediante carta expresa.

La SUPERVISION se encargará del control técnico, administrativo y legal del cumplimiento del Contrato, Pliego de Condiciones y sus anexos, de la propuesta del CONSECIONARIO, de la regulación del servicio, así como de las normas aplicables al contrato.

La SUPERVISION, para el adecuado cumplimiento de los roles señalados en el párrafo anterior, tendrá libre e irrestricto acceso a las instalaciones del CONCESIONARIO.

El CONCESIONARIO en forma obligatoria y permanente deberá asignar dentro sus instalaciones una oficina para la SUPERVISION.

La labor de SUPERVISION ser permanente y la comunicación de actividades de coordinación, deficiencias, infracciones, reportes y todas las relativas a su labor de control, serán comunicadas al CONCESIONARIO, de acuerdo al procedimiento previsto en el Pliego de Condiciones.

La SUPERVISION se encuentra Facultada para actuar en función de los roles y responsabilidades que establecen los instrumentos y normativa municipal relativas a su funcionamiento, sin que el CONCESIONARIO pueda oponerse sino en la forma y procedimientos recursivos que establecen las mencionadas normas.

Para verificar el estricto cumplimiento de las obligaciones contractuales y la ejecución de las responsabilidades de acuerdo a la normativa vigente y los requerimientos señalados al efecto, la instancia responsable de la SUPERVISION realizada anualmente una Evaluación de acuerdo a la reglamentación que debe aprobar en el plazo de sesenta (60) días calendario, a partir de la suscripción de este contrato.

Fuente: Elaboración propia, en base al documento técnico

12.2.5 Factores que posiblemente ocasionaron el deslizamiento

Son varios los factores que pueden afectar a la estabilidad del talud del sitio de disposición final de residuos sólidos domésticos y de residuos sólidos asimilables a domésticos del Relleno Sanitario de Alpacoma.

A. Falta de diseño y planificación del desarrollo de las celdas y Macroceldas
B. Nivel de desplante de las celdas sobre suelo sin la capacidad de soporte requerida, o lo que es lo mismo, encima de la formación La Paz recomendada
C. Fallas en la impermeabilización del nivel de desplante y de las paredes de las celdas
D. Deficiente instalación del sistema de recolección y evacuación de lixiviados
E. Deficiente instalación del sistema de captadores de biogás
F. Deficiente compactación de las celdas diarias
G. Falta de cobertura con una capa de tierra a la celda diaria
H. Falta de previsión de infiltración superficial del agua de lluvia
I. Falta de canal perimetral y zanja de coronamiento
J. Sobrecarga de residuos sólidos, excedente a la vida útil

Las siguientes figuras muestran el detalle de algunas de las posibles causas del deslizamiento:

Ilustración 12-3 Detalle de posibles causas del deslizamiento
Fuente: Elaboración propia

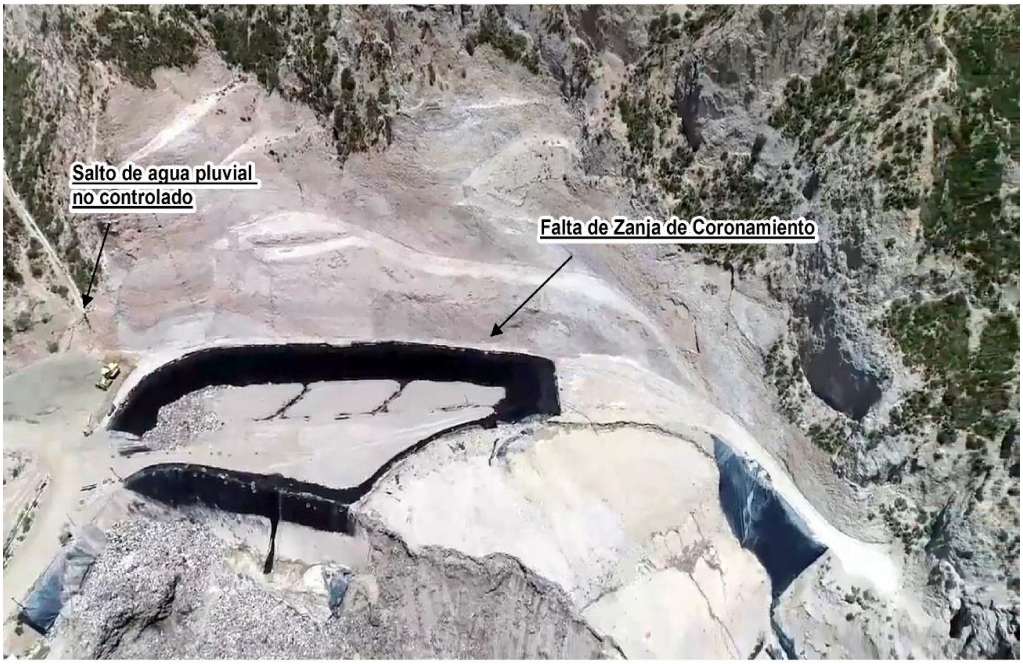


Ilustración 12-4 Detalle de la falta de zanja de coronamiento
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12-5 Detalle del salto hidráulico
Fuente: Elaboración propia

12.2.5.1 Grado Afectación a Otras Estructuras

En este acápite debemos acudir a la información proporcionada por dos entidades cuyos informes respectivos relatan lo sucedido.

Acudimos al informe de la comisión técnica del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, destacado al sitio para evaluar el suceso y que informa lo siguiente:

"debido al movimiento de la masa de residuos hacia la parte inferior del predio, se han comprometido cinco (5) estanques de lixiviados que se utilizan para el almacenar y tratar estos líquidos quedando los mismos prácticamente enterrados"

También reporta en la siguiente tabla:

Tabla 12-4 Capacidad de estanques

ESTANQUE	CAPACIDAD (m^3)
EG-1	5.000
EG-2	2.800
EG-ANAEROBIO	3.000
EG-AEROBIO	2.500
CLARIFICADOR SECUNDARIO	60

Fuente: Comisión Técnica del MMAYA

Continuando, dicha comisión señala que:

"la planta de tratamiento de Lixiviados, ubicada en la parte más baja del recinto, fue la más afectada considerando que se destruyeron prácticamente el 90% de los estanques, oficinas, laboratorio y sala de máquinas del sector, como también la pérdida de equipos y maquinaria"

La empresa operadora TERSA, incluye en su "Informe Operativo de Gestión Mensual marzo 2019", el relato cronológico de deslizamiento de los residuos, mencionando lo siguiente:

No obstante, debido a la magnitud del empuje, a horas 17:45 p.m., se presento el deslizamiento súbito de la masa de residuos de la MCE-4 pasando sobre las MC-3 y MC-2, sobrepasando el muro 3-6 y el soporte, llegando a cubrir los estanques 1,2 y Anaerobio eb su totalidad.

12.2.5.2 Adecuaciones y Ampliaciones de proyecto

La base del análisis es el proyecto presentado al MMAYA para obtener la Licencia Ambiental, el mismo que fue ejecutado desde el inicio de operaciones con el primer operador concesionario del servicio, la empresa CLIMA INGENIERIA AMBIENTAL.

Según documentación recibida para la presente Auditoría Ambiental, la primera modificación al proyecto ha consistido en adicionar la CELDA 3, en la Macro Celda 1; aledaña a la Celda 2. Consta mediante documentación, que en fecha 25 de mayo 2006, aprueba el SIREMU el diseño e instruye el inicio con las excavaciones a la nueva empresa operadora ASOCIACIÓN ACCIDENTAL DIMENSIÓN ENASA.

Esta ampliación se ha ejecutado en nivel superior al de desplante de la Celda 2, es decir sobre material proveniente de la formación La Paz pese a la instrucción expresa de realizar el emplazamiento en el nivel consolidado de la Formación La Paz.

Posteriormente, sin fechas identificadas, procedieron a rellenar con residuos el sector intermedio entre las Celdas 1, 2 y 3, adosado íntegramente al talud norte de la dorsal sur, en toda su longitud. Este sector se encontraba reservado para los posibles estanques y cámaras para el manejo y control de lixiviados, según el proyecto original.

De estos hitos, en más, desarrollaron las celdas en posiciones distintas a las proyectadas.

El proyecto original, consistía en ocho (8) Celdas de residuos comunes, contenidos en cuatro (4) Macroceldas más una Celda de Residuos Patógenos. La Macrocelda 4 estaba designada también como Macrocelda de Emergencia, para ser operada en días de lluvia.

La empresa operadora mencionada, en el curso del contrato cambia la razón social a "TRATAMIENTO ESPECIALIZADO DE RESIDUOS SOLIDOS" (TERSA) y ejecuta la operación en doce (12) Celdas, hasta el día del evento, en la secuencia y ubicación que se muestra en la Ilustración 12-6 y la comparación de lo proyectado en el Diseño del año 2004 vs. Lo ejecutado hasta enero del año 2019, se muestra en la Ilustración 12-7

También en el siguiente Cuadro 12-3 se presenta la documentación recibida por efectos de la Auditoria, en lo referente a la cronología de estudios y habilitaciones de celdas de residuos sólidos para conformar el Relleno Sanitario.

Sin embargo, hacemos hincapié en el hecho que no se encuentra documentación técnica suficiente para analizar nivel de desplante de cada celda, capacidad volumétrica, vida útil, etc.

Y en ningún caso se encontró planos As Build.

Cuadro 12-3 Base de datos de la documentación remitida a la empresa auditora (Referente a la habilitación de Celdas del RSNJ)

CITE	CELDA	FECHA	REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
SIREMU/C-OF-DS/0307/2006	CELDA N°2	17/03/2006	Aprobación de proyecto reformulado CELDA N° 2 RSNJ	Periodo de operación de la empresa CLIMA INGENIERIA AMBIENTAL S.R.L.
ASES.GRAL.OF.No.0006/2006	MC 1	24/03/2006	Aprobación del Nivel Desplante de la CELDA N° 2 de la Macrocelda 1	
SIREMU/C-OF-DS/0437/2006	MC 1 - CELDA N°2	13/04/2006	Autorización Nivel de desplante Macrocelda 1 - CELDA 2	
SIREMU/C-OF-DS/0696/2006	CELDA N° 3	25/05/2006	Respuesta a su nota DIMENASA.063/2006 Autorización de Inicio de Operación CELDA N° 3	

CITE	CELDA	FECHA	REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
SIREMU/C-OF-RS.011/07	CELDA N° 4	15/01/2007	Habilitación de la CELDA N° 4	La construcción de la CELDA N° 4 se está ejecutando por encima de la CELDA N° 1
SIREMU/C-OF-RS.0077/2007	CELDA N°4	22/05/2007	Aprobación del estudio geotécnico	Estudio geotécnico del nivel de desplante de la CELDA N° 4
SIREMU/C-OF-DS.0813/2007	CELDA N°4	29/05/2007	Aprobación de estudio geotécnico	CELDA N° 4
SIREMU/C-OF-DS.0341/2008	CELDA N° 5	03/03/2008	Aprobación de la CELDA N° 5	
SIREMU/C-OF-RSRS.0210/2008	CELDA N° 6	25/08/2008	Aprobación estudio geológico - geotecnia CELDA N° 6	Aprobación del estudio geológico - geotecnia
SIREMU/C-OF-DS/1267/2008	CELDA N° 6	29/08/2008	Aprobación estudio Geológico - Geotécnico CELDA N° 6	Aprobación del mencionado proyecto para su ejecución en el marco del Plan Operativo Gestión 2008)
SIREMU/C-OF-RSRS.0273/2008	CELDA N° 6	23/10/2008	Impermeabilización y habilitación CELDA N° 6	CELDA N° 6 está habilitada
SIREMU/C-OF-DS.1627/2007	CELDA N° 5	22/11/2008	Habilitación de la CELDA N° 5	
SIREMU/C-OF-DS/0833/2009	CELDA N° 7	27/07/2009	Aprobación estudio explotación CELDA N° 7	Estudio geológicos y geotécnicos; Comunica su aprobación a efectos de que continúe las obras
	CELDA N° 9	21/04/2014	Se instruye a la empresa TERSA S.A. proceder a la impermeabilización y funcionamiento de la CELDA N° 9	
SIREMU.OF.JUOR.0250/2014	CELDA N° 9	29/04/2014	Respuesta Nota CITE: TERSA/GG/029/2014	Se instruye a la empresa TERSA S.A. proceder a la impermeabilización y funcionamiento de la CELDA N° 9
SIREMU.OF.JUOR.0413/2015	CELDA N° 10	15/06/2015	Proyecto "Explotación CELDA N° 10	Se acepta la reubicación de la CELDA N° 10
SIREMU.OF.JUSACE.0694/2016	CELDA N° 11	18/11/2016	Proyecto de Explotación - CELDA N° 11	Se aprueba el proyecto CELDA N° 11
SIREMU.OF.JUSAGE.0048/2018	CELDA N° 12	23/01/2018	Implementación CELDA N° 12 Relleno Sanitario de Alpacoma	Aprobar el proyecto explotación CELDA N° 12

CITE	CELDA	FECHA	REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
SIREMU.OF.JUSACE. 0056/2018	CELDA N° 11	25/01/2018	Pruebas de control de calidad de geomembrana CELDA N° 11	Aceptan lo informado
SIREMU.OF.JUSACE. 40/2018	CELDA N° 11 - FASE III	30/01/2018	Aprobación modificaciones al cálculo CELDA N° 11 - FASE III	Cálculo de estabilidad de taludes
SIREMU.INF.RSRS.01 48/2018	CELDA N° 11 - FASE III	17/10/2018	Se recomienda aprobar la construcción de la CELDA N° 11 - FASE III	
SIREMU.OF.JUSAUD FR.0051/2019	CELDA N° 11 - FASE III	04/02/2019	Celda de disposición final	CELDA 11 - FASE III

Fuente: Elaboración propia en base a la información de CELDAS recibida por parte de GAMLP.

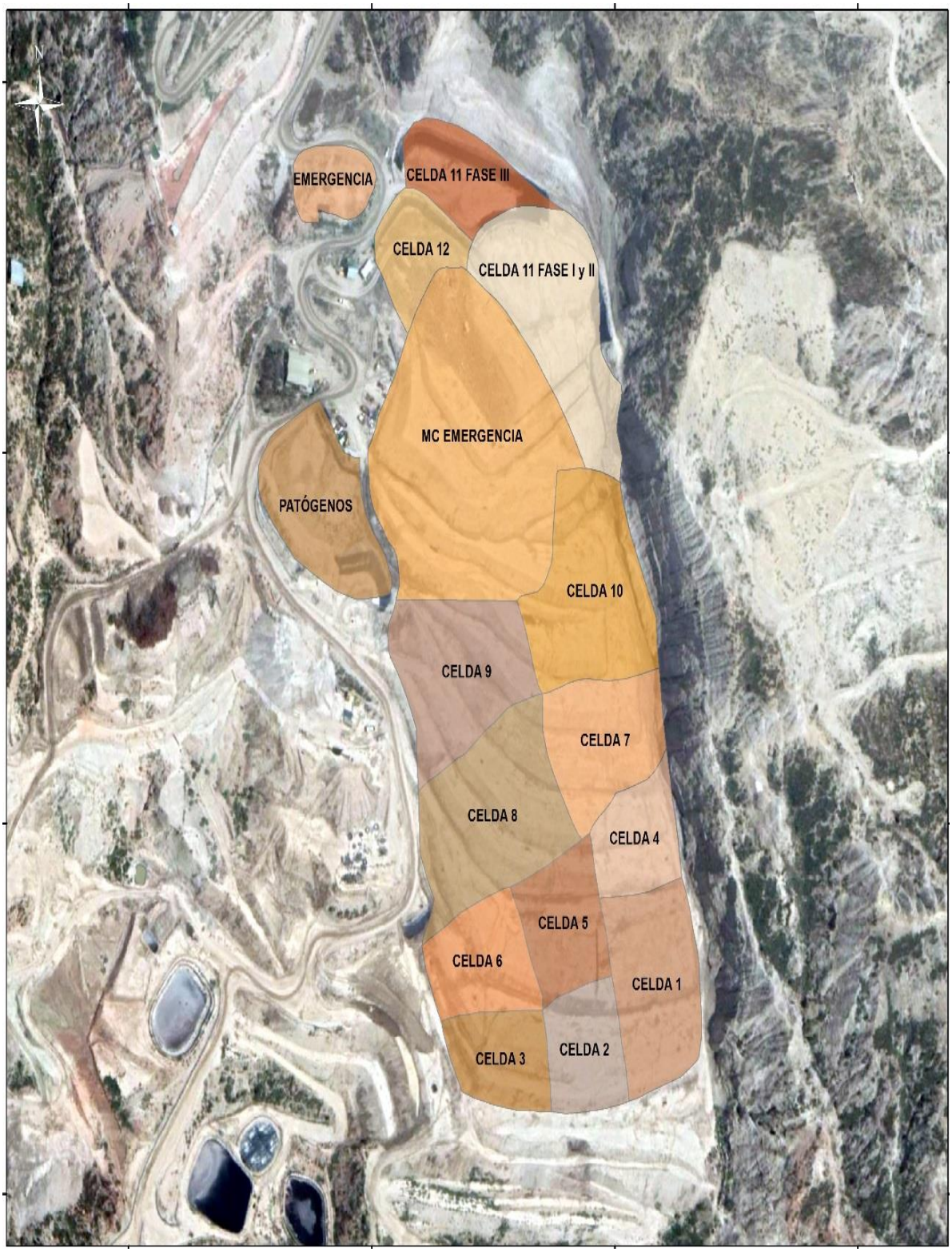


Ilustración 12-6 Ubicación y secuencia de las celdas de residuos construidas
Fuente: Elaboracion Propia

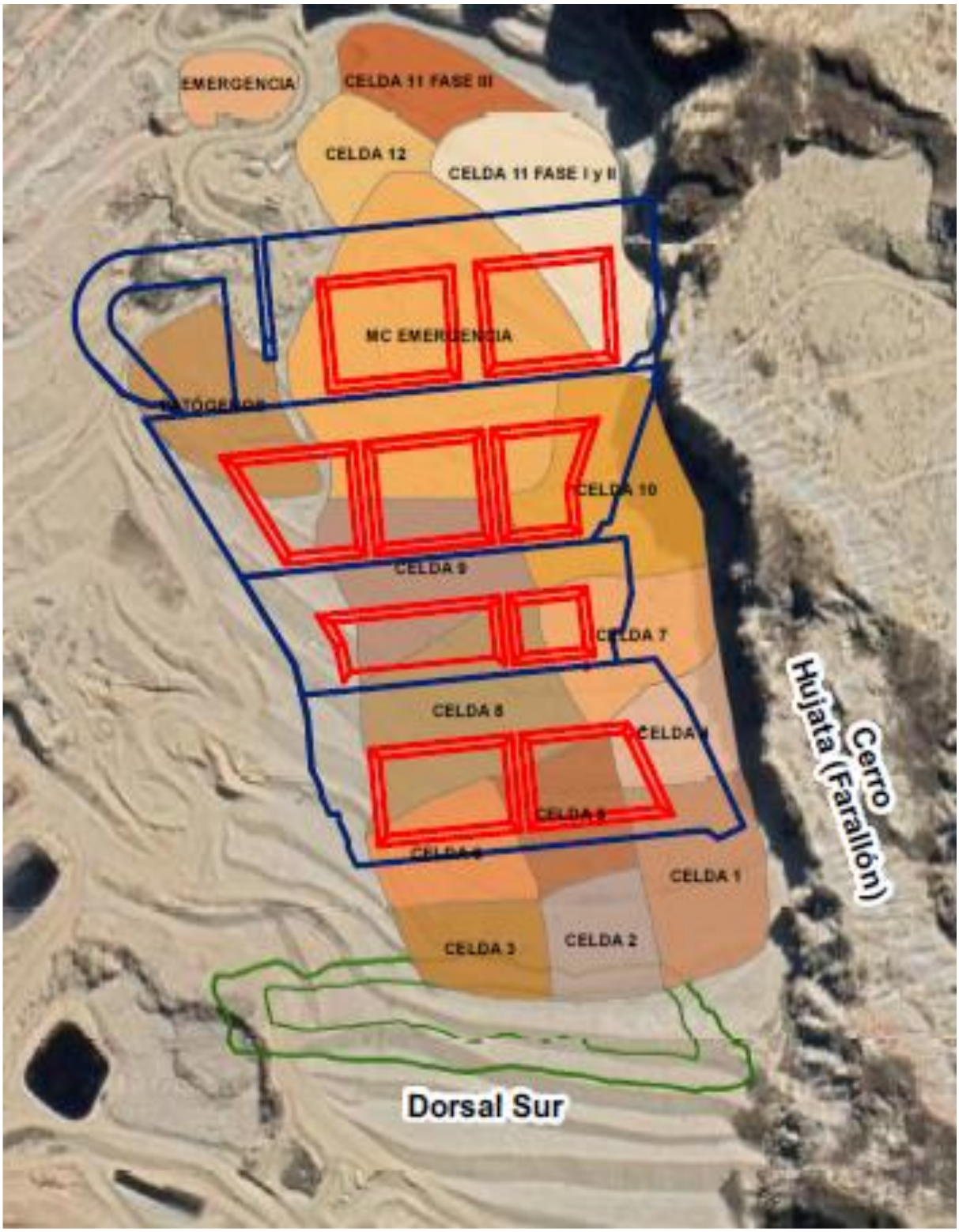


Ilustración 12-7 Comparación entre las celdas construidas versus las celdas del proyecto original
Fuente: Elaboración propia

Actividad 13. Efectividad y Grado de Cumplimiento

13.1 Evaluación de las medidas de respuesta a contingencias implementadas

13.1.1 Desde el punto de vista Legal

En esta fase en el ámbito legal, luego de la recopilación se realizó la revisión de la normativa pertinente a la Auditoría Ambiental, citándose las siguientes:

a) Constitución Política del Estado
b) Ley N° 1178 – Ley de Administración y Control Gubernamentales de 20 de julio de 1990
c) Ley N° 1333 de Medio Ambiente de 27 de abril de 1992
d) El Decreto Supremo N° 24176, de fecha 8 de diciembre de 1995, en su **Artículo 1,** aprueba la reglamentación de la Ley del Medio Ambiente, integrada por los reglamentos de (a) General de Gestión Ambiental, (b) Prevención y Control Ambiental, (c) en Materia de Contaminación Atmosférica, (d) en Materia de Contaminación Hídrica, (e) para Actividades con Sustancias Peligrosas y (f) de Gestión de Residuos Sólidos, así como sus respectivos anexos, instrumentos que forman parte integrante del presente decreto supremo. El Decreto Reglamentario fue modificado mediante los siguientes Decretos Supremos que aprueban normas complementarias:
    i. Decreto Supremo 26705 de 10 de julio de 2002
    ii. Decreto Supremo 28499 de 10 de diciembre de 2005
    iii. Decreto Supremo N° 28592 de 17 de enero de 2006
    iv. Decreto Supremo N° 3549 de 2 de mayo de 2018
e) Ley N° 031 - Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez de 19 de julio de 2010.
f) Ley N° 300 - Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien de 15 de octubre de 2012
g) Ley N° 755 -Ley de Gestión Integral de Residuos de 28 de octubre de 2015.
    - Decreto Supremo N° 2954
h) Resolución Secretarial N° 383 de 28 de noviembre de 1996 que aprueba las siguientes normas y reglamentos técnicos de saneamiento básico:
    i. NB 688-Instalaciones Sanitarias
    ii. NB 689-Instalaciones de agua
    iii. NB-742 a 745 –Medio Ambiente
    iv. NB-746 a 760-Residuos Sólidos

13.1.1 Análisis del Licenciamiento Ambiental

El contexto legal que brinda un paraguas normativo relativo a medio ambiente, manejo de residuos sólidos, las competencias y responsabilidades legales, se encuentran en nuestra economía jurídica de manera dispersa y poco sistematizada. Para una mejor comprensión, se realiza un desglose general siguiendo la jerarquía normativa descrita en el artículo 410 de la Constitución Política del Estado, en su parágrafo I. señala que todas las personas, naturales y jurídicas, así como los órganos públicos, funciones públicas e instituciones, se encuentran sometidos a la presente Constitución.

Por su parte el parágrafo II. Señala que la Constitución es la norma suprema del ordenamiento jurídico boliviano y goza de primacía frente a cualquier otra disposición normativa. La aplicación de las normas jurídicas se regirá por la siguiente jerarquía, de acuerdo a las competencias de las entidades territoriales:

1. Constitución Política del Estado.

2. Los tratados internacionales.

3. Las leyes nacionales, los estatutos autonómicos, las cartas orgánicas y el resto de legislación departamental, municipal e indígena.

