

# Plan de Rehabilitación

## Botadero Municipal de Lagunillas

**\_2021\_**

**Proyecto  
Basura "0"**

Gobierno Autónomo  
Municipal de Lagunillas





## Contenido

Contenido 1	
Índice de tablas.....	4
Índice de Figuras .....	4
Índice de Gráficos .....	5
Índice de Imágenes.....	5
Índice de Anexos .....	5
PLAN DE REHABILITACION BOTADERO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS .....	6
1. Introducción. ....	6
2. Marco normativo. ....	7
3. Objetivos. ....	9
3.1 Objetivo General.....	9
3.2 Objetivos específicos.....	9
4. Diagnóstico del sitio y área de influencia. ....	9
4.1 Información General.....	9
4.1.1 Ubicación geográfica del botadero.....	9
4.1.2 Accesibilidad al sitio.....	10
4.1.3 Proximidad a centros poblados .....	10
4.1.4 Información sobre el sitio (activo o inactivo) .....	11
4.1.5 Años de Funcionamiento.....	11
4.1.6 Tipo y Composición de residuos sólidos dispuestos.....	11
4.1.7 Cantidad de residuos sólidos confinados diariamente y acumulados .....	13
4.1.8 Superficie del sitio.....	14
4.1.9 Derecho propietario .....	15
4.2 Características Geofísicas e Hidrogeológicas.....	15
4.2.1 Topografía (pendiente y relieve) .....	15
4.2.2 Edafología y Geología (Tipo y características del suelo) .....	17
4.2.3 Entorno geológico y perfiles del suelo.....	17
4.2.4 Climatología (Temperaturas, Precipitación Pluvial, Evapotranspiración, Vientos predominantes).....	18
4.2.5 Presencia de aguas superficiales y subterráneas .....	20
4.2.6 Distancia a cuerpos y puntos de toma de agua para consumo humano .....	20
4.2.7 Profundidad de la napa freática.....	20
4.2.8 Zonas de inundación.....	21
4.2.9 Zonas de riesgo o fallas geológicas.....	22
4.2.10 Usos de suelo en el área de influencia .....	22
4.3 Características Ambientales .....	22
4.3.1 Impactos al suelo .....	23
4.3.2 Impactos al aire (Emisión de gases, quema de residuos) .....	24
4.3.3 Impactos agua .....	25
4.3.4 Impactos a la fauna y flora .....	26
4.3.5 Impactos al patrimonio natural y cultural .....	27
4.4 Características Socio-económicas y de Salud.....	27
4.4.1 Actividades socioeconómicas que se generan el área de influencia (Segregación y Crianza de animales) .....	27



4.4.2	Actividades socioeconómicas afectadas el área de influencia (Turismo, Paisaje, Patrimonio Cultural, Agricultura, etc.)	27
4.4.3	Grupos humanos potencialmente afectados (Familias de comunidades)	28
4.4.4	Afectación a la salud (Enfermedades, Presencia de vectores)	28
4.4.5	Existencia de otros servicios públicos instalados en el área de influencia	28
<b>5.</b>	<b>Evaluación y categorización del sitio.</b>	<b>28</b>
5.1	Metodología aplicada para la evaluación técnico - ambiental del botadero	28
5.2	Evaluación técnico - ambiental del botadero	29
5.2.1	Cumplimiento de requisitos para la ubicación de rellenos	32
<b>6.</b>	<b>Selección de la alternativa.</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>Proyecto técnico.</b>	<b>36</b>
7.1	Actividades previas	36
7.1.1	Determinación del Derecho propietario	36
7.1.2	Difusión del cierre técnico del botadero	36
7.1.3	Trabajo social con segregadores de residuos sólidos	36
7.1.4	Construcción del cerco perimetral y puerta de acceso.	36
7.1.5	Caseta de vigilancia e implementación de ambiente para almacén de insumos.	37
7.1.6	Colocación de un letrero informativo	37
7.2	Cierre técnico	38
7.2.1	Excavación y traslado de los residuos dispersos a la celda de cierre construida para depositar estos residuos	38
7.2.1.1	Excavar y retirar los residuos.	38
7.2.1.2	Excavar y retirar las tierras de la base	38
7.2.1.3	Muestrear y analizar el suelo de la base y paredes.	39
7.2.1.4	Nivelar y compactar el área liberada de residuos.	39
7.2.1.5	Sembrar pasto o grama o vegetación propia del lugar.	39
7.2.2	Cierre técnico in situ y saneamiento	39
7.2.2.1	Habilitación de Vías de acceso.	39
7.2.2.2	Instalación de servicios básicos	39
7.2.2.3	Construcción de sistema de Drenaje Pluvial	39
7.2.2.4	Sistema de captación, conducción y almacenamiento de lixiviados	40
7.2.2.5	Tratamiento de lixiviados	40
7.2.2.6	Sistemas de captación de biogás y quema o recuperación energética	41
7.2.2.7	Estabilización física del botadero	41
7.2.2.8	Corte y Transporte de Tierra	42
7.2.2.9	Cobertura Final de la Celda	42
7.2.2.10	Diseño de la red o pozos de monitoreo de aguas subterráneas	43
7.2.3	Programa de seguimiento (mantenimiento- Post -cierre)	44
7.2.3.1	Post - Cierre técnico	44
7.2.3.2	Mantenimiento de las obras de cierre técnico del botadero	44
7.2.3.2.1	Mantenimiento de las vías de circulación	44
7.2.3.2.2	Mantenimiento de la cobertura final	44
7.2.3.2.3	Mantenimiento de la cobertura vegetal en la celda	45
7.2.3.2.4	Mantenimiento de áreas verdes	45
7.2.3.2.5	Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas superficiales	45
7.2.3.2.6	Asentamiento en celdas	45
7.2.3.2.7	Adecuación y mantenimiento de taludes y banquetas	45
7.2.3.2.8	Mantenimiento del sistema de captación de lixiviados	45
7.2.3.2.9	Mantenimiento de piscinas o Geotanque de almacenamiento de lixiviados	45
7.2.3.2.10	Mantenimiento del sistema de captación de biogás	46
7.2.4	Programa de Control y Monitoreo ambiental del botadero en cierre.	46



7.2.4.1	Actividades de monitoreo ambiental Post - Cierre Técnico .....	46
7.2.4.2	Programa de control y monitoreo ambiental .....	46
7.2.4.3	Monitoreo de aguas subterráneas: .....	47
7.2.4.4	Monitoreo de las aguas superficiales.....	47
7.2.4.5	Monitoreo de lixiviado.....	47
7.2.4.6	Monitoreo de Biogás .....	48
7.2.4.7	Monitoreo del Aire .....	48
7.2.4.8	Monitoreo del suelo.....	48
7.3	Relleno Sanitario.....	49
7.3.1	Cálculos preliminares .....	49
7.3.1.1	Proyección de la Población.....	49
7.3.1.1.1	Producción per cápita y generación total de residuos .....	49
7.3.1.1.2	Cálculo del Área del relleno sanitario .....	49
7.3.1.2	Estudio de caracterización de residuos solidos.....	50
7.3.1.3	Residuos aceptables en el relleno sanitario habilitado .....	51
7.3.1.4	Estudios de campo y Diseño .....	52
7.3.1.4.1	Estudio topográfico .....	52
7.3.1.4.2	Estudio geotécnico .....	54
7.3.1.4.3	Estudio geológico.....	55
7.3.1.4.4	Estudio Hidrológico .....	55
7.3.1.5	Diseño del relleno sanitario .....	56
7.3.1.5.1	Método de Construcción del relleno .....	56
7.3.1.5.2	Cálculo de capacidad Volumétrica de la celda.....	58
7.3.1.5.3	Diseño de la celda diaria.....	58
7.3.1.5.4	Habilitación de Vías de acceso.....	59
7.3.1.5.5	Diseño del sistema de Drenaje Pluvial .....	59
7.3.1.5.6	Lixiviados manejo y tratamiento .....	60
7.3.1.5.7	Gases manejo y tratamiento .....	62
7.3.1.6	Construcción del relleno Sanitario .....	64
7.3.1.6.1	Preparación del terreno para la construcción y operación del relleno sanitario .....	64
7.3.1.6.2	Construcción de la capa base .....	64
7.3.1.6.3	Uso de geo sintéticos .....	64
7.3.1.6.4	Seguridad y estabilidad del relleno sanitario .....	64
7.3.1.6.5	Sistema de colección de lixiviados .....	64
7.3.1.6.6	Sistema de Drenaje pasivo para gases del relleno sanitario.....	65
7.3.1.6.7	Obras complementarias .....	65
7.3.2	Programa de Control y Monitoreo ambiental del Relleno de Lagunillas.....	66
7.3.2.1	Monitoreo de las aguas superficiales.....	66
7.3.2.2	Monitoreo de aguas subterráneas .....	66
7.3.2.3	Monitoreo del sistema de captación conducción y tratamiento de lixiviado. ....	67
7.3.2.4	Control del Tratamiento de gases.....	67
7.3.2.5	Control durante la operación de las celdas .....	68
7.3.2.6	Control de Fuego .....	68
7.3.2.7	Control de Plagas .....	69
7.3.3	Cierre técnico del Relleno Sanitario de Lagunillas. ....	69
8.	Plan de Gestión Ambiental.....	69
9.	Recuperación del Sitio - Uso final del sitio.....	69
10.	Presupuesto.....	71
11.	Cronograma de Ejecución.....	72



12.	Anexos .....	73
13.	Anexos de Planos .....	1

## Índice de tablas

Tabla 1.	Competencias relativas al cierre de Botaderos establecidas en la normativa vigente .....	8
Tabla 2.	Composición física de los residuos del municipio de Lagunillas .....	12
Tabla 3.	Estimación del volumen diario de residuos en Lagunillas .....	14
Tabla 4.	Generación diaria de residuos domiciliarios en Lagunillas .....	14
Tabla 5.	Datos de temperatura Promedio 1990- 2020 .....	18
Tabla 6.	Precipitación total mensual media 1990-2020 .....	18
Tabla 7.	Precipitación máxima en 24 horas 1990-2020 .....	18
Tabla 8.	Evapotranspiración potencial mensual promedio 1990 -2020.....	19
Tabla 9.	Dirección predominante del viento promedio 1990 - 2020.....	19
Tabla 10.	Impactos ambientales al suelo del botadero de lagunillas .....	23
Tabla 11.	Índice de calidad de suelo del botadero de Lagunillas .....	23
Tabla 12.	Impactos ambientales del Botadero de lagunillas sobre el aire .....	24
Tabla 13.	Concentración de PM10 y CH4 en el Botadero de Lagunillas.....	24
Tabla 14.	Impactos ambientales del botadero de lagunillas sobre el agua .....	25
Tabla 15.	Resultados y categorías de calidad de agua Lagunillas.....	26
Tabla 16.	Impactos ambientales del botadero de lagunillas sobre la fauna y flora .....	26
Tabla 17.	Índice de Biodiversidad del botadero de lagunillas.....	27
Tabla 18.	Evaluación o valoración de Impactos ambientales .....	29
Tabla 19.	Evaluación o Valoración de Impactos Ambientales según Actividades Socio Económicas y de Salud...31	
Tabla 20.	Resumen de la evaluación de impactos ambientales.....	31
Tabla 21.	Criterios considerados de alto riesgo que deben ser considerados en la evaluación.....	32
Tabla 22.	Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios .....	32
Tabla 23.	Especificaciones obligatorias NB757 .....	34
Tabla 24.	Construcción de la Capa Final .....	42
Tabla 25.	Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Subterráneas .....	47
Tabla 26.	Parámetros exigidos de monitoreo de biogás .....	48
Tabla 27.	Parámetros exigidos para el Monitoreo del Aire .....	48
Tabla 28.	Parámetros exigidos para el Monitoreo del Suelo.....	48
Tabla 29.	Proyección poblacional del Área urbana del Municipio de lagunillas .....	49
Tabla 30.	Proyección de la generación de residuos en el municipio de Lagunillas .....	49
Tabla 31.	Generación de residuos sólidos domiciliarios .....	50
Tabla 32.	Generación total por fuente no domiciliarias .....	50
Tabla 33.	Estimación PPC no domiciliario .....	50
Tabla 34.	Resumen de la generación de residuos sólidos gestión 2020.....	50
Tabla 35.	Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Superficiales .....	66

## Índice de Figuras

Figura 1	Croquis de ubicación del Municipio de Lagunillas .....	10
Figura 2	Calicata de exploración de nivel freático.....	21
Figura 3	Vista frontal del cerco .....	37
Figura 4	Ubicación de oficinas administrativas .....	37
Figura 5	Ubicación de la celda de Cierre y su acceso.....	39
Figura 6	Captación y Conducción de Lixiviado .....	40
Figura 7	Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento y Tratamiento de lixiviados	40
Figura 8	Detalles técnicos para la construcción de Chimeneas .....	41
Figura 9	Confirmación final de la Celda de Cierre .....	41
Figura 10	Estructura de la Cobertura final del botadero de Lagunillas .....	43



Figura 11	Ubicación de las cuencas alrededor del Botadero .....	55
Figura 12	Ubicación de la cuenca del Botadero .....	56
Figura 13	Diseño CELDA 1 .....	56
Figura 14	Perfil de la celda de operación .....	57
Figura 15	Esquema de las instalaciones de la CELDA1 .....	57
Figura 16	Esquema de construcción de la celda método de Área .....	58
Figura 17	Esquema de la operación en celda diaria, franja y capa en el método trinchera .....	59
Figura 18	Plano de vías interno relleno sanitario de lagunillas .....	59
Figura 19	Ubicación del cordón de seguridad par evitar inundaciones .....	60
Figura 20	Formación de lixiviados en un sitio de Disposición Final .....	60
Figura 21	Esquema del diseño de drenaje de lixiviados a nivel de desplante .....	61
Figura 22	Esquema de Diseño del drenaje intermedio de lixiviados .....	61
Figura 23	Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento de lixiviados .....	62
Figura 24	Esquema de recirculación de lixiviados .....	62
Figura 25	Ejemplo de la instalación de chimeneas .....	63
Figura 26	Detalles constructivos de las Chimeneas de Biogás .....	63
Figura 27	Paquete de impermeabilización empleado .....	64
Figura 28	Sistema de colección de lixiviados .....	65
Figura 29	Esquema del parque Mirador de lagunillas.....	70

## Índice de Gráficos

---

Grafico 1.	Composición Física de los residuos sólidos del Municipio de lagunillas .....	12
Grafico 2.	Balance hídrico de la estación Camiri aeropuerto (1990-2020) .....	20
Grafico 3.	Composición física de residuos solidos .....	51
Grafico 4.	Perfil de suelo y determinación de estratos y clasificación textural .....	54

## Índice de Imágenes

---

Imagen 1.	Análisis histórico de la operación del Botadero de Lagunillas .....	11
Imagen 2.	Delimitación del Botadero y fotografía georreferenciada de Dron octubre 2021.....	15
Imagen 3.	Paisaje general del área de emplazamiento del botadero de Lagunillas .....	16
Imagen 4.	Modelo digital de Elevación Botadero de lagunillas octubre 2021 .....	17
Imagen 5.	Identificación de la zona de inundación cercana .....	22
Imagen 6.	Residuos que serán reubicados en la celda de cierre .....	38
Imagen 7.	Ubicación recomendada para los pozos de monitoreo de aguas subterráneas.....	44
Imagen 8.	Curvas de nivel cada 20 cm levantamiento octubre 2021 .....	53
Imagen 9.	Modelo Digital de Elevación - Levantamiento octubre 2021 .....	53
Imagen 10.	Ubicación sugerida para los pozos de monitoreo .....	67

## Índice de Anexos

---

ANEXO 1	INFORME GEOLOGICO GENERAL Y REGIONAL .....	74
ANEXO 2	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA REHABILITACION DEL BOTADERO DE LAGUNILLAS .....	82
ANEXO 3	INFORME DERECHO PROPIETARIO Y DE USO DE SUELOS.....	90
ANEXO 4	INFORME DE PROCESAMIENTO.....	93



# PLAN DE REHABILITACION BOTADERO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS

---

## 1. Introducción.

La gestión de residuos sólidos es un problema universal que afecta a todas las poblaciones del mundo, los gobiernos locales se encargan de la gestión de residuos, en medio de un conjunto de dificultades, como los impactos ambientales generados por la mala gestión de residuos, las limitaciones para encontrar sitios de tratamiento y disposición final de residuos y los altos costos de la gestión integral de residuos sólidos. Según el informe del Banco Mundial “Wat a Waste 2.0 Una instantánea global de la gestión de residuos sólidos hasta el 2050”<sup>1</sup>, se estima que para el 2050 la generación de residuos superara drásticamente el crecimiento poblacional en más dos veces, lo cual representa una preocupación mundial que requiere de medidas urgentes para encarar los futuros impactos ambientales económicos y sociales de este crecimiento.