4. Los decretos, reglamentos y demás resoluciones emanadas de los órganos ejecutivos correspondientes.

13.1.1.1 Constitución Política del Estado

El artículo 33 de la Constitución Política del Estado, establece que las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado. El ejercicio de este derecho debe permitir a los individuos y colectividades de las presentes y futuras generaciones, además de otros seres vivos, desarrollarse de manera normal y permanente.

El **parágrafo III del artículo 312**, señala que todas las formas de organización económica tienen la obligación de proteger el medio ambiente.

El **artículo 342**, establece que es deber del Estado y de la población, conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

El **artículo 346**, señala que el patrimonio natural es de interés público y de carácter estratégico para el desarrollo sustentable del país. Su conservación y aprovechamiento para beneficio de la población será responsabilidad y atribución exclusiva del Estado, y no comprometerá la soberanía sobre los recursos naturales.

13.1.1.2 Ley del Medio Ambiente N° 1333 de 27 de abril de 1992

Por su parte el **artículo 17** de la Ley del Medio Ambiente señala que es deber del Estado y la sociedad garantizar el derecho que tiene toda persona y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades.

La Ley en el **artículo 19** señala que son objetivos del control de la calidad ambiental los siguientes:

1. Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.
2. Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.

13.1.1.3 Ley de Gobiernos Autónomos Municipales N° 482 de 9 de enero de 2014

El **artículo 1** señala que el objeto de esta Ley es regular la estructura organizativa y funcionamiento de los Gobiernos Autónomos Municipales de manera supletoria.

13.1.1.4 Decreto Supremo N° 24176

A través de este Decreto Supremo se aprueba la reglamentación de la Ley del Medio Ambiente integrada por los siguientes reglamentos:

a. General de Gestión Ambiental,
b. Prevención y Control Ambiental,
c. en Materia de Contaminación Atmosférica,
d. en Materia de Contaminación Hídrica,
e. para Actividades con Sustancias Peligrosas; y
f. de Gestión de Residuos Sólidos,

En el caso del primer reglamento establece que la definición de gestión ambiental es al conjunto de decisiones y actividades concomitantes, orientadas a los fines del desarrollo sostenible.

Define el marco institucional, funciones, atribuciones, competencias y responsabilidades de los diferentes niveles de la administración pública involucrados en la Gestión Ambiental.

Aspectos relativos a la formulación y establecimiento de políticas ambientales, procesos e instrumentos de planificación (PAA, POT y CPs).

Establece las normas, procedimientos y regulaciones jurídico administrativas (DIA, DAA, CDDEEIA, etc.), las instancias de participación ciudadana (OTBs y otras), así como las normas de fomento a la investigación científica y tecnológica, instrumentos e incentivos ambientales.

El Reglamento de Prevención y Control Ambiental, tiene el objetivo de establecer el marco técnico jurídico regulatorio de la Ley de Medio Ambiente en lo referente a la obtención de la Ficha Ambiental, Manifiesto Ambiental, Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, Auditorías Ambientales, Categorización de los impactos ambientales y las autoridades competentes en la materia.

El Reglamento de Contaminación Atmosférica, tiene el objetivo de establecer el marco regulatorio técnico jurídico a la Ley del Medio Ambiente, en lo referente a la calidad y la prevención de la contaminación atmosférica. Establece los sistemas y medios de control de las diferentes fuentes de contaminación atmosférica, fijando además los límites permisibles de las sustancias generalmente presentes en los diferentes procesos de emisión.

El Reglamento de Contaminación Hídrica, tiene el objetivo de regular la prevención de la contaminación y control de la calidad de los recursos hídricos y definir el sistema de control de la contaminación hídrica y los límites permisibles de los potenciales elementos contaminantes, así como de las condiciones físico químicas que debe cumplir un efluente para ser vertido en uno de los cuatro tipos de cuerpos receptores definidos.

El Reglamento Actividades con Sustancias Peligrosas, tiene el objetivo de Reglamentar las actividades con sustancias peligrosas en el marco del Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, estableciendo procedimientos de manejo, control y reducción de riesgos, en la permanente utilización de ciertas sustancias peligrosas para nuestro Hábitat. Además, Fija los procedimientos de registro de actividades con sustancias peligrosas a fin de poder llevar un seguimiento y control de las mismas, exigiendo el

cumplimiento de la normatividad básica a fin de evitar daños al medio ambiente por inadecuado manejo de dichas sustancias.

Finalmente, el Reglamento de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, establece el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la Gestión de los Residuos.

Asimismo, de esta normativa se tiene el siguiente desglose con relación a la Ley N° 1333 de Medio Ambiente:

De acuerdo a la Ley N° 1333, Ley del Medio Ambiente de 27 de abril de 1992, y el Decreto Reglamentario aprobado mediante Decreto Supremo N° 24176 de 9 de diciembre de 1995 se establece las siguientes definiciones:

LICENCIA AMBIENTAL: Es el documento jurídico administrativo otorgado por la Autoridad Ambiental Competente al REPRESENTANTE LEGAL que avala el cumplimiento de todos los requisitos previstos en la LEY y reglamentación correspondiente en lo que se refiere a los procedimientos de prevención y control ambiental. Para efectos legales y administrativos tienen carácter de Licencia Ambiental la Declaratoria de Impacto Ambiental, el Certificado de Dispensación y la Declaratoria de Adecuación Ambiental.

MANIFIESTO AMBIENTAL (MA): Instrumento mediante el cual el REPRESENTANTE LEGAL de un proyecto, obra o actividad en proceso de implementación, operación o etapa de abandono a la puesta en vigencia del presente reglamento informa a la Autoridad Ambiental Competente, del estado ambiental en que se encuentra el mismo y propone un plan de adecuación ambiental, si corresponde. El MA tiene calidad de declaración jurada y puede ser aprobado o rechazado por la Autoridad Ambiental Competente de conformidad a lo prescrito en el presente reglamento.

PLAN DE ADECUACION AMBIENTAL: Consiste en el conjunto de planes, acciones y actividades que el REPRESENTANTE LEGAL proponga realizar en un cierto plazo, con ajuste al respectivo Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, para mitigar y evitar las incidencias ambientales negativas de un proyecto, obra o actividad en proceso de implementación, operación o etapa de abandono.

Por otra parte, se consideraron los siguientes documentos:

1. Contrato GMLP-TERSA 1746/05 de 12 de diciembre de 2005
2. Licencia Eventual PREF-DDRNMA-LE-001-04
3. Manifiesto Ambiental de 27/10/10
4. Licencia Ambiental N° 020101-10-DDA-1617/10 de 27 de octubre de 2010

Cronológicamente se tiene los antecedentes del Manifiesto Ambiental del Relleno Sanitario Nuevo Jardín:

a. El 29 de septiembre de 2004, la Prefectura del Departamento de La Paz emite la Licencia Eventual PREF-DDRNMA-LE-001-04, en el marco del artículo 86 del Reglamento de Residuos Sólidos. El lapso de la licencia es de 8 meses.
b. El 17 de junio de 2005, se otorga una ampliación de la licencia eventual por 6 meses.
c. El 28 de diciembre de 2005, se amplía la licencia eventual por 12 meses.

d. El 27 de agosto de 2007, por nota PDLP-SDRRNNMA-OMA-C-450/07 de 27 de agosto de 2007, emitida por la entonces Prefectura del Departamento de La Paz, se comunica la ampliación de la Licencia Eventual PREF-DDRNMA-LE-001-04, por el lapso de 8 meses computables a partir del 29 de agosto de 2007.
e. El 15 de enero de 2008, se amplía la licencia eventual por 6 meses.
f. El 25 de abril de 2008, por nota PDLP-SDPP-C-3-33/00, emitida por la entonces Prefectura del Departamento de La Paz, se comunica que la Licencia Eventual PREF-DDRNMA-LE-001-04, ha sido ampliada por un periodo de 5 meses, computables a partir del 28 de abril de 2008
g. El 28 de octubre de 2008, se amplía la licencia eventual por 12 meses.
h. El 28 de octubre de 2009, la entonces Prefectura del Departamento de La Paz. autoriza la continuación de un Plan de Emergencia para la prevención, Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental de 6 meses (Licencia Eventual PREF-DDRNMA-LE-001-04).
i. El 28 de abril de 2009, se amplía la licencia eventual por 3 meses.
j. El 27 de octubre de 2010 el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, emite la Licencia Ambiental N° 020101-10-DDA-1617/10 que textualmente señala:

   "…el Manifiesto Ambiental N° MA 1617, correspondiente a la actividad "RELLENO SANITARIO NUEVO JARDIN", ubicado en el municipio de La Paz, Provincia Murillo del Departamento de La Paz y Representada Legalmente por el señor Dr. Luis Antonio Revilla Herrero, ha dado cumplimiento a lo requerido en el RCPA, por tanto, queda autorizado para continuar con su funcionamiento de acuerdo al Plan de Adecuación Ambiental, Programa de Monitoreo y al Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental presentados".

k. Por Resolución Ejecutiva N° 1321/2013 de 2 de mayo de 2013, el Alcalde Municipal de La Paz, Sr. Luis Revilla Herrero, dispone:

   "Artículo Primero.- Delegar al Director de Gestión Ambiental, Ing. Rubén Darío Ledezma con Cédula de Identidad N° 3323863 L.P., la representación del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz en materia ambiental para la presentación de instrumentos de Regulación de Alcance Particular (IRAP), Ficha Ambiental, Programa de Prevención-Mitificación y Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PPM-PASA), Solicitudes de Certificado de Dispensación Categoría 4, Solicitud de actualización del Certificado del Registro de Consultores Ambientales (RENCA) institucional, Informes de Monitoreo Ambiental, Manifiestos Ambientales (MA), Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), Licencia para Actividades de Sustancias Peligrosas (LASP), Registros Ambientales Industriales (RAI), Manifiesto Ambiental Industrial (MAI), Plan de Manejo Ambiental…Actualización y Renovación de Licencias Ambientales y demás documentos de carácter ambiental que debieran ser presentados por el GAMLP según corresponda a la normativa ambiental vigente."

Decreto Supremo N° 24176, de fecha 8 de diciembre de 1995, en su Artículo 64, indica las Licencias Ambientales quedarán sin efecto:

a. cuando el plazo hubiera llegado a su término y no existiera solicitud de renovación;
b. por renuncia del solicitante;
c. por modificación o ampliación de la actividad inicial;

d. por incumplimiento a la legislación ambiental;
e. por incumplimiento a lo establecido en los documentos aprobados por la Autoridad Ambiental Competente.

La Ley N° 1333, en su **artículo 99** indica que las contravenciones a los preceptos de esta Ley y las disposiciones que de ella deriven serán consideradas como infracciones administrativas, cuando ellas no configuren un delito. Estas violaciones serán sancionadas por la autoridad administrativa competente y de conformidad con el reglamento correspondiente.

El Decreto Supremo N° 28592 de 17 de enero de 2006, en su TÍTULO III MODIFICA EL TÍTULO IX DEL RGGA Y TÍTULO IX DEL RPCA SOBRE INFRACCIONES ADMINISTRATIVAS, SANCIONES Y PROCEDIMIENTOS, que en su Artículo 17, establece las clases de infracciones administrativas, en el marco del artículo 99 de la Ley del Medio Ambiente.

13.1.2 Comparación de Diseños en el M.A con lo representado en RSNJ

13.1.2.1 Cumplimiento al PAA, PASA

Se ha revisado y examinado el Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) que consta en el documento del Manifiesto Ambiental presentado por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, se tiene en el punto 4 las siguientes obligaciones:

1. Elaboración de informes semestrales referentes al grado de cumplimiento de cada una de las medidas de mitigación para cada uno de los factores identificados susceptibles de ser afectados. El documento de contrastación sobre este punto se presenta en la siguiente captura de pantalla:

4. PREVISIÓN DE ELABORACIÓN DE INFORMES

Se prevé la elaboración de informes semestrales referentes al grado de cumplimiento de cada una de las medidas de mitigación para cada uno de los factores identificados susceptibles de ser afectados. Dichos informes serán remitidos a la autoridad ambiental con la siguiente información.

1. Información general de la actividad
2. Ubicación
3. Dirección
4. Persona de Contacto
5. Informe sobre los controles y monitoreo de los factores ambientales identificados.
6. Registro de residuos sólidos decepcionados
7. Acciones correctivas ejecutadas
8. Futuras acciones planificadas en el Relleno

5. LEGISLACIÓN APLICABLE

Ley 1333 del Medio Ambiente
Reglamento de Gestión Ambiental

Ilustración 13-1 Captura de Pnatalla del PASA (1)
Fuente: Elaboracion Propia en base al PASA

2. Por otra parte, el Decreto Supremo 24176, en el artículo 9, incisos d) y e) establece las siguientes obligaciones para el GAMLP:

   d) revisar los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental y Manifiestos Ambientales y elevar informe al Prefecto para que emita, si es pertinente, la DIA o la DAA, respectivamente, de acuerdo con lo dispuesto por el RPCA;

   e) ejercer las funciones de control y vigilancia a nivel local sobre las actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente y los recursos naturales;

   - Dentro del Plan de Contingencia no Operacionales del RSNJ, en el punto 8.1., estableció:

Tabla 8.1 - Continuación

Plan de Contingencia No Operacionales del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma

Medidas de Contingencia	Recursos de Aplicación	Sistema de Turnos	Responsable de Aplicación
Conducción de líquidos lixiviados a piscinas de almacenamiento	Mínimo dos bombas disponibles en terreno, capacidad igual o superior a 2" y 200m de politubo, además de equipos generadores.	Operativo en todos los turnos, además de la asignación de personal capacitado con experiencia en este tipo de manejo.	Supervisor de campo
Plan de monitoreo especial	Profesionales de monitoreo y equipos disponibles por la empresa encargada especializada.	Preferentemente en horario diurno, conforme al número de monitoreos y disposición de la empresa encargada	Responsable ambiental
Recirculación de líquidos a la masa de residuos y/o conducción a piscinas con capacidad de almacenamiento	Sistema de recolección de líquidos lixiviados, que incluye bombas de alimentación, red de impulsión y equipos generadores.	Operativo en todos los turnos, además de la asignación de personal capacitado con experiencia en este tipo de manejo. Ante eventos mayores, se doblarán los turnos de operación	Ingeniero Jefe de Relleno y supervisor de turno

Ilustración 13-2 Captura de Pantalla del PASA (2)
Fuente: Elaboracion Propia en base al PASA

Este plan dispuso un monitoreo especial, a cargo de profesionales de monitoreo y equipos disponibles por la empresa encargada especializada. Sin embargo, no existe documentación que se esta tarea fuese realizada de parte del GAMLP, o de parte de empresa concesionaria TERSA S.A.

Actividad 14. Cumplimiento del Manifiesto Ambiental Aprobado y Plan de Contingencias

14.1 Punto de Vista Técnico Ambiental

14.1.1 Introducción.

Para obtener la Licencia Ambiental de una Actividad, Obra o Proyecto (AOP), el D.S. N° 24176 a través del Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA) dispone en su Art. 2°, que su aplicación será en función a la etapa de la AOP (al momento de la aprobación del decreto), cuando una AOP se encuentre en su fase de inversión o carácter previo a su ejecución, el trámite ambiental corresponde a través de un *Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA)*, para las AOP's en proceso de implementación, operación o etapa de abandono la Licencia Ambiental se tramitará a través un Instrumento de Regulación de Alcance Particular (IRAP) conocido como Manifiesto Ambiental.

Como antecedente se informa que el 30 de octubre de 2004 se produjo el cierre del Relleno Sanitario de Mallasa *(Fuente: Agencia de Noticias Fides, ANF, internet)*, lo que implica que el Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma (RSNJ), se encontraba recibiendo los residuos sólidos municipales, sin embargo, un mes antes Alpacoma ya estaba operando en el confinamiento de residuos sólidos municipales.

Con anterioridad a esta fecha el Proyecto RSNJ debió iniciar su trámite ambiental bajo la modalidad de Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), proseguir hasta su culminación y operar al amparo de una Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA).

14.1.2 Procedimiento Técnico Administrativo de Licencias Ambientales Eventuales

Se procede a un análisis de antecedentes de la obtención de las licencias ambientales eventuales, aunque no corresponde estrictamente al cumplimiento del Manifiesto Ambiental, sin embargo, la consideración de la vida útil de la AOP se basa en el tiempo de operación del RSNJ desde el año 2004.

El Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA), Art. 96° , inc. a) dispone que constituye una contravención a la legislación ambiental: "*el iniciar una actividad o implementar una obra o proyecto sin contar con el certificado de dispensación a la DIA, según corresponda*" y es aplicado para todas las AOP.

Las actividades del RSNJ iniciaron sus operaciones el 1º de octubre de 2004[57] dentro de un ámbito de emergencia, basaron la legalidad de su operación en el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS), Art. 86°: "*La licencia eventual se concederá para resolver situaciones imprevistas, con un periodo de funcionamiento establecido por las autoridades competentes, que podrá ser prorrogado en los casos y condiciones que normativamente se determinen*". Las licencias eventuales tuvieron una vigencia con sucesivas ampliaciones por cinco años y medio desde el 29 de septiembre de 2004 hasta el 28 de abril del 2010. En síntesis, se muestra una evaluación de la correspondencia disponible que sostiene del procedimiento del licenciamiento eventual como sigue:

[57] Dato extraído del Manifiesto Ambiental, 2010

Tabla 14-1 Síntesis de la correspondencia
(Que respalda el procedimiento administrativo del Licenciamiento Eventual del RSNJ)

Nombre de la Licencia	Código	Hoja de ruta y fecha de la nota	Tiempo de la licencia	Normativa de referencia	Descripción de autorización	Solicitudes
Licencia Eventual	PREF – DDRNMA – LE – 001 – 04	29/09/2004 (año asumido por la correlación de notas)	8 meses	Ley N° 1333, Arts. 17°, 18° y 19° y Art. 86° de RGRS.	Se autoriza dar continuidad a la implementación del PLAN DE EMERGENCIA PARA LA PREVENCION, MITIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL.	Cumplimiento estricto.
Ampliación de LE	-	DP-C-824/2005 de 15/06/2005	Ilegible	Art. 86° de RGRS	Formato digital disponible ilegible	Ilegibles
Ampliación de la LE y aprobación del Plan de Emergencia para la Prevención y Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental del proyecto RSNJ Macro celda 1.	PREF-DDRNMA-LE-001-04	PREF-DDRNMA-UMA-C-1185/05 28/12/2005	12 meses. En función al tiempo que se presente la evaluación Técnica legal solicitada por el Municipio de Achocalla	Art. 86° de RGRS	Aprobación para implementación de Macrocelda 1 dentro del proyecto RSNJ cite DCA N 1476/2005 de fecha 19/12/2005.	Se solicita presentar informes semestrales referentes a medidas de mitigación y monitoreo a cada etapa de la implementación de la Macrocelda 1.
Ampliación de la LE y aprobación del Plan de Emergencia para la Prevención y Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental del proyecto RSNJ Macro celda 2.	-	PREF-SDRNMA-DMA N° 965/2006 21/12/2006	8 meses a partir del 28/12/2006 ampliada o reducida una vez realizada la Evaluación Técnico Legal solicitada por el Municipio de Achocalla	Art. 86° de RGRS	Aprobación para implementación de Macrocelda 2 dentro del proyecto RSNJ cite DCA N° 3105/2006 de fecha 06/12/2005	Solicita EEIA que considere los resultados de la Evaluación Técnico Legal, mientras dure esta ampliación.

Nombre de la Licencia	Código	Hoja de ruta y fecha de la nota	Tiempo de la licencia	Normativa de referencia	Descripción de autorización	Solicitudes
Ampliación LE – Macrocelda 2	PREF-DDRNMA-LE-001-04	PDLP-SDRRNNMA-DMA-C-458/07 27/08/2007	8 meses a partir de 29 de agosto de 2007	Art. 86° de RGRS	Aprobación de la solicitud de ampliación de la LE.	Solicita cumplimiento estricto de plazos establecidos en el cronograma presentado por la DCA del GMLP. Las omisiones serán sancionadas con la suspensión de la Licencia eventual.
Ampliación de LE. RSNJ Macrocelda 2	PREF-DDRNMA-LE-001-04	PDLP-SDDP-C-333/08 25/04/2008	5 meses a partir de 28 de abril de 2008	Art. 86° de RGRS	-	Cumplimiento estricto del plazo establecido.
Ampliación de LE	PREF-DDRNMA-LE-001-04	PDLP-AMA-C-230/08 28/10/2008	12 meses a partir del 29/10/2008	-	Nota original no disponible, se adjunta una aclaración de la fecha de prórroga de la LE.	Información no disponible. Referencia los informes PDLP-DRRNN-MA-AMA-I-204/08 (13/10/08) y PDLP-DRRNNMA-AMA-I-152/08 (28/10/08)
Licencia Eventual	PREF-DDRNMA-LE-001-04	28 de octubre de 2009	6 meses	Arts. 17, 18 y 18 de la Ley N° 1333 y Art. 86° de RGRS	Autoriza la implementación del Plan de Emergencia para la Prevención. Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental.	Cumplimiento estricto del Plan mencionado y los reglamentos correspondientes.

Fuente: Elaboración Propia.

La Licencia Eventual fue ampliada en siete (7) oportunidades, aprobando "Planes de Emergencia para la Prevención y Mitigación, Seguimiento y Control Ambiental" para las Macroceldas 1 y 2, aplicando el criterio de la existencia y vigencia de la emergencia inicial.

Cabe resaltar que el que el RGRS, Art. 87° indica: "*Cualquiera de las Licencias a las que se refieren los Artículos 84°, 85° y 86° podrá ser revocada según los causales y condiciones establecidos en el Reglamento General de Gestión Ambiental, sin eximir de responsabilidades posteriores al propietario u operador del relleno sanitario*". Con la clara aplicación de estos artículos para ***situaciones de imprevista y tiempos limitados***, se observa que este procedimiento entró en tiempos de cobertura que no justifican la situación de emergencia que requiere el Art. 86° e incluyó ampliaciones, aspectos que fueron resaltados por la AACD en su nota PDLP-AMA-C-0574/10 de fecha 18 de mayo de 2010 la que exige la **situación imprevista** que motive a una sexta prórroga al sexto año del funcionamiento de esta actividad, por tanto, el Art. 86° fue aplicado de manera parcial sin el complemento de otros artículos y reglamentos del mismo Decreto Supremo.

14.1.3 Procedimiento Técnico Administrativo de la Licencia Ambiental Definitiva

El Manifiesto Ambiental es sistematizado a partir de la aplicación del procedimiento administrativo iniciado ante la Prefectura Departamental de La Paz avalado, posteriormente aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, como sigue:

Tabla 14-2 Síntesis de la correspondencia
(Que respalda el procedimiento administrativo del Licenciamiento Ambiental del RSNJ)

Instituciones involucradas	Referencia de la nota	Hoja de ruta y fecha de la nota	Normativa de referencia	Descripción de la nota	Solicitudes
De: Gobierno Municipal de La Paz Para: Prefectura Departamental de La Paz	Solicitud inicial de la licencia definitiva a través de la presentación del documento Manifiesto Ambiental a la Prefectura Departamental de La Paz.	No disponible	Ley 1333, RGGA, RPCA	No disponible, a través de la correspondencia de seguimiento se avala el inicio de la tramitación con la instancia ambiental de competencia.	No disponible
De: Gobierno Municipal de La Paz Para: Prefectura Departamental de La Paz	Respuesta a observaciones	CITE: DCA-UCA N° 233/201 28/04/2010	RGCA	Respuesta nota de solicitud de correcciones y aclaración a observaciones realizadas al informe MA.	No disponible
De: Prefectura Departamental de La Paz Para: Dirección General de Gestión Integral de RS. Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, MMAyA	Solicito Consideraciones técnicas al MA de RSNJ de Alpacoma del Municipio de La Paz.	CITE: PDLP-AMA-C-0555/10 recibida en fecha 17/05/2010	Mantiene su jurisdicción con el Art. 10° del RPCA.	Requiere una evaluación técnica especializada, para dar lugar a una correcta EIA. Otorga un ejemplar del MA.	Solicita consideraciones técnicas de la operación del MA para RSNJ, pone a consideración los conflictos sociales de pobladores aledaños.
De: Gobierno Municipal de La Paz Para: Prefectura Departamental de La Paz	Silencio Administrativo positivo	CITE: DCA-UCA N°315/2010 19/07/2010 recibida el 20/07/2010	Art. 146° RPCA	Resalta la nota con CITE: DCA-UCA N° 233/2010 del 28/04/2010. Con la respuesta a observaciones realizadas al MA de fecha 13/04/2010, se realiza la presente nota al no existir respuesta del GADLP, cumplido el plazo de 30 días hábiles para su segunda evaluación.	Se solicita se proceda con el trámite a través del Silencio Administrativo y la devolución de 3 ejemplares del MA.

Instituciones involucradas	Referencia de la nota	Hoja de ruta y fecha de la nota	Normativa de referencia	Descripción de la nota	Solicitudes
De: Gobierno Municipal de La Paz Para: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos	Revisión Manifiesto Ambiental Relleno Sanitario "Nuevo Jardín"	CITE: DCA-UCA N° 316/2010 20/07/2010	Art 142° del RPCA	Informa que no se tuvo respuesta por parte del GADLP a la presentación de las respuestas a las observaciones realizadas por dicha instancia, en el plazo establecido.	Se solicita la revisión del MA a fin de obtener la Licencia Ambiental permanente,
De: Gobierno Municipal de La Paz Para: Prefectura Departamental de La Paz	Respuesta a nota CITE: DCA-UCA N°315/2010 (Silencio Administrativo Positivo)	CITE: DSACC-C-114/10 21/07/2010	-	Rechazo a nota DCA-UCA N°315/2010 recibida el 20/07/2010, referente a Silencio Administrativo Positivo y solicitud de 3 ejemplares del MA.	Subsanar las observaciones al MA realizadas por la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos, dependiente del MMAyA.
De: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos. VMA-MMAyA Para: Gobierno Municipal de La Paz.	Manifiesto Ambiental Relleno Sanitario "Nuevo Jardín"	MMAyA-VMA-DGMACC N° 3673/10 28/07/2010	-	Da curso al procedimiento de Silencio Administrativo interpuesto a la Gobernación Departamental de La Paz. refiriéndose a la nota de remisión de copia del MA DCA-UCA N° 316/2010, recepcionada en fecha 20/07/2010,	El MMAYA solicita el envío del documento original del MA para una apreciación más clara.
De: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos. VMABCC-MMAyA Para: Dirección de Calidad Ambiental, Gobierno Municipal de La Paz.	Primera revisión de la actividad Relleno Sanitario Nuevo Jardín.	MMAyA-VMA-DGMACC MA 1617/10 25/08/2010	-	Nota de CITE: DCA-UCA N° 394/2010 recibida en fecha 09/08/2010, devolviendo MA para las correcciones de observaciones.	Las correcciones deben ser incluidas en el cuerpo del documento, presentarlo en 3 ejemplares en un plazo de 30 días hábiles, tomar en cuenta el art. 7° del D.S. 28592.
De: Gobierno Municipal de La Paz Para: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos. VMABCC-MMAyA	Manifiesto Ambiental Relleno Sanitario Nuevo Jardín.	GAMLP DESP. 715/2010 Recibida en fecha 01/10/2010	-	Entrega el MA corregido y dos copias en respuesta a la nota MMAyA-VMA-DGMACC MA 1617/10	

Instituciones involucradas	Referencia de la nota	Hoja de ruta y fecha de la nota	Normativa de referencia	Descripción de la nota	Solicitudes
De: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos. VMABCC-MMAyA Para: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz	Aprobación del MA "Relleno Sanitario Nuevo Jardín"	MMAyA-VMA-DGMACC-MA 1617(a)/10 De 27/10/2010 recibida en fecha 05/11/2010	Art. 103° RPCA	Otorga la Declaratoria de Adecuación Ambiental. Comunica inspecciones periódicas a la actividad.	Solicita la presentación del primer Informe de Monitoreo ante la misma instancia ambiental, señalando la ubicación de los pozos y cronograma de monitoreo de aguas subterráneas.
	LA – DAA 020101 – 10 –DAA – 1617/10	27 de octubre de 2010	Ley N° 1333, arts. 17°, 18° y 19°.	Autoriza al Representante Legal Dr. Luis Antonio Revilla Herrero, para continuar con el funcionamiento de la actividad "Relleno Sanitario Nuevo Jardín", de acuerdo al PAA, PM y PASA.	Solicita dar cumplimiento estricto al PAA, PM y PASA.
De: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos. VMABCC-MMAyA Para: Prefectura Departamental de La Paz	Atención a solicitud de copia de MA de la actividad RSNJ.	CAR/MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/UPCAM/CRT 1617 N°1674/2016 De fecha: 06 de agosto de 2016	-	Refiere nota con CITE: GADLP/SDDMT/DSACC/NEX-1236/2016 DE FECHA 29/06/2016. Responde solicitud de copia de MA, otorga una copia del MA aprobado y reafirma la competencia legal del GADLP para seguimiento y control ambiental.	Solicita a esta institución la fiscalización de la AOP.
De: Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos. VMABCC-MMAyA Para: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz	Para su conocimiento	CAR/MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/UPCAM/CRT 1617 N°1675/2016 De fecha: 05 de agosto de 2016	-	Comunica a GAMLP la solicitud de una copia del MA por parte del GADLP, la remisión del MA y la reafirmación de competencias a esta institución, para su procesamiento, seguimiento y control ambiental.	Ninguna

Fuente: Elaboración propia.

14.1.3.1 Alcance del Manifiesto Ambiental

La Licencia Ambiental permanente otorgada el 27 de octubre de 2010 a la AOP, Relleno Sanitario Nuevo Jardín (RSNJ) bajo el código N° 020101-10-DAA-1617/10, tiene un alcance definido contenido en el Manifiesto Ambiental aprobado, el cual debería describir adecuadamente los aspectos medioambientales y sociales del sitio de emplazamiento del RSNJ, así como dar una vista detallada de los procesos que se llevan a cabo en la AOP, la descripción de las deficiencias y sus efectos, las medidas de adecuación ambiental y las metodologías de seguimiento al cumplimiento de estas medidas.

Asimismo, los análisis de riesgos, planes de contingencias, planes de higiene y seguridad ocupacional, estudios relacionados a los procesos de la AOP y sus impactos ambientales y manejo de sustancias peligrosas. Por último, el Manifiesto Ambiental debe contener un Plan de Cierre que asegure minimizar los impactos ambientales en la etapa de futuro inducido de la AOP.

14.1.3.2 Aspectos Generales de la AOP

El RSNJ (Relleno Sanitario Nuevo Jardín) se encuentra ubicado en la localidad de Bajo Alpacoma, distrito 10 del municipio de La Paz, Macro distrito 5, provincia Murillo del departamento de La Paz. Inicia sus actividades el 01 de octubre de 2004, especificando una vida útil de 13 años.

Al momento de la emisión de la Licencia Ambiental el RSNJ tiene el objetivo general:

> "*Contar con un Relleno Sanitario Municipal que resuelva a mediano y largo plazo la gestión de residuos sólidos de manera integrar en lo relativo a la disposición final, en el marco de las especificaciones técnicas señaladas en las normas boliviana, reglamentos ambientales vigentes y en concordancia con el Plan de Ordenamiento Urbano del Municipio de La Paz, donde los beneficiarios finales, corresponden a la población total de la ciudad de La Paz*" (Pág. 63 del Manifiesto Ambiental-MA).

Se especificó que el área total del Relleno Sanitario sería de 40 hectáreas, dentro de las cuales 20 Ha comprendería la superficie total de la AOP y las restantes 20 Ha estarían consideradas como área de amortiguamiento.

Dada la naturaleza del servicio público que prestaba la AOP, el periodo de trabajo establecido comprende tres turnos de trabajo diarios, los siete días a la semana y los 12 meses del año. Para lo cual el personal necesario para la operación del RSNJ se desglosa a continuación:

Tabla 14-3 Descripción del personal del RSNJ reportado en el Formulario del MA

Descripción	Cantidad
Personal técnico	26
Personal administrativo	20
Obreros	70
Personal eventual	10
Total	**126**

Fuente: Manifiesto Ambiental.

Las poblaciones colindantes y los sitios o formaciones identificados en el Manifiesto Ambiental son:

Tabla 14-4 Descripción de las colindantes del RSNJ reportado en el Formulario del MA

Colindante	Formaciones/Lugares	Población
NORTE	Formación geológica del cerro Challoloma	Macro distrito Cotahuma
SUR	Mallasilla y río Achocalla	Macro distrito Mallasa
ESTE	Serranía Azusinani	Macro distrito Sur
OESTE	Río Alpacoma y serranía Huancarani, límite jurisdiccional del municipio de La Paz	Ciudad de El Alto

Fuente: Manifiesto Ambiental.

14.1.3.3 Descripción de la Actividad

La actividad principal es "Disposición final de residuos sólidos", que comprende dos macroprocesos:

A. Disposición final de residuos sólidos domiciliarios
B. Disposición final de residuos patógenos

Dentro de los cuales se tienen 22 actividades o etapas:

Tabla 14-5 Detalle de los procesos y actividades reportados en el Punto 3 del MA

Macroprocesos	Procesos	Etapas
Disposición final de residuos sólidos domiciliarios	Construcción celdas de residuos sólidos	Desbroce
		Replanteo
		Acondicionamiento
		Movimiento de tierras
		Construcción de cortes y taludes
		Peinado de taludes
		Pendientes de la base de la celda
		Sistema de impermeabilización
		Sistema de drenaje de lixiviados
		Sistema de evacuación de biogases
	Operación de las celdas residuos domiciliarios	Registro y pesaje de vehículos
		Playa de descarga y plataforma de descarga
		Zona de descarga
		Construcción de la celda diaria
		Distribución y compactación de residuos sólidos
		Drenajes intermedios de lixiviados
		Cobertura final
		Selección del sitio
		Construcción-habilitación de la celda especial

Macroprocesos	Procesos	Etapas
Disposición final de residuos patógenos	Construcción de celdas residuos patógenos	Sistema de impermeabilización de la celda especial
	Operación de la celda diaria de residuos patógenos	Operación de la celda de patógenos
		Cobertura final de la celda especial

Fuente: Manifiesto Ambiental.

La infraestructura reportada en el Manifiesto Ambiental comprende:

- Oficinas TERSA
- Oficinas SIREMU
- Tinglado de mantenimiento
- Caseta Planta de Tratamiento Lixiviado
- Caseta de Seguridad

A la emisión de la Licencia Ambiental se tenía reportada una capacidad máxima de tratamiento de 16.651 ton/mes residuos sólidos asimilables a domiciliarios diarios.

14.1.3.4 Análisis de las conclusiones del Estudio Geológico del documento del Manifiesto Ambiental del Relleno Sanitario Nuevo Jardín (septiembre 2010)

El documento del Manifiesto Ambiental presenta información de descripciones detalladas de Geología y procesos geológicos a nivel regional y local, asi también como información de características geotéctinas de los materiales a nivel regional, este estudio geológico geotécnico fue desarrollado en el Anexo 5 bajo el título “Identificación de aspectos geológicos críticos en el área destinada al nuevo relleno sanitario de Alpacoma” presentando criterios que permitían establecer los riesgos geológicos del área destinada a la operación del RSNJ y tomar acciones y decisiones futuras que mitiguen los riesgos antes y durante la construcción de las “obras proyectadas” que conformarían parte del RSNJ, es decir, de las celdas, estanques, sistemas de captación de drenaje pluvial, lixiviados, etc.

Las conclusiones más relevantes del Anexo 5 del Manifiesto Ambiental son:

- El área de estudio en general no presenta las mejores condiciones geológicas geotécnicas para obras de un relleno sanitario por los siguientes criterios:
  - El área presenta características con intensa actividad geológica con rasgos de inestabilidad geodinámica como ser, deslizamientos, asentamientos, derrumbes, sifonamientos y otros.
  - Actividad hídrica temporal
  - Comprometía la estabilidad del suelo y obras por saturación de suelos y erosión superficial intensa.
- El agente más importante que causa los efectos morfológicos e inestabilidad de los suelos es el agua pluvial por la intensa erosión superficial y la acción del agua meteórica, especialmente de diciembre a marzo.
- La erosión superficial es intensa debido al escurrimiento de agua pluvial que socava y ensancha su cauce formando canales y cárcavas profundas que buscan su nivel de base local, constituido por el río Alpacoma.

- El agua meteórica[58] por acción erosiva en la zona vadosa[59] ocasiona sifonamiento, con diámetros importantes que constituyen un peligro potencial de colapso para las celdas del relleno sanitario.
- La saturación de los suelos por efecto del agua vadosa en época de lluvias podría e incrementar la pastosidad de las arcillas, ocasionando inestabilidad en los taludes y en la misma masa del suelo ocasionando escurrimiento por fluidez.
- Las aguas superficiales que se insumen por grietas y fracturas en los materiales deslizados, posiblemente escurren sus aguas por los planos de contacto entre suelos deslizados antiguos o nuevos con mayor o menor grado de compactación y la Formación La Paz[60], constituyendo potenciales planos de deslizamiento.
- La profundidad del nivel freático se encontraría a una profundidad de más de 100 metros y no presenta posibilidad de contaminación de lixiviados.
- Los suelos son sueltos, muy permeables y de poza cohesión como producto de los movimientos en masa y coadyuvan el modelado y formas del terreno superficial. A mayor profundidad los sedimentos de la Formación La Paz, parecen más compactos e impermeables.
- Los derrumbes, asentamientos y deslizamientos están relacionados con la socavación de las laderas de ríos y quebradas, que presentan en muchos casos paredes casi verticales de más de 50 metros como en el río Alpacoma y otras quebradas, así como una posible influencia de la actividad tectónica.
- La ladera este del río Alpacoma constituye la zona de mayor riesgo, donde se muestra la mayor dinámica geológica y se pueden observar deslizamientos y derrumbes de magnitud, colapsos y remoción en masa.

14.1.3.5 Impactos Ambientales y Medidas de Adecuación Ambiental

Dado que el Relleno Sanitario ya se encontraba en operación en la gestión 2010, era pertinente evaluar los impactos ambientales que se tenían al momento de la presentación del Manifiesto Ambiental en base a los procesos y actividades definidos en el punto 3 del MA (Ver tabla 3.2.1-1). Una vez evaluados los impactos ambientales se procede a la elaboración de propuestas para adecuar las deficiencias ambientales de la AOP, a través del Plan de Adecuación Ambiental (PAA) y el Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA), con el fin de controlar la aplicación de los compromisos ambientales. En el presente documento se realiza una evaluación de ambos planes en el punto 4.2.

14.1.3.6 Planes de Contingencias

Los planes de contingencias presentados en el MA han sido elaborados de manera general para responder los siguientes eventos:

- Eventos climáticos extremos

[58] Agua meteórica: término aplicado al agua que penetra por arriba en las rocas, p. ej.: lluvia, rocío, nieve, y también el agua de los ríos y corrientes ()

[59] Zona vadosa: o zona no saturada, da cuenta de los materiales y estructuras que acecen entre la superficie terrestre emergida y las aguas subterráneas.

[60] Formación La Paz: Estrato sedimentario de origen Flavio lacustre de edad pliocena. En el área del RSNJ afloran sedimentos ligeramente plegados, con ángulos de buzamiento que varían de 3 a 15°, constituidos por arena de grano fino, limos arcillosos, arcillas y lentes de gravas.

AA ALPA 503

- Afloramiento de líquidos lixiviados
- Infiltración de líquidos lixiviados hacia subsuelos
- Deterioro del sistema de impermeabilización basal
- Asentamientos diferenciales
- Generación de grietas
- Contaminación de agua subterránea
- Contaminación de aguas superficiales
- Aumento de generación de líquidos lixiviados
- Rebalsamiento de líquidos lixiviados
- Falla en planta de tratamiento de líquidos lixiviados
- Falla de equipos en operación directa
- Cortes de energía eléctrica
- Accidentes en caminos
- Accidentes de trabajo
- Derrame de productos químicos
- Incendio y/o explosión
- Fenómenos naturales
- Derrumbes deslizamientos movimientos de masa
- Saturación de agua y hundimientos

14.2 Evaluación del Manifiesto Ambiental

Para realizar la evaluación de la información presentada, en el Manifiesto Ambiental, se aplican tres lineamientos:

a) Cumplimiento de requisitos administrativos y legales
b) Cumplimiento de criterios técnicos
c) Presentación de información técnica de respaldo

Dichos criterios son necesarios para evitar la omisión de algún aspecto o elemento significativo de análisis, son desarrollados en las siguientes listas de verificación, donde se realiza una evaluación puntual de los aspectos más importantes que debieron tomarse en cuenta al revisar el Manifiesto Ambiental:

Cuadro 14-1 Revisión de Manifiesto Ambiental Lista de Verificación 1: Cumplimiento de Requisitos Administrativos y Legales

REQUISITOS ADMINISTRATIVOS Y LEGALES	CUMPLE	
	SI	NO
1. Informe técnico y recomendaciones del OSC, incluyendo el pronunciamiento del SERNAP cuando la AOP se encuentre en área protegida. *	No aplica	
2. Memoria de Solicitud de registro y licencia para actividades con sustancias peligrosas, según el Art. 30º del RASP (Para la revisión del Documento de solicitud de Licencias para Actividades con Sustancias Peligrosas)		X
3. NIT de la Empresa (AOPs con promotores privados, públicos y cooperativistas)		X
4. Resolución de aprobación del Plan de Higiene y Seguridad del Ministerio de Trabajo, o nota de presentación de la carta de solicitud y boleta de presentación, emitida por el Ministerio de Trabajo	X	
5. Derecho propietario o Folio Real principal y adendas en caso de existir	X	
6. Plano del área de emplazamiento	X	
7. Contrato de servicios para la operación de la AOP*	X	
8. Certificado de uso de suelo		X
9. Cedula de identidad del representante legal	X	
10. Documentación relativa al manejo, transporte y disposición final de desechos y residuos de sustancias peligrosas		X
10.1 Fotocopia de la inscripción y registro en la Dirección General de Sustancias Controladas, en caso de que la sustancia peligrosa se encuentre en el listado de las sustancias controladas		X
10.2 Se verifica la presentación de la nómina y organigrama del personal encargado del suelo, manejo, almacenamiento, uso y disposición de las sustancias peligrosas		X
10.3. Se presenta la hoja de vida del personal encargado del manejo de las sustancias peligrosas		X
10.4. Expediente de la AOP (en caso de que este exista en el CEDOCA)	No aplica	

Fuente: Elaboracion Propia en base a Manual Técnico para la Revison de Instrumentos de Regulación de Alcance Particular (IRAP´s) y Emsion de Licencias Ambientales - Sector Multisector, Ministerio de Medio Ambiente Y Agua, noviembre de 2010.

Observaciones respecto al LASP

- Dentro del Manifiesto Ambiental se menciona el uso de sustancias peligrosas, sin embargo, no se presenta un Anexo con la descripción, actividades, normas y medidas de seguridad, análisis de riesgos para estas sustancias, para que de ese modo se tramite la Licencia Ambiental para Sustancias Peligrosas (LASP) juntamente con la Declaratoria de Adecuación Ambiental para la AOP, tal como era habitual en la gestión 2010. Tampoco se presentó documentación de respaldo relativa al manejo y uso de sustancias peligrosas.

  La LASP que se venía utilizando en el RSNJ era un Registro y Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas (LASP) N° 020101-03-LASP-012-11, otorgado a la empresa “Tratamiento Especializado de Residuos Sólidos y Servicios Ambientales (TERSA S.A.)”, es decir, no es específica para la Actividad “Relleno Sanitario Nuevo Jardín”, a pesar de que en el punto 2 – Descripción de Operaciones, del documento presentado y aprobado con el LASP mencionado, sólo hace mención a las actividades que se realizan en el Relleno

Sanitario Nuevo Jardín Alpacoma. Este aspecto es una ***incoherencia***, representa una ambigüedad respecto a la responsabilidad del manejo y uso de las sustancias peligrosas, ya que para la DAA el Representante Legal es el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP), no así la empresa TERSA.

Además, el LASP se encuentra incompleto, ya que no se tomó en cuenta a los lixiviados generados en el RSNJ, los cuales tienen un carácter tóxico, según la clasificación CRETIB.

- No se presentó el certificado NIT del Gobierno Autónomo del Municipio de La Paz en la documentación legal, ni respaldos de alguna certificación de uso de suelo

Cuadro 14-2 Manifiesto Ambiental Lista de Verificación 2:
Cumplimiento de Criterios Técnicos

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
1.DATOS DE LA ACTIVIDAD OBRA O PROYECTO (A.O.P)				
1.1 Datos generales de la AOP				
Presenta todos los datos solicitados en el este punto	X		Describe los datos solicitados	Pág. 4 del MA
Los datos presentados son verificables y compatibles con la información presentada en los Anexos		X	La vida útil de 13 años no es compatible con los 10 años de generación de lixiviados calculados en el Anexo N°3 - Cálculo de Lixiviados. Asimismo, dicho calculo es a partir de la gestión 2006, es decir no se tomaron en cuenta los dos años que ya operaba en RSNJ. Es incorrecto afirmar que la AOP sólo ocupará 20 Ha dentro de las 40 Ha del predio del RSNJ, ya que el área de amortiguamiento ha sido tomada en cuenta en los planos del Anexo N° 13. La altitud reportada de 4700 msnm, no es compatible con la realidad, ya se tiene 3740 msnm en la parte más alta y 3435 msnm en la parte más baja	Pág. 4 del MA
Es posible verificar la presencia de las unidades colindantes al proyecto, mediante croquis o mapas	X		Las escalas de los mapás presentados son ilegibles.	Pág. 561 del MA
1.2 Datos administrativos de la AOP				
La cantidad de personal es compatible con el Organigrama en la AOP		X	El Anexo 10 – Organigrama, considera sólo a 73 cargos del personal. Mientras en el texto principal detallan a 126 operadores.	Pág. 354 del MA
2.DESCRIPCIÓN FISICO NATURAL DEL ÁREA CIRCUNDANTE DE LA AOP				
La información meteorológica descrita es compatible con datos bibliográficos o estaciones cercanas		X	Se tomó en cuenta los datos de la estación meteorológica de Calacoto, siendo que la estación de El Alto, era la que contaba con mayor información meteorológica histórica además de ser una estación de 4° orden.	Pág. 6 del MA
La información geológica y mineralógica es actualizada y del sitio de emplazamiento de la AOP	-	-	No se cita la fuente de la información presentada en el punto 2.1.2	Pág. 6 del MA
La información respecto a la clasificación y uso de suelos, es actualizada y del sitio de emplazamiento de la AOP	-	-	No se cita la fuente de la información presentada en el punto 2.1.3	Pág. 6 del MA

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
Presenta mapas e información respecto a los recursos hídricos cercanos a la AOP		X	No se toma en cuenta al río Achocalla, y tampoco presentan mapas hidrográficos	
La fauna y flora es correspondiente al sitio de emplazamiento de la AOP	X		Se presenta lo indicado	
En caso de encontrarse especies endémicas, en peligro de extinción o áreas protegidas y/o reserva forestal, se han tomado en cuenta los recaudos necesarios para su conservación	-	-	No aplica	
Presenta mapas respecto a los centros poblados próximos al área de emplazamiento de la AOP		X	No presenta mapas donde se pueda verificar la información presentada	
Las poblaciones colindantes han sido tomadas en cuenta en el análisis de riesgos de la AOP		X	No se han identificado a los centros poblados próximos como posibles poblaciones a ser afectadas por posibles eventos	Anexo N° 4 del MA (Análisis de riesgo y Plan de Contingencias)
En caso de identificarse grupos étnicos, se han tomado en cuenta acuerdos logísticos y de bien común entre partes	-		No aplica	
En caso de identificarse áreas arqueológicas, se han tomado en cuenta medidas de conservación del patrimonio histórico del sitio	-		No aplica	
3.DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA AOP				
La descripción del tipo de actividad corresponde a la descripción de los procesos y actividades.	X		Cumple	
El número de procesos está conforme a la descripción realizada y al flujograma presentado en Anexos		X	Se indicó que se tienen 17 procesos, sin embargo, en las descripciones de procesos y en el Flujograma (Anexo N° 11) se tienen 22 procesos	Pág. 11 a 18 del MA
La descripción de los procesos concuerda con el balance de masa y flujogramas		X	No concuerda con el balance de lixiviados. Tampoco se realizó la codificación de los procesos y etapas, que son necesarias para la identificación de generación y emisión de contaminantes, y por lo tanto, de las deficiencias ambientales	Pág. 355 a 357 del MA
La descripción de los procesos contiene información suficiente para su evaluación precisa.		X	La descripción es general, no precisa datos acerca de la conformación y del manejo de los residuos sólidos, no cuenta con información técnica de celdas y macroceldas (profundidad, espesores de pared, altura de cobertura, condiciones de estabilidad, manejo de drenaje pluvial, etc.). Aspectos que debieron ser relevantes dadas las conclusiones y recomendaciones del Anexo N°5 – Estabilidad de taludes y los criterios establecidos en el Anexo N° 9 – Manual de operaciones y Anexo N° 16 Manual de Operaciones Celda de Patógenos. Tampoco describe los procesos que se llevaban a cabo para el manejo y tratamiento de	Pág. 11 a 18 del MA