La gestión integral de los residuos sólidos afecta a todos, sin embargo, los sectores más afectados son justamente los más vulnerables de la sociedad, quienes trabajan en condiciones inseguras de recolección de residuos, con profundas repercusiones en su salud.

En el 2016 el mundo genero 242 millones de toneladas de desechos plásticos, equivalentes al 12 por ciento de todos los residuos municipales. Gran parte de estos residuos continúan asfixiando los océanos mientras el consumo de plásticos se sigue incrementando. El impacto ambiental de los residuos también se mide a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero, se calcula que, en el 2016, 1.600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-equivalente), se generaron a partir de la gestión de residuos sólidos, este volumen representa aproximadamente el 5% de las emisiones del mundo.

Adicionalmente a estos problemas es fundamental considerar que la gestión de residuos sólidos en el mundo resulta ser una partida presupuestaria muy alta, la mayoría de los municipios en países de bajos ingresos gastan alrededor del 20 % de sus presupuestos en la gestión de sus residuos, sin embargo, el 90 % de los residuos de países de bajos ingresos se depositan en botaderos a cielo abierto y se queman abiertamente. A medida que las ciudades crecen rápidamente, requieren desesperadamente sistemas para gestionar sus residuos.

La situación en el país no es diferente ya que las tasas de crecimiento de la generación de residuos son mayores a las tasas de crecimiento poblacional y se estima que la generación de residuos a nivel nacional es mayor a las 6475 tn/día<sup>2</sup>, de las cuales solo el 4 % es reciclado, el resto es dispuesto en los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto de nuestro país.

Esta metodología de disposición final de residuos aplicada, genera impactos ambientales en aire, agua, suelo y biodiversidad de los sitios donde se encuentra ubicados, por lo que presentan el rechazo de los pobladores colindantes, dificultando en gran medida la gestión de los residuos con permanentes bloqueos a los sitios de disposición final.

Por otro lado, al igual que en otros países del mundo, el reciclaje de residuos se basa en sistemas informales de recolección y acopio, donde sectores de la población más vulnerable, trabaja en condiciones inseguras para su salud.

Asimismo, la responsabilidad por la gestión de los residuos sólidos es asignada por competencia a los gobiernos municipales, los cuales tiene que encarar los altos costos de la gestión de residuos viéndose obligados a

---

<sup>1</sup> World Bank Group: “Wat a Waste 2.0 A global snapshot of solid waste management to 2050” (2018)

<sup>2</sup> MMAyA Planificación Nacional para el Cierre Técnico de Botaderos en el Estado Plurinacional de Bolivia 2021



subvencionar los servicios en porcentajes muy altos, que van desde un 50 al 100 % de los costos, especialmente en municipios pequeños.

En este contexto, las políticas de estado expresadas en la normativa vigente, han determinado en la disposición transitoria segunda de la Ley N° 755 aprobada el 28 de octubre de 2015, en la cual se instituye: “Los botaderos y áreas contaminadas por residuos deben ingresar a procesos de clausura cierre técnico y saneamiento ambiental, en cumplimiento con la normativa vigente y protección a la salud, en un plazo máximo de cinco (5) años, de acuerdo a la planificación que emita el Ministerio cabeza de sector...”. Para este fin, el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Ley No. 755, en su artículo 76 (Clausura, Cierre técnico y Saneamiento Ambiental de Botaderos), establece los lineamientos y responsabilidades de los municipios para desarrollar los planes de cierre de Botaderos, especificando los siguiente:

- I. La clausura, cierre técnico y saneamiento ambiental de botaderos, debe realizarse de acuerdo a normativa técnica vigente emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- II. El mantenimiento y control de los botaderos cerrados debe realizarse durante los siguientes diez (10) años como mínimo, a partir de la fecha oficial del cierre.
- III. Los Gobiernos Autónomos Departamentales, deben realizar el control y la evaluación de cumplimiento de los procesos de clausura, cierre técnico y saneamiento ambiental, debiendo registrar en el SIGIR, la información generada por las acciones realizadas.

A un poco más de cinco años de la promulgación de la Ley 755, el gobierno nacional, mediante Resolución Ministerial N.º 269, de fecha 28 de mayo de 2021, ha aprobado la “Planificación Nacional para el Cierre Técnico de Botaderos en el Estado Plurinacional de Bolivia”, estableciendo lineamientos para que los botaderos y áreas contaminadas por residuos ingresen a procesos de clausura cierre técnico y saneamiento ambiental o Rehabilitación, en un plazo máximo de 5 años, a partir del 18 de mayo de la presente gestión.

En función de esta planificación, el municipio de Lagunillas, ha iniciado el proceso de planificación del Cierre técnico de su botadero, en cumplimiento estricto de la normativa vigente, cabe destacar que actualmente el municipio de Lagunillas cuenta con una población de 6478 habitantes<sup>3</sup>, la generación anual de sus residuos alcanza a un total de 313,72 Ton/año, con una generación per cápita de PPC=0.63 kg/Hab/día<sup>4</sup>, actualmente los residuos recolectados son dispuestos en su botadero y se requiere de rehabilitar el sitio del botadero, para dar continuidad a la gestión de sus residuos, cumpliendo los lineamientos establecidos en la normativa vigente.

Según lo establecido en la Planificación Nacional para el Cierre técnico de Botaderos en el estado plurinacional de Bolivia 2021, el Botadero de Lagunillas es clasificado como Botadero de Tipo C, (Botadero a cielo abierto de áreas urbanas menores con poblaciones entre 2.000 a 10.000 habitantes), dicho documento establece que para el cierre o rehabilitación del lugar a Relleno sanitario, se deben considerar los aspectos detallados en la Guía para el Cierre técnico de Botaderos y la Guía para el Diseño, construcción, operación y Cierre de rellenos sanitarios, documentos que son la base de la elaboración del presente Plan de rehabilitación.

## 2. Marco normativo.

El marco normativo para la elaboración del Plan de Cierre Técnico del Botadero de Lagunillas, toma como base los preceptos señalados en la Ley N° 755 de Gestión de Residuos y su Reglamento. Así mismo, se apoya en las políticas establecidas por la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, la Ley N° 1333 del Medio Ambiente, la Ley N° 031 Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Báñez” y la Ley N° 071

<sup>3</sup> INE: Bolivia: proyecciones de población, según departamento y municipio, 2012-2022.

<sup>4</sup> GA HOOLE SRL - “Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas”, Gestión 2020



Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien. El detalle de las competencias establecidas en dichas normas es el siguiente

**Tabla 1. Competencias relativas al cierre de Botaderos establecidas en la normativa vigente**

Normativa	Descripción
Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia	<p><b>Competencias concurrentes - nivel central del Estado y entidades territoriales autónomas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Preservar, conservar y contribuir a la protección del medio ambiente y fauna silvestre manteniendo el equilibrio ecológico y el control de la contaminación ambiental.</li> <li>• Residuos industriales y peligrosos.</li> <li>• Proyectos de agua potable y tratamiento de residuos sólidos.</li> </ul> <p><b>Competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preservar, conservar y contribuir a la protección del medio ambiente y recursos naturales, fauna silvestre y animales domésticos.</li> <li>• Elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial y de uso de suelos, en coordinación con los planes del nivel central del Estado, departamental e indígena.</li> <li>• 27. Aseo urbano, manejo y tratamiento de residuos sólidos en el marco de la política del Estado.</li> </ul>
2.3 Ley 031 Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Báñez”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel Central del Estado:</b> Fomentar el régimen y las políticas para el tratamiento de residuos sólidos, industriales y tóxicos.</li> <li>• <b>Gobiernos autónomos departamentales:</b> Reglamentar y ejecutar, en su jurisdicción, el régimen y las políticas de residuos sólidos, industriales y tóxicos aprobadas por el nivel central del Estado.</li> <li>• <b>Gobiernos autónomos municipales:</b> Reglamentar y ejecutar el régimen y las políticas de residuos sólidos, industriales y tóxicos, en su jurisdicción.</li> </ul>
Ley N° 071 de Derechos de la Madre Tierra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En su Artículo 7 “Derechos de la Madre Tierra”, establece en su inciso 7 <b>“A vivir libre de contaminación: Es el derecho a la preservación de la Madre Tierra de contaminación de cualquiera de sus componentes, así como de residuos tóxicos y radioactivos generados por las actividades.”</b></li> </ul>
2.5 Ley N° 300 de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la transformación de los patrones de producción y hábitos de consumo en el país y la recuperación y reutilización de los materiales y energías contenidos en los residuos, bajo un enfoque de gestión cíclica de los mismos.</li> <li>• Desarrollar mecanismos institucionales, técnicos y legales de prevención, disminución y reducción de la generación de los residuos, su utilización, reciclaje tratamiento, disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco del Artículo 299 parágrafo II numerales 8 y 9 de la Constitución Política del Estado.</li> <li>• Garantizar el manejo y tratamiento de residuos de acuerdo a Ley específica.</li> <li>• 4. Desarrollar acciones educativas sobre la gestión de residuos en sus diferentes actividades para la concienciación de la población boliviana.</li> </ul>

Los instrumentos técnicos empleados para la elaboración del presente plan son:

1. Guía para el Cierre Técnico de Botaderos MMayA, 2012



2. Guía para el Diseño Construcción y Operación y Cierre de rellenos sanitarios MMAyA, 2012
3. Planificación Nacional para el Cierre Técnico de Botaderos en el Estado Plurinacional de Bolivia MMAyA, 2021
4. NB 757 Medio Ambiente -Características que deben reunir los sitios para ubicar sistemas de disposición final de residuos sólidos municipales, 1996.

### 3. Objetivos.

El Plan de Rehabilitación del Botadero de lagunillas tiene los siguientes objetivos:

#### 3.1 Objetivo General.

- 1) Rehabilitar el Botadero de Lagunillas, implementando las medidas técnicas necesarias que permitan su transformación en un relleno sanitario que cumple los lineamientos establecidos en la Planificación nacional para el cierre de botaderos y la normativa vigente.

#### 3.2 Objetivos específicos.

- 1) Implementar un proyecto técnico para el cierre y saneamiento ambiental del sector que funcione como botadero
- 2) Implementar un proyecto técnico para Rehabilitar el botadero como relleno sanitario, implementando infraestructura recomendada para su operación e incluyendo las medidas necesarias para la reducción de impactos ambientales durante las etapas de implementación operación cierre y mantenimiento.

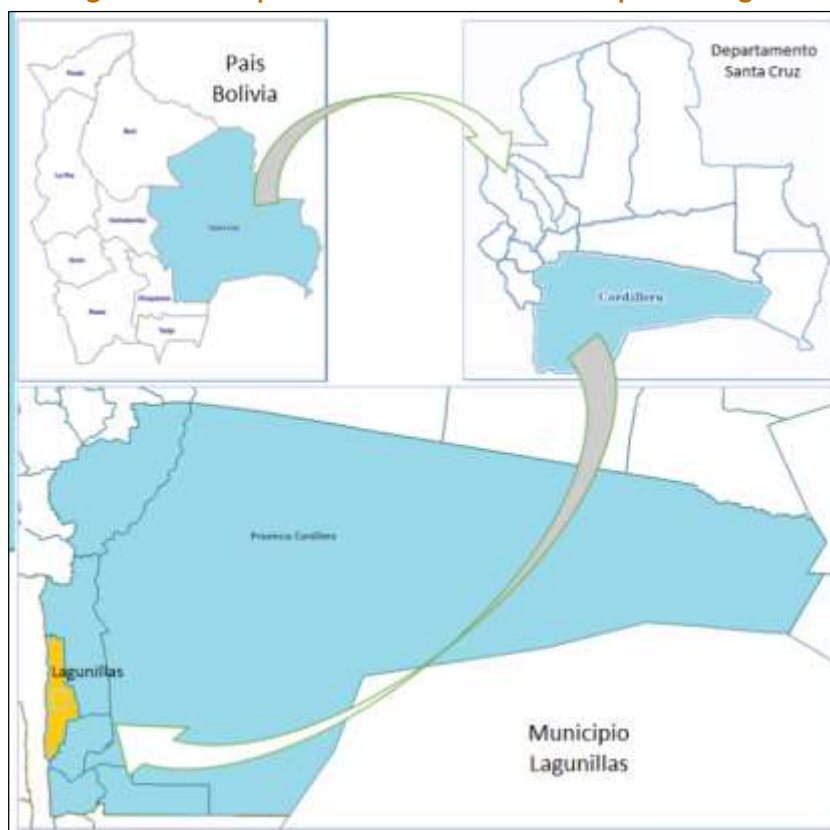
### 4. Diagnóstico del sitio y área de influencia.

#### 4.1 Información General

##### 4.1.1 Ubicación geográfica del botadero

El municipio de Lagunillas, se encuentra ubicado en la provincia Cordillera del departamento de Santa Cruz de acuerdo al siguiente croquis de ubicación.

**Figura 1 Croquis de ubicación del Municipio de Lagunillas**



Fuente: Elaboración Propia

El Botadero municipal de Lagunillas se encuentra ubicado al Este del poblado de lagunillas en las siguientes coordenadas:

Zona	20 K
Coordenada Este	429961.00 m E
Coordenada Norte	7827239.00 m S

#### 4.1.2 Accesibilidad al sitio

Para acceder al Botadero municipal de Lagunillas se deben recorrer 1.124 m. desde el centro del poblado de Lagunillas hasta el sitio del Botadero, a través de un camino vecinal de tierra estable.

El acceso al Municipio se inicia en un punto intermedio del camino troncal que vincula las poblaciones de Santa Cruz de la Sierra y Camiri, camino secundario que une Santa Cruz de la Sierra con Lagunillas, Monteagudo y posteriormente Sucre.

#### 4.1.3 Proximidad a centros poblados

El centro poblado más próximo al Botadero de lagunillas es el Poblado de Lagunillas, la distancia del centro del poblado al botadero es de 871 m y considerando el límite de la mancha urbana se encuentra ubicado a 510 m de dicho límite.

#### 4.1.4 Información sobre el sitio (activo o inactivo)

El Botadero municipal de Lagunillas actualmente se encuentra ACTIVO

#### 4.1.5 Años de Funcionamiento

El Botadero Municipal de lagunillas ha iniciado con la disposición de residuos en la gestión 2019, a la fecha tiene 3 años de funcionamiento,

A continuación, se muestra un análisis histórico de sitio del botadero de Lagunillas que muestra la secuencia de la disposición final de residuos en el botadero

**Imagen 1. Análisis histórico de la operación del Botadero de Lagunillas**



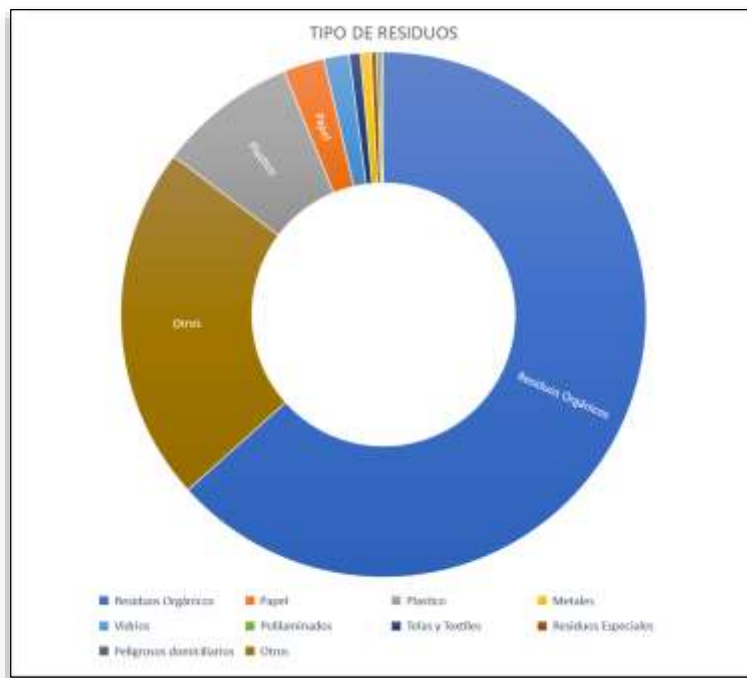
Fuente: Elaboración propia en base a Imágenes históricas de Google Heart y Vuelo de Dron - octubre 2021

Como se puede observar en las imágenes el botadero inicio operaciones en la gestión 2019, así mismo se observa que el botadero se encuentra cerca de un área de inundación en su colindancia Nor-este y requiere de implementación de medidas de ingeniería para su protección.

#### 4.1.6 Tipo y Composición de residuos sólidos dispuestos

La composición de los residuos generados en el área urbana del municipio de lagunillas, se ha obtenido a través de la Caracterización de Residuos Sólidos realizada para el Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas, el detalle de los residuos generado y las posibilidades para su aprovechamiento se describen en la siguiente figura.

Grafico 1. Composición Física de los residuos sólidos del Municipio de lagunillas



Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas<sup>5</sup>

El detalle de la composición física de los residuos según la caracterización realizada es el siguiente:

Tabla 2. Composición física de los residuos del municipio de Lagunillas

Grupo	Clasificación	Peso total, en kg	%	TIPO DE RESIDUOS	POTENCIAL APROVECHABLE
<b>1.1. Residuos Orgánicos</b>	Restos de frutas, verduras y similares	290,09	56,791%	63,351%	ORGANICO APROVECHABLE
	Restos de podas	17,68	3,461%		ORGANICO APROVECHABLE
	Restos de comida	15,77	3,086%		NO APROVECHABLE
	Madera no tratada	0,05	0,010%		ORGANICO APROVECHABLE
	Huesos	0,02	0,003%		ORGANICO APROVECHABLE
<b>1.2.1. Papel</b>	Cartón	9,60	1,879%	2,529%	RECICLABLE
	Papel Blanco	2,34	0,458%		RECICLABLE
	Papel de color	0,94	0,184%		RECICLABLE
	Periódico	0,04	0,008%		RECICLABLE
<b>1.2.2. Plástico</b>	Bolsas tipo película	15,74	3,081%	8,531%	NO APROVECHABLE
	Plástico 1, Tereftalato de Polietileno (PET)	9,19	1,798%		RECICLABLE

<sup>5</sup> GA HOOLE SRL - “Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas”, Gestión 2020.



Grupo	Clasificación	Peso total, en kg	%	TIPO DE RESIDUOS	POTENCIAL APROVECHABLE
	Plástico 4, Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	6,64	1,299%		RECICLABLE
	Plástico 2, Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	5,13	1,003%		RECICLABLE
	Plástico 6, Poliestireno (PS)	2,67	0,523%		NO APROVECHABLE
	Plástico 5, Polipropileno (PP)	2,44	0,477%		RECICLABLE
	Plástico 3, Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,91	0,178%		RECICLABLE
	Otros (Fibra Contaminada, envoltura de dulces)	0,88	0,171%		NO APROVECHABLE
<b>1.2.3. Metales</b>	Metales no Ferrosos (Hojalata)	1,29	0,252%	0,653%	RECICLABLE
	Metales Ferrosos	1,12	0,218%		RECICLABLE
	Latas de Aluminio	0,94	0,183%		RECICLABLE
	Latas de Pintura	0,00	0,000%		NO APROVECHABLE
<b>1.2.4. Vidrios</b>	Vidrio Verde	7,15	1,400%	1,549%	RECICLABLE
	Vidrio Transparente	0,76	0,149%		RECICLABLE
	Vidrio Ambar	0,00	0,000%		RECICLABLE
<b>1.2.5. Polilaminados</b>	Envases de Tetrabrik y Tetrabrik	1,06	0,207%	0,207%	RECICLABLE
<b>1.2.6. Telas y Textiles</b>	Telas y textiles	2,75	0,538%	0,684%	NO APROVECHABLE
	Fibras Sintéticas	0,75	0,146%		NO APROVECHABLE
	Algodón	0,00	0,000%		NO APROVECHABLE
<b>1.3 Residuos Especiales</b>	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	1,58	0,308%	0,356%	ESPECIALES
	Baterías y pilas	0,25	0,048%		PELIGROSOS
<b>1.4. Peligrosos domiciliarios</b>	Otros R. Peligrosos (Mat.Hosp. Contaminado)	0,52	0,101%	0,201%	PELIGROSOS
	Medicamentos caducos	0,51	0,100%		PELIGROSOS
<b>1.5. Otros</b>	Otros (Materiales Contaminados)	54,47	10,663%	21,939%	NO APROVECHABLE
	Residuos Finos	24,91	4,876%		NO APROVECHABLE
	Pañales desechables y Toallas Sanit.	24,23	4,744%		NO APROVECHABLE
	Papel Sanitarios	6,46	1,265%		NO APROVECHABLE
	Plastoform	1,01	0,197%		NO APROVECHABLE
	Madera tratada	1,00	0,196%		NO APROVECHABLE
	<b>TOTAL (kg)</b>	510,80	100,000%	100,000%	

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas<sup>6</sup>

#### 4.1.7 Cantidad de residuos sólidos confinados diariamente y acumulados

La recolección de residuos en el área urbana del municipio, se divide en dos áreas Norte y Sur, el Área Norte tiene un servicio de recolección de 3 días por semana lunes, miércoles y viernes, y el Área Sur se atiende 2 días por semana martes y miércoles, de acuerdo a la capacidad del vehículo de recolección y transporte (1,13 m3), se ha estimado un volumen recolectado diariamente de 2.1m3.

<sup>6</sup> GA HOOLE SRL - "Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas", Gestión 2020.

**Tabla 3. Estimación del volumen diario de residuos en Lagunillas**

DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	VIAJES	VOL/VIAJE	VOL/DIA	DIAS/SEM	VOLUMEN ACOPIADO/ SEMANA m3	VOLUMEN ACOPIADO/DIA m3
<b>NO RTE</b> 3 a 5 VIAJES /DIA LUN-MAR-MIER	3	1,13	3,39	3,00	10,16	
<b>SUR</b> 2 VIAJES/DIA MAR-MIER	2	1,13	2,26	2,00	4,52	
<b>TOTAL</b>					14,68	2,10

Fuente Elaboración Propia

Asimismo, el Diagnóstico territorial del Chaco Cruceño - Municipio de Lagunillas, realizo la caracterización de residuos del municipio y en función del PPC obtenido determino una generación domiciliaria diaria de 0.63 Tn/día:

**Tabla 4. Generación diaria de residuos domiciliarios en Lagunillas**

POBLACION (HAB)	PPC (KG/HAB.DIA)	GENERACION DIARIA (KG/DIA)	GEN DIARIA (TON/DIA)	GEN SEMANAL (TON/SEMANA)	GEN ANUAL (TON/AÑO)
1.529	0,410	626,89	0,63	4,39	228,81

De igual forma en el mismo estudio se determinó la generación No domiciliaria con los siguientes resultados:

POBLACION (HAB)	PPC (KG/HAB.DIA)	GENERACION DIARIA (KG/DIA)	GEN DIARIA (TON/DIA)	GEN SEMANAL (TON/SEMANA)	GEN ANUAL (TON/AÑO)
15299	0,152	232,63	0,23263	1,63	84,91

Tomando en cuenta estos resultados, la generación no domiciliaria de 0.152 kg/hab.dia, sumada a la generación domiciliaria 0.410 kg/hab.dia, nos da un PPC municipal de 0.562 kg/hab.dia, lo cual representa una generación municipal total de 0.86 Tn/día y de 313.72 Tn/año, consecuentemente tomando en cuenta los tres años de operación, se estima que se habría acumulado a la fecha un volumen aproximado de 941.16 Tn de residuos.

#### 4.1.8 Superficie del sitio

De acuerdo al levantamiento topográfico realizado en la gestión 2020, el área ocupada por el botadero, alcanza una superficie de 0,31 ha.

Imagen 2. Delimitación del Botadero y fotografía georreferenciada de Dron octubre 2021



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.9 Derecho propietario

El Derecho propietario del predio aún no ha sido perfeccionado y se encuentra en proceso de regularización, tal como consta en el informe del encargado de Catastro urbano y Planificación del Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas (Anexo N.º 3).

## 4.2 Características Geofísicas e Hidrogeológicas

### 4.2.1 Topografía (pendiente y relieve)

Lagunillas es un municipio ubicado en la provincia Cordillera dentro del Departamento de Santa cruz, cerca al límite con el departamento de Chuquisaca.

Imagen 3. Paisaje general del área de emplazamiento del botadero de Lagunillas



Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Heart

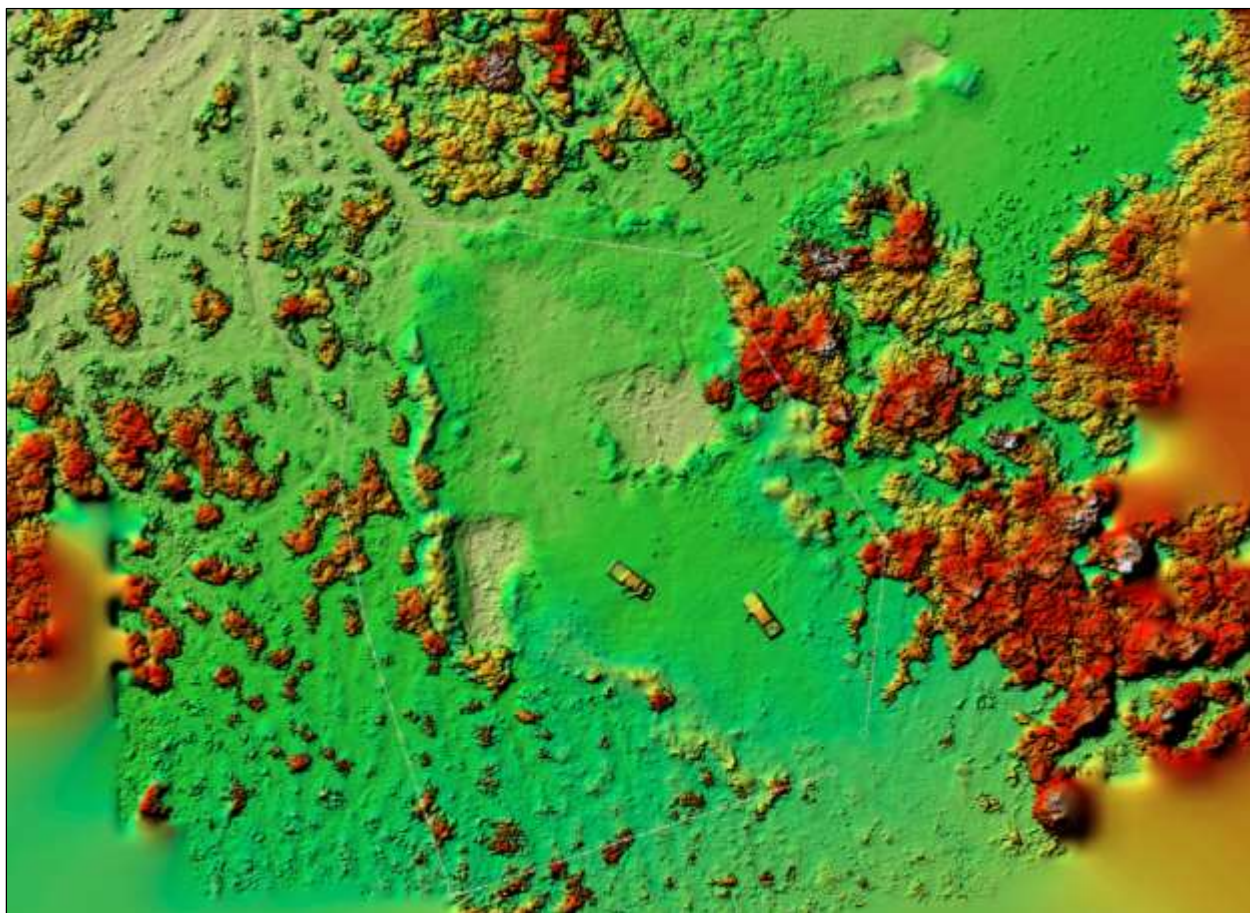
El actual botadero se encuentra en un área de Transición, presenta pendientes moderadas en las colinas bajas y en los interfluvios en forma de “U”, en su paisaje de pie de monte presenta una topografía ligeramente ondulada con pendientes variables entre 1 y 6%; las terrazas presentan en general una topografía plana.

Esta área de Transición está constituida por paisajes de pie de monte, sus elevaciones van desde los 700 m.s.n.m. hasta los 900 m.s.n.m.

Respecto a la pendiente en base al vuelo de dron realizado con un Phantom 4 Pro se ha realizado el procesamiento de información mediante el programa AGISOFT obteniendo el Modelo Digital de Elevación del Botadero de lagunillas



Imagen 4. Modelo digital de Elevación Botadero de lagunillas octubre 2021



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Edafología y Geología (Tipo y características del suelo)

De acuerdo al Informe geológico General y Regional del Diagnostico técnico ambiental del Botadero de Lagunillas,<sup>7</sup> los suelos que presenta el área de estudio son de tipo franco arcilloso, se pueden diferenciar horizontes fértiles (capa arable) de 15 a 25 cm de profundidad, estos suelos reciben aportes de humedad y nutrientes por los escurrimientos de las partes altas de las faldas de las serranías, estas pequeñas superficies son utilizadas para la agricultura. El Área de Transición presenta suelos con una fertilidad moderada, solamente el fósforo (P) es bajo en algunos lugares, el nitrógeno (N) y potasio (K) son altos a moderados. La presencia de minerales primarios en la fracción arena y el dominio de illita en las arcillas aseguran la provisión continua de cationes intercambiables al suelo, consecuentemente mantienen el estado nutricional en forma permanente. Esta zona pertenece a la unidad ecológica denominada bosque seco templado.

Por lo tanto, este tipo de suelo en el que se encuentra emplazado el botadero de Lagunillas es considerado un suelo joven por el poco desarrollo patogenético, este suelo posee baja permeabilidad ya que la presencia elevada de arcilla lo convierte en un suelo de poca capacidad de infiltración.

#### 4.2.3 Entorno geológico y perfiles del suelo

<sup>7</sup> ROBERTY CORP. ENGINEER ING MSK-SRL -“Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Lagunillas “(Gestión 2020)



El poblado de Lagunillas, consecuentemente el botadero, se encuentran en la faja Sub Andina del Periodo Paleógeno - Neógeno, donde se puede apreciar Areniscas, lentes de conglomerados, lutitas y limolitas.

Desde el punto de vista geológico, la zona abarcada por el proyecto se encuentra localizada en la transición entre dos grandes unidades morfoestructurales: Faja Subandina y Llanura Chaco-Beniana.

En el Anexo N° 1, se presenta el informe Geológico General y Regional del Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Lagunillas.

#### 4.2.4 Climatología (Temperaturas, Precipitación Pluvial, Evapotranspiración, Vientos predominantes)

El municipio de Lagunillas no cuenta con una estación climática propia, por lo cual para el análisis climático se toma como referencia la información disponible de la estación climática del aeropuerto del municipio de Camiri, publicada por el SISMET - SENAMHI<sup>8</sup> la información existente abarca desde las gestiones 1996 a la gestión 2020, sin embargo, para dadas las características del cambio climático, el análisis de datos se realizó solamente de los últimos 30 años (1990 - 2020).

- **Temperatura.**

Los datos de temperatura referenciales para el municipio de lagunillas son los siguientes:

**Tabla 5. Datos de temperatura Promedio 1990- 2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura media °C	25,48	24,66	23,9	21,76	18,79	17,19	16,69	19,05	21,7	24,58	25,13	25,47	22,01
Temperatura máxima °C	31,7	30,29	29,47	27,14	24,21	23,68	24,32	27,81	29,94	31,7	31,89	31,7	28,6
Temperatura mínima °C	19,28	19,07	18,37	16,39	13,38	10,73	9,16	10,37	13,51	17,48	18,37	19,25	15,44

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

La temperatura media anual es de 22.01 °C, la máxima media es de 28.60 °C y la mínima media es de 15.44 °C. Las temperaturas más altas se registran ente los meses de octubre a febrero y las más bajas entre los meses de junio y agosto.