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
			lixiviados, incluyendo la conformación de queques.	
Las cantidades del producto principal, productos secundarios y subproductos se encuentran acorde a la descripción de procesos	No aplica		No se tienen productos principales, secundarios y subproductos, los procesos de la AOP finalizan con el confinamiento de los residuos sólidos	Pág. 18 del MA
Se han considerado todos los insumos que se utilizan en la AOP	X		Hasta el momento de la aprobación del MA, se habían contado con todos los insumos que se utilizaban para el tratamiento de lixiviados. Sin embargo, en la gestión 2014, se añadió el tratamiento químico con NaCl, lo cual implicaría la Actualización de la Licencia Ambiental.	Pág. 21 del IMA (I-2014)
La utilización de recursos naturales ha sido considerada como impacto ambiental			No aplica	
Los combustibles y lubricantes peligrosos han sido tomados en cuenta como sustancias peligrosas en el Punto 4.4 y en un anexo para Sustancias peligrosas.		X	No se presentó un Anexo con el detalle de las Sustancias Peligrosas detalladas en el Punto 3.4. Dichas sustancias no concuerdan con las detalladas en el Punto 4.4.1, ya que no se toma en cuenta a la gasolina.	Pág. 24-26 del MA
La cantidad de aprovisionamiento de agua concuerda con la cantidad consumida.		X	En el aprovisionamiento no se tomó en cuenta el agua utilizada para el regado del camino proveniente del río Melchuco.	Pág. 20-21 del MA
Las sustancias descritas en el punto 3.7 concuerdan y son compatibles con los productos principales, secundarios, subproductos, insumos, materiales y recursos naturales descritos en el resto del documento.		X	No se tomó en cuenta el agua del río Melchuco para el regado del camino	Pág. 21 del MA
Se describen los almacenes reportados en el MA	X		Sólo corresponde describir el almacén para insumos y materiales. Ya que no se almacena ni el producto principal ni los recursos naturales	Pág. 21 del MA
Se detallan las señalizaciones y medidas de protección contra incendios	X			Pág. 22 del MA
4. GENERACIÓN Y EMISIÓN DE CONTAMINANTES				
4.1 Aguas Residuales				
Los resultados de los análisis de aguas residuales, presentados en los certificados de análisis, se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el RMCH	No aplica		No se ha identificado descargas permanentes a cuerpos de agua, cuyos resultados puedan ser comparados con los Anexos del RMCH. Se llevaron a cabo análisis de muestras de aguas arriba y abajo del RSNJ cuyos resultados son similares y por tanto, se concluye que no existe impacto ambiental sobre la quebrada Alpacoma	Anexo N°6 del MA
Identifica las características de los puntos de descarga, los cuerpos receptores y los caudales diarios		X	No se tomaron en cuenta las aguas residuales generadas en el área de lavado de maquinaria. No se informa acerca de la disposición final de los 1,5 m^3/día de agua que pasa por el desgrasador.	Pág. 22 del MA

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
En caso que existan descargas de aguas residuales, describe el sistema de tratamiento, incluyendo su capacidad. Presenta flujo grama del sistema		X	La descripción realizada es general, falta información acerca de la impermeabilización y tipo de materiales utilizados en la conducción de estas aguas. Asimismo, no se tienen flujogramas para las aguas residuales que ingresan al pozo séptico y al desgrasador.	Pág. 23 del MA
Presenta datos del volumen de agua que pasa por el tratamiento		X	El volumen especificado de tratamiento (50 m^3/día) no es coherente con el cálculo realizado en el Anexo N° 3 – Cálculo de Lixiviados (56,55 m^3/día), asimismo, este valor no incluye las aguas que ingresan al pozo séptico ni al desgrasador	Pág. 102 del MA
Los resultados de laboratorio corresponden a la AOP	X		Si bien se presenta reportes de ensayos de aguas superficias (Quebrada Alpacoma) no son esclusivos. Ya que también se presenta un informe de análisis de agua superficial del río La Paz que corresponde a la AOP Relleno Sanitario Mallasa.	Pág. 166 del MA
4.2 Aire				
La información presentada en los resultados de mediciones de la calidad de aire, se encuentran dentro los límites permisibles del RMCA		X	El nivel de PST se encuentra por debajo del limite permisible (LP). La concentración de PVB excede en nivel límite referencial de Pierre Boutin. El ruido no excede el LP.	Pág. 23 del MA (Anexo N°6 del MA)
Cuenta con información de las fuentes fijas y móviles de emisión de contaminantes atmosféricos (fuente, tipo de emisión de contaminantes, calidad emitida)		X	No se tomó en cuenta la emisión y presencia de partículas viables en el aire, a pesar de tener análisis de laboratorio.	Pág. 162 del MA (Anexo N°6 del MA)
Los resultados de mediciones de niveles de ruido se encuentran dentro los límites permisibles del RMCA y cuentan con respaldo del certificado de monitoreo emitido por laboratorio idóneo (que cuente con certificados de calibración de equipos)	X		Los resultados del ruido ambiental se encuentran por debajo de los límites permisibles del RMCA, sin embargo, no existe una certificación de un laboratorio idóneo que cuente con certificado de calibración del equipo.	Anexo N° 6 del MA
Describe los equipos sistemas de control de la contaminación atmosférica y generación de ruido	X		La descripción es general, no especifica el personal que interviene, el periodo de mantenimiento de maquinaria.	
4.3 Residuos Solidos				
Proporciona datos sobre la generación de residuos sólidos (materia, fuente, composición, cantidad)		X	La cantidad máxima y mínima de los residuos asimilables a domésticos, no corresponden a los datos relevados hasta la gestión 2010, ya que en el Anexo N° 17 – Disposición de Residuos Sólidos, se tienen registro donde la cantidad máxima mensual ascendió hasta las 16.723,72 toneladas para el mes de enero de 2010	Pág. 24 y 491 del MA

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
En caso de que se declare que la disposición final se entrega a terceros, se incluye las constancias de la entrega y recepción de residuos sólidos, incluye constancias de la entrega y recepción de residuos sólidos (Ej.: documentación de entrega y recepción de residuos sólidos a terceros para su disposición final)	No aplica		No se informa la entrega a terceros de residuos	
Proporciona datos sobre almacenamiento de residuos sólidos dentro de las instalaciones de la AOP, y describe sus características	No aplica		No se informa la entrega a terceros de residuos	
Describe los sistemas de tratamiento de residuos sólidos y sus características		X	Direcciona la información a la descripción realizada en el punto 3, que es insuficiente	Pág. 11-18 y 24 del MA
4.4 Sustancias, residuos y desechos peligrosos				
Proporciona datos sobre sustancias, residuos y desechos peligrosos (fuente, sustancia, cantidad, clasificación CRETIB[61])		X	Faltó tomar en cuenta a la cal, como sustancia peligrosa	Pág. 25 del MA
Cuenta con datos de almacenamiento de sustancias peligrosas (cantidad mensual, volumen del contenedor, presión de operación, etc.)		X	Afirma que no se almacenan sustancias peligrosas aspecto contradictorio con los almacenes descritos en los puntos 3.4, 3.8.2 y 4.4.1 del Manifiesto Ambiental.	Pág. 25 del MA
Describe las medidas de seguridad del almacén y las áreas de almacenamiento		X	No se describe, a pesar de existir sustancias peligrosas que deberían ser almacenadas	Todo el MA
Cuenta con datos de del tratamiento y disposición de sustancias, residuos y desechos peligrosos (sistemas de tratamiento, capacidad, disposición final, características físicas, químicas y microbiológicas finales)		X	No se toma en cuenta los lixiviados generados, los cuales presentan características tóxicas	Pág. 25 del MA
Describe los medios de transporte de sustancias peligrosas, características, medidas de seguridad		X	No se menciona el sistema de drenaje de lixiviados	Pág. 25 del MA
Cuenta con un análisis de riesgos respecto a las sustancias peligrosas		X	No fue presentado el análisis de riesgos de sustancias peligrosas.	Pág. 26 del MA
5. INFORMACIÓN ADICIONAL				
Cuenta con información sobre la seguridad e higiene industrial (EPP, número de accidentes por año, promedio en los últimos 5 años, causas número de enfermos por año, promedio 5 últimos años, causas).	X		Cumple	Pág. 26 y 27 del MA
Describe otras actividades potencialmente contaminantes, si corresponde.		X	No describe la conformación de queques con los lixiviados, a pesar de que se tiene reportes de esta actividad en los informes de gestión mensual de TERSA, desde enero de 2009. Tampoco se aclara que las aguas de la quebrada Alpacoma provenían de las descargas domésticas de la ciudad de El Alto.	Pág. 26 del MA

[61] CRETIB: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Inflamable, Bioinfeccioso

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
6. PLAN DE CONTINGENCIAS				
El plan de la AOP se presenta en anexo	X		El Anexo N° 4 se presentó el análisis de riesgos y el Plan de Contingencias	Pág. 104-134 del MA
El análisis de riesgo cuenta con la evaluación de las amenazas, vulnerabilidades y su cuantificación en términos de probabilidad de ocurrencia, considerando las etapas y operaciones del proyecto	X		Sin embargo, no se tomaron en cuenta los criterios, recomendaciones y conclusiones detallados en varios Anexos para la determinación y ponderación de factores de probabilidad y gravedad. Por tanto, la evaluación de los riesgos tomados en cuenta, es **INSUFICIENTE**	Pág. 111 del MA
El MA, cuenta con un plan de contingencias que permite la atención de cada uno, de los riesgos identificados, incluyendo medidas de prevención específicas para la AOP, mecanismos de respuesta que incluyan entre otros procedimientos de notificación, registro, responsable, funciones, etc.		X	Los planes de contingencias no detallan las funciones de los responsables, así como los procedimientos de registros. Esto sin contar que ha sido elaborado en base a análisis de riesgos insuficientes y que, por lógica, los planes de contingencias planteados no eran eficaces para responder los eventos.	Pág. 104-134 del MA
7. LEGISLACIÓN APLICABLE				
Identifica la legislación aplicable para la AOP		X	No se tomó en cuenta el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS) vigente en la gestión 2010	Pág. 27 del MA
8. IDENTIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS Y EFECTOS				
Las deficiencias y efectos ambientales de la AOP identificadas en el Anexo A del formulario de MA, consideran todos los factores ambientales involucrados		X	No se tomaron en cuenta los factores ambientales: suelo y riesgos, que son fundamentales para realizar el seguimiento y monitoreo de la estabilidad del área de la AOP. Es decir, se encuentra incompleto, no tiene el alcance mínimo para su evaluación.	Pág. 30-35 del MA
Las deficiencias y efectos ambientales de la AOP identificadas en el Anexo A del formulario de MA permiten determinar el efecto de las mismas		X	La descripción tanto del efecto como de la deficiencia es ambigua No se observa la correspondencia entre el efecto y la deficiencia ambiental. La “deficiencia” tiene que ser el origen/causa del “efecto”.	Pág. 30-35 del MA
La codificación presenta 6 dígitos alfanuméricos, los dos primeros son literales y los 4 últimos son numéricos que corresponden a la secuencia de procesos y la secuencia de etapas		X	Sólo se presentan 5 dígitos, los dos primeros literales y los 3 últimos numéricos.	Pág. 30-35 del MA

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
9. PLAN DE ADECUACIÓN AMBIENTAL				
El Plan de Adecuación Ambiental se presenta en el formato de Anexo B del formulario MA del RPCA y de acuerdo a lo señalado en el Art. 104º del RPCA	X		Cumple	-
El Plan de Adecuación Ambiental del MA plantea acciones o medidas de adecuación - mitigación, acordes con las deficiencias y efectos identificados		X	Las siguientes medidas no responden a las deficiencias encontradas: AG002, AG003	Pág. 36 del MA
El alcance de las acciones o medidas planteadas y los fundamentos técnicos de su descripción, permiten evaluar la pertinencia de las mismas.		X	Para el código AG003, la medida de "Excavación de pozos de monitoreo y control" no es pertinente, ya que un monitoreo no resuelve la contaminación de aguas por el riesgo de infiltración de lixiviados	
Las medidas de adecuación planteadas, permiten el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, en cada uno de los procesos y operaciones de la AOP.		X	Los monitoreos o controles no pueden se medidas de adecuación ambiental.	Pág. 36 del MA
10. PROGRAMA DE MONITOREO				
El programa de monitoreo se circunscribe al Anexo C del formulario de MA del RPCA	X		Cumple	
El alcance de los monitoreos es suficiente para realizar el seguimiento de las medidas de adecuación ambiental.		X	Dado que no se tienen descargas, no es posible comparar los resultados de análisis con los límites permisibles del Anexo A-2 del RMCH Para la medida AG002, se pudo utilizar el nivel de colmatación del pozo séptico, como parámetro de seguimiento. Para AI003 y AI004, toma en cuenta la medición de partículas viables, sin embargo, las mismas no fueron contempladas en el Anexo A, además, no se tomó en cuenta la escala de Pierre Boutin como norma referencial. En R001 se establece a 65 dB(A) como si se tuviera que realizar un monitoreo de ruido ambiental, cuando la deficiencia ambiental y la medida de adecuación hace referencia al ruido ocupacional.	Pág. 42 y 43 del MA

CRITERIOS TÉCNICOS	CUMPLE		ANÁLISIS	RESPALDO
	SI	NO		
Incluye un cronograma trimestral con plazos adecuados, para la implementación de todas las medidas previstas	X			
11. PLAN DE CIERRE Y REHABILITACIÓN				
El plan de cierre y rehabilitación de operaciones especifica las actividades de esta etapa		X	El punto 2 presenta una lista de actividades de cierre del RSNJ, sin embargo, a continuación, se describen las actividades con otros títulos, además de que en la lista del cuadro 1-2 no se toma en cuenta el "Cierre de la celda de patógenos". Asimismo, en este cuadro una actividad es "Establecimiento del área de seguridad", sin embargo, se realiza una descripción a "Establecimiento del área de amortiguamiento", cayendo en ambigüedad.	Pág. 176-196 del MA
12. DATOS DEL CONSULTOR				
En el formulario los datos del consultor están completos		X	No se colocó los nombres completos de los consultores ambientales. Y el domicilio del Ing. Suarez no coincide con los datos de su cédula de identidad.	Pág. 28 y 564 del MA
13. DECLARACIÓN JURADA				
Los datos del formato Declaración Jurada del formulario de Manifiesto Ambiental, que encuentran correctamente llenados (nombres completos, cedulas de identidad) deben ser originales en todos los ejemplares		X	La declaración jurada no contiene los nombres completos de los responsables técnicos	Pág. 29, 564 y 566 del MA

Fuente: Elaboracion Propia en base a Manual Técnico para la Revison de Instrumentos de Regulación de Alcance Particular (IRAP´s) y Emsion de Licencias Ambientales - Sector Multisector, Ministerio de Medio Ambiente Y Agua, noviembre de 2010.

Cuadro 14-3 Lista de Verificación 3:
Presentación de Información Técnica de Respaldo

REQUISITOS	CUMPLE		OBSERVACIÓN
	SI	NO	
Presenta plano de ubicación	X		Cumple
Presenta planos de infraestructura instalada		X	La infraestructura instalada al momento de la aprobación del Manifiesto Ambiental no correspondía a las descripciones y planos presentados en el Manifiesto Ambiental. Esto se puede observar en el croquis elaborado en base a coordenadas tomadas en año 2010, el cual se encuentra en la pág. 52 del documento "***7. Correspondencia que sostenga la tramitación del Licenciamiento Ambiental***". Dicho documento fue entregado a Los Álamos IC SRL para la ejecución de la Auditoría Ambiental, por parte del MMAyA en fecha 19/09/2019 bajo nota con CITE: MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/UPCAM/MA 1617 -No 0934/2019
Presenta planos de ubicación de puntos de monitoreo		X	El Manifiesto Ambiental no contaba con planos o mapas de ubicación de los puntos de monitoreo para los factores Aire y Agua superficial. Para el monitoreo de aguas subterráneas no se tenía definido las ubicaciones de los puntos monitoreo ambiental. Por esta razón, el MMAyA solicitó que en el primer informe de monitoreo se presente la ubicación de pozos y monitoreo de aguas subterráneas, lo cual está descrito en la nota con CITE: MMAyA-VMA-DGMACC-MA 1617(a)/10 de fecha 27 de octubre de 2010, donde se aprobaba el Manifiesto Ambiental.
Presenta informes de análisis de un laboratorio idóneo	X		Uno de los laboratorios que realizó los análisis de las muestras de agua, está bajo la tuición del representante legal de la AOP. Lo cual invalida la confiabilidad de los resultados presentados.
Presenta fotografías de todas las actividades de la AOP		X	En las fotografías presentadas, no se observan los sistemas de drenaje pluvial y drenaje de lixiviados. Además, las fotografías presentadas no cuentan con una explicación de las actividades que se realizan y/o de los componentes que se pueden observar, para una mejor comprensión de los procesos de la AOP. Por otro lado, se observan fotografías de las áreas de mantenimiento y almacenamiento de combustibles que no fueron tomados en cuenta como actividades dentro del MA, a pesar de que ya se encontraban funcionando.
Planos y Layout de los componentes operativos de la AOP		X	El Anexo 13 presenta planos que fueron elaborados el año 2005 y que no correspondía a las estructuras de los componentes del RSNJ que ya funcionaban el año 2010. **Se presenta un diseño original de ingeniería del 2004 para su aprobación en el año 2010.**
Adjunta Flujogramas de procesos operaciones unitarias, balance general de materia y en c/u de los procesos		X	En los flujogramas presentados en el Anexo 11 los procesos correspondientes a la "cobertura de celdas" se encuentran separados de los procesos de "operación de celda" cuando corresponden a la última etapa de la descripción del punto 3 –

REQUISITOS	CUMPLE		OBSERVACIÓN
	SI	NO	
			Descripción de las Operaciones de la AOP, en el formulario del MA. Los balances del sistema de tratamiento de lixiviados, presentados en el Anexo 3 no fueron elaborados en base a valores acordes a la realidad de la operación del RSNJ del año 2010. En dicho balance se utiliza un valor de 450 ton/día que en 30 días equivalen a 13500 ton/mes, valor incongruente con los reportes del Anexo 17, donde se observan valores de hasta 16.723,72 toneladas para el mes de enero de 2010, el mismo tampoco ha sido tomado en cuenta en el punto 4.3 del formulario del MA como cantidad máxima de residuos sólidos. Por tanto, los balances presentados son incorrectos.
Adjunta diagramas del flujo del proceso que incluye el balance de aguas, incluyendo caudales máximos, mínimos y promedios (m^3/día).		X	No es posible determinar si se utilizan cantidades mínimas, máximas o promedios para el cálculo del balance de lixiviados. El documento no aclara este aspecto. Además, los cálculos presentados son a partir de un valor único, es decir, se encuentra incompleto, para una adecuada evaluación y verificación de la capacidad que necesitaba dicho sistema para asegurar su funcionamiento.
Se incluye el MA en formato digital.	X		La copia entregada para la Auditoría Ambiental no es clara.

Fuente: Elaboracion Propia en base a Manual Técnico para la Revison de Instrumentos de Regulación de Alcance Particular (IRAP´s) y Emsion de Licencias Ambientales - Sector Multisector, Ministerio de Medio Ambiente Y Agua, noviembre de 2010.

Con antelación a la aprobación el Manifiesto Ambiental, se observa que la AACD entonces denominada, Prefectura del Departamento de La Paz, realiza una inspección al Relleno Sanitario de Alpacoma, **registro de Acta de Inspección de fecha 26 de abril de 2010 que demuestra que el Diseño Original comparado con el estado real de construcción y disposición no corresponde a la disposición de las Macroceldas,** aspecto que también puede observarse en la Ilustración 12-7 Comparación entre las celdas construidas versus las celdas del proyecto original.

Este hecho constituye una contravención a la legislación ambiental prevista en la Ley 1333, Art. 99, complementada en el Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA) Art. 96° en su inc. b) que expresa como contravención a la legislación ambiental: "*presentar la FA, EEIA, el MA o el reporte de Autoridad Ambiental con información alterada*".

Ante esta evidencia la licencia ambiental aprobada en fecha 27 de octubre de 2010 quedaría sin efecto por aplicación del RGGA, Art. 64°, incisos c), d) y e):

c) "*por modificación o ampliación de la actividad inicial"*. Inicialmente por la modificación en el diseño ingenieril presentado en el documento Manifiesto Ambiental.

d) "*por incumplimiento a la legislación ambiental*" a partir del incumplimiento al art. 96°, inc. b): "*presentar la FA, el EEIA, el MA o el reporte de Autoridad Ambiental con información alterada" y el e)* Alterar, ampliar o modificar un proyecto, obra o actividad sin cumplir el procedimiento de Evaluación de impacto ambiental (EIA)".

e) "*por incumplimiento a lo establecido en los documentos aprobados por la Autoridad Ambiental Competente*". Los cumplimientos parciales del PAA y PASA detallados en el MA demuestran que la Licencia no se ampara bajo este inciso.

14.2.1 Análisis de Observaciones realizadas al Manifiesto Ambiental durante su aprobación

En fecha 25 de agosto de 2010 el MMAyA emitió once (11) observaciones al MA presentado por el RSNJ, a las cuales se realiza una evaluación considerando si fueron suficientemente subsanadas por el Representante Legal, tanto en la forma como en el fondo de toda la evaluación del IRAP.

Tabla 14-6 Análisis de las respuestas y subsanaciones, aclaraciones y modificaciones presentadas por el GAMLP en el Manifiesto Ambiental

Observación Realizada	Respuesta GAMLP	Análisis
1. A efectos de contar con mayor información de la actividad, se solicita la presentación de un capítulo de "Descripción de la actividad", en el cual deberá estar claramente, descrita la ubicación, objetivos, diseño, características técnicas generales del relleno sanitario, características del ambiente existente en el área de influencia, entre otros.	Se adjunta lo solicitado "Descripción de la Actividad" en el Anexo N°2. Del mismo modo se adjunta el Manual de Operaciones en el N°9. La ubicación del relleno sanitario se la puede observar en el Anexo N° 20 (Mapas de Ubicación) con mayor detalle.	**Respuesta parcial** El Anexo 2 –Descripción de la Actividad sólo presenta información respecto al entorno de la AOP y sus objetivos. Los diseños y características técnicas se encuentran descritos en los Anexos 3, 5, 9, 13, 15 y 16.
2. En el numeral 3.3 considerar los insumos a ser empleados en la planta de tratamiento de lixiviados.	Se incorporó los insumos a ser empleados en la planta de tratamiento de lixiviados en el punto 3.3 del formulario del Manifiesto Ambiental, de acuerdo a lo solicitado; asimismo, en el Anexo N°15 se describe la Planta de Tratamiento de Lixiviado.	**Observación subsanada**
3. Justificar la cantidad de lixiviados a ser generados (citar el método empleado) presentando el balance de materia del manejo de lixiviados/año en el relleno sanitario mínimamente con los siguientes datos: • Precipitaciones pluviales con antecedentes históricos • Evaporación en la zona • Caracterización de los residuos sólidos en base a la NB 743 • Residuos colocados por día • Número de días de explotación • Residuos colocados por año • Peso específico compactado de los residuos • Contenido en humedad inicial de los residuos • Características del relleno: o Altura de nivel o Relación residuos / cubierta o Número de niveles o Peso específico del suelo empleado en la cubierta	Se adjunta los datos de generación de lixiviados diarios y el cálculo teórico de generación de lixiviados en el Anexo N°3 (Cálculo de lixiviados), asimismo, en el Anexo N°17 (Volumen de Disposición de Residuos Sólidos) se presentan la cantidad de residuos sólidos depositados por año en el relleno sanitario.	**Observación parcialmente subsanada** El balance de materia fue calculado, solamente para 10 años de operación hasta el año 2016. Cuando la vida útil estimada era para 13 años, a partir del año 2010

Observación Realizada	Respuesta GAMLP	Análisis
4. Presentar el Plan de Adecuación Ambiental del MA conforme establece el Art. 104 del Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA)	Se adjunta en el Anexo N°1 (PAA-PASA) el Plan de Adecuación Ambiental y Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental.	**Observación parcialmente subsanada.** Tanto en el Anexo A como el Anexo 1 - PAA, toman en cuenta al Anexo 18 relacionándolo al Sistema de Lixiviados, cuando este incluye información de Constancia de Entrega de EPP´s.
5. El Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) en el marco de los artículos 31° y 32° del RPCA, debe incluir el detalle sobre los cuales se realizará el seguimiento ambiental, señalando los aspectos que serán controlados y medidos (pozos de monitoreo para el control de contaminación de aguas subterráneas entre otros), frecuencias y puntos donde se realizarán el muestreo, mismos que deberán ser identificadas en un plano a una escala adecuada, el costo de la aplicación de las medidas de adecuación ambiental y el cronograma del plan.	Se adjunta en el Anexo N°1 (PAA-PASA) el Plan de Adecuación Ambiental y Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental.	**Observación subsanada parcialmente.** Se debía precisar el tipo de personal calificado requerido.
6. Presentar el Análisis de Riesgo con la evaluación y valoración respectiva, con base a técnicas reconocidas de evaluación para los diferentes aspectos que puedan se afectados en el desarrollo de las actividades, a fin de contar con información sobre la probabilidad y la magnitud de sus consecuencias. Además, deberá presentar el Plan de Contingencias en función al análisis de riesgo (considerando entre otros la ubicación del Relleno Sanitario – 85 metros del río Alpacoma - y la sobre saturación de Biogás)	El Análisis de Riesgo y el Plan de Contingencia solicita se presentan en el Anexo N° 4 para cubrir posibles Riesgos Ambientales y Anexo n° 8 el Plan de Higiene y Seguridad Ocupacional y Bienestar para riesgos laborales	**Observación parcialmente subsanada** La aplicación del método arrojó resultados insuficientes. Por ejemplo, el riesgo " Derrumbes deslizamientos movimientos de masa" fue calificado como "Riesgo apreciable", que indica que "el trabajo puede continuar, pero tomando medidas de prevención en forma inmediata para reducir el riesgo", a pesar de haberse encontrado la alta probabilidad de deslizamientos determinada en el Anexo 5.