- **Precipitación Pluvial**

La precipitación mensual y anual Total de los últimos 30 años se describe en el siguiente cuadro:

**Tabla 6. Precipitación total mensual media 1990-2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION MENSUAL	130,87	128,54	114,03	54,68	20,29	9,16	6,50	3,98	16,14	39,10	60,06	145,94	729,29

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

Considerando los últimos 30 años la precipitación anual media alcanza a un valor de 729 mm, los meses con mayor precipitación van de diciembre a marzo y los meses más secos de junio a agosto, según los registros del SENAMHI,

**Tabla 7. Precipitación máxima en 24 horas 1990-2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

<sup>8</sup> SISMET - SENAMHI- Base de datos oficial del SENAMHI desde el 23 de marzo de 2004

<b>MAXIMA MENSUAL DIARIA</b>	105,3	76,2	136,4	73,1	28,7	11,1	22	10,8	134,8	79	30	161,4
------------------------------	-------	------	-------	------	------	------	----	------	-------	----	----	-------

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

la precipitación máxima de los últimos 30 años se ha presentado en el mes de diciembre de 1992, con una precipitación que alcanzó los 161 mm en un día.

- **Evapotranspiración potencial**

La Evaporación Potencial promedio mensual calculada en base a información del SIMET SENAMHI, es la siguiente

**Tabla 8. Evapotranspiración potencial mensual promedio 1990 -2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>ETP MENSUAL</b>	140,32	113,52	106,46	82,50	66,10	59,64	72,54	100,26	126,14	147,37	150,55	148,02	1313,42

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

Los meses con mayor Evapotranspiración Potencial van de octubre a enero y los meses con menor evapotranspiración potencial son mayo junio y julio.

- **Vientos predominantes**

Respecto a lo vientos predominantes durante los meses de octubre a junio la dirección predominante es Norte y solamente en los meses de julio a septiembre la dirección predominante es la Dirección Sur.

**Tabla 9. Dirección predominante del viento promedio 1990 - 2020**

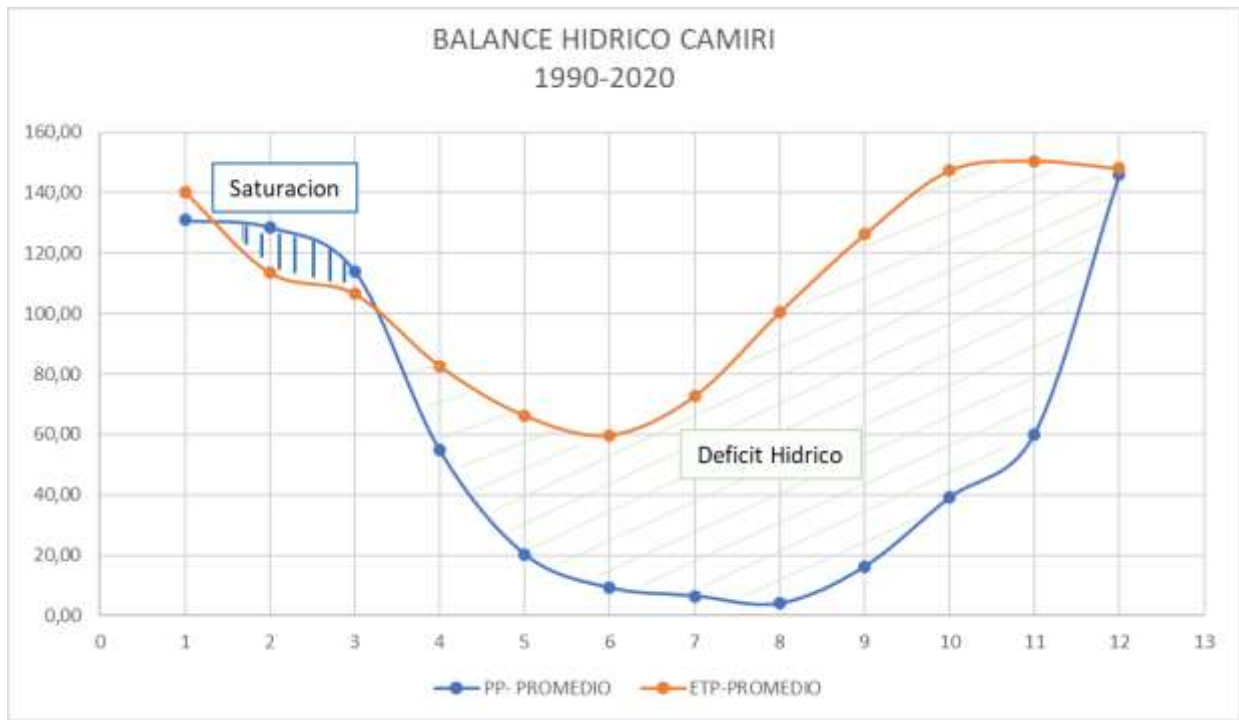
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>DIRECCION PRED.</b>	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

- **Balance hídrico**

En función de la información de precipitación y evapotranspiración potencial se ha graficado el siguiente balance hídrico:

Grafico 2. Balance hídrico de la estación Camiri aeropuerto (1990-2020)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SIMET - SENAMHI

#### 4.2.5 Presencia de aguas superficiales y subterráneas

A 187 metros al este del botadero, se encuentra ubicada la quebrada lagunillas, la cual se constituye en un lecho de un Río temporal que se activa en periodo de lluvias.

Con relación a las aguas subterráneas según el Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Lagunillas (Gestión 2020)<sup>9</sup>, el nivel de las aguas subterráneas estaría ubicado a aproximadamente 50 metros de la superficie, sin embargo, en el sitio del botadero se puede encontrar el nivel freático en el área del Botadero a 1,55 m de la superficie, lo cual puede corresponder a pequeños acuíferos colgados en el lugar, para cual se están contemplando las medidas técnicas de seguridad necesarias.

#### 4.2.6 Distancia a cuerpos y puntos de toma de agua para consumo humano

No se tienen referencias de puntos de toma de agua para consumo humano cercanos al Botadero, al no existir asentamientos cercanos al botadero.

#### 4.2.7 Profundidad de la napa freática

Realizada una exploración en el predio del Botadero se ha verificado que el nivel freático se encuentra a 1,55 m de la superficie, adicionalmente se menciona que dentro del predio del botadero se encuentra una pequeña afloración subterránea, que se activa en época de lluvias formando una pequeña lagunilla. Estas limitaciones están siendo contempladas en la propuesta técnica para garantizar su manejo y la

<sup>9</sup> ROBERTY CORP. ENGINEER ING MSK-SRL -“Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Lagunillas “(Gestión 2020)

implementación segura de las medidas técnicas propuestas.

Se ha realizado una calicata exploratoria para verificar la presencia del nivel freático y la composición estratigráfica del perfil del suelo donde se ha confirmado el nivel freático del agua en el suelo y su composición estratigráfica.

**Figura 2 Calicata de exploración de nivel freático**



Fuente: Fotografía propia tomada en octubre 2021

#### 4.2.8 Zonas de inundación

El botadero se encuentra ubicado en un área colindante a una zona de inundación temporal cercana a su límite Nor-este.

Imagen 5. Identificación de la zona de inundación cercana



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.9 Zonas de riesgo o fallas geológicas

De acuerdo a las características geológicas que presenta el área de estudio y en base a la interpretación del informe Geológico General y Regional adjunto en anexos (Anexo 1).

Esta área se encuentra dentro de suelos que pertenecen al cuaternario y las áreas circundantes al periodo triásico. Hecho el análisis in situ y habiendo analizado los mapas topográficos, imágenes de satélite y geológicos de la zona. Es posible afirmar que no existen fallas geológicas dentro el área del Botadero de Lagunillas, Es decir que la ubicación del botadero no está expuesta a riesgo geológico.

#### 4.2.10 Usos de suelo en el área de influencia

El predio se encuentra en proceso de regularización, tal como consta en el informe del encargado de Castro urbano y Planificación del Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas, oficialmente no tiene asignado el uso de suelos.

### 4.3 Características Ambientales

La Guía de Cierre Técnico de Botaderos establece la necesidad de identificar los impactos ambientales, relacionando la ubicación y operación del botadero, considerando los diferentes factores ambientales y sus atributos, en cuatro medios analizados:

1. **Medio Biótico:** Representa al componente biológico afectado por la acción del Botadero a cielo abierto
2. **Medio Abiótico** Constituido por todos los factores no vivientes los cuales pueden considerarse



afectados por las actividades del botadero a cielo abierto.

3. **Medio Antrópico: Factores relacionados a la población y sus actividades que son afectados por la operación del botadero.**
4. **Medio Simbólico:** Se refiere al aspecto estético natural donde se encuentra el botadero.

### 4.3.1 Impactos al suelo

El Suelo del Botadero recibe directamente sobre su superficie a los residuos sólidos del área urbana del Poblado de lagunillas, conteniendo residuos municipales y ocasionalmente residuos patógenos y especiales. En el proceso de degradación de estos residuos se desprenden líquidos, gases y partículas sólidas que generan impactos ambientales en el sitio donde se encuentra ubicado el botadero

En el botadero de lagunillas se identifican los siguientes impactos ambientales sobre el suelo:

**Tabla 10. Impactos ambientales al suelo del botadero de lagunillas**

Medio Abiótico	
Factor Ambiental/ Atributo Ambiental	Descripción
<b>Suelo</b>	
Contaminación por Residuos	El suelo del Botadero recibe directamente en su superficie a todos los residuos generados en el área urbana de lagunillas y depositados por el personal de Aseo urbano del municipio, los mismos se mezclan con el suelo modificando su estructura y composición física y química.  Así mismo, dada la inexistencia de cobertura de los residuos, el viento y animales, esparcen parte de los residuos contaminando suelos de áreas aledañas cercanas al botadero.
Contaminación por Lixiviado	El suelo se ve afectado por el lixiviado generado en el proceso de fermentación de la materia orgánica y en su descomposición. El lixiviado al tener contacto directo con los residuos, lo contamina transportando partículas finas, metales pesados y otros minerales que afectan su composición química.

En el estudio realizado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Lagunillas y otros municipios<sup>10</sup>, los valores determinados en las muestras de suelo tomadas en el botadero de lagunillas fueron los siguientes:

**Tabla 11. Índice de calidad de suelo del botadero de Lagunillas**

N.º	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Con influencia	Sin influencia	Variación positiva/negativa	Efecto ponderado	Índice
1	Lagunillas	Acidez	mEq-g/100 g	<b>2,21</b>	<b>2,03</b>	-0,18	<b>-0,08</b>	<b>-0,02</b>
2		Conductividad eléctrica	µS /cm	<b>92,20</b>	<b>74,20</b>	-18,00	<b>-0,20</b>	
3		Fósforo	mg / Kg	<b>2,70</b>	<b>3,80</b>	-1,10	<b>-0,29</b>	
4		Materia orgánica	%	<b>1,75</b>	<b>1,02</b>	0,73	<b>0,42</b>	
5		Nitrógeno total	mg / Kg	<b>130,30</b>	<b>100,50</b>	29,80	<b>0,23</b>	
6		Potasio	mg / Kg	<b>735,40</b>	<b>660,70</b>	-74,70	<b>-0,10</b>	

<sup>10</sup> ETNICA: Índices de calidad ambiental en los sitios de disposición final de La Paz, Tarija, Camiri, Cuevo, Lagunillas, Gutiérrez y Boyuibe, GESTION 2020

7	Plomo	mg / Kg	0,00	0,00	0,00	0,00
---	-------	---------	------	------	------	------

Referencias: mEq-g/100 g = Mili equivalente gramo por cada 100 gramos

μS/cm: Micro siemens por centímetro mg/Kg: Miligramos por kilogramo de suelo

‰: Porcentaje

■ Impacto de los residuos en el área de disposición con respecto al área sin influencia, evaluación positiva

■ Impacto de los residuos en el área de disposición con respecto al área sin influencia, evaluación negativa

Fuente: ETNICA 2020

El estudio realizado establece el índice de calidad para el suelo de lagunillas es de -0.02, demostrando que existe un ligero impacto negativo sobre el suelo.

### 4.3.2 Impactos al aire (Emisión de gases, quema de residuos)

Los residuos depositados sobre la superficie del botadero, durante las diferentes etapas de descomposición de la materia orgánica, generan gases algunos de ellos inodoros y otros que generan olores ofensivos dentro del Botadero y normalmente en las cercanías a él.

En el botadero de lagunillas se identifican los siguientes impactos ambientales sobre el Aire:

**Tabla 12. Impactos ambientales del Botadero de lagunillas sobre el aire**

Medio Abiótico	
Factor Ambiental/ Atributo Ambiental	Descripción
<b>Aire</b>	
Emisión de gases	Por efecto de la descomposición de la materia orgánica y su reacción con los otros materiales depositados en los residuos sólidos, se generan diferentes gases combustibles como el metano y otros tóxicos como el H <sub>2</sub> S, provocando olores desagradables e incendios en el botadero.
Partículas suspendidas en el aire	En la operación del botadero es posible detectar cantidades de material particulado, ocasionalmente con la presencia de vientos.

En el estudio mencionado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Lagunillas y otros municipios, se ha evaluado las concentraciones estandarizadas de material particulado (PM10) y Metano (CH<sub>4</sub>) con los siguientes resultados:

**Tabla 13. Concentración de PM10 y CH<sub>4</sub> en el Botadero de Lagunillas**

N.º	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Concentración estándar				Límites permisibles RMCA NB62011	Obs.
				Noreste	Noroeste	Sureste	Suroeste		
1	Lagunillas	PM10	μg N/m <sup>3</sup>	<b>62,6</b>	<b>82,7</b>	<b>70,7</b>	<b>77,2</b>	150 50	No se supera el límite Se supera el límite

Cond. de muestreo: Temperatura media ambiental aproximada 12,5 °C

Presión barométrica aproximada 511,0 mm Hg

Caudal real de muestreo PM10 4,00 L/min

Referencias: PM10: Material particulado en suspensión de diámetro aerodinámico igual o menor a diez micrómetros

µg N/m<sup>3</sup>: Micro gramos normalizados (estándar) por metro cubico de aire

Conc. estándar: Concentración calculada a condiciones normalizadas (estándar) de presión y temperatura (760 mm Hg y 25 °C)

RMCA: Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica de la Ley 1333

NB62011: Norma Boliviana de Calidad del aire - Contaminantes criterio exterior - Límites máximos permisibles

N.º	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Concentración				Límite permisible	Obs.
				Noreste	Noroeste	Sureste	Suroeste		
1	Lagunillas	CH4	ppm	<b>4,2</b>	<b>2,0</b>	<b>4,7</b>	<b>2,0</b>	1 000	No se supera el límite

Cond. de muestreo: Temperatura media ambiental aproximada 12,5 °C Presión  
barométrica aproximada 511,0 mm Hg

Referencias: CH4: Metano  
ppm: partes de gas por millón de partes de aire ambiente

Fuente: ETNICA 2020

El mismo estudio concluye que el material particulado si bien excede el límite establecido en la NB 62011 en los cuatro puntos de evaluación tomados, en ninguno de los casos se excede el límite establecido en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA) de la ley 1333

El caso del metano (CH4), los valores obtenidos en las mediciones realizadas en los cuatro puntos de monitoreo, dan cuenta de que la emisión de metano al ambiente se encuentra en concentraciones bajas, por debajo del límite establecido en la normativa.

Considerando los resultados de dicho estudio, no existen impactos significativos al aire.

### 4.3.3 Impactos agua

Los residuos depositados en el Botadero de lagunillas generan lixiviado, el cual, al ser infiltrado en el suelo podría transportarse hasta contaminar la napa freática, así mismo los residuos podrían contaminar cuerpos de agua físicamente al ser transportados por el viento directamente sobre los mismos

**Tabla 14. Impactos ambientales del botadero de lagunillas sobre el agua**

<b>Medio Abiótico</b>	
<b>Factor Ambiental/ Atributo Ambiental</b>	<b>Descripción</b>
<b>Agua</b>	
Calidad de aguas superficiales	Los cuerpos de agua superficiales cercanos son receptores de los residuos, especialmente la pequeña Laguna temporal dentro del botadero
Calidad de aguas subterráneas	El nivel freático dentro del botadero se encuentra a 1,5 m de la superficie existiendo un riesgo de contaminación por lixiviado

En el estudio realizado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Lagunillas y otros municipios, se han tomado muestras referenciales de agua de la Quebrada Lagunillas, debido a que el rio no presentaba caudal al momento de la muestra, se realizaron excavaciones en el lecho del rio hasta encontrar el agua y donde se ha facilitado la toma de muestras "referenciales" de este cuerpo de agua, con los siguientes resultados:

**Tabla 15. Resultados y categorías de calidad de agua Lagunillas**

N.º	Relleno Verfedero Botadero	Parámetro	Unidad	Aguas arriba	Aguas abajo	Categoría según RMCH		Aptitud de uso más restrictiva	
						Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Lagunillas	pH	pH	7,50	7,40	A	A	E	E
2		Conductividad	µS/cm	3922,00	4222,00	---	---		
3		Oxígeno Disuelto	mg/L	1,10	1,00	E	E		
4		Temperatura	°C	25,50	26,50	---	---		
5		Turbiedad	NTU	908,00	227,00	E	E		
6		Demanda Química de Oxígeno	mg/L	715,00	615,00	E	E		
7		Cadmio	mg/L	0,02	0,01	E	E		
8		Cobre	mg/L	<0,001	<0,001	A	A		
9		Cromo Total	mg/L	0,01	0,03	A	A		
10		Hierro	mg/L	31,30	5,60	E	E		
11		Plomo	mg/L	0,05	0,01	A	A		
12		Coliformes termorresistentes	NMP/100 ml	9,10	5,60	A	A		

Referencias: µS/cm: Micro siemens por centímetro  
 mg/L: Miligramos por litro  
 NTU: Unidades nefelométricas de turbiedad  
 NMP/100 mL: Número más probable por cada 100 mililitros  
 A, B, C, D: Clasificación según aptitud de uso  
 E: Excede los valores establecidos para la categoría de clasificación D  
 RMCH: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley de Medio Ambiente 1333

Fuente: ETNICA 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos, el análisis de los diferentes parámetros encontrados da cuenta de niveles elevados de concentración de varios parámetros, los mismo exceden los límites establecidos en la normativa, otorgándole una calidad de agua de categoría “E”. Sin embargo, al haberse tomado muestras aguas arriba y aguas abajo del botadero y al no encontrarse diferencias significativas entre las muestras, se puede concluir que no existe influencia del botadero con la calidad de estas aguas superficiales.

Sin embargo, en el caso de aguas subterráneas y considerando el nivel freático alto, existe el riesgo de contaminación por lixiviados cuyo impacto no ha podido ser evaluado.

#### 4.3.4 Impactos a la fauna y flora

Dadas las condiciones recientes del botadero de lagunillas no se observa dispersión de residuos en los alrededores probablemente porque se encuentra rodeado de vegetación de porte mediano

**Tabla 16. Impactos ambientales del botadero de lagunillas sobre la fauna y flora**

Medio Biótico	
Factor Ambiental/Atributo Ambiental	Descripción
Fauna	Dadas las condiciones de distancia y ubicación del botadero no se puede percibir efectos sobre la fauna del lugar.

En el estudio mencionado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Lagunillas y otros municipios, se ha realizado un análisis de la afectación a la Fauna y flora del lugar, considerando Bioindicadores, con los siguientes resultados.

**Tabla 17. Índice de Biodiversidad del botadero de lagunillas**

N.º	Ciudad	Parámetro	Diversidad				Abundancia			
			Tipo		Botadero	Alto Camiri (referencia)	Tipo		Botadero	Alto Camiri (referencia)
1	Lagunillas	Insectos	En muestra	Cant.	11	14	Individuales	Cant.	184	368
2			Observados	Cant.	4	3	Sociales	Cant.	3	4
3			Promedio	Cant.	8	9	Total	Cant.	484	768
4			Valor relativo	%	<b>88,24</b>	<b>100,00</b>	Valor relativo	%	<b>63,02</b>	<b>100,00</b>
5	Plantas	Plantas	En muestra	Cant.	4	10	Área sitio disp. res.	m2	6379	21279
6			Observados	Cant.	6	11	Área cobertura vegetal	m2	5462	18893
7			Promedio	Cant.	5	11	—	—	—	—
8			Valor relativo	%	<b>47,62</b>	<b>100,00</b>	Cobertura vegetal	%	<b>85,62</b>	<b>88,79</b>

<b>INDICE</b>	<b>Lagunillas</b>	<b>0,71</b>	<b>Alto Camiri</b>	<b>0,97</b>
---------------	-------------------	-------------	--------------------	-------------

Como puede observarse en los resultados, el índice de biodiversidad para el Botadero de lagunillas es de 0.71, el cual hace referencia a un ecosistema bastante saludable, con bajo impacto del Botadero

#### 4.3.5 Impactos al patrimonio natural y cultural

El Botadero de lagunillas se encuentra emplazado en un área que no es considerada como patrimonio Natural y Cultural del municipio de Lagunillas, constatando que no existiría impacto a este tipo de Patrimonio.

### 4.4 Características Socio-económicas y de Salud

#### 4.4.1 Actividades socioeconómicas que se generan el área de influencia (Segregación y Crianza de animales)

En el Botadero de Lagunillas, no se verifico la presencia de segregadores, sin embargo, en el área urbana de lagunillas se ha reportado una familia segregadora dedicada al acopio y comercialización de latas de aluminio, respecto a la crianza de animales. no se observaron ni reportaron presencia de animales de cría en el botadero.

#### 4.4.2 Actividades socioeconómicas afectadas el área de influencia (Turismo, Paisaje, Patrimonio Cultural, Agricultura, etc.)





En el Área del Botadero no se realizan actividades turísticas y no existe Patrimonio Cultural declarado o visible, con relación actividades agrícolas no se presentan en los alrededores, si existen actividades pecuarias, sin embargo, las parcelas de pastoreo más cercanas, están a más de 190 m. del límite del botadero

Adicionalmente se menciona que no existe un impacto significativo al paisaje considerando que el botadero ha iniciado operaciones hace 3 años.

#### **4.4.3 Grupos humanos potencialmente afectados (Familias de comunidades)**

No se observan construcciones habitacionales cercanas al botadero por lo cual no se reportan denuncias de vecinos cercanos respecto a residuos dispersos o malos olores.

#### **4.4.4 Afectación a la salud (Enfermedades, Presencia de vectores)**

No existen reportes de afectación a la salud por causa del botadero, respecto a la presencia de Olores ofensivos, solamente se detecta en el interior del Botadero.

#### **4.4.5 Existencia de otros servicios públicos instalados en el área de influencia**

En el Área cercana al Botadero no se tienen servicios básicos presentes,

En el Anexo 2, se presenta el formulario para la evaluación de campo de las condiciones del botadero de lagunillas.

## **5. Evaluación y categorización del sitio.**

Para la Evaluación técnico ambiental del sitio, se aplicará la metodología establecida en la Guía para el Cierre técnico de Botaderos, adicionalmente se considera el Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios de disposición final de la Guía de Diseño y Construcción de rellenos sanitarios, complementada con las especificaciones obligatorias de la NB 757 para la identificación de sitios para rellenos sanitarios.

### **5.1 Metodología aplicada para la evaluación técnico - ambiental del botadero**

Como recomienda la Guía para el Cierre Técnico de Botaderos, para evaluar el estado de un botadero se consideran las características y los impactos más importantes que ocasionan al medio ambiente (impactos ambientales) y al ser humano (aspectos socioeconómicos y de salud) calificados de acuerdo a criterio del proyectista.

Para ejecutar la evaluación del botadero de Lagunillas se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Los parámetros, valores límite, el peso o importancia de cada parámetro y el sistema de calificación empleado son los recomendados por la guía mencionada.

2) En base a los criterios señalados se establece:

**Puntaje Máximo (a):** El valor asignado de acuerdo a las particularidades de cada parámetro evaluado, varía en la escala de 3 a 1:

- Peor Valor (3): cuando la afectación o impacto es significativo.
- Valor Medio (2): cuando la afectación o impacto se encuentra en un rango racional, la valoración se realiza respecto al peor valor.
- Mejor Valor (1): cuando ocurre lo contrario, es decir la afectación o impacto no es significativo.

**Importancia del Parámetro (b):** La importancia del parámetro se puede establecer en función del criterio del proyectista. La escala aplicada varía de 1 a 5.

**Ponderación del Parámetro (a \* b):** Para la ponderación de los parámetros, se mantiene la recomendación de la guía estableciendo la regla de cálculo, que consiste en la multiplicación del valor de Puntaje Máximo por el valor de Importancia del Parámetro.

En función de los resultados se procede a determinar la categoría de riesgo del Botadero de acuerdo a los siguientes parámetros:

Total %	Categorización	Acción a tomar
> 200	Alto Riesgo	Cierre técnicos del botadero sin posibilidad de ser rehabilitado
150 - 200	Moderado Riesgo	Posibilidad de Rehabilitación del botadero siempre que el sitio cumpla con los requisitos de la norma para ubicación de rellenos
0 - 150	Bajo Riesgo	

## 5.2 Evaluación técnico - ambiental del botadero

Para la evaluación técnico ambiental del botadero se ha aplicado la valoración de impactos ambientales con la metodología descrita previamente, el resultado de esta evaluación se describe a continuación:

**Tabla 18. Evaluación o valoración de Impactos ambientales**

Parámetro	Factores de Valoración			
	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Suelo	> 1 Ha			4
	< 1Ha	1	4	
Incompatibilidad de Uso de suelo	Si			4
	No	1	4	
Presencia de Lixiviados	Si	3	5	15

	No			
<b>Sub total</b>				<b>23</b>

Aire	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
		(a)	(b)	(a*b)
Presencia de Biogás	Si			5
	No	1	5	
Quema de Residuos	Si	3	5	6
	No			
Presencia de Olores desagradables	Si	2	4	8
	No			
<b>Sub total</b>				<b>19</b>

Agua	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
		(a)	(b)	(a*b)
Presencia de Lixiviados	Si	3	5	15
	No			
<b>Sub total</b>				<b>15</b>

Fauna/Flora	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
		(a)	(b)	(a*b)
Proliferación de Fauna nociva	Si			6
	No	2	3	
Daño a la Vegetación	Si			8
	No	2	4	
Alteración de la Fauna Terrestre o acuática	Si			8
	No	2	4	
<b>Sub total</b>				<b>22</b>

Patrimonio Cultural y Natural	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
		(a)	(b)	(a*b)
Cerca o en sitios de patrimonio histórico, arqueológico, turístico	Si			4
	No	1	4	
Cerca o en áreas de reserva o protección natural	Si			4
	No	1	4	
<b>Sub total</b>				<b>8</b>

Riesgos	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
		(a)	(b)	(a*b)
Ubicados sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables o con dinámica hidro morfológica	Si			4
	No	1	4	
En áreas con suelos inestables y alta permeabilidad	Si			5
	No	1	5	
Ubicado en áreas inundables o áreas de riesgo	Si			15
	No	3	5	
<b>Sub Total</b>				<b>24</b>

**Tabla 19. Evaluación o Valoración de Impactos Ambientales según Actividades Socio Económicas y de Salud**

Parámetro	Factores de Valoración			
	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
		(a)	(b)	(a*b)
Presencia constante de grupos Humanos	Si			5
	No	1	5	
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores	Si			8
	No	2	4	
Riesgo de contaminación de animales por consumo humano	Si	2	4	8
	No			
Afectación de actividades socioeconómicas de la población circundante	Si			5
	No	1	5	
<b>Sub total</b>				<b>26</b>

Una vez realizada la valoración de todos los factores el resultado se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 20. Resumen de la evaluación de impactos ambientales**

Evaluación de Impactos Ambientales	Ponderación del Impacto.
Impacto al Suelo	23
Impacto al Aire	19
Impacto al Agua	15
Impacto a la Flora y fauna	22
Impacto al Patrimonio Natural y Cultural.	8
Riesgo	24
Impacto Socioeconómicos y salud	26
<b>Valoración Total</b>	<b>137</b>

En función de la ponderación de impactos obtenida para el Botadero de lagunillas, el valor ponderado de 137, se encuentra dentro del Rango de 0 a 150, y se considera como un botadero de Bajo Riesgo, con posibilidad de rehabilitación siempre que el sitio cumpla con los requisitos de la Norma para ubicación de rellenos.

Sin embargo, la metodología establece criterios adicionales que establecen si un botadero es de alto riesgo, considerando los factores que deben ser controlados, los mismos se describen a continuación:



**Tabla 21. Criterios considerados de alto riesgo que deben ser considerados en la evaluación**

Criterio	SI/NO	Descripción
a) Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua, principalmente las que son utilizadas para consumo o recreación humana	NO	
b) Si se encuentra a menos de 1000 m de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales u otras actividades socioeconómicas.	SI	Se encuentra a 797 m del centro de la población de lagunillas
c) Si se encuentra en áreas inundables o en zonas con nivel freático alto.	SI	Se encuentra cerca de un área con riesgo de inundación, con nivel freático de 1,55 m
d) Si se encuentra en áreas con suelos inestables y de alta permeabilidad	NO	
e) Si está ubicado sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables	NO	
f) Si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidro morfológica	NO	
g) Si se encuentra en sitios de patrimonio histórico, turístico o cultural o cerca de estos.	NO	
h) Si se encuentra en reservas naturales o cerca de estas.	NO	

### 5.2.1 Cumplimiento de requisitos para la ubicación de rellenos

Para la verificación del cumplimiento de la norma para la ubicación de rellenos, se toman en cuenta dos documentos: 1) la Guía-para-el-Diseno-Construccion-Operacion-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario y 2) la Norma Boliviana NB 757:

- 1) Cumplimiento de la Guía-para-el-Diseno-Construccion-Operacion-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario

Para este caso, se realiza el Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios, aplicando la siguiente matriz:

**Tabla 22. Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios**

Factores/ Parámetros	Puntaje Máximo (a)				(a)	Importancia del factor (b)	Ponderación del factor (a*b)
	Valor mínimo permisible	Mejor Valor	Valor medio	Peor valor			
Factores Ambientales		3	2	1		De 1 a 5	
Proximidad a centros poblados	1.000 m			1	1	3	3
Proximidad a aeropuertos	3.000 m	3			3	3	9
Proximidad a otras instalaciones	1.000 m			1	1	3	3
Presencia de zonas de recarga acuífera o fuentes de abastecimiento de agua potable	500 m	3			3	4	12
Afectación paisajística	n.c.	3			3	3	9

Factores/ Parámetros	Puntaje Máximo (a)				(a)	Importancia del factor (b)	Ponderación del factor (a*b)
	Valor mínimo permisible	Mejor Valor	Valor medio	Peor valor			
Existencia de Barreras naturales (taludes, bosques)	n.c.	3			3	3	9
Presencia de flora y fauna I	n.c.		2		2	3	6
Existencia de área protegidas	n.c.	3			3	3	9
Área con restos arqueológicos	n.c.	3			3	3	9
Dirección viento del predominante	n.c.		2		2	4	8
<b>Factores Técnicos</b>							
Vida útil del Terreno	15 años			1	1	3	3
Topografía del Terreno	n.c				0	3	0
Textura	n.c			1	1	3	3
Permeabilidad	10 <sup>-6</sup> cm/s			1	1	4	4
Barrera Geológica	1.50 m			1	1	4	4
Características de Drenaje natural (> 3m todo el drenado Entre 0,50 m	n.c.		2		2	3	6
pH suelo	n.c.	3			3	3	9
Hidrogeología (Manto acuífero)	150 años			1	1	4	4
Condiciones sísmicas	n.c.	3			3	3	9
Fallas Geológicas	60 m	3			3	3	9
<b>Factores Económicos</b>							
Distancia de recorrido en el transporte de residuos sólidos	20 km	3			3	4	12
Disponibilidad de Material para cobertura	n.c.	3			3	4	12
Caminos de acceso	n.c.	3			3	3	9
Disponibilidad de Servicios básicos	n.c.		2		2	3	6
Uso actual del terreno y sus colindancias	n.c.		2		2	3	6
<b>Factores Sociales</b>							
Legalidad de asentamientos	n.c.	3			3	3	9
Opinión pública	n.c.	3			3	4	12
Interés en el proyecto	n.c.	3			3	4	12
Necesidad de servidumbre para acceso	n.c.	3			3	3	9
<b>Factores legales</b>							
Derecho Propietario	n.c.	3			3	4	12
Estado Jurídico	n.c		2		2	3	6
<b>TOTAL</b>							<b>233</b>