Observación Realizada	Respuesta GAMLP	Análisis
7. Presentar los estudios que demuestren la estabilidad de los taludes conformados con los residuos sólidos	La descripción de las actividades que se desarrollan para asegurar la estabilidad de los taludes conformados se detalla en el Anexo 9 (Manual de Operación del Relleno Nuevo Jardín), Anexo n° 16 (Manual de Operación celda de Patógenos) se han derivado del Estudio e Identificación de Aspectos Geológicos Críticos en el Área Destinada al Relleno Sanitario nuevo Jardín mismo que se adjunta en Anexo N° 5	**Observación parcialmente subsanada** Las conclusiones del Anexo 5 – Estabilidad de Taludes indican la alta probabilidad de deslizamientos, debido a la geología y geotécnica del área de emplazamiento, sin embargo, estas características fueron tomadas ligeramente en el Anexo 9 – Manual de Operaciones. Asimismo, dicho manual contemplaba la presentación de proyectos de construcción y operación de las celdas y macroceldas, por parte del Concesionario al Supervisor. Este aspecto no fue incluido en el Control y Seguimiento Ambiental (Anexos A, B y C)
8. Los resultados de análisis de agua realizados al río Alpacoma sobrepasan los límites máximos permisibles, por lo que se solicita aclarar y/o identificar la ubicación exacta donde se realizó el muestreo, y las acciones preventivas para evitar su contaminación por los lixiviados.	Se ha efectuado un nuevo muestreo de agua del río Alpacoma tanto aguas arriba como aguas abajo del relleno sanitario para verificar los niveles de concentración de los diversos parámetros y dichos análisis indican que no existe incidencia de ninguna naturaleza sobre el río Alpacoma por las actividades del Relleno Sanitario Nuevo Jardín. Se adjuntan los informes de laboratorio en el Anexo N°6 (se adjuntan informes de análisis de laboratorio tanto del Laboratorio de Calidad Ambiental UMSA, así como del Laboratorio de la Dirección de Calidad Ambiental), es importante mencionar que dicha actividad se ha incorporado al Programa de Monitoreo (Anexo C) para efectuarla de manera semestral. Se debe mencionar que el agua del río Alpacoma proveniente de la ciudad de El Alto viene con un cierto grado de contaminación hídrica que varía dependiendo de la época del año.	**Observación subsanada** Se tomaron muestras a 50 metros aguas arriba y a 100 metros aguas abajo del RSNJ, sobre el río Alpacoma. Los resultados emitidos por el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la UMSA, presentan leves diferencias, por lo tanto, no existía afectación a este cuerpo de agua.

Observación Realizada	Respuesta GAMLP	Análisis
9. En la etapa de abandono considerar el monitoreo de gases y lixiviados incluyendo el correspondiente costo y cronograma.	Se adjunta el Plan de Cierre del Relleno Sanitario Nuevo Jardín con el respectivo costo y cronograma del monitoreo de gases y lixiviados de acuerdo a lo solicitado (Anexo N°7).	**Observación parcialmente subsanada** Si bien se ha tomado en cuenta los monitoreos de gases y lixiviados, en la etapa de abandono, se indica que los costos totales se prorratearán para cada mes, sin embargo, no se especifica al ítem al cual corresponden o una estimación del costo total de los monitoreos. (Pág. 196 del MA)
10. Con el objeto de evitar posibles conflictos sociales y en cumplimiento del Art. 4 parágrafo II inc. C) del Decreto Supremo N° 28592, se solicita información referida al derecho propietario de los predios donde se encuentra emplazada la actividad.	Se adjunta en el Anexo N° 22 (Documentación legal) el Folio Real N° 2.01.0.99.0114601 de fecha 04 de julio de 2010, demostrando que las 40 Ha donde se emplaza el RSNJ han sido inscritas en el Registro de Derechos Reales y cuentan con Folio Real vigente a nombre del GAMLP.	**Observación subsanada.**
11. El Manual de Seguridad Industrial e Higiene Ocupacional, debe ser aprobado por el Ministerio de Trabajo, o en su defecto presenta la constancia de tramitación.	Desde el inicio de operación del RSNJ se contó con el Plan de Higiene Seguridad Ocupacional y Bienestar, sin embargo, la última versión con toda la experiencia adoptada en los últimos años se presentó en la última versión de dicho plan al Ministerio de Trabajo para su respectiva aprobación. La constancia de tramitación del Plan de Higiene Seguridad Industrial y Bienestar, así como el Manual de Primeros Auxilios se encuentra adjunto en el Anexo N°8.	**Observación subsanada** Se cuenta con la boleta de presentación del Plan de Higiene Seguridad Ocupacional y Bienestar. (pág. 198 del MA)

Observación Realizada	Respuesta GAMLP	Análisis
12. En atención a la minuta de contrato suscrita, considerar la posibilidad de implementar un lavador de gases para disminuir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero.	Se ha considerado la posibilidad de implementar un lavador de gases para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, sin embargo, debido a los altos costos sólo puede ser rentable a través de un proyecto MDL, se han efectuado los avances respectivos para la obtención de bonos de carbono, sin embargo, no se pudo continuar con las gestiones debido a las políticas gubernamentales que actualmente impiden la generación de dichos proyectos. Sin embargo, se debe mencionar que se efectúa la quema controlada del biogás producido, reduciendo de manera significativa la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Se adjunta contrato entre el GAMLP-TERSA en el Anexo N° 21	**Observación parcialmente subsanada** La explicación dada en la respuesta no se refleja en ninguna parte del Manifiesto Ambiental, ni la justificación dada, o alguna intención de realizar un estudio de factibilidad para un proyecto MDL.
13. En función a la experiencia en sistemas de tratamiento de lixiviados, considerar la optimización de la recirculación de los mismos con el objeto de lograr mayor eficiencia en la degradación de la materia orgánica y de esta manera disminuir la cantidad de lixiviados de tal forma que se evite una posible infiltración y/o descarga en cuerpos de agua subterráneos o superficiales.	La recirculación se efectúa frecuentemente y se detalla la actividad en el Manual de Operaciones de Relleno Sanitario Nuevo Jardín (Ver Anexo N°9), dicho anexo también es nombrado en la respuesta de la observación N° 1 ya que se incorpora detalles operativos de la actividad.	**Observación subsanada parcialmente** El Manual de operaciones detallado en el Anexo N°9, sólo menciona la recirculación de lixiviados. Asimismo, el Anexo N°3 – Cálculo de lixiviados, presenta cálculos realizados en base a menores cantidades de RRSS de las que fueron reportados en otras partes del documento, por tanto, no es posible asegurar la optimización de la recirculación de lixiviados, considerando también que no se reportaron los volúmenes reales de los estanques de lixiviados que ya operaban en la gestión 2010.
14. Actualizar el nombre del Representante Legal de la actividad.	Se han realizado los cambios respectivos en el formulario del Manifiesto Ambiental de acuerdo a lo solicitado	**Observación subsanada.**

Fuente**:** nota con CITE: MMAyA-VMA-DGMACC MA 1617/10 del 25/ 08/2010 y nota con CITE: GAMLP DESP 715/2010 de 30 de septiembre de 2010

14.2.2 Evaluación del Plan de Adecuación Ambiental (PAA) y del Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA)

Ambos planes fueron elaborados en base a las deficiencias encontradas en el Anexo A del Manifiesto Ambiental, para las cuales no se tomaron en cuenta los factores ambientales de Riesgos (RI), Suelos y Subsuelos (SS) cuya consideración era fundamental en la elaboración del Manifiesto Ambiental (MA).

La evaluación ambiental de estos dos factores omitidos, dejan un enorme vacío de análisis de deficiencias, medidas de adecuación y seguimiento para el factor suelo, dadas las conclusiones y recomendaciones realizadas en el Anexo N° 5 – Estabilidad de Taludes, donde claramente se identificaban la inestabilidad geológica y geotécnica del área de emplazamiento de la AOP que generan riesgos ambientales como el ocasionado en el evento o deslizamiento (Ver punto 3.2.2).

14.2.2.1 Plan de Adecuación Ambiental (PAA)

A continuación, se presentan dos tablas, en la primera se detallan los compromisos ambientales, tomando en cuenta los factores y atributos para los cuales se buscaba disminuir el impacto ambiental.

En la segunda tabla se realiza una evaluación del cumplimiento de dichos compromisos, en base a una revisión de los Informes de Monitoreo Ambiental (IMA) existentes a la fecha y el documento “Registro y Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas” (RLASP) otorgado a la empresa TERSA. Esta evaluación toma criterios de eficacia y eficiencia de las medidas de adecuación implementadas, a partir de observaciones realizadas al cumplimiento de los compromisos ambientales. La evaluación fue realizada bajo un sustento legal que se encuentra descrito en la última columna.

Tabla 14-7 Compromisos ambientales establecidos en el Manifiesto Ambiental

N°	Impacto Ambiental			Medidas de Adecuación y Mitigación	Prioridad	Plazo de Implementación	Fecha de Inicio	Fecha de Conclusión	Fecha de Revisión o Inspección
	Código	Factor	Atributo						
1	AG001	Agua	DBO5, Acidez y alcalinidad, Compuestos tóxicos	Implementar una Planta de tratamiento de Lixiviados de Acuerdo a Anexo 15.	Alta	6 meses a partir de la obtención de la licencia ambiental	Octubre de 2010 (22/07/2014) IMA I-2014	Abril de 2011 (28/08/2014) IMA I-2014	1° de mayo de 2010
2	AG002	Agua	Coliformes fecales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos.	Mantenimiento preventivo del pozo séptico.	Alta	Permanente cada 6 meses	Permanente cada 6 meses	Permanente cada 6 meses	Permanente cada 6 meses
3	AG003	Agua	Producción de acuíferos, compuestos tóxicos.	Excavación de pozos de monitoreo y control	Alta	Permanente cada 6 meses	Permanente cada 6 meses (22/07/2014) IMA I-2014	Permanente cada 6 meses (28/08/2014) IMA I-2014	Permanente cada 6 meses
4	AI001	Aire	Monóxido de carbono, tóxicos peligrosos	Programa de encendido y quemado del biogás en todos los turnos del personal y en todas las celdas del RSNJ.	Alta	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
5	AI002	Aire	Monóxido de carbono.	Mantenimiento de la maquinaria de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.	Media	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
6	AI003	Aire	Partículas suspendidas	Riego mediante cisterna, 3 veces al día y agregado de ripio en la senda interna.	Media	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
7	AI004	Aire	Olor	Implementación de barrera viva (especies forestales).	Alta	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente

N°	Impacto Ambiental			Medidas de Adecuación y Mitigación	Prioridad	Plazo de Implementación	Fecha de Inicio	Fecha de Conclusión	Fecha de Revisión o Inspección
	Código	Factor	Atributo						
8	R001	Ruido	Efectos fisiológicos	Uso de Equipo de Protección Personal, (Protectores auditivos)	Media	Inmediata y Permanente	Inmediata y Permanente	Inmediata y Permanente	Inmediata y Permanente
9	RS001	Suelos	Riesgos, Uso de suelos	Implementación de planta de separación de residuos orgánicos e inorgánicos (ver descripción de proyecto Anexo 2)	Media	1 año a partir de la emisión de la Licencia Ambiental	1 año octubre de 2010	Octubre de 2011	1 octubre de 2011
10	CL002	Suelos	Uso de suelos	Venta de lubricantes a empresa autorizada.	Media	6 meses a partir de la emisión de la licencia ambiental	Octubre de 2010	Abril de 2010	1 mayo de 2010
11	SH001	Socioeconómico	Sistemas fisiológicos	Elaboración de reglamento interno del Relleno Sanitario. Creación del comité mixto de seguridad e higiene.	Alta	3 meses	Al cierre de la actividad	ND	ND

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 14-8 Evaluación del cumplimiento de los compromisos ambientales

N°	MEDIDAS DE ADECUACIÓN Y MITIGACIÓN	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA			SUSTENTO LEGAL
		OBSERVACIONES	EFICACIA	EFICIENCIA	
1	Implementar una Planta de tratamiento de Lixiviados de Acuerdo a Anexo 15.	No se cumplió la implementación de la Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL) en el plazo comprometido que era hasta abril del 2011. El IMA I-2014 hace referencia a la complementación de la PTL con un tratamiento químico con NaClO que a su vez no purifica el agua a niveles que pueda ser apta para su descarga al exterior. Asimismo, el uso de NaClO no está incluido en el MA ni en el RLASP.	No eficaz	***El sistema implementado es incompleto.*** Hasta la gestión 2018 se llevaron a cabo etapas y actividades de la PTL, que no están comprendidas en la descripción del Anexo 15 del MA. Asimismo, dicha PTL no purifica eficientemente los lixiviados tratados, ya que la DQO y DBO5 presentan resultados por encima de los límites permisibles de descargas líquidas (Anexo A-2 del RMCH). El RL[62] informa que parte del lixiviado es utilizado para el riego de vías internas, sin embargo, dicha acción contamina los suelos debido al carácter tóxico de los lixiviados.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)
2	Mantenimiento preventivo del pozo séptico.	En las inspecciones realizadas al RSNJ se observaron dos fosas de captación de aguas residuales de los servicios higiénicos sin cubierta. Estas fosas conducen por rebalse, el volumen de agua excedente hacia el sistema pluvial conformado por un canal empedrado para aguas pluviales que se dirigen hacia las actividades en el Sector de Sak'a Churu. También se observó un tanque de captación de aguas residuales provenientes de las duchas del personal, conectado a otro tanque de almacenamiento de agua. Por otro lado, en los IMAs se informa que los lodos de los pozos sépticos se mezclan con los lixiviados, acción que aumenta la carga orgánica contaminante a tratarse en la PTL.	No eficaz	***Sistemas ineficientes*** Las fosas de captación de aguas residuales no tienen la capacidad necesaria para la contención de la materia orgánica y agua excedente. El aumento de la carga orgánica a tratarse en la PTL disminuye la eficiencia de la misma.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)

[62] RL: Representante Legal

N°	MEDIDAS DE ADECUACIÓN Y MITIGACIÓN	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA			SUSTENTO LEGAL
		OBSERVACIONES	EFICACIA	EFICIENCIA	
3	Excavación de pozos de monitoreo y control	No se ha realizado las excavaciones propuestas, ya que para el monitoreo y control del riesgo de infiltraciones de lixiviados han aprovechado los afloramientos de aguas subterráneas en la parte baja del RSNJ	No eficaz	***Implementación ineficiente de la medida*** Ya que sólo tomar en cuenta un afloramiento de aguas subterráneas, no logra ser una muestra representativa para realizar el monitoreo del riesgo de contaminación con lixiviados a las aguas subterráneas. De hecho, la medida comprometida sólo es una acción de monitoreo, no es una medida que resuelva la posible infiltración de lixiviados en las aguas subterráneas.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)
4	Programa de encendido y quemado del biogás en todos los turnos del personal y en todas las celdas del RSNJ.	En los IMAs se informa que se instruye a personal denominado: "antorcheros" en cada turno, quienes realizan la revisión y encendido de chimeneas diariamente. A su vez, registran si la chimenea está emitiendo biogas (encendido) si la emisión es intermitente, o no emite biogás (apagado), también registran algunas observaciones acerca del estado de las chimeneas. El Programa de Encendido y Quemado de Biogas, toma en cuenta recomendaciones de seguridad ocupacional y para la habilitación de nuevas chimeneas. En las inspecciones se observó que las emisiones de biogás no son permanentes debido a la variabilidad de los componentes de los residuos sólidos y al material de construcción de los captadores los cuales no son resistentes a las rupturas, por lo que siempre se encuentran en reconstrucción.	No eficaz	***Implementación parcialmente eficiente*** En las planillas reportadas en los IMAs se observa una cantidad de captadores encendidos similar a captadores apagados, lo cual no es compatible con el comportamiento que deberían mostrar los captadores, ya que por bibliografía se sabe que la generación de biogás en condiciones anaerobias, como las que se tienen en las celdas, aumenta en los primeros 40 años[63], es decir, que siempre se deberían tener captadores encendidos. Asimismo, se incurre en gastos de reposición del material de construcción de captadores de biogás.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)

[63] Pág. 21 del documento "MODELO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS PRODUCIDO EN RELLENOS SANITARIOS" http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/138545/Modelo-para-el-diseno-de-sistemas-de-captacion-y-aprovechamiento-de-biogas-producido.pdf?sequence=1

N°	MEDIDAS DE ADECUACIÓN Y MITIGACIÓN	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA			SUSTENTO LEGAL
		OBSERVACIONES	EFICACIA	EFICIENCIA	
5	Mantenimiento de la maquinaria de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.	El actual mantenimiento de maquinaria lo realizan funcionarios del GAMLP. Se observó que existe maquinaria sin funcionamiento ubicada en el área de estacionamiento. Además, el área de mantenimiento y resguardo de maquinaria no presenta una capa cementada que evite el contacto de aceites y grasas con suelo.	Eficaz	***Medida parcialmente eficiente*** Debido al desorden presente en el área de mantenimiento que no cuenta con suelo impermeabilizado ni garaje para la maquinaria que se encuentra parada (sin funcionamiento)	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)
6	Riego mediante cisterna, 3 veces al día y agregado de ripio en la senda interna.	Existe riesgo de las vías de forma intermitente en época seca. Parte de las vías internas del RSNJ tinen una carpeta de ripio.	No eficaz	***Medida de adecuación no eficiente*** Considerando que el área de riego es muy extensa y que no existe alcantarillado ni agua por la zona.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)
7	Implementación de barrera viva (especies forestales).	La barrera viva implementada está compuesta por plantas rastreras y arbustivas que tienen lento desarrollo y han sido plantadas en algunos lugares pertenecientes al sector norte del RSNJ. En el sector este se tiene el farallón que actúa de barrera natural que limita la dispersión de olores, al sur-sureste no existe una barrera viva. En los IMA's se presentaron algunos planes de reforestación de áreas. (ver pág. 25 IMA I-2014), así como también una modelación simple de la dispersión del SH_2	No eficaz	***Medida parciamnete eficiente*** El lento desarrollo y la baja altura que tienen la vegetación sembrada no impiden que los olores se dispersen al sector norte del RSNJ. Aparte de que al sur no se tiene ninguna barrera viva. Por otro lado, las mediciones de SH_2 en las chimeneas de biogás sólo permiten establecer las afectaciones al personal que trabaja dentro del RSNJ.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)

N°	MEDIDAS DE ADECUACIÓN Y MITIGACIÓN	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA			SUSTENTO LEGAL
		OBSERVACIONES	EFICACIA	EFICIENCIA	
8	Uso de Equipo de Protección Personal, (Protectores auditivos)	No se informa que específicamente la dotación de protectores auditivos, pero si se tienen planillas de dotación en IMA´s.	No eficaz	***Medida ineficiente*** Los registros no representan la entrega y calidad de los protectores auditivos, ni los requerimientos en base a la demanda.	Ley N° 1333, RMCA, Ley N° 16998
9	Implementación de planta de separación de residuos orgánicos e inorgánicos (ver descripción de proyecto Anexo 2)	La implementación no es precisamente para residuos orgánicos e inorgánicos ya que la planta instalada es para la separación de residuos reciclables. Es decir que no se ha cumplido la descripción del Manual de Operaciones (Anexo 9 del MA) Esta separación primaria de residuos lograría satisfacer la eficiencia de capacidad de la infraestructura y la promoción de biodegradación eficiente del contenido de las celdas.	No eficaz	***Medida poco eficiente*** Hasta la gestión 2018 las políticas de separación de residuos en el municipio de La Paz han tenido corto alcance ya que, se han instalado basureros de poca capacidad en pocos puntos de acopio. Por otro lado, los residuos reciclados representan apenas el 1% de los residuos dispuestos en el RSNJ. Por ejemplo, en la gestión 2018, se dispuso 236213 toneladas en total y se reciclaron 178 ton en la planta. Es decir, no se logró disminuir eficientemente la generación de lixiviados y biogas.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)
10	Venta de lubricantes a empresa autorizada.	Los aceites y lubricantes son acopiados en el área de mantenimiento que no presenta las condiciones adecuadas de un almacenamiento temporal, no presenta suelo impermeabilizado ni extintor.	Eficaz	***Medida ineficiente*** A pesar de tener pocas cantidades de aceites usados, el almacenamiento temporal es inadecuado lo cual incrementa el riesgo de derrames accidentales al suelo y de baja respuesta a incendios.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)

N°	MEDIDAS DE ADECUACIÓN Y MITIGACIÓN	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA			SUSTENTO LEGAL
		OBSERVACIONES	EFICACIA	EFICIENCIA	
11	Elaboración de reglamento interno del Relleno Sanitario. Creación del comité mixto de seguridad e higiene.	Cada 15 días se dotan de EPP´s (guantes, casos, overoles, poleras, botas, filtros, lentes, etc.) dependiendo del tipo de personal que trabaja en el RSNJ. En los seguimientos ambientales (IMAs) no se describen los lineamientos de dicho reglamento. No se tienen descripción del comité mixto de seguridad e higiene, sólo se menciona su inclusión en el Plan de Higiene y Seguridad Ocupacional y Bienestar, presentado al Ministerio de Trabajo y Previsión Social, el cual no se ha pronunciado respecto a su aprobación.	Eficaz	***Medida parcialmente eficiente*** Se realiza la dotación de EPP´s pero no se observaron los medios de control de uso adecuado de los mismos, que deberían estar estipulados en el Reglamento Interno.	RGGA Art. 64 inc. c) d) y e) D.S. 28592 Art. 17 inc. e) h) i)

Fuente: Elaboración propia a partir del Anexo B del Manifiesto Ambiental, 2010

14.2.2.2 Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA)

El Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) es considerado como referencia para efectuar el monitoreo de las fuentes de impacto, en el ambiente circundante y en el receptor, es decir que, incluye las metodologías, análisis, parámetros a monitorear, costos, cronogramas y frecuencias de monitoreo.

El objetivo del PASA es controlar y garantizar la aplicación y ejecución de las medidas de adecuación ambiental, además de facilitar la evaluación de los impactos reales para que, en caso de ser necesario, modificar y/o complementar aquellas que sean insuficientes o ineficaces, mediante un proceso de actualización de la Licencia Ambiental.

Se elabora una tabla, donde se analizan y evalúan los aspectos relevantes del alcance que debería tener el PASA.

Tabla 14-9 Análisis y Evaluación del PASA aprobado en el Manifiesto Ambiental

N°	Código	Medidas de Adecuación	Parámetros	Nivel de Parámetro a Monitorear	Norma Permisible Establecida	Personal Calificado Requerido	Otra Información	Análisis y Evaluación
1	AG001	Implementar una Planta de tratamiento de Lixiviados de Acuerdo a Anexo 15.	pH DBO5 DQO Amonio Cloruros Sulfatos Nitratos Nitritos Sodio Potasio Calcio Cadmio Cobre Cromo Plomo Zinc Magnesio	6-9 <5mg/lt <10 mg/lt 1 mg/lt 300 mg/lt 400 mg/lt 50 mg/lt 1,0 mg/lt 200 mg/lt ----- 300 mg/lt 0,005 mg/lt 1 mg/lt 0,05 mg/lt 0,05 mg/lt 0,2 mg/lt 100mg/lt	RMCH	2 técnicos laborotistas Equipo portátil Equipo de muestreo	Sistema de tratamiento de lixiviados	• PASA insuficiente No brinda herramientas suficientes para verificar la implementación física de la planta de tratamiento de lixiviados, ya sea mediante fotos de implementación de los sistemas o documentos de respaldo, informes que avalen el inicio de operaciones de todos los sistemas y componentes propuestos en el Anexo N° 15 del MA. • Los parámetros de verificación son inaplicables ya que la planta de tratamiento de lixiviados no genera descargas, por tanto, no corresponde compararlos con concentraciones establecidas en el Anexo A-2 del RMCH. El personal calificado no incluye un especialista ambiental o un especialista competente en tratamiento de lixiviados.
2	AG002	Mantenimiento preventivo del Pozo séptico	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Mantenimiento preventivo del pozo séptico	• Se podría haber propuesto respaldos de los mantenimientos, como ser registros, órdenes de mantenimiento.