Como resultado de esta evaluación se obtiene que el sitio está ubicado en un área con limitaciones, sin embargo, la guía para el Diseño y construcción de rellenos, establece lo siguiente:

Puntaje ponderado total	Calificación
0 - 150	Malo o terreno no aceptable o de opción marginal
150 - 200	Regular o terreno moderadamente aceptable
200 - 300	Buena o terreno aceptable
Mayor a 300	Muy Buena o Terreno aceptable de primera opción

En función de esta clasificación, el puntaje ponderado final obtenido de 233 se encuentra ubicado en el rango de 200 y 300 que califica al sitio del Relleno sanitario como Buena o terreno aceptable

- 2) la Norma Boliviana NB 757 - Medio Ambiente -Características que Deben Reunir los Sitios Para Ubicar Sistemas de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales

Para verificar el cumplimiento de esta normativa se elaboró la siguiente matriz de cumplimiento de las especificaciones obligatorias:

**Tabla 23. Especificaciones obligatorias NB757**

1 ESPECIFICACIONES OBLIGATORIAS	CUMPLIMIENTO
Las condiciones mínimas que deberá cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales serán las siguientes:	
<b>1.1 Aspectos generales</b>	
La distancia mínima del sitio con respecto al límite de la mancha urbana será de 1.000 m (mil metros). Sin embargo, ésta puede ser superior en relación a los resultados del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.	NO
Las distancias mínimas a las que deberán estar ubicados los sitios con respecto a los aeropuertos, serán:	
a) De 3.000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina.	SI
b) De 1. 500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.	SI
Se deberán respetar las franjas de amortiguamiento, derecho de vía de autopistas, caminos principales y secundarios, líneas de transmisión, torres de energía eléctrica, gasoductos, oleoductos, poliductos, acueductos y en general las obras civiles y de comunicación.	SI
No se deberán ubicar sitios dentro de áreas protegidas, reservas naturales y reservas ecológicas.	SI
<b>1.2 Aspectos hidrológicos</b>	
Deberá localizarse fuera de zonas de inundación históricamente determinadas. En caso de no cumplirse lo anterior, el sitio deberá ubicarse en el inicio de la cuenca, así como demostrar que no existirá la obstrucción del flujo en el área de inundación.	SI
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no deberá ubicarse en zonas de pantanos, marismas, humedales y similares.	SI
La distancia de ubicación del sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales con respecto a cuerpos de aguas superficiales, deberá ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo a partir de la línea de orilla del cuerpo de agua o de la base de los diques, en el caso de las corrientes superficiales a partir del centro del cauce.	NO
<b>1.3 Aspectos geológicos</b>	
Deberá localizarse fuera de zonas inestables o con taludes inestables.	SI
No deberá ubicarse donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fracturar los suelos.	SI
El sitio deberá evitar zonas donde existan o se puedan generar fenómenos de carsismo, como dolinas u otras formas de tipo cársico.	SI
<b>1.4 Aspectos hidrogeológicos</b>	
En caso de que el sitio esté sobre rocas fracturadas, deberá garantizarse, que el tiempo de llegada de cualquier contaminante a un cuerpo de agua superficial o subterránea sea mayor a 150 años.	SI

1 ESPECIFICACIONES OBLIGATORIAS	CUMPLIMIENTO
En caso de que el sitio esté sobre materiales granulares deberá demostrarse que el tiempo de llegada de cualquier contaminante, a cuerpos de agua superficiales o subterráneas sea mayor a 150 años.	NO
La distancia mínima del sitio a los pozos de agua potable, tanto en operación como en abandono, a los manantiales y a cualquier fuente de abastecimiento hídrico deberá ser mayor a 500 m.	SI
El valor permitido mínimo para la interfase E, definida como el espesor del suelo entre el nivel de desplante del suelo y el nivel máximo de subida de aguas freáticas, será de 150 cm.	NO
El valor máximo permitido para la conductividad hidráulica k del depósito superficial será de 10-6 cm./seg. y el terreno con este valor deberá presentar un espesor mínimo de 100 cm.	NO
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no deberá ubicarse en zonas de recarga del acuífero.	SI
<b>1.5 Consideraciones complementarias</b>	
Cuando exista algún riesgo de contaminar cuerpos de agua superficial y subterránea, podrán aplicarse obras de ingeniería, siempre y cuando se asegure el cabal cumplimiento de la especificación correspondiente.	SI

En función a la evaluación realizada considerando las especificaciones obligatorias de la NB 757, existen varios factores relacionados a los aspectos hidrogeológicos, la distancia a cuerpos de agua y a la mancha urbana de lagunillas, que no se cumplen. Sin embargo, tomando en cuenta el punto 1.5 de consideraciones complementarias, que establece “Cuando exista algún riesgo de contaminar cuerpos de agua superficial y subterránea, podrán aplicarse obras de ingeniería, siempre y cuando se asegure el cabal cumplimiento de la especificación correspondiente”,

En este caso, se requiere implementar infraestructura para reducir el riesgo de contaminación de agua superficial y subterránea considerando lo siguiente:

- Sistema de drenaje artificial
- Sistema de protección contra inundaciones
- Los ajustes al diseño incluyen criterios que cumplen los requisitos de humedad
- El Sistema de almacenamiento y tratamiento de lixiviados (Geotanques o Aljibes) brindara mayor seguridad a la gestión de lixiviados

## 6. Selección de la alternativa.

Considerando los resultados de la Evaluación Técnica Ambiental, establecida en la metodología de cierre de botaderos<sup>11</sup>, que establece que **el Botadero de lagunillas es un botadero de bajo riesgo, con posibilidad de rehabilitación** siempre que el sitio cumpla con los requisitos de la Norma para ubicación de rellenos

Habiendo realizado el Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios de la Guía de Diseño y Construcción de rellenos del MMAYA<sup>12</sup>, se ha obtenido que **el botadero de Lagunillas se encuentra ubicado en un Terreno aceptable.**

Asimismo, se ha analizado la norma para ubicación de rellenos NB757<sup>13</sup>, en este caso se presentan limitaciones relacionadas con las distancias a cuerpos de agua superficial y a niveles freáticos, sin embargo, **es posible**

<sup>11</sup> Guía de Cierre de Botaderos (Ministerio de medio ambiente y Aguas 2012)

<sup>12</sup> Guía de Diseño y Construcción de rellenos Sanitarios (Ministerio de Medio Ambiente y Aguas 2012)

<sup>13</sup> NB 757 Medio Ambiente -Características que deben reunir los sitios para ubicar sistemas de disposición final de residuos sólidos municipales



implementar infraestructura para reducir el riesgo de contaminación de agua superficial y subterránea si se desea operar el botadero de Lagunillas.

Sin embargo, la valoración aceptable del terreno en la guía de Diseño, Construcción..., de rellenos del MMAYA, y el bajo riesgo determinado en la Guía de cierre de botaderos y, considerando que las limitaciones identificadas en el sitio del relleno pueden ser controladas, lo más recomendable es proceder a la rehabilitación temporal del botadero, considerando el Plazo establecido por el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas para el cierre de botaderos en el país. Durante este periodo debe encontrarse otro sitio o cambiar la metodología de Tratamiento y Disposición final.

En función de este análisis se concluye que la alternativa elegida es la Rehabilitación del Botadero de lagunillas, la cual debe ser de carácter temporal.

## 7. Proyecto técnico.

### 7.1 Actividades previas

Para la rehabilitación del Botadero de Lagunillas se seguirán las siguientes actividades previas:

#### 7.1.1 Determinación del Derecho propietario

El derecho propietario del Sitio donde se encuentra ubicado el Botadero de lagunillas, está en proceso de perfeccionamiento, de manera que no se tengan observaciones administrativas respecto a las inversiones que el GAML realice sobre el predio.

#### 7.1.2 Difusión del cierre técnico del botadero

La Difusión del proyecto técnico que se pretende implementar, ha iniciado su Difusión desde la gestión 2020, la misma debe continuar e incluir a todos los actores de la gestión de residuos en el municipio

- Autoridades
- Población en General
- Mercados
- Restaurants y otras actividades económicas
- Centros de Salud
- Otras instituciones presentes

Para lograr este objetivo se pueden emplear los medios de comunicación acostumbrados para la difusión de información del Gobierno municipal (ej. Radio)

#### 7.1.3 Trabajo social con segregadores de residuos sólidos

No se tienen referencias de segregadores en el Botadero, en el área urbana del municipio se tiene una familia recicladora que trabaja en coordinación con personal del gobierno municipal.

Con esta familia y otros interesados se implementarán acciones para potenciar la actividad del reciclaje en el municipio, en función la propuesta de implementación de un centro de acopio que se está gestionando con el Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas.

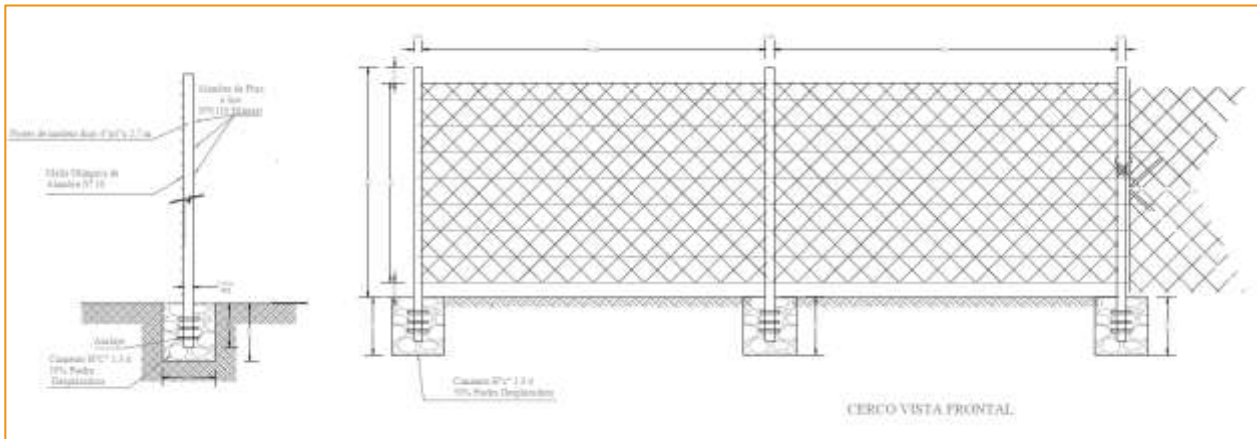
#### 7.1.4 Construcción del cerco perimetral y puerta de acceso.

En la parte constructiva una de las primeras acciones que se deben implementar es la construcción del cerco perimetral y la instalación de una puerta de acceso, de manera que se limite el ingreso de animales y personas al interior del Botadero en Cierre.

En el caso del Botadero de lagunillas se implementarán 237.99 ml de malla olímpica y un portón para el acceso al lugar

De acuerdo a las dimensiones establecidas en los Planos adjuntos, algunos detalles del enmallado se describen en la siguiente figura:

**Figura 3 Vista frontal del cerco**



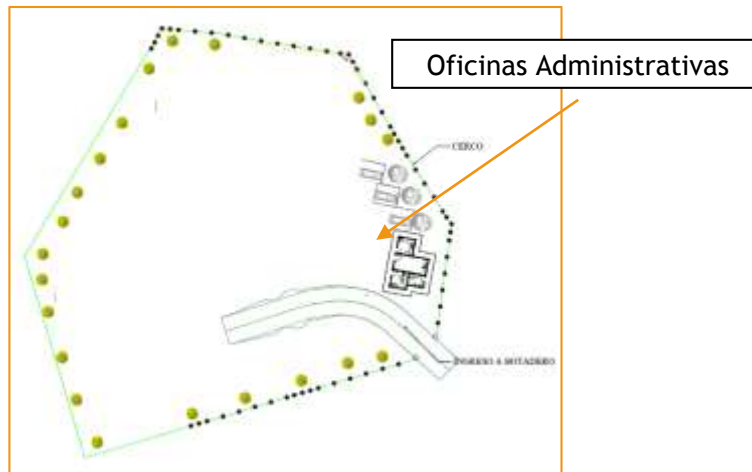
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

### 7.1.5 Caseta de vigilancia e implementación de ambiente para almacén de insumos.

El siguiente paso en el cierre del Botadero sería la implementación de una caseta de vigilancia y un ambiente para almacenar materiales e insumos en el ingreso del Botadero de lagunillas

La ubicación de la caseta es la siguiente:

**Figura 4 Ubicación de oficinas administrativas**



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

Las características de la caseta se detallan en la siguiente imagen

### 7.1.6 Colocación de un letrero informativo

El letrero informativo de cierre del Botadero incluirá las siguientes especificaciones técnicas:



**PROYECTO DE CIERRE TECNICO Y REHABILITACION  
DEL BOTADERO DE LAGUNILLAS**

MONTO DE OBRA: Bs. XXX.XXX,00 (XXX.XXX,00 SEK)

EMPRESA CONSTRUCTORA: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
SUPERVISOR DE OBRA: ING. REIDER HIPOLITO CARI RUIZ  
FISCAL DE OBRA: ING. VICTOR CUIZARA  
ESPECIALISTA EN RESIDUOS SOLIDOS: ING. SERGIO MAURICIO MORALES



## 7.2 Cierre técnico

Una vez que se hayan realizado las actividades previas o de manera paralela se deben llevar a cabo las operaciones de cierre del botadero, considerando dos momentos

### 7.2.1 Excavación y traslado de los residuos dispersos a la celda de cierre construida para depositar estos residuos

#### 7.2.1.1 Excavar y retirar los residuos.

Los residuos dispersos en el predio deben ser reubicados en la celda de cierre del botadero de acuerdo la siguiente imagen:

**Imagen 6. Residuos que serán reubicados en la celda de cierre**



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

#### 7.2.1.2 Excavar y retirar las tierras de la base

La tierra de las áreas donde los residuos estaban dispersos será reutilizada y empleada en la celda de cierre del botadero, realizando la limpieza correspondiente.

### 7.2.1.3 Muestrear y analizar el suelo de la base y paredes.

Se tomarán muestras de suelo en las áreas que no sean reutilizadas para implementar otras infraestructuras.

### 7.2.1.4 Nivelar y compactar el área liberada de residuos.

Una vez concluida la Limpieza se nivelará y compactará adecuadamente el área liberada de residuos.

### 7.2.1.5 Sembrar pasto o grama o vegetación propia del lugar.

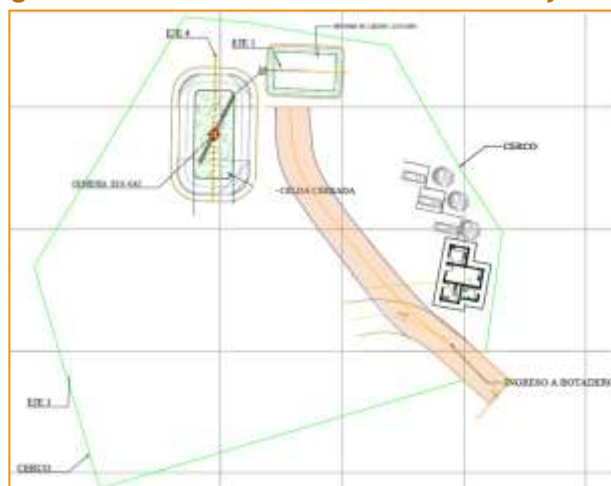
Las áreas niveladas y adecuadas que serán destinadas a áreas verdes, serán sembradas con pasto o recibir el tratamiento adecuado de acuerdo al nuevo proyecto.

## 7.2.2 Cierre técnico in situ y saneamiento

### 7.2.2.1 Habilitación de Vías de acceso

La Celda de cierre del botadero, debe tener habilitado un acceso para su mantenimiento en el caso del proyecto para el Botadero de lagunillas la Ubicación de la Celda de Cierre y su acceso son los siguientes:

**Figura 5 Ubicación de la celda de Cierre y su acceso**



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

### 7.2.2.2 Instalación de servicios básicos

El GAML deberá proveer los servicios básicos necesarios para la operación del Cierre del botadero

- Energía eléctrica: De Red o a través de generador
- Agua potable: De red o abastecimiento mediante Cisternas
- Alcantarillado: A través de la instalación de fosas sanitarias

### 7.2.2.3 Construcción de sistema de Drenaje Pluvial

El botadero en Cierre contará con un sistema de Drenaje Pluvial integral que permita la evacuación de la escorrentía superficial de todas las instalaciones dentro del botadero, a futuro se podrá almacenar el agua para su aprovechamiento

### 7.2.2.4 Sistema de captación, conducción y almacenamiento de lixiviados

El sistema de captación, conducción y almacenamiento de lixiviados se describe en el siguiente cuadro:

**Figura 6 Captación y Conducción de Lixiviado**



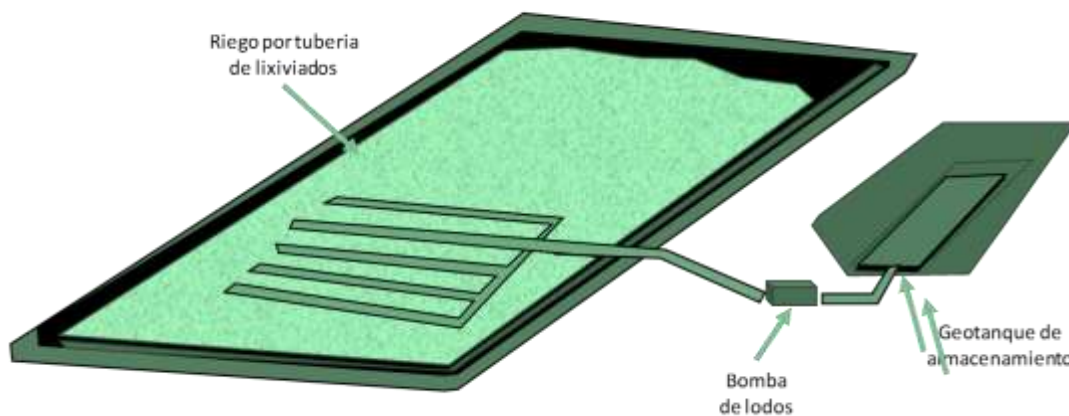
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

El dren de Lixiviados tiene una longitud de 15 metros lineales y el sistema de almacenamiento constituido por un Geo tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 30.000 litros

### 7.2.2.5 Tratamiento de lixiviados

El tratamiento de lixiviados será realizado mediante la combinación de los sistemas de Recirculación y Evaporación de acuerdo al siguiente esquema

**Figura 7 Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento y Tratamiento de lixiviados**



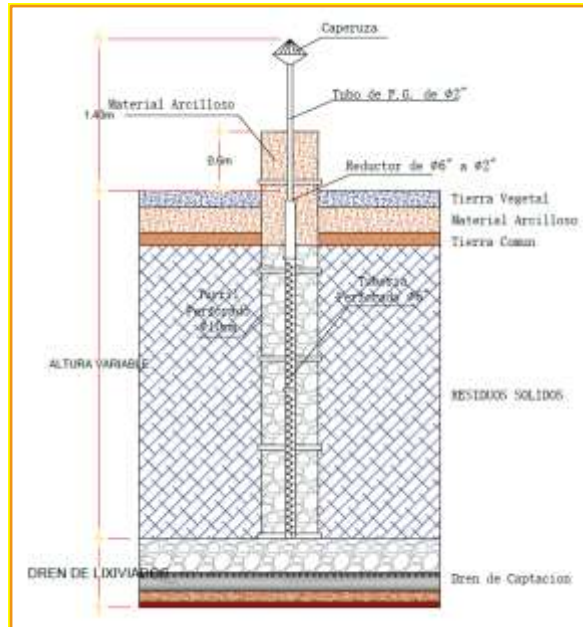
Fuente: Elaboración propia 2021



### 7.2.2.6 Sistemas de captación de biogás y quema o recuperación energética

El sistema de captación de biogás es el siguiente, el tratamiento aplicado será la quema controlada:

**Figura 8** Detalles técnicos para la construcción de Chimeneas



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

### 7.2.2.7 Estabilización física del botadero

Una vez que se haya realizado la conformación final de la celda de cierre del botadero se procederá a realizar las siguientes medidas

- **Peinado de taludes**
- Nivelación de Banquinas y Asentamientos
- Acordonado de Banquinas
- Instalación de Drenajes en las Banquinas

La conformación final proyectada es la siguiente

**Figura 9** Confirmación final de la Celda de Cierre



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

### 7.2.2.8 Corte y Transporte de Tierra

Para realizar el cierre del relleno se empleará materiales disponibles en el propio botadero y adicionalmente un banco de préstamo asignado por el GAML ubicado a aproximadamente 1 Km del botadero.

### 7.2.2.9 Cobertura Final de la Celda

Una vez que se haya realizado la estabilización física de la Celda de cierre, se realizara el cierre aplicando los siguientes criterios:

**Tabla 24. Construcción de la Capa Final**

Capas necesarias	Material	Necesidad Según Tipo de Botadero		
		Botaderos medianos/grandes con disposición de residuos biodegradables	Botaderos sin disposición de residuos biodegradables	Botaderos manuales, pequeños, o muy pequeños
Capa de soporte o de asentamiento de espesor de 0,3 -0,5m	Tierra de cobertura	Si	Si	Si
Capa de drenaje de gas, con espesor mayor a 50 cm	Piedra bola, grava o equivalente *	Si	No	Si el material está disponible y si es económicamente posible
Capa impermeable de material arcilloso espesor 0,4 m– 0,6 m	Limo arcilloso o arcilla de impermeabilidad suficiente**	Si	Si	Si
Capa de drenaje de aguas de lluvia espesor: 0,3 m	Capa de gravas permeabilidad superior o igual 10-3 cm/s***	Si entreverado con piedra o grava	No	No
Capa vegetal espesor 0,7- 0,8m	Suelo natural enriquecido con humus o compost	Si	Si	Si

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

Considerando que el Botadero de Lagunillas es un botadero pequeño y manual, considerando las dificultades para conseguir material gravoso, según la Guía técnica de cierre de Botaderos, las capas obligatorias de cobertura serían las siguientes:

- a. Capa de soporte o de asentamiento 0,3 m
- b. Capa impermeable de material arcilloso 0.4 m
- c. Capa vegetal espesor 0.7 m

**Figura 10 Estructura de la Cobertura final del botadero de Lagunillas**

PROFUNDIDAD AD (Cm)	COBERTURA FINAL	
10	Capa Vegetal 20 cm	
20		
30	Capa Impermeable 40 cm	
40		
50		
60		
70	Residuos sólidos	
80		
90		
100		
110		
120		
> 120		

Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

Adicionalmente después del cierre se debe implementar un Plan de forestación del predio que incluiría:

- Forestación en taludes: para aminorar los efectos erosivos de la lluvia
- Forestación perimetral: para cumplir la NB 760, respecto al área de amortiguamiento y barrera rompivientos
- Forestación en bordes talud-Banquina: Para mejorar la estabilidad de la orilla de la banquina
- Forestación en la superficie: Para reducir los efectos de la lluvia como la erosión por escorrentía

La forestación sobre las celdas, debe ser con especies superficiales con poco desarrollo radicular y adaptadas a las condiciones climáticas del lugar, esta actividad será encarada por el GAML.

#### **7.2.2.10 Diseño de la red o pozos de monitoreo de aguas subterráneas**

Para el monitoreo de aguas subterráneas se instalará un pozo (pueden ser construidos manualmente), a 100 metros aguas abajo del relleno sanitario, donde se podrán monitorear los impactos de la actividad sobre las aguas freáticas del lugar, la norma pide que se instalen a una profundidad de 2 metros por debajo del acuífero.

**Imagen 7. Ubicación recomendada para los pozos de monitoreo de aguas subterráneas**



Fuente: elaboración propia

### **7.2.3 Programa de seguimiento (mantenimiento- Post -cierre)**

#### **7.2.3.1 Post - Cierre técnico**

Las actividades de Post Cierre técnico se enfocan en el mantenimiento de las obras que se implementaran en el cierre técnico y el sistema de monitoreo.

Para el Post Cierre la entidad encargada de su ejecución des el Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas, quien será encargada de:

- Inspecciones rutinarias
- Mantenimiento de la infraestructura (Cobertura, asentamientos, banquetas, sistema de captación y tratamiento de lixiviados, captación y tratamiento de gases, sistema de drenaje pluvial, etc.
- Supervisión y monitoreo ambiental: Aguas subterráneas y superficiales y Aire
- Presentación de informes de monitoreo.

#### **7.2.3.2 Mantenimiento de las obras de cierre técnico del botadero**

La infraestructura implementada en el botadero, debe ser mantenida en condiciones adecuadas de operabilidad a lo largo del periodo de cierre y mantenimiento (Post-cierre), dichas actividades se llevarán a cabo por un periodo de 10 a 15 años y tendrán carácter preventivo y cuando se requiera ocasionalmente correctivo.

##### **7.2.3.2.1 Mantenimiento de las vías de circulación**

Para garantizar que las vías internas del sitio estén siempre transitables, se deben realizar labores de cierre de agrietamientos, riego de camino y limpieza de cunetas.

##### **7.2.3.2.2 Mantenimiento de la cobertura final**



Para resolver problemas de erosión o asentamientos, se implementarán acciones de reparación a la brevedad posible, para evitar mayores deterioros e impactos ambientales

#### **7.2.3.2.3 Mantenimiento de la cobertura vegetal en la celda**

Para preservar la cobertura vegetal en las banquinas, se extenderán mantos de restos de poda picados, así mismo se propone elaborar compost para mejorar el suelo y la cobertura vegetal del botadero cerrado.

#### **7.2.3.2.4 Mantenimiento de áreas verdes**

Para el mantenimiento de áreas verdes se implementarán sistemas de riego con manguera tratando de optimizar el uso de agua (a futuro se podrán emplear métodos como goteo o aspersión), de manera que el riego sea más eficiente y se evite la percolación y la escorrentía.

Así mismo anualmente se realizará el abonado de las áreas verdes

#### **7.2.3.2.5 Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas superficiales**

El sistema de Drenaje pluvial del botadero Rehabilitado, será mantenido realizando su limpieza, reparación de geomembranas que hayan sufrido desgarros y/o fisuras.

La limpieza se realizará de manera preventiva antes del inicio de la época de lluvias, se verificará su correcto funcionamiento durante la época de lluvias y se realizaran las reparaciones correspondientes, cuando se requiera.

#### **7.2.3.2.6 Asentamiento en celdas**

A medida que los residuos se vayan descomponiendo, se drene el lixiviado y el biogás, es normal la presencia de asentamientos en diferentes partes del relleno cerrado, para evitar la acumulación de agua pluvial y destrucción de taludes y plataformas por efecto de las lluvias, estos asentamientos serán corregidos antes del inicio de la época de lluvias.

Para el control de asentamientos se llevará un control topográfico, el cual debería ser realizado al menos anualmente antes de la época de lluvias y en dos momentos antes de reparar y después de las reparaciones, de manera que se tenga registrado todas las áreas donde se produjeron asentamientos y su magnitud.

#### **7.2.3.2.7 Adecuación y mantenimiento de taludes y banquinas**

La adecuación de taludes y banquinas cuando se presenten asentamientos se realizará manualmente o mediante el uso de maquinaria, teniendo en cuenta que se deben restaurar las condiciones iniciales de pendientes y continuidad de las plataformas

#### **7.2.3.2.8 Mantenimiento del sistema de captación de lixiviados**

El sistema de captación y conducción de lixiviados será monitoreado permanentemente, al mismo tiempo que se realiza el control de caudal de manera semanal, se verificara la cámara de inspección y el estado de las tuberías de conducción, en caso de ser necesario se aplicaran las medidas correctivas correspondientes.

#### **7.2.3.2.9 Mantenimiento de piscinas o Geotanque de almacenamiento de lixiviados**



En las áreas donde se ubica el geotanque se verificará la estabilidad de los taludes, el drenaje pluvial del Geotanque y las fugas que pudieran generarse durante el periodo de cierre y mantenimiento. En caso de presentarse algún problema con esta instalación, la misma será corregida a la brevedad posible.

#### 7.2.3.2.10 Mantenimiento del sistema de captación de biogás

Las chimeneas de biogás, deben ser encendidas frecuentemente, una vez que se inicie la generación de gas metano, durante este trabajo se realizaran inspecciones a las chimeneas y sus alrededores verificando que no existan emisiones fugitivas de biogás, de manera que se realice el sellado de estos sitios o la reconducción de esta fuga hacia la chimenea principal.

### 7.2.4 Programa de Control y Monitoreo ambiental del botadero en cierre.

#### 7.2.4.1 Actividades de monitoreo ambiental Post - Cierre Técnico

El monitoreo, seguimiento y control de las variables ambientales del botadero en cierre, permitirá identificar el comportamiento y evolución de los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos del sector en cierre del botadero de lagunillas. Este será el instrumento que permitirá al representante legal del botadero demostrar ante las autoridades ambientales, el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

#### 7.2.4.2 Programa de control y monitoreo ambiental

Para el control y monitoreo ambiental del sector del Botadero en cierre, se seguirán las recomendaciones de la Guía técnica de Cierre de Botaderos, la cual establece los principales aspectos sujetos a control y monitoreo en Botaderos, adicionalmente se sugieren otras medidas necesarias descritas en la siguiente tabla:

Aspectos Sujetos de Control y Monitoreo		
Descripción	Aspectos Relevantes	Frecuencia
<b>RECOMENDADOS</b>		
Inspección de la cobertura	Erosión de la cobertura	2 veces al año posterior a la época de lluvias y antes de la época de lluvias
Formación de charcos	Por asentamientos en las plataformas	2 veces al año al iniciarse la época de lluvias y al terminar
Generación de lixiviado	Control de la generación de lixiviado	Cada 2 meses, de 1 a 2 semanas con herramientas y recipientes
Inspección de canal perimetral	Obstrucción	1 vez al año antes de la época de lluvias
Inspección de la cerca perimetral	Daños o deterioros de la cerca perimetral	1 vez al mes
<b>SUGERIDOS</b>		
Asentamientos y derrumbes en banquinas	Asentamientos en los taludes que ocasionan derrumbes menores	2 veces al año al iniciarse la época de lluvias y al terminar

Inspección del sistema de drenaje pluvial	Verificación del sistema de drenaje pluvial interno	1 vez antes del inicio de la época de lluvias, y quincenalmente durante la época de lluvias
inspección del sistema de drenaje de lixiviados	Verificación del sistema de captación y conducción de lixiviados	Quincenalmente todo el año
Seguimiento a la quema controlada de biogás	Verificación de la generación de biogás, quema controlada y emisiones fugitivas	Quincenalmente todo el año
Inspección al sistema de tratamiento de Lixiviados	Verificación de las condiciones del geotanque, las tuberías y bombas instaladas para la recirculación	Quincenalmente todo el año

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos y Elaboración Propia

### 7.2.4.3 Monitoreo de aguas subterráneas:

Como recomienda la Guía técnica de Cierre de Botaderos, la frecuencia de monitoreo de aguas subterráneas recomendada, es la semestral, por lo cual será la frecuencia de monitoreo que se empleará en el Cierre del Botadero de lagunillas, considerando la red de pozos de monitoreo implementada en el proyecto.

Los parámetros exigidos son los siguientes:

**Tabla 25. Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Subterráneas**

Parámetro	Frecuencia
PH	Semestral
Conductividad eléctrica	Semestral
Oxígeno Disuelto	Semestral
Metales pesados	Semestral
DQO, DBO	Semestral
Amoniaco	Semestral
Nitritos	Semestral
Nitratos	Semestral

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

### 7.2.4.4 Monitoreo de las aguas superficiales

El monitoreo de aguas superficiales es imprescindible el primer año del cierre técnico, posteriormente se realizará de manera rutinaria cuando se tengan sospechas sobre afectación a la calidad del agua superficial.

### 7.2.4.5 Monitoreo de lixiviado

El monitoreo de lixiviado será realizado de acuerdo a las recomendaciones de la normativa con una frecuencia semestral durante los primeros 5 años, posteriormente se reducirá a una frecuencia anual.

#### 7.2.4.6 Monitoreo de Biogás

El monitoreo de Biogás según establece la Guía de Cierre técnico de Botaderos, debe realizarse con los siguientes parámetros, equipos y frecuencias, el GAML, debe equiparse con el explosímetro y flujómetro para realizar dichas mediciones en campo, las mediciones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>, deben hacerse con laboratorio acreditado.