N°	Código	Medidas de Adecuación	Parámetros	Nivel de Parámetro a Monitorear	Norma Permisible Establecida	Personal Calificado Requerido	Otra Información	Análisis y Evaluación
3	AG003	Excavación de pozos de monitoreo y control	pH DBO5 DQO Amonio Cloruros Sulfatos Nitratos Nitritos Sodio Potasio Calcio Cadmio Cobre Cromo Plomo Zinc Magnesio	6-9 <5mg/lt <10 mg/lt 1 mg/lt 300 mg/lt 400 mg/lt 50 mg/lt 1,0 mg/lt 200 mg/lt ----- 300 mg/lt 0,005 mg/lt 1 mg/lt 0,05 mg/lt 0,05 mg/lt 0,2 mg/lt 100mg/lt	RMCH	2técnicos laborotistas Equipo portátil Equipo de muestreo	100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo río Alpacoma y pozos de agua subsuperficial	• Los niveles de parámetros a monitorear no son los adecuados Se tendría que proponer una comparación de los resultados encontrados entre las muestras tomadas aguas arriba y aguas abajo de la AOP, bajo una metodología justificada que logre concluir si existe o no una alteración química sobre el cuerpo de agua (Quebrada Alpacoma). Si la deficiencia ambiental tiene que ver con la toxicidad en acuíferos, el control mediante pozos de control no es una medida suficiente para contrarrestar el impacto. • Faltó tomar en cuenta un especialista ambiental dentro del personal calificado, que defina los puntos de muestreo
4	AI001	Programa de encendido y quemado del biogás en todos los turnos del personal y en todas las celdas del RSNJ.	CH_4 CO_2 O_2 N_2 H_2O T°°	....	.....	2 técnicos laborotistas	La frecuencia de monitoreo será bimestral conforme lo establece la NB 760	• No es posible realizar un seguimiento a un "Programa de encendido y quemado del biogás" mediante la medición de parámetros de combustión, se debió tomar en cuenta también, la presentación de dicho programa que incluya los respaldos de su ejecución. • No se encuentra ni se explica una relación entre la acción de controlar que el personal (antorcheros) realice la ejecución del programa y la medición de los gases de combustión.

N°	Código	Medidas de Adecuación	Parámetros	Nivel de Parámetro a Monitorear	Norma Permisible Establecida	Personal Calificado Requerido	Otra Información	Análisis y Evaluación
5	AI002	Mantenimiento de la maquinaria de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.	Opacidad	60%	RMCA	2 técnicos mecánicos	Se puede aprovechar la semana del aire limpio para realizar el monitoreo de forma gratuita	• La medición de opacidad no es suficiente para verificar el mantenimiento de la maquinaria, se necesita la presentación de registros de dichos mantenimientos. • Si cada maquinaria tiene especificaciones técnicas del fabricante, se complica el estricto cumplimiento de la medida, ya que puede existir la baja de algunas maquinarias durante la vida útil del RSNJ. Dichas especificaciones pudieron resumirse en la columna "Otra información" a fin de definir la frecuencia de dichos mantenimientos dependiendo del tipo de maquinaria, por ejemplo, generalmente las retroexcavadoras necesitan mantenimientos cada 12 horas de trabajo.
6	AI003	Riesgo mediante cisterna, 3 veces al día y agregado de ripio en la senda interna.	Olores Partículas viables (Hongos, estafilococos)	150 µg/m^3 H_2S	RMCA	2 técnicos laborotistas		• El PASA es incoherente El seguimiento debió realizarse por separado para las medidas de riego e implementación de barrera viva, ya que al unirlo de esa manera, se confunde las acciones de seguimiento ambiental. Asimismo, la medición de partículas viables no es suficiente para determinar la efectividad del riego y agregado de ripio en las vías internas, considerando que los microorganismos se generan en las celdas, planta de tratamiento de lixiviados, aparte de su posible transporte por las sendas internas del RSNJ. • Faltó incluir la escala de Pierre-Boutin, como parámetro de control.
7	AI004	Implementación de barrera viva (especies forestales).		------	-------			

N°	Código	Medidas de Adecuación	Parámetros	Nivel de Parámetro a Monitorear	Norma Permisible Establecida	Personal Calificado Requerido	Otra Información	Análisis y Evaluación
								También debió tomarse en cuenta un especialista ambiental.
8	R001	Uso de Equipo de Protección Personal, (Protectores auditivos)	Ruido	65 dB(A)	RMCA OM 692/2009	Técnico	Franja de seguridad registrando únicamente los niveles generados en el relleno sanitario	• El personal requerido debió incluir un especialista en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional • Para el ruido ocupacional se pudo haber tomado en cuenta las normas OSHA que establecen un límite máximo permisible de 85 dB(A), asimismo, la medición de ruido no es suficiente para realizar el seguimiento al uso de protectores auditivos. Se debió incluir registros o controles de uso de EPP´s
9	RS001	Implementación de planta de separación de residuos orgánicos e inorgánicos (ver descripción de proyecto Anexo 2)	Volumen	Cantidad de material reciclable y volumen o masa enterrado	RGRS	Personal de TERSA	Se llevará registros diarios	• Faltó tomar en cuenta la verificación física de la implementación de la planta de separación de residuos, ya sea mediante fotos o registros, documentos que avalen su puesta en marcha • Dentro del contrato de prestación de servicios de TERSA, no se incluye ningún servicio relacionado con la separación de residuos, por tanto, no correspondía nombrarlos dentro del personal calificado.
10	CL002	Venta de lubricantes a empresa autorizada.	Volumen	Volumen enviado a reciclaje	RASP	Personal de TERSA	Se llevará registro mensual	• No se han considerado las condiciones de seguridad para evitar derrames accidentales durante el almacenamiento de lubricantes usados, antes de su venta a empresas autorizadas

N°	Código	Medidas de Adecuación	Parámetros	Nivel de Parámetro a Monitorear	Norma Permisible Establecida	Personal Calificado Requerido	Otra Información	Análisis y Evaluación
								• Se debió incluir los registros de entrega de los volúmenes de lubricantes usados a reciclarse
11	SH001	Elaboración de reglamento interno del Relleno Sanitario. Creación del comité mixto de seguridad e higiene.	Cumplimiento al reglamento interno	Nivel de cumplimiento	Plan de Seguridad Ocupacional y Bienestar	Personal de TERSA	Se llevará registro mensual	• El seguimiento planteado es general para toda la AOP, se debió determinar cuáles eran los aspectos más importantes, por ejemplo: señalización, medidas de seguridad e higiene, EPP´s, iluminación, etc.

Fuente: Elaboración propia a partir del Anexo C del Manifiesto Ambiental, 2010

14.2.3 Desde el Punto de Vista Legal

14.2.3.1 Solicitar información adicional si se requiere

La Empresa Los Álamos IC Ingenieros Consultores S.R.L., realizó las solicitudes de información pertinente al Ministerio de Aguas y Medio Ambiente, al Gobierno Autónomo Departamental de La Paz y al Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. Sin embargo, pese a las reiteradas comunicaciones realizadas la Gobernación de La Paz y la empresa Tersa, no facilitaron la información pertinente.

Durante las tareas de recopilación de la información, el auditor debe tener siempre presente, lo siguiente:

a. Que, para la obtención de evidencias, deberá aplicar los procedimientos de auditoría que resulten idóneos, de acuerdo con el objetivo específico de la revisión.
b. Que deberá evaluar suficiencia e idoneidad de la evidencia obtenida.
c. Que exista la posibilidad de obtener evidencias adicionales, de ser necesario para alcanzar una conclusión debidamente fundamentada.
d. La documentación es una actividad que tiene lugar durante toda la auditoría.

Se presenta a continuación el siguiente cuadro comparativo de la licencia y manifiesto con la normativa vigente:

Cuadro 14-3 Cuadro Comparativo entre Licencia y Manifiesto

N°	TIPO DOCUMENTO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
1	Licencia Eventual	28/10/2009	(…) "…se otorga Licencia Eventual por un plazo de tiempo de 6 (seis) meses, por lo cual queda autorizada para continuar con su implementación de acuerdo al PLAN DE EMERGENCIA PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL, presentado a la Instancia Ambiental Departamental, la misma quedará sin efecto a la obtención de la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA)	• Ley N° 1333 (17, 18, 19) • Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (86)
2	Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA) Licencia Ambiental	27/10/2010	(…) "…por tanto queda autorizado para continuar con su funcionamiento de acuerdo al Plan de Adecuación Ambiental, Programa de Monitoreo y al Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental presentados".	• Ley N° 1333 • Reglamento de Prevención y Control Ambiental
3	Nota	27/10/2010	Nota MMAyA-VMA-DGMACC-MA 1617(a)/10 emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua que comunica al Dr. Luis Antonio Revilla Herrero, que comunica la "Aprobación del Manifiesto Ambiental (MA) "Relleno Sanitario Nuevo Jardín" (…) "…esta Instancia otorga la Declaratoria de Adecuación Ambiental N° 020101-10-DAA-1617/10"	• Ley N° 1333 • Reglamento de Prevención y Control Ambiental

Fuente: Elaboracion Propia

14.2.3.2 Resultados:

- Uno de los primeros hallazgos del análisis del cumplimiento de la normativa es que se presentan licencias temporales con intervalos de fechas que evidencian que hubo periodos de tiempo donde se operó el RSNJ sin licencia ambiental. En ese sentido el Gobierno Autónomo Municipal no cumplió con lo dispuesto en la normativa en especial el Decreto Supremo N° 24176 que establece hacia el Gobierno Autónomo Municipal la obligación de dar cumplimiento a las políticas ambientales de carácter nacional y departamental.
- También se establece responsabilidades del Gobierno Autónomo Departamental de La Paz que no observó la normativa vigente para la emisión de licencias ambientales y solamente otorgó licencias de carácter temporal.

14.2.4 Verificar que las acciones de control se adecuaron a la Reglamentación de la Ley N° 1333

De acuerdo **al artículo 18 de Ley N° 1333**, el control de la calidad ambiental es de necesidad y utilidad pública e interés social. La Secretaría nacional y las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente promoverán y ejecutarán acciones para hacer cumplir con los objetivos del control de la calidad ambiental.

Asimismo, el **artículo 19** de la misma normativa establece que son objetivos del control de la calidad ambiental:

1. Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.
2. Normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto.
3. Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.
4. Normar y orientar las actividades del Estado y la Sociedad en lo referente a la protección del medio ambiente y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a objeto de garantizar la satisfacción de las necesidades de la presente y futuras generaciones.

Actividad 15. Identificación, Verificación de Actores Claves y Responsabilidades Legales

15.1 Recopilación de documentación

El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, mediante Licitación Pública N° LPA 100/05 "CONCESIÓN PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LA PAZ EN OPERACIÓN Y LAS ACTIVIDADES RELATIVAS AL CIERRE Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DE MALLASA", convocó a las empresas a presentar sus propuestas

De acuerdo al Documento Base de Contratación del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, los alcances de la Consultoría con relación al trabajo específico de Especialista Legal, se tiene los siguientes aspectos:

> *"4.3 Identificación de Impactos Ambientales*
>
> *…*
>
> *e) Evaluación y Verificación del cumplimiento de los aspectos operativos, técnicos, administrativos y legales de las operaciones ejecutadas en el RSNJ.*
>
> *La empresa consultora deberá realizar una evaluación y verificación del cumplimiento a todos los aspectos operativos, técnicos, administrativos y legales, para ello deberá tomar en cuenta las licencias ambientales, permisos, autorizaciones, informes ambientales anuales, seguridad e higiene ocupacional, plazos administrativos, operación del operador privado, cumplimiento a la normativa ambiental vigente, etc."*
>
> *…*
>
> *"8.3 Reporte de auditoría ambiental por peligro inminente (Fase 3)*
>
> *2. Informe legal que describirá:*
>
> *El incumplimiento a disposiciones legales previstas en la legislación vigente que incluirá: i) compromisos asumidos en la Licencia Ambiental y ii) disposiciones emanadas por la AACN."*

15.2 Identificación y verificación de los actores claves

En el primer análisis que se realizó de la documentación a la que se tuvo acceso, se tienen los siguientes actores clave:

- Ministerio de Medio Ambiente y Aguas
- Gobierno Autónomo del Departamento de La Paz
- Gobierno Autónomo Municipal de la ciudad de La Paz
- Empresa Tersa
- Empresa Pública de Aguas y Saneamiento (EPSAS).
- Gobierno Autónomo Municipal de Achocalla
- Asociación de ladrilleros (Acermach)

Responsabilidades legales

De acuerdo al análisis se tienen la siguiente normativa que no fue considerada por los actores claves:

Tabla 15-1 Responsabilidades Legales

BASE LEGAL	DESCRIPCION	RESPONSABLE LEGAL
CPE Art. 299-II	Las siguientes competencias se ejercerán de forma concurrente por el nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas: 1. Preservar, conservar y contribuir a la protección del medio ambiente y fauna silvestre manteniendo el equilibrio ecológico y el control de la contaminación ambiental	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz • Gobierno Autónomo Municipal de La Paz
Ley N° 1333	ARTICULO 17º.- Es deber del Estado y la sociedad, garantizar el derecho que tiene toda persona y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades. ARTICULO 18º.- El control de la calidad ambiental es de necesidad y utilidad pública e interés social. La Secretaría nacional y las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente promoverán y ejecutarán acciones para hacer cumplir con los objetivos del control de la calidad ambiental.	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz
Ley N° 1333	ARTICULO 21º.- Es deber de todas las personas naturales o colectivas que desarrollen actividades susceptibles de degradar el medio ambiente, tomar las medidas preventivas correspondientes, informar a la autoridad competente y a los posibles afectados, con el fin de evitar daños a la salud de la población, el medio ambiente y los bienes.	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz • Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
Ley N° 1333	ARTICULO 22º.- Es deber del Estado y la sociedad la prevención y control de los problemas ambientales derivados de desastres naturales o de las actividades humanas. El Estado promoverá y fomentará la investigación referente a los efectos de los desastres naturales sobre la salud, el medio ambiente y la economía nacional.	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz • Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
Ley N° 1333	ARTICULO 76º.- Corresponde a los Gobiernos Municipales, en el marco de sus atribuciones y competencias, promover, formular y ejecutar planes de ordenamiento urbano y crear los mecanismos necesarios que permitan el acceso de la población a zonas en condiciones urbanizables, dando preferencia a los sectores de bajos ingresos económicos.	• Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Ley N° 1333	ARTICULO 97º.- La Secretaría Nacional del Medio Ambiente y/o las Secretarías Departamentales, en base a los resultados de las inspecciones, dictarán las medidas necesarias para corregir las irregularidades encontradas, notificándolas al interesado y otorgándole un plazo adecuado para su regularización. ARTICULO 98º.- En caso de peligro inminente para la salud pública y el medio ambiente, la Secretaría Nacional el Medio ambiente y/o las Secretarías Departamentales ordenarán, de inmediato, las medidas de seguridad aprobadas en beneficio del bien común.	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz • Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
Sentencia Constitucional Plurinacional N° 2055/2012, bajo el siguiente razonamiento:	"… la Tercera Parte de la Constitución Política del Estado norma de manera primaria el pacto territorial constitucional al que se llegó en la Asamblea Constituyente, por lo que sus contenidos son referentes a la organización territorial, a las autonomías y descentralización, elementos que son integralmente relacionados entre sí; entendiéndose a la autonomía como un modelo de Estado que es transversal en las cinco partes que conforman la norma fundamental, por lo tanto, el mandato del art. 271 de la CPE, carece de un carácter interpretativo restrictivo, por lo mismo debe ser entendido como un mandato que establece unos contenidos mínimos para la Ley Marco de Autonomías y Descentralización.". "… no existe impedimento a que una ley marco regule los otros aspectos señalados y contemplados bajo reserva de ley en la Tercera Parte de la Constitución Política del Estado, en la medida que se constituye en una norma vertebral de un sistema autonómico diseñado a partir de cuatro tipos de autonomías, que configuran una sistema de gestión y administración del Estado complejo, cuestión que hace ineludible y necesaria una ley marco que permita un funcionamiento armónico del Estado compuesto planteado por el Constituyente…".	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz • Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
Ley N° 755	Artículo 3. (ALCANCE). I. La presente Ley se aplica a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que generen residuos o realicen actividades relacionadas con la gestión de residuos, cualquiera sea su procedencia y características.	• Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
Ley N° 755	Artículo 8. (JERARQUIZACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS). I. En la aplicación de la Gestión Integral de Residuos, el nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas, deben orientar sus acciones, en orden de importancia, a: 1. Prevenir para reducir la generación de residuos. 2. Maximizar el aprovechamiento de los residuos. 3. Minimizar la disposición final de los residuos, restringiendo en lo posible sólo para aquellos residuos no aprovechables. II. Todo generador de residuos, así como aquel que realice la gestión operativa de los mismos, deberá realizar sus actividades en el orden de prioridad señalado en el Parágrafo precedente.	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. • Gobierno Autónomo Departamental de La Paz • Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. • Empresa Tersa

Ley N° 755	Artículo 9. (POLÍTICAS DE ESTADO). Se establecen las siguientes políticas de Estado: a. Planificación y coordinación interinstitucional e intersectorial para la Gestión Integral de Residuos. b. Prevención de la generación de residuos y fomento al cambio de patrones de producción y consumo para reducir la cantidad y peligrosidad de los residuos. c. Aprovechamiento de residuos y fomento al desarrollo de mercados para la comercialización y consumo de productos reciclables. d. Gestión Integral diferenciada de residuos peligrosos y especiales. e. Cierre de botaderos y remediación de sitios contaminados generados por la gestión inadecuada de los residuos, y la implementación de rellenos sanitarios para la disposición final ambiental y sanitariamente segura de los mismos. f. Fortalecimiento institucional y desarrollo de capacidades para la Gestión Integral de Residuos. i. Fomento a la investigación y desarrollo de tecnologías para la Gestión Integral de Residuos. j. Generación de información para la toma de decisiones y mejora continua de la Gestión Integral de Residuos. g. Educación, concientización y participación de la población en la Gestión Integral de Residuos. h. Fomento a las soluciones regionales o mancomunadas en la Gestión Integral de Residuos.	• Ministerio de Medio Ambiente y Aguas.
Ley N° 755	Artículo 32. (ÁREAS PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO O DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS). I. Las áreas para instalaciones de tratamiento o disposición final de residuos, deben cumplir con la planificación de ordenamiento territorial y uso de suelos, considerando prioritariamente el beneficio de la colectividad, sobre intereses particulares. II. Los sitios para la construcción y operación de infraestructura o instalaciones de tratamiento y disposición final de residuos, se consideran de necesidad y utilidad pública, pudiendo las entidades territoriales autónomas, en el marco de sus competencias, aplicar el régimen legal de expropiaciones conforme a normativa vigente. III. En los casos en que no se pueda acordar la ubicación de sitios para el tratamiento o para la disposición final de residuos, se buscará la conciliación de las partes a través del gobierno autónomo departamental.	• Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. • Empresa Tersa

Fuente: Elaboracion Propia

Con relación a la regularización de la documentación ambiental para AOP, se observa lo siguiente:

Tabla 15-2 Matriz de Cumplimiento

N°	TIPO DOCUMENTO	FECHA	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
1	Licencia Eventual	28/10/2009	(…) "…se otorga Licencia Eventual por un plazo de tiempo de 6 (seis) meses, por lo cual queda autorizada para continuar con su implementación de acuerdo al PLAN DE EMERGENCIA PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL, presentado a la Instancia Ambiental Departamental, la misma quedará sin efecto a la obtención de la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA)	• Ley N° 1333 (17, 18, 19) • Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (86)
2	Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA) Licencia Ambiental	27/10/2010	(…) "…por tanto queda autorizado para continuar con su funcionamiento de acuerdo al Plan de Adecuación Ambiental, Programa de Monitoreo y al Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental presentados".	• Ley N° 1333 • Reglamento de Prevención y Control Ambiental
3	Nota	27/10/2010	Nota MMAyA-VMA-DGMACC-MA 1617(a)/10 emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua que comunica al Dr. Luis Antonio Revilla Herrero, que comunica la "Aprobación del Manifiesto Ambiental (MA) "Relleno Sanitario Nuevo Jardín" (…) "…esta Instancia otorga la Declaratoria de Adecuación Ambiental N° 020101-10-DAA-1617/10"	• Ley N° 1333 • Reglamento de Prevención y Control Ambiental
4	Manifiesto Ambiental	Septiembre 2010	Vida útil de la AOP 13 años	

Fuente: Elaboracion Propia

15.3 Evaluar el grado de cumplimiento/efectividad de las medidas propuestas

Implementadas en el marco del Plan de Contingencias que se encuentra en ejecución de parte los responsables de cada fase o etapa en el GMLP, Empresa TERSA

1. Se establece que el Gobierno Municipal de La Paz, el Gobierno Departamental de La Paz, no han observado adecuadamente la normativa ambiental contenida en la Ley del Medio Ambiente y la Reglamentación sobre la materia, para la apertura, manejo y administración del Relleno Sanitario Nuevo Jardín, incumpliendo los procedimientos, protocolos requeridos.
2. Se establece que el Gobierno Municipal de La Paz, no ha cumplido con el Plan de Contingencias presentado como parte de la propuesta presentada en el manejo del RSNJ. El Plan de Contingencia que se encuentra como parte del Manifiesto aprobado en septiembre de 2010, establece en la tabla 8.2, Plan de Contingencia no operacionales, las acciones ante un derrumbe, deslizamiento, y movimiento de masas, documento válido para el análisis de autoría, y no así el Palan de Contingencia especifico.

3. De la documentación a la que tuvo acceso el Especialista Legal, se establece que no se cuenta con informes semestrales. Esto significa un incumplimiento al Plan de Contingencia presentado y por lo tanto a la normativa prevista en el D.S. N° 24716.
4. El GAMLP, no realizó la revisión de los estudios de evaluación de impacto ambiental y manifiesto ambiental, ni elevo informe para que se emita la Declaratoria de Adecuación Ambiental pertinente.
5. El GAMLP, no ejerció las funciones de control y vigilancia a nivel local sobre las actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, tal como estableció el PASA.
6. No se encontró documentación que acredite que el GAMLP o la empresa TERSA S.A., haya realizado un monitoreo especial, a cargo de profesionales de monitoreo y equipos disponibles por la empresa encargada especializada.
7. Al margen del mencionado en el punto 1, la ACC respecto al RSNJ, no observael cumplimiento de la normativa señalada en el CPE, art 200-II, la Ley 1333 en sus articulos 17, 18, 96 y 98.
8. La autoridad ambiental competente nacional otorga el Manifiesto Ambiental, aceptando el silencio administrativo esgrimido por el GAMLP, en conocmiento (acta de inspección) de que la infraesgructura construida no correspondía al proyecto presentado.

Actividad 16. Lineamientos para el Cierre del RSNJ

Se toma de decisión de ejecutar el Plan de Cierre de un relleno sanitario cuando hubiera cumplido vida útil. En este caso, se toma la decisión del cierre del RSNJ debido al deslizamiento de residuos sólidos ocurrido el 15 de enero de 2019; por decisión de las autoridades ambientales competentes, es decir, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Para establecer los lineamientos de cierre técnico contamos con la información no suficiente, a través del estado inicial de la AOP informado en el Manifiesto Ambiental que nos permitió la elaboración de la Línea Base Ambiental, con esa misma información recopilada y con inspecciones al RSNJ se logró establecer un diagnóstico ambiental.

Con estos insumos genéricos se brinda los lineamientos para el cierre técnico del Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, Municipio de La Paz.

Téngase presente que al inicio de las actividades en el sitio a auditar se venían ejecutando algunas tareas o actividades conjuntas de cierre por las Secretarías de Regulación Municipal (SIREMU) y Municipal de Gestión Ambiental (SMGA) del Municipio de La Paz.

Los lineamientos establecidos en resumen son presentados en cuadro:

Tabla 16-1 Lineamientos de cierre

Nº	Lineamientos de Cierre
1	En base a estudios de geología, geotecnia y geofísica ejecutar obras civiles para la estabilización de terrazas, banquinas y taludes del RSNJ
2	Construir una Planta de Tratamiento de Lixiviado en base a un Balance Hídrico del RSNJ
3	Colocar el cerco perimental en la AID determinada en la presente AA
4	Estabilizar y disponer adecuadamente los residuos expuestos producto del deslizamiento.
5	Construir el" salto de agua" de la canaleta truncada el norte del RSNJ cerca de la Macrocelda 11
6	Diseñar e implementar el sistema de drenaje pluvial, tanto en el lado Este como Oeste del RSNJ.
7	Disponer la chatarra y equipo pesado en desuso como venta a recicladores
8	Compactación y cobertura impermeable de la celda de patógenos
9	Compactación y cobertura impermeable de los bancos de queques
10	Mejoramiento del actual diseño las vías internas, además del ripeado
11	Acondicionar el sistema de drenaje de la Celda 14B al drenaje del sector Oeste

12	Reubicar el taller de mantenimiento para prestar el servicio de manera exclusiva al nuevo relleno.
13	Reubicar el almacenamiento de combustibles, grasas y lubricantes a un área cercana al nuevo relleno sanitario.
14	Elaborar un plan de manejo de la vertiente existente en el lado Oeste del RSNJ
15	Recomponer y/o rediseñar el sistema de captadores de biogás de acuerdo a norma
16	Elaborar un Programa de Monitoreos Ambientales para el aire, agua y suelos, determinando alcance, frecuencia, costos y adecuación por imprevistos
17	Gestionar el manejo técnico y ambiental de la Celda 15 para su cierre
18	Gestionar el manejo, tratamiento y control de los lixiviados
19	Construir y manejar un estanque para el tratamiento (secado) de los residuos sólidos que se generan en los estanques de tratamiento anaeróbico, aérobico y químico.
20	Reforestación del AID e AII con especies enunciadas en el Estudio de Flora y Fauna

Fuente: Elaboracion propia

Durante la ejecución de la Auditoría, se constató la implementación de acciones de parte del SIREMU, apoyadas por otras reparticiones del GAMLP. Dichas acciones están basadas en un Plan de cierre que fue de conocimiento de la empresa en forma tardía para poder ser evaluada antes de la elaboración del presente informe.

Dado ese actual desarrollo del Plan de Cierre, consideramos que no sería apropiado establecer el desarrollo completo de los lineamientos de cierre, más aún si tenemos que calcular un presupuesto que sea válido y completo, debido a que esa información no fue compartida por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

El desarrollo integral de los lineamientos, así como el presupuesto aproximado, serán proporcionados en el Informe Fase 3.

Actividad 17. Auditoría de Cumplimiento

Evaluación y verificación de Cumplimiento

Para determinar el grado de cumplimiento en las etapas de licitación, construcción y operación del Relleno Sanitario Nuevo Jardín partimos de las siguientes premisas y preguntas de acuerdo a la documentación proporcionada por el GAMLP, GAD La Paz, MMAyA y la empresa TERSA.

El siguiente gráfico muestras las fases del presente análisis.

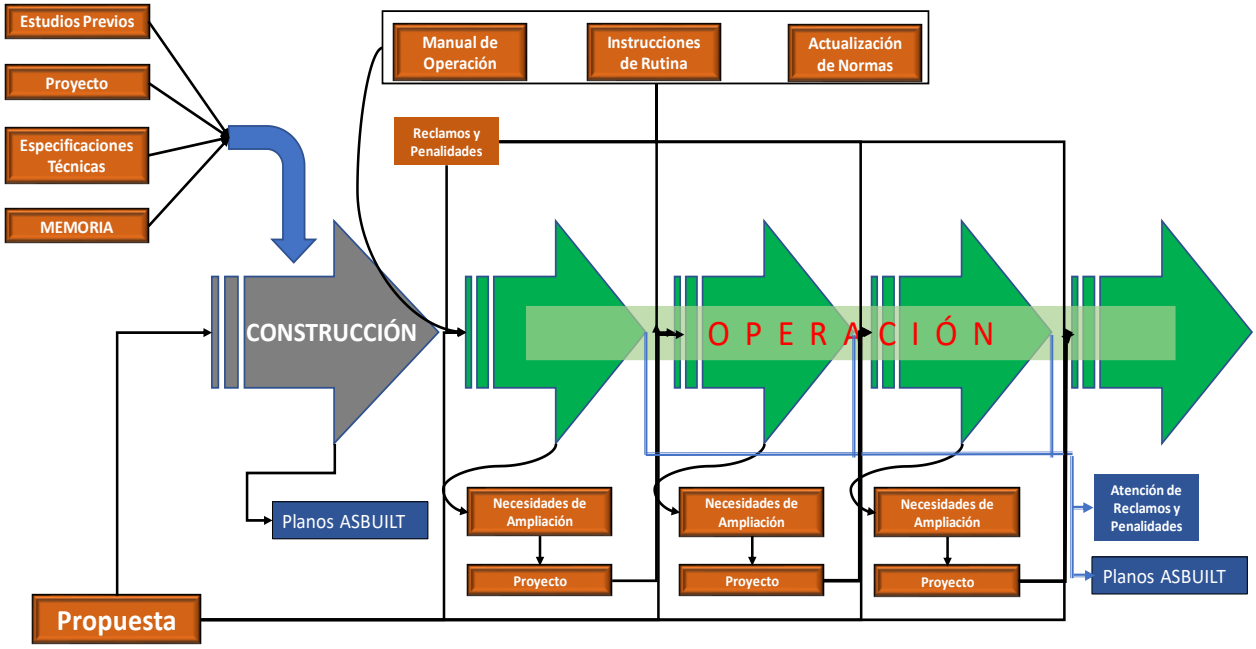


Ilustración 17-1Esquema de Auditoría de Cumplimientos
Fuente: Elaboracion Propia

La empresa Auditora solicitó al GAMLP el proyecto de diseño Final del Relleno Sanitario, esta institución se refirió al Manifiesto Ambiental, en la cual se presenta el Diseño del Relleno, con esta documentación y toda la documentación recibida para el presente trabajo, se tienen las siguientes interrogantes:

1. En los TDR´s que fueron proporcionados para la licitación de la Concesión del RSNJ el GAMLP se compromete a entregar a quien resultase ganador (al concesionario del servicio de disposición final), el Diseño para el desarrollo de las 20 primeras hectáreas.
2. En los TDR´s se exige al Concesionario la elaboración y presentación de un proyecto, sujeto a revisión por el GAMLP.
3. En el Contrato con la Instancia Empresaria ganadora de la Concesión, se exige al Concesionario la elaboración del proyecto y del Manifiesto Ambiental entre otros documentos.

   Las interrogantes son:

   ¿Por qué no aparece el diseño del GAMLP en los TDR´s?

¿Por qué el Manifiesto Ambiental es elaborado con base en un diseño final que no forma parte del proceso licitatorio, es decir, ni en los TDR´s, ni contrato?
¿Dónde se encuentra el Diseño en el proceso de licitación que sirvió para adjudicar al oferente la Concesión?

Por otra parte, tras la revisión de la documentación proporcionada por el GAMLP y TERSA para la fase de operación del Relleno Sanitario Nuevo Jardín se tienen las siguientes interrogantes:

¿En la fase operativa, se han considerado y respetado los manuales de operación del RSNJ?
¿Cuál es la calidad de agua de descarga liquida o la eficiencia de tratamiento, ya que estas aguas se usan para riego y la elaboración de queques?
¿Por qué la empresa Operadora realizaba la mezcla de líquido lixiviado con material terreo, siendo que en su propuesta indica lo contrario?
¿Cuál el fundamento técnico y legal que posibilita a la fabricación de queques?
¿La Operadora cuenta con análisis de laboratorio y los estudios técnicos para el manejo y disposición de esta mezcla?
¿Bajo q criterio y estudios técnicos se rellenó la cara norte de la dorsal sur con residuos sólidos, siendo que estaban fuera de proyecto de Diseño?
¿Por qué no cuenta con área de amortiguamiento conforme a su propuesta técnica?
¿Por qué no cuenta con cerco perimetral de acuerdo a propuesta de la Concesionaria?
¿En qué momento cambio el manejo de biogás de la propuesta del Operador que era la quema centralizada, con la situación actual?

De acuerdo a la Cláusula Vigésima Cuarta de Contrato (Penalidades) a actividades desarrolladas por la empresa TERSA S.A., establecieron contravenciones que generalmente que son las siguientes:

Tabla 17-1 Contravenciones y Penalidades

N°	INFRACCIÓN O DEFICIENCIA	N°	INFRACCIÓN O DEFICIENCIA
1	Deficiencia: Incumplimiento en la presentación de Plan Operativo Anual de acuerdo al tiempo establecido en el Pliego de Condiciones	17	Deficiencia: Falta de construcción de sistemas para monitoreo de lixiviado y biogás
2	Deficiencia: incumplimiento en la presentación de proyectos para realizar cualquier obra de ingeniería en un tiempo mínimo de diez (10) días calendario antes del inicio de obras de acuerdo a cronograma.	18	Deficiencia: No ejecución del plan de control de vectores, moscas, roedores, olores en el relleno sanitario
3	Infracción: Ejecución de obras sin aprobación de la SUPERVISIÓN	19	Infracción: Manejo de lixiviados que genere la fuga masiva del sistema de almacenamiento temporal
4	Deficiencia: Retraso en ejecución de obras de acuerdo a cronograma presentado por el Concesionario	20	Deficiencia: Falta de personal suficiente para garantizar la continuidad de todos los servicios contratados
5	Deficiencia: Incumplimiento en la ejecución de obras de acuerdo a lo especificado en el proyecto	21	Infracción: Inadecuado comportamiento del personal con respecto a condiciones contractuales, usuarios y/o supervisores

N°	INFRACCIÓN O DEFICIENCIA	N°	INFRACCIÓN O DEFICIENCIA
6	Deficiencia: Inexistencia de un ingeniero residente designado a las operaciones del Relleno, a tiempo completo	22	Deficiencia: Falta de la dotación de ropa de seguridad industrial al personal
7	Deficiencia: Incumplimiento en los procedimientos de disposición final de residuos sólidos generados en establecimientos de salud	23	Deficiencia: Incumplimiento a la presentación de sistemas de administración de mantenimiento (SAM), administración de equipos (SAE) y de administración de repuestos y almacenes para el equipo del GMLP
8	Infracción: Disposición o vertido de residuos hospitalarios en la celda común	24	Deficiencia: De limpieza y conservación interna y externa (chapería y pintura) de toda la maquinaria o equipo del GMLP
9	Deficiencia: Fallas en la impermeabilización de la base y las paredes de la celda	25	Deficiencia: Falta de pintado del logotipo del GMLP en la maquinaria y equipo, salvo el equipo alquilado
10	Deficiencia: Incumplimiento en la construcción de una celda de emergencia	26	Infracción: Uso indebido o no autorizado de la maquinaria o equipo destinado al Relleno Sanitario
11	Deficiencia: Incumplimiento al cronograma del plan de cierre del relleno sanitario	27	Infracción: Falta de equipo de reemplazo en caso de falla mecánica
12	Deficiencia: Falta de limpieza de los predios del relleno sanitario	28	Infracción: Efectuar actividades de segregado de residuos sólidos sin autorización de la SUPERVISIÓN
13	Deficiencia: Incumplimiento de las actividades de monitoreo ambiental del relleno sanitario	29	Deficiencia: Interrupción o falta no justificable de comunicación vía radio
14	Deficiencia: Falta de construcción de sistemas de captación de lixiviados	30	Infracción: Incumplimiento en las reparaciones mayores y menores
15	Deficiencia: Falta de control de lixiviados cuando se presenten afloramientos	31	Deficiencia: Incumplimiento en el suministro de equipo o personal necesarios para cumplir con las obligaciones contractuales
16	Deficiencia: Fallas en el sistema de tratamiento de lixiviados, fuera del plazo máximo estipulado en el pliego	32	Deficiencia: Incumplimiento a determinaciones de la SUPERVISION u otras obligaciones detalladas en los documentos contractuales
		33	Infracción: Retraso en la fecha de inicio de operaciones de acuerdo a la orden de inicio de servicios

Fuente: Elaboracion Propia

El procedimiento para su cumplimiento y sanción de estas deficiencias se traduce en un informe que emite el jefe de Sección Supervisión de Aseo Urbano y Disposición Final de Residuos – SIREMU por penalidades del mes en cuestión en cumplimiento a las cláusulas insertas en el Contrato N° 1746/05, los cuales son traducidos en puntos equivalentes a una sanción económica, haciendo conocer mediante radiocomunicación o notas a la empresa, otorgando cinco días de plazo para efectuar objeciones.

Evaluados los cargos y descargos presentados se formula la correspondiente Resolución Administrativa expuesta por la Jefatura de Unidad de Servicios y Alimento Complementario Escolar – SIREMU, resolviendo aplicar en contra de la Empresa infracciones verificadas durante el mes en cuestión, la Jefatura de Unidad de Servicios y Alimento Complementario Escolar Resuelve declarar la Ejecutoria de la Resolución Administrativa, siendo exigible la penalidad contractual aplicada en contra de la Empresa

por infracciones verificadas en la prestación del servicio, debiendo registrar la misma y aplicarla en contra de la indicada empresa por los puntos establecidos equivalentes a una sanción económica, correspondiendo a la Jefatura de Sección Supervisión de Aseo Urbano y Disposición Final de Residuos dar cumplimiento a la determinación.

En el siguiente grafico se muestra la frecuencia de estas sanciones desde el año 2006 hasta fines del 2018 se expone sanciones como desestimaciones o revocatorias por infracciones impuestas a TERSA S.A., por el Gobierno Municipal de La Paz mediante el Sistema de Regulación y Supervisión Municipal de acuerdo a Resoluciones Administrativas:

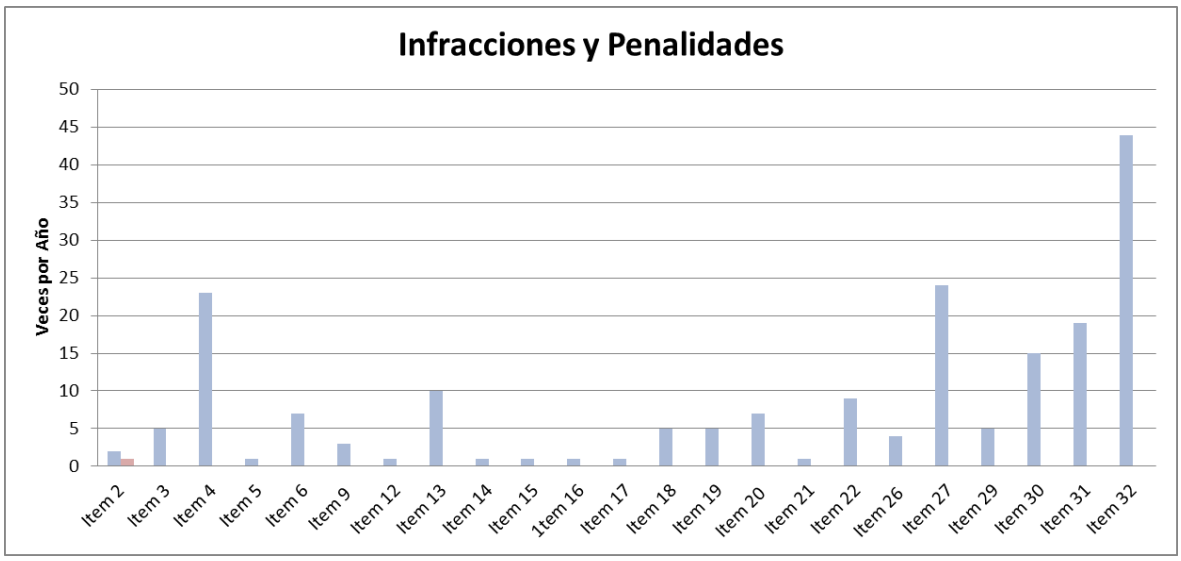


Ilustración 17-2 Infracciones y Penalidades
Fuente: Elaboracion Propia

De la revisión efectuada a los documentos proporcionados en medio digital, no adjuntan sanciones económicas impuestas a los meses de junio y julio 2017 como también por enero y febrero 2019 del relleno sanitario de Alpacoma.

Para validar la información recabada y absolver las interrogantes se remitirán notas tanto al GAMLP como a TERSA S.A. el conjunto de inconsistencias para que las mismas sean aclaradas y respaldadas.

Actividad 18. Incorporación en SIG

18.1 Construcción del SIG

Como quiera que la presentación del SIG está prevista para la Fase 3, durante esta Fase la empresa culminó con la construcción del SIG, a fin de incorporar en esta herramienta todo lo referido a mapas temáticos, sitios de muestreo, fotos de diferentes sectores y datos que servirán para contar con la información necesaria.

18.1.1 Armado de GeoDataBase

Se procedió a el armado de la Base de Datos. Para el SIG se emplearán diferentes herramientas, como por ejemplo el ArcView y todas las herramientas necesarias, como AutoCad, Civil, etc.

18.1.2 Recopilación de Información Geoespacial

Al margen de la información generada por la empresa, se lograron imágenes satelitales de 2014 hasta el 2018, antes del evento.

18.1.3 Creación de Menús

El SIG será accesible mediante menús generados en una instancia amigable y 100% compartible.

18.2 Incorporación de Datos

Se adjuntan los 4 DVDs conteniendo la GeoDataBase, que servirá para la administración del sistema y construcción del SIG.

18.3 Toma de coordenadas UTM

Todos los sitios de intervención y muestreo han sido convenientemente registrados con navegadores. Las coordenadas de todos los registros son UTM

18.4 Incorporación de impactos negativos en el SIG

Todos los impactos que han sido identificados, están con coordenadas y serán incorporados al SIG.

18.5 Descripción de l modelo a emplear

18.5.1 Software ArcGIS

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, también permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.

Se puede pensar en el sistema ArcGIS como en una infraestructura para elaborar mapas y poner la información geográfica a disposición de los usuarios dentro de un departamento, por toda una organización, entre varias organizaciones y comunidades de usuarios o en Internet, para cualquier usuario interesado en acceder a ella.

En general, el ArcGis permite:

- Resolver problemas
- Tomar mejores decisiones
- Planificar adecuadamente

- Utilizar los recursos más eficientemente
- Anticipar y administrar los cambios
- Administrar y ejecutar las operaciones de forma más eficaz
- Promocionar la colaboración entre equipos, disciplinas e instituciones
- Aumentar la comprensión y los conocimientos
- Comunicar de forma más efectiva
- Educar y motivar a otros

18.5.1.1 Datos de Base

Los mapas son una forma efectiva de organizar, comprender y proporcionar cantidades de información de un modo comprensible, se realizarán los siguientes pasos para el armado de la Base de datos SIG:

18.5.1.2 Indice

El índice general de la GeoDataBase se lo realizará en ArcMap que cuenta con una estupenda gama de herramientas el cual nos permite interactuar con diferentes programas como (Office, CAD, Pdf, etc). Permitiendo un dialogo visual para la mejor interacción con el usuario.

18.5.1.3 Hipervinculos

La base de datos geográfica son la base del trabajo SIG, la base de datos geográfica hace posible que la información se almacene en un formato que simplifica la administración del mismo.

En el mismo ArcMap, se armará geodatos los cuales nos permitirán importar (datos vinculados) archivos como: jpg, pdf, cad, etc. Mostrando en pantalla lo que se quiere visualizar y o explicar.

ArcGis admite una variedad de flujos de trabajo con los que resulta fácil administrar las bases de datos geográficas.

Los resultados del análisis se presentarán dentro de mapas o informes, mediante menús.

Actividad 19. Preparación del Informe de la Fase 2

Esta Actividad se ha desarrollado para la preparación del Informe de la Fase 2 cuyo desarrollo ha contemplado varias etapas, y la secuencia ha sido modificada para mantener el orden, de acuerdo a las demás actividades.

La elaboración del Informe ha atendido el cumplimiento de tres requerimientos principales:

ii. Los Objetivos Específicos, señalados en el punto 2.2 de los Términos de Referencia del DBC, los mismos que son 13.
iii. Lo indicado en los Términos de Referencia del DBC, en el punto 8.2, Actividades en el sitio a auditar (Fase 2), cuyo índice contempla los incisos desde la "a" a la "j".
iv. La Propuesta Técnica de la empresa, donde ofertamos abarcar todos los requerimientos de los Términos de Referencia del DBC y efectuar las actividades que sean necesarias para satisfacer los objetivos, tanto de la institución como los de la empresa.

La elaboración del presente Informe ha requerido el concurso del personal clave y de todo el personal de apoyo. El informe consta de 535 páginas, sin contar con el índice y la presente Actividad.

A continuación, se presenta la tabla con el contenido del Informe aparte del texto.

Tabla 19-1 Contenido de Cuadros, Figuras, Tablas, etc.

	Actividad de Propuesta	Cuadros	Fotografías	Ilustraciones	Gráficos	Tablas
1	Recopilación de Información	0	0	0	0	5
2	Establecimiento del Área de Influencia	0	0	9	0	3
3	Inspección y Evaluación Ambiental del Área de Estudio	7	0	0	0	1
4	Programa de Muestreo de los Factores Ambientales	11	0	5	0	10
5	Caracterización de la Línea Base Ambiental	11	0	7	0	20
6	Diagnóstico de la Situación Actual	13	95	61	2	78
7	Levantamiento Topográfico	1	0	6	0	0
8	Geología/Geotecnia	9	9	49	0	13
9	Identificación de las principales fuentes de contaminación	3	0	0	0	0
10	Identificacion, Inventario y Evaluacion de Impactos Ambientales Negativos que inciden en el área de estudio	0	0	0	0	18

	Actividad de Propuesta	Cuadros	Fotografías	Ilustraciones	Gráficos	Tablas
11	Detección de los impactos ambientales negativos de la AOP; realizando análisis de alternativas de adecuación y/o remediacion	9	0	0	0	0
12	Identificación de Factores que Posiblemente Ocasionaron el Evento	3	0	7	0	4
13	Efectividad y Grado de Cumplimiento	0	0	2	0	0
14	Cumplimiento del Manifiesto Ambiental aprobado y Plan de Contingencias	3	0	0	0	9
15	Identificación, verificación de actores claves y responsabilidades legales	0	0	0	0	2
16	Lineamientos para el Cierre del RSNJ	0	0	0	0	1
17	Auditoría de Cumplimiento	0	0	2	0	1
18	Incorporación en SIG	0	0	0	0	0
19	Preparación del informe de la Fase II	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

I.4. Bibliografía

Ambiental

MANIFIESTO AMBIENTAL, Relleno Sanitario Nuevo Jardín, septiembre 2010.

PLAN DE EMERGENCIA PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL, Proyecto: Relleno Sanitario Nuevo Jardín, septiembre 2004.

INFORMES DE MONITOREO AMBIENTAL, Relleno Sanitario Nuevo Jardín, 2011 – 2018

HUANG, C Y. LEE, C.C. LI, F.C., Y.P.SU, H. J. The Seasonal Distribution of Bioaerosols in Municipal Landfill Sites: a 3-yr Study. Atmospheric Environment. 36,2002.

GUIA PARA LA ELABORACION DE MANIFIESTOS AMBIENTALES, publicado por la Dirección General Impacto, Calidad y Servicios Ambientales del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, año 1998.

TOIVOLA, M. ALM, S. REPONEN, T. KOLARIC, S. NEVALAINENA, A. Personal exposures and microenvironmental concentrations of particules and bioaerosoles. Journal Environ. Monint. 4, 2002.

DOUWES, J. THORNE, P. PEARCE, N. HEEDERIK, D. Bioerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. Annal of Ocupational Hygiene. 47 (3). 2003.

RENGASAMY, A. ZHUANG, Z. BERRYANN R. Respiratory protection against bioaerosols: Literature review and research needs. AIJC State of the Science Report. 32 (6). 2004.

Salud

1 Vrijheid M. Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. Environ Health Perspect 2000; 108: 101–12.

2 Fielder HMP, Poon-King CM, Palmer CR, Moss N, Coleman G. Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective análisis. BMJ 2000;320:19–23.

3 Elliott P, Briggs D, Morris S, de Hoogh C, Hurt C, Jensen TK, Maitland I, Richardson S, Wakefield J, Jarup L. Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. BMJ 2001;323:363–8.

4 Stehr-Green PA, Burse VW, Welty E. Human exposure to polychlorinated biphenyls at toxic waste sites: investigations in the United States. Arch Environ Health 43:420-424 (1988).

5 Janerich DT, Burnett WS, Feck G, Hoff M, Nasca P, Polednak AP, Greenwald P, Vianna N. Cancer incidence in the Love Canal area. Science 212:1404-1407 (1981).

6 Najem GR, Strunck T, Feuerman M. Health effects of a Superfund hazardous chemical waste disposal site. Am J Prev Med 10:151-155 (1994).

7 Paigen B, Goldman LR, Highland JH, Magnant MM, Steegman AT. Prevalence of health problems in children living near Love Canal. Haz Waste Haz Mat 2:23-43 (1985).

8 Logue JN, Fox JM. Residential health study of families living near the Drake Chemical Superfund site in Lock Haven, Pennsylvania. Arch Env Health 41:222-228 (1986).

9 Ozonoff D, Colten ME, Cupples A, Heeren T, Schatzin A, Mangione T, Dresner M, Colton T. Health problems reported by residents of a neighborhood contaminated by a hazardous waste facility. Am J Ind Med 11:581-597 (1987).

10 Lipscomb JA, Goldman LR, Satin KP, Smith DF, Vance WA, Neutra RR. A follow-up study of the community near the McColl waste disposal site. Environ Health Perspect 94:15-24 (1991).

11 Hertzman C, Hayes M, Singer J, Highland J. Upper Ottawa street landfill site health study. Environ Health Perspect 75:173-195 (1987).

12 Baker D, Greenland S, Mendlein J, Harmon P. A Health study of two communities near the Stringfellow waste disposal site. Arch Environ Health 43:325-334 (1988).

13 Dunne MP, Burnett P, Lawton J, Raphael B. The health effects of chemical waste in an urban community. Med J Austr 152:592-597 (1990).

14 Rushton L. Health hazards and waste management. British Medical Bulletin 2003; 68: 183–197.

15 Rushton L and Elliott P. Evaluating evidence on environmental health risks. British Medical Bulletin 2003; 68: 113–128.

16 Contraloría de Bogotá D.C. Dirección Recursos Naturales Y Medio Ambiente, "Plan de Auditoria Distrital – PAD", Auditoría Gubernamental con Enfoque Integral Modalidad Especial, al proceso de Disposición Final de Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario Doña Juana en el período comprendido entre el 1º de enero y el 31 de agosto de 2002. www.contraloria.dfa.pdf.

19 Tchobanoglous, G; Theisen H;Vigil Ss. Gestión integral de residuos sólidos. Vol. I-II. McGrawHill. Madrid, 1994.

21 LaGrega M.; Buckingham P.; Evans J. Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, Eliminación y Recuperación de Suelos. McGrawHill, Madrid, 1996.

23 http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/htmlu/landgas.html

24 Federal Regulations 38706, July 19, 1999. Environmental Protection Agency of USA

25 Federal Regulations 66672. Nov. 7, 2000. Environmental Protection Agency of USA.

26 Ullas H., Tsan-Chang C., Shang-Shyng Y. Methane and carbon dioxide emission fron Shan-Chu-Ku landfill site in horthern Taiwan. National Taiwan University, March 2003. Lee F. G., P.E., and Jones-Lee A. Impact of Municipal and Industrial Non-Hazardous Waste Landfills on Public Health and the Environment: An Overview. El Macero, CA 95618. Comparative Risk Project, CEPA, May (1994).

27 Ballester D. F.; Tenías J.M.; Perez H.S. Efectos de la Contaminación Atmosférica Sobre la Salud una Introducción. Rev. Esp. Salud Pública 1999: 73: 109-121, No 2.

28 Nevers De N. Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. McGrawHill. México, 1998.

29 Scheutz, C.; Mosbæk, H.; Kjeldsen,P. Bioremediation and Biodegradation. Attenuation of Methane and Volatile Organic Compounds in Landfill Soil Covers. Technical Reports. Technical University of Denmark, Environment & Resources. Environ. Qual. 33:61-71 (2004).

30 INTERACTION PROFILE FOR Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX) U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. May 2004.

31 Finlayson-Pitts, B.J.; Pitts J. N. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Theory, Experiments and Applications. Orlando (USA), 2000.

32 Sánchez, C.,C. Evaluación de Índices de Exposición en el Estudio de Efectos a la Salud por Contaminantes Atmosféricos del Sistema de Vigilancia Epidemiológica Ambiental en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Centro Nacional de Salud Ambiental, México 1998.

33 Ballester D. F.; Tenías J.M.; Perez H.S. Efectos de la Contaminación Atmosférica Sobre la Salud una Introducción. Rev. Esp. Salud Pública 1999: 73: 109-121, No 2.

34 Van Leeuwen, X. R. Safe Drinking Water: the Toxicologist's Approach F. WHO European Centre for Environment and Health, Bilthoven Division, PO Box 10, 3730-AA De Bilt, The Netherlands. Food and Chemical Toxicology 38 (2000) S51±S58

35 Van Leeuwen, X. R. Safe Drinking Water: the Toxicologist's Approach F. WHO European Centre for Environment and Health, Bilthoven Division, PO Box 10, 3730-AA De Bilt, The Netherlands. Food and Chemical Toxicology 38 (2000) S51±S58

37 Métodos de medición de riesgos para la salud generados por la exposición a sustancias peligrosas liberadas por rellenos sanitarios. Informe de una reunión de la OMS. LODZ, Polonia. Abril, 2000.

38 Saneamiento y Cierre de Botaderos a Cielo Abierto. Ministerio del Medio ambiente. Publicación financiada con recursos del Crédito BIRF-3973-CO, Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana – FIGAU, 2000.

39 Krantz A., Tupper R. Hazardous Wastes Sites and Human Health. Health Effects Review. Volume 3 Issue 3 August 1999.

40 Vrijheid M., Armstrong B. Potential effects of Landfill on Human Health. Environmental Epidemiology Unit, Department of Public Health & Policy' London School of Hygiene & Tropical Medicine. Report for NW Environment Agency;1998.

41 Pheby D., Grey M., Giusti L. Waste management and public health: the state of the evidence. Impact on human health. Center for research in Enviromental Systems, Pollution and Remediation, University of West England, 2002.

42 www.swpho.org.uk. Waste Management and Public Health: the State of the Evidence. Unit of Applied Epidemiology . South West Public Health Observatory, 2002.

43 http://www.defra.gov.uk/. Review of Environmental and Health Effects of Waste Management: Municipal Solid Waste and Similar Wastes by Enviros Consulting Ltd and University of Birmingham, with Risk and Policy Analysts Ltd, Open University and Maggie Thurgood Department for Environment, Food and Rural Affairs, U.K., 2003.

44 Briggs D. Environmental pollution and the global burden of disease. British Medical Bulletin 2003;68: 1– 24.

45 Armstrong T., Hushka L., Tell J., Zaleski R. A Tiered Approach for Assessing Children's Environmental Health Perspectives, 2000; 108(6).

46 Daston G., Faustman E., Ginsberg G. et al. A Framework for Assessing Risks to Children from Exposure to Environmental Agents. Environmental Health Perspectives, 2004; 112(2).

47 Collman G. Branum A., The National Children's Study of Environmental Effects on Child Health and Development The National Children's Study Interagency Coordinating Committee, Infant and Child Health Studies Branch, National Center for Health Statistics, Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Environmental Health Perspectives,2003; 111(4).

48 Landrigan P., Children As A Vulnerable Population. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 2004; 17(1): 175 — 177.

49 Cohen E., Sheldon L., Burke J. et al., Assessment: A Review of Factors Influencing Children's. Exposure, and the Data Available to Characterize and Assess That Exposure. Environmental Health Perspectives, 2000; 108 (6).

50 Muzzo S., Normal and Abnormal Growth of the Child and the Adolescent. Rev Chil Nutr Vol. 30, N1, Abril 2003.

51 Black M., Krishnakumar A., Predicting Longitudinal Growth Curves of Height and Weight Using Ecological Factors for Children with and without Early Growth Deficiency. J. Nutr. 129: 539S–543S, 1999.

52 Torres A., Peterson K., Souza A., et al. Association of diarrhoea and upper respiratory infections with weight and height gains in Bangladeshi children aged 5 to 11 years. Bulletin of the World Health Organization, 2000, 78 (11).

53 Onyango A., Esrey S., Kramer M. Continued breastfeeding and child growth in the second year of life:a prospective cohort study in we stern Kenya . The Lancet, Vol 354. December 11, 1999.

55 Jedrychowski W., Maugeri U., Jedrychowska I. Body Growth Rate in Preadolescent Children and Outdoor Air Quality. Environmental Research Section A 90, 12-20 (2002).

56 El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. Informe Técnico de la OMS, 1995:190-300.

58 CommitteeonAsthmaandIndoorAirQualityInstituteofMedicine. Cleaning the air: asthma and indoor air exposure. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

59 Rosenstreich D, Eggleston P, M MK, al e. The role of cockroach allergy and exposure to cockroach allergen in causing morbidity among inner-city children with asthma. N Engl J Med 1997;336:1356–63.

60 Ingram J, Sporik R, Rose G, al e. Quantitative assessment of exposure to dog (Can f 1) and cat (Fel d 1) allergens: relation to sensitization and asthma among children living in Los Alamos, New Mexico. J Allergy Clin Immunol 1995;96:449-56.

61 Eggleston P, Buckley T, PN Breysse PN ea. The environment and asthma in U.S. inner cities. Environ Health Perspect 1999;107:439-50.

62 Platts-Mills T, Vervloet D, WR WT, al e. Indoor allergens and asthma: report of the Third International Workshop, Cuence, Spain. J Allergy Clin Immunol 1997;97:1079-84.

63 Park J, Gold D, DL DS, al e. House dust endotoxin and wheeze in the first year of life. Am J Respir Crit Care Med 2001;163:322-8.

64 Alho O, Koivu M, Sorri M, Rantakallio P. Risk factors for recurrent acute otitis media and respiratory infection in infancy. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 1990;19:151-161.

65 Porro E, Calamita P, I IR, al e. Atopy and environmental factors in upper respiratory infections: an epidemiological survey on 2304 school children. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 1992;24:111-120.

66 Pandey M, Neupane R, Gautam A, Shrestha B. Domestic smoke pollution and acute respiratory infections in a rural community of the hill region of Nepal , Volume 15, Issues. Environment International 1989;15:337-340.

67 Cashat-Cruz M, Morales-Aguirre J, Mendoza-Azpiri M. Respiratory tract infections in children in developing countries. Semin Pediatr Infect Dis 2005;16:84-92.

68 Duelien-Skorge T, Eagan TML, Eide GE, Gulsvik A, Bakke PS. Indoor exposures and respiratory symptoms in a Norwegian community sample. Thorax 2005;60.

71 Medina S, Plasencia A, Ballester F. European cities in 19 10 Apheis: public health impact of PM. J. Epidemiol. Community Health 2004;58:831-836.

72 Pinter A, Rudnai P, Sarkany E, Goczan M, Paldy A. Air pollution and childrens' respiratory morbidity in the Tata area, Hungary. Cent.Eur J Public Health 1996;4:Suppl:17-20.

73 Wong T, Wun Y, Yu T, Tam W, Wong C, Wong A. Air pollution and general practice consultations for respiratory illnessses. J Epidemiol Community Health 2002;56:949-950.

74 Pino P, Walter T, Oyarzun M, Villegas R, Romieu I. Fine Particulate Matter and Wheezing Illnesses in the First Year of Life. Epidemiology 2004;15:702-708.

75 Bin B, Jalaludin A, O'Toolec B, Leeder S. Acute effects of urban ambient air pollution on respiratory symptoms, asthma medication use, and doctor visits for asthma in a cohort of Australian children. Environmental Research 2004:32–42.

76 Lanata C, Rudan I, Boschi-Pinto C, al e. Methodological and quality issues in epidemiological studies of acute lower respiratory infections in children in developing countries. International Journal of epidemiology 2004;33:1362-1372.

85 Wijewardene, K., P. Fonseka, et al. (1992). "Risk factors contributing to acute diarrhoeal disease in children below five years." Ceylon Med J 37(4): 116-9.

86 Dikassa, L., N. Mock, et al. (1993). "Maternal behavioural risk factors for severe childhood diarrhoeal disease in Kinshasa, Zaire." Int J Epidemiol 22(2): 327-33.

87 GASCON, J., M. VARGAS, et al. (2000). "Diarrhea in Children under 5 Years of Age from Ifakara,Tanzania: a Case-Control Study." JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY: 4459-62.

88 Bozkurt, A. I., S. Ozgur, et al. (2003). "Association between household conditions and diarrheal diseases among children in Turkey: A cohort study." Pediatrics International 45(4): 443-451.

89 Nakaji, S., M. Matzuzaka, et al. (2004). "A population-Based study on Defecatory Conditions in Japanese subjects: methods for self-evaluation." Tohoku J Exp. Med 203: 97-104.

90 Regoa, R., L. Moraesb, et al. (2005). "Diarrhoea and garbage disposal in Salvador, Brazil." Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 99: 48-54.

91 Ethelberg, S., B. Olesen, et al. (2006). "Risk factors for diarrhea among children in an industrialized country." Epidemiology 17(1): 24-30

92 Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P.F., Zepeda, F., 1997. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, Washington DC, Serie Ambiental, No. 18, pp.97—107.

93 Limpurb, 1999. Relatorio Técnico: Caracterizacao dos Residuos Sólidos Domiciliares da Cidade de Salvador. Empresa de Limpeza Urbana, Salvador.

94 Heller, L. and C. Catapreta (2003). "Solid waste disposal in urban areas and health--the case of Belo Horizonte, Brazil." Waste Manag Res 21(6): 549-56.

95 Lalonde M. A New Perspective on the Health of Canadians. Ottawa, Health and Welfare Canada, 1974.

96 Lalonde M, New perspective on the health of Canadians: 28 years later. Pan Am J Public Health 2002; 12(3).

97 Monge A, La conceptualización de la salud en el modelo de atención del sistema nacional de salud. Centro de desarrollo estratégico e Información en salud y seguridad social (CENDEISSS) 2004.

98 McCarron P, Harvey I, Brogan R, Peters T. Self reported health of people in an area contaminated by chromium waste: interview study. British Medical Journal. 2000; 320: 11-15.

99 Elliott P, Briggs D, Morris S, de Hoogh C, Hurt C, Jensen TK, Maitland I, Richardson S, Wakefield J, Jarup L. Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. BMJ 2001;323:363–8.

100 Harrison R. Hazardous waste landfill sites and congenital anomalies. www.occenvmed.com

101 Zemp E, Elsasser S, Schindler C, Künzli N, et al. long term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). Am J Respir Crit Care Med 1999; 159: 1257-1266.

102 Neuberger M, Schimek M, Horak JR, Moshammerb H, Kundib M, et al. Acute effects of particulate matter on respiratory diseases, symptoms and functions: epidemiological results of the Austrian Project on Health Effects of Particulate Matter (AUPHEP). Atmospheric Environment. 2004; 38: 3971–3981.

103 Briggs D. Environmental pollution and the global burden of disease. British Medical Bulletin 2003; 68: 1–24.

104 Hoek G, Wypij D, Brunekreef B. Self-reporting versus parental reporting of acute respiratory symptoms of children and their relations to pulmonary function and air pollutions. Internacional Journal of Epidemiology 1999; 28:293-299.

105 Katsouyanni K. Ambient air pollution and health. British Medical Bulletin 2003; 68: 143–156.

106 Sunyer J. Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease: a review. Eur Respir J 2001; 17: 1024–1033.

107 Jalaludin B, Brian A, O'Toole A, Leederd S. Acute effects of urban ambient air pollution on respiratory symptoms, asthma medication use, and doctor visits for asthma in a cohort of Australian children. Environmental Research 2004; 95: 32–42

108 Boezen H, Van der Zee H, Postma D, Vonk J, Gerritsen J, Hoek G, Brunekreef B, Rijcken B, Schouten J. Effects of ambient air pollution on upper and lower respiratory symptoms and peak expiratory flow in children. The lancet 1999; 353:874-878.

109 Chauhan A, Johnston S. Air pollution and infection in respiratory Illness. British Medical Bulletin 2003; 68: 95–112.

110 Maître A, Collot-Fertey D, Anzivino L, Marques M, Hours M, Stoklov M. Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds. Occup. Environ. Med. 2003; 60; 563-569.

111 Hˆppea P, Petersb A, Rabea G, Pramla G, Lindnera J, Jakobic G, et al. Enviromental ozone effects in different population subgroups. Int. J. Hyg. Environ. Health 2003; 206: 505- 516.

112 McNamee R, Does exposure to landfill waste harm the fetus?. Perhaps, but more evidence is needed. 2001;323:351–352.

113 Ralph J. Delfino A, Henry A, Gong B, Linn W, Pellizzaric D. Respiratory symptoms and peak expiratory flow in children with asthma in Relation to volatile organic compounds in exhaled breath and ambient air. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology 2003; 13: 348–363.

114 Stehr-Green PA, Burse VW, Welty E. Human exposure to polychlorinated biphenyls at toxic waste sites: investigations in the United States. Arch Environ Health 43:420-424 (1988).

115 Editorial. Environment and quality of life. Revue européenne de psychologie appliquée. Article in press. 2006.

116 Moser G, Robin M. Environmental annoyances: an urban-specific threat to quality of life? Revue européenne de psychologie appliquée. Article in press. 2006.

117 Welsch H. Environment and happiness: Valuation of air pollution using life satisfaction data. Ecological Economics. Article in press. 2005.

118 Horelli L. Environmental human-friendliness as a contextual determinant for quality of life. Revue européenne de psychologie appliquée. Article in press. 2006.

119 Dunstana F, Weaverb N, Arayad R et al. An observation tool to assist with the assessment of urban residential environments. Journal of Environmental Psychology 25 (2005) 293–305.

120 Chapman MV. Neighborhood quality and somatic complaints among American youth. Journal of Adolescent Health 36 (2005) 244–252.

121 Bevc CA, Marshall BK, Picou S. Environmental justice and toxic exposure: Toward a spatial model of physical health and psychological well-being. Social Science Research. Article in press. 2006.

122 Somerville M, Barton A, Foy C, Basham M. From Local Concern to Randomised Trial: The Watcombe Housing Project. Society for Social Medicine and the International Epidemiological Association European Group. Abstracts of oral presentations. www.jech.com.

123 Henry R, Yongsheng Z, Jun D. Municipal solid waste management challenges in developing countries- Kenyan case study. Waste Management 26(2006)92-100

124 Rahardyan B, Matsuto T, Kakuta Y, Tanaka N. Resident's concerns and attitude towards Solid Waste Management facilities. Waste Management 24 (2004) 437-451

125 Schneiders J, Drukker M, Van der Ende J, et al. Neighborhoods socioeconomic disadvantage and behavioural problems from late childhood into early adolescence. J Epidemiol Community Health 2003;57:699–703.

126 Kitsantas P, Kitsantas A, Traves R. Occupational exposures and associated health effects among sanitation landfill Employees. Environmental Health, Dec 2000

127 Kaplan RM, Ganiats TG, Sieber WJ, Anderson JP. The Quality of Well-Being Scale: critical similarities and differences with SF-36. International Journal for Quality in Health Care. 1998;10(6):509-520.

Geología

Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. (2010). Manifiesto Ambiental Relleno Sanitario Nuevo Jardín. Dirección de Calidad Ambiental. Versión en formato PDF. 565 p.

Grupo Dimensión-Enasa y Asociados. (2005). Propuesta Para la Concesión de la Operación del Servicio de Disposición Final de Residuos Sólidos del Municipio de La Paz. La Paz. Versión en formato PDF. 144 p.

Empresa TERSA S.A. (2014). Vertedero de Alpacoma Estudio Geotécnico y de Estabilización del Muro Dorsal Sur. La Paz. 91 p.

Empresa Tersa S.A. (2019). Plan de Contingencia Específico Deslizamiento Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma. La Paz. 39 p.

Empresa Tersa S.A. (2019). Plan de Contingencia Específico Deslizamiento Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma. Estabilidad De Taludes. La Paz. 30 p.

Bibliografía Consultada

Arce, O. (2007). GUÍA A LOS YACIMIENTOS METALÍFEROS DE BOLIVIA. La Paz. 346 p.

Ballivián, O., Bles, J., Servant, M. (1978). EL PLIO-CUATERNARIO DE LA REGION DE LA PAZ (ANDES ORIENTALES, BOLIVIA). Cahiers d' ORSTOM. Volumen X, Nº 1. 101 – 113 p.

Bles, J. L., Álvarez, A., Anzoleaga, O., Ballivian, O., Bustillos, O., Hochstatter, H., Malatrait, A., Otazo, N. (1978). PLAN DE DESARROLLO URBANO - CIUDAD DE LA PAZ. Tomo 1. Aspectos Físicos y Ambientales. Geología y Aguas. Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, Consultoras BRGM-BCOM, Prudencio Claros y Asociados. Orléans. BRGM. 84 p., 4 anexos.

Bles, J. L., Álvarez, A., Anzoleaga, O., Ballivian, O., Bustillos, O., Hochstatter, H., Malatrait, A., Otazo, N. (1978). PLAN DE DESARROLLO URBANO - CIUDAD DE LA PAZ. Tomo 2. Aspectos Físicos y Ambientales. Síntesis Ecogeológica. Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, Consultoras BRGM-BCOM, Prudencio Claros y Asociados. Orléans. BRGM. 100 p.

Dobrovolny, E., (1962). GEOLOGÍA DEL VALLE DE LA PAZ. La Paz. Ministerio de Minas y Petróleo. Departamento Nacional de Geología. Boletín Nº 3 (Especial). 152 p., 5 anexos.

Espejo, A., Mareño, P., Porcel, R., Marín, M., Baldellón, E., Velasco, R., Zapana, P., Mendez, J., Terán, N., Morillas, N., Lima, E., Chacón, G., Velasco, A., Calisaya, C., Aruni, B., Bejarano, J. (2011). MAPA DE RIESGOS DE LOS DISTRITOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE LA PAZ. MEMORIA EXPLICATIVA. La Paz. Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. Dirección Especial de Gestión de Riesgos. 117 p.

Gobierno Municipal de La Paz. (2005, 2014). USO DEL SUELO Y PATRONES DE ASENTAMIENTO. DISTRITO 21.

Highland, L., Brobowsky, P. MANUAL DE DERRUMBES: UNA GUÍA PARA ENTENDER TODO SOBRE LOS DERRUMBES. (2008). Reston, Virginia. Circular 1325. Servicio Geológico de los EE.UU. 129 p.

Jordá, L., Tomás, R., Arlandi, M., Abellan, A. (2016). MANUAL DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS. DESCRIPCIÓN DE MACIZOS ROCOSOS EN AFLORAMIENTOS. Primera edición. España: E.T.S.I. Minas – Universidad Politécnica de Madrid. 200 p.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. (2002). MEMORIA DEL MAPA FISIOGRÁFICO DE BOLIVIA. La Paz. 33 p.

Museo Nacional de Historia Natural. (2015). HTORIA NATURAL DE UN VALE EN LOS ANDES: LA PAZ. Segunda edición. La Paz. 13 – 39 p.

Servicio Geológico de Bolivia. (1995). CARTA GEOLÓGICA DE BOLIVIA. HOJA DE LA PAZ 5944, Escala 1:100000. La Paz.

Servicio Nacional De Geología y Minería. (2007). MOVIMIENTOS EN MASA EN LA REGIÓN ANDINA: UNA GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZAS. PMA. Publicación Geológica Multinacional Nº 4. 432 p.

Servicio Nacional De Geología y Técnico De Minas. (2012). MANUAL DE SIMBOLOGÍA GEOMORFOLÓGICA. La Paz. SERGEOTECMIN. 39 p.

Suarez, R., Díaz, E. (1996). LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE BOLIVIA. Cochabamba. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Bolivianos. Volumen 17. Nº 1-2. 227 p.

Bibliografía Relleno Sanitario

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua Estado Plurinacional de Bolivia:
  - Ley Nº 755 de Gestión integral de Residuos;

- Reglamento General de la Ley Nº 755
- Norma técnica para el registro y autorización de operadores de residuos
- Norma Boliviana NB 742-760 Normas de Residuos Sólidos
- Norma Boliviana NB 69001- 69007 - Reglamento Para la Gestión de Residuos Sólidos generados en establecimientos de salud
- G. Tchobanoglous, H. Theissen, R. Eliassen – Desechos Sólidos, Principios de Ingeniería y Administración (1982)
- Brunner – Keller - Sanitary Landfill Design and Operation
- G. Tchobanoglous- Handbook of Solid Waste Management, 2nd Edition (2002)
- H. Collazos Peñaloza-Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios (2005)
- Forbes R. McDougall, Peter R. White, M. Franke. P. Hindle - Integrated Solid Waste Management a Life Cycle Inventory - Wiley-Blackwell (2009)
- ResearchGate – Conference Paper – december 2019 -Soria- Rodríguez – Lecciones aprendidas por casos de deslizamiento ocurridos en rellenos sanitarios municipales, a parir de experiencias ocurridas en Latinoamérica
- – The Landslide of Doña Juana in Bogotá –A Case of Study
- CEPIS Publicaciones – H. Collazos - Deslizamiento de basura en el Relleno Sanitario Doña Juana (enero 1998)
- T. Lambe - R. Whitman – Mecánica de Suelos
- O. Mendieta- J. Ponce- Geologìa y Geotecnia Aplicadas a la Ingenierìa Civil (2009)
- R. Valle- Carreteras Calles y Aeropistas (1982)
- E. Juárez – A. Rico – Mecánica de Suelos Tomos I-III (1980)
- R. Marsal -D. Resendiz - Presas de Tierra y Enrocamiento (1979)
- J. Cardona Frómeta - Construcción Hidráulica (2009)