**Tabla 26. Parámetros exigidos de monitoreo de biogás**

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Composición del biogás: CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	Cromatografía de gases u otro aceptado	Cromatografía de gases u otra técnica aceptada	Bimestral
Explosividad y toxicidad	Explosímetro digital	Lectura directa en campo	Mensual
Flujo	Flujo metro	Lectura directa en campo	Mensual

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

#### 7.2.4.7 Monitoreo del Aire

Para el monitoreo de Aire se requieren mediciones mensuales los dos primeros años, posteriormente serán suficientes monitoreos anuales los parámetros a monitorear son los siguientes:

**Tabla 27. Parámetros exigidos para el Monitoreo del Aire**

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Partículas totales en suspensión	Equipo para alto volumen	Muestreo de alto volumen	Mensuales
Partículas biológicas viables	Equipo de laboratorio para medición de colonias de bacterias en el aire	Incubación, conteo de colonias	Mensuales
Ruido	Sonómetro	Según el manual	Mensuales

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

#### 7.2.4.8 Monitoreo del suelo

El monitoreo de suelo se realizará al momento de preparar la línea base, se busca monitorear la presencia de metales pesados o compuestos volátiles, posteriormente solo se realizará en caso de sospecha de contaminación, los parámetros son los siguientes:

**Tabla 28. Parámetros exigidos para el Monitoreo del Suelo**

Parámetro	Frecuencia
-----------	------------

Metales pesados (Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Se, Ag, Tl, V, Zn)	En caso de sospechar su presencia
Compuestos orgánicos volátiles o semivolátiles.	En caso de sospechar su presencia.

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

## 7.3 Relleno Sanitario

### 7.3.1 Cálculos preliminares

#### 7.3.1.1 Proyección de la Población

Tomando en cuenta que la población actual del área urbana del municipio de lagunillas estimada en el “Diagnostico territorial del Chaco Cruceño - Municipio de lagunillas” es de 1529 habitantes para la gestión 2020, se ha realizado la proyección de población hasta el 2026, en función de la tasa de crecimiento intercensal 2001-2012, la cual es de 0.14%. En función de estos criterios se ha obtenido la siguiente proyección poblacional.

**Tabla 29. Proyección poblacional del Área urbana del Municipio de lagunillas**

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Habitantes	1.529	1.531	1.533	1.535	1.538	1.540	1.542

Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.3.1.1.1 Producción per cápita y generación total de residuos

La producción per cápita de residuos sólidos del municipio de lagunillas alcanza un valor de 0,410 kg/Hab/Día, y la PPC No domiciliaria de 0.153 kg/Hab/día. Siendo la PPC municipal con un valor de 0,563 kg/ha/día, la generación total de residuos en la gestión 2020 se estima a un total de 314.2 Tn.

La proyección de la PPC asumiendo que se incrementara a la misma tasa de crecimiento poblacional se detalla en la siguiente tabla, adicionalmente en función de estas proyecciones se puede estimar el incremento de la generación diaria y la generación anual de residuos.

**Tabla 30. Proyección de la generación de residuos en el municipio de Lagunillas**

DATO / AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Habitantes	1.529	1.531	1.533	1.535	1.538	1.540	1.542
PPC Municipal	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61
Generación de residuos kg/día	860,83	874,01	887,22	900,47	913,75	927,07	940,43
Generación de residuos Tn/día	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94
Generación de residuos Tn/año	314,20	319,01	323,84	328,67	333,52	338,38	343,26

Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.3.1.1.2 Cálculo del Área del relleno sanitario

Todos los diseños de la nueva celda de operación se realizaron en función de la disponibilidad de terreno, en función del tamaño del predio se ubicaron todas las instalaciones y se determinó la Vida útil del relleno.

### 7.3.1.2 Estudio de caracterización de residuos sólidos

Para la caracterización de residuos sólidos se cuentan con el estudio de Diagnóstico territorial del Chaco Cruceño, el mismo incorpora la caracterización de residuos del municipio de Lagunillas, los principales resultados de la caracterización son los siguientes:

**Tabla 31. Generación de residuos sólidos domiciliarios**

POBLACION (HAB)	PPC (KG/HAB.DIA)	GENERACION DIARIA (KG/DIA)	GEN DIARIA (TON/DIA)	GEN SEMANAL (TON/SEM)	GEN ANUAL (TON/AÑO)
1.529	0,410	626,89	0,63	4,39	228,81

Fuente: Diagnóstico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas<sup>14</sup>

La generación de residuos en domicilios alcanza a un promedio de 0.63 tn/día, estos residuos constituyen el 73% de los residuos municipales, el resto de los residuos está compuesto por otras fuentes generadoras identificadas en las siguientes tablas:

**Tabla 32. Generación total por fuente no domiciliarias**

FUENTE GENERADORA	KG/DIA
COMERCIALES	180,12
INSTITUCIONALES	47,97
HOSPITALARIOS	4,54
GENERACION NO DOMICILIARIA KG/DIA	232,63

Fuente: Diagnóstico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas

**Tabla 33. Estimación PPC no domiciliario**

CALCULO PPC NO DOMICILIARIO	VALORES
GENERACION NO DOMICILIARIO (KG/DIA)	232,63
POBLACION URBANA (HAB)	1.529
PPC NO DOMICILIARIO (KG/HAB.DIA)	0,153

Fuente: Diagnóstico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas

Tomando en cuenta estos resultados, la generación no domiciliaria de 0.153 kg/hab.día, sumada a la generación domiciliaria 0.410 kg/hab.día, nos da un PPC municipal de 0.562 kg/hab.día, lo cual representa una generación municipal total de 0.86 Tn/día y de 313.72 Tn/año.

**Tabla 34. Resumen de la generación de residuos sólidos gestión 2020**

RESUMEN ANALISIS DE GENERACION	VALOR	UNIDAD
PRODUCCION PERCAPITA DOMICILIARIOS	0,410	KG/HAB.DIA
PRODUCCION PERCAPITA NO DOMICILIARIO	0,153	KG/HAB.DIA
PRODUCCION PERCAPITA MUNICIPAL	0,562	KG/HAB.DIA
GENERACION DOMICILIARIA DIARIA	0,63	TON/DIA
GENERACION DOMICILIARIA ANUAL	228,81	TON/AÑO
GENERACION TOTAL MUNICIPAL DIARIA	0,86	TON/DIA
GENERACION TOTAL MUNICIPAL ANUAL	313,72	TON/AÑO

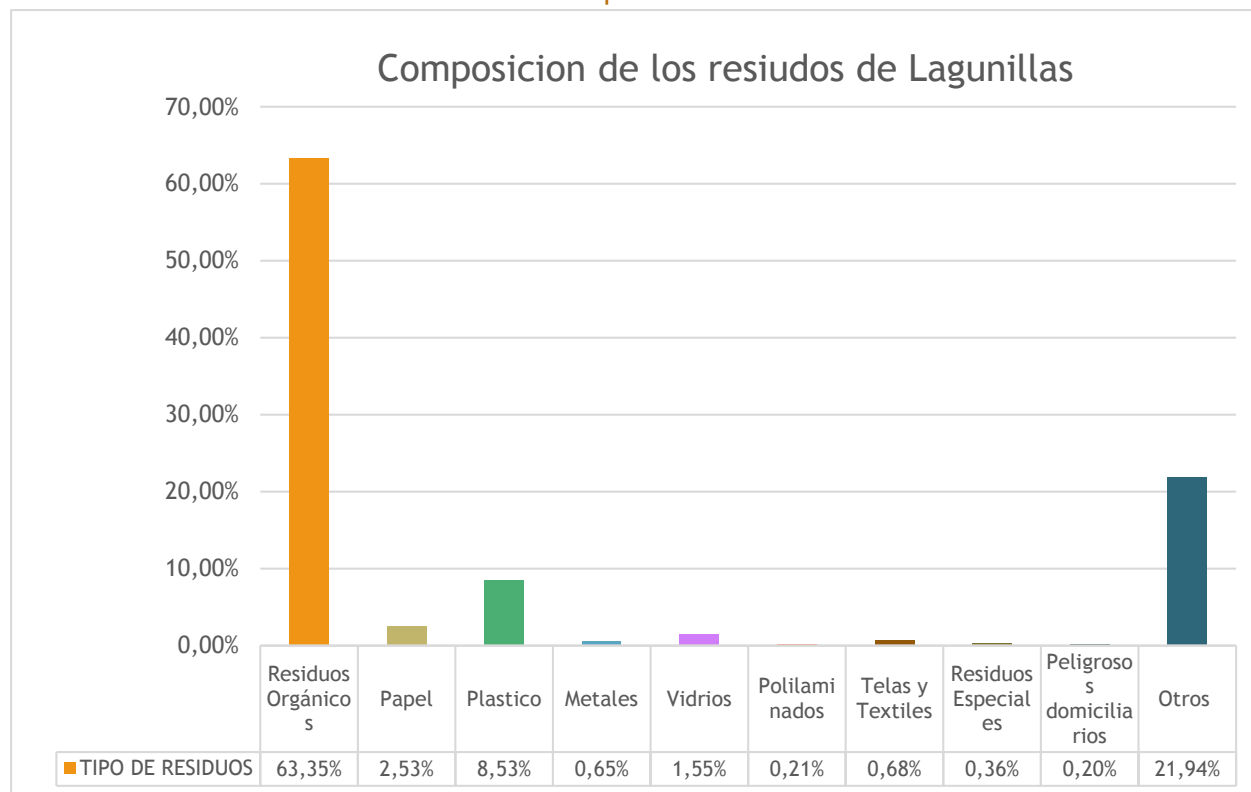
<sup>14</sup> GA HOOLE SRL - "Diagnóstico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas", Gestión 2020.



Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas

La composición de estos residuos, nos muestra que los residuos orgánicos, alcanzan a un 63,35% del total de los residuos del área urbana de Lagunillas, el 8,53% son plásticos y el 2,53% papel y cartón, el 21,94 % son residuos no aprovechables, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

Grafico 3. Composición física de residuos solidos



Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Lagunillas

### 7.3.1.3 Residuos aceptables en el relleno sanitario habilitado

De acuerdo a la Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios, los residuos que serán aceptados y los que no serían aceptados en el relleno habilitado son:

Clasificación	Tipo de residuo	Celdas comunes		Celda peligrosos		Sistemas de tratamiento y/o aprovechamiento	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
Residuos comunes (1)	Residuos Domiciliarios	X				X	
	Residuos Comerciales	X				X	
	Residuos Institucionales	X				X	
	Residuos de los Servicios de Barrido y limpieza	X					X
	Residuos de mantenimiento de áreas verdes	X				X	
	Residuos asimilables de establecimientos de salud	X					X

Clasificación	Tipo de residuo	Celdas comunes		Celda peligrosos		Sistemas de tratamiento y/o aprovechamiento	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
	Residuos industriales asimilables a comunes	X				X	
	Otros Residuos asimilables a comunes	X				X	
Residuos especiales	Vehículos		X			X	
	Residuos Voluminosos de muebles		X			X	
	Residuos de metal voluminosos		X			X	
	Residuos eléctricos y electrónicos		X	X		X	
	Llantas y neumáticos	X				X	
	Restos de matadero		X			X	
	Animales muertos		X	X		X	
	Lodos de tratamiento y limpieza de drenajes pluviales		X	X		X	
	Residuos forestales		X			X	
	Residuos de la construcción y demolición		X			X	
	Residuos peligrosos	Residuos peligrosos municipales		X	X		X
	Residuos de servicios de mantenimiento de maquinaria y vehículos		X	X		X	
	Lodos de tratamiento y limpieza de drenajes pluviales (Sin tratar)		X	X		X	

(1) En el máximo de los esfuerzos deberían llegar a la disposición final solo de los residuos no aprovechables

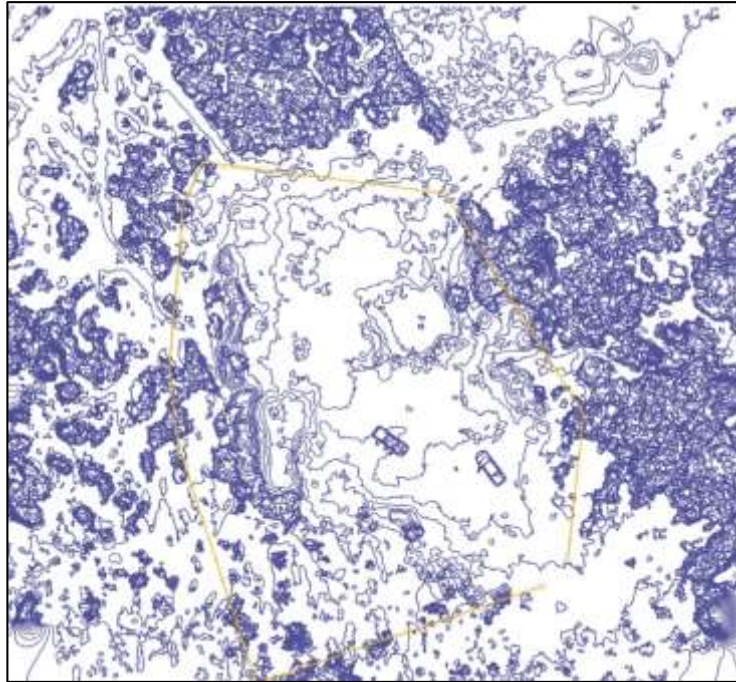
Fuente: Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios

### 7.3.1.4 Estudios de campo y Diseño

#### 7.3.1.4.1 Estudio topográfico

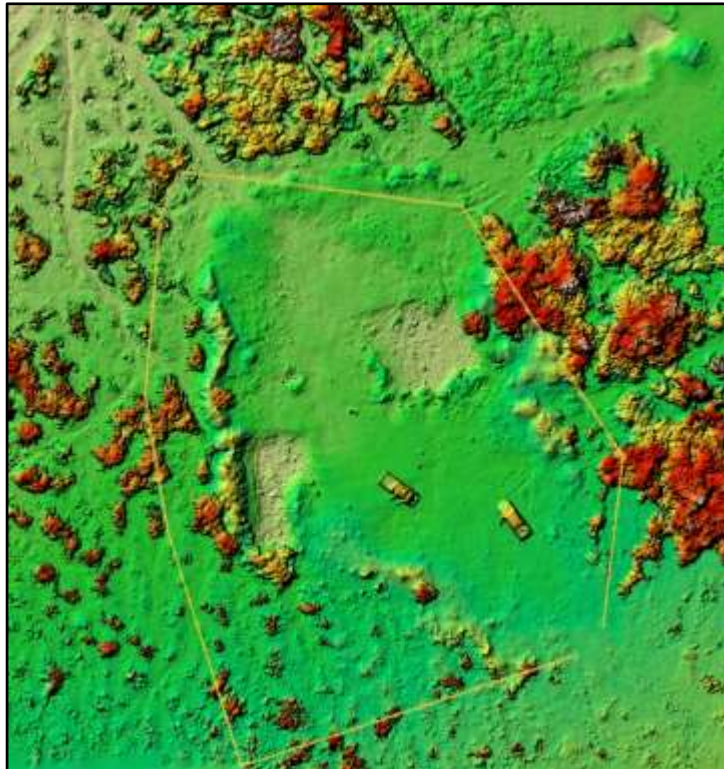
En la gestión 2021, se ha realizado un levantamiento topográfico empleando un vuelo de Dron, el mismo ha permitido la obtención de curvas de nivel cada 20 cm, reflejadas en la imagen 7, adicionalmente se ha elaborado un Modelo Digital de evaluación imagen 8.

Imagen 8. Curvas de nivel cada 20 cm levantamiento octubre 2021



Fuente: Elaboración propia en base a vuelo de Dron octubre 2021

Imagen 9. Modelo Digital de Elevación - Levantamiento octubre 2021



Fuente: Elaboración propia en base a vuelo de Dron octubre 2021

La pendiente del área del botadero tiene dirección Nor-oeste, con un valor de 1,13 %, por lo cual el terreno es clasificado como Plano, en el Modelo digital de elevación se puede dos depresiones interiores una que contiene residuos ubicada la limites oeste del botadero y la otra que representa una depresión natural donde se ubica la lagunilla temporal, ubicada cerca al limites este del predio del botadero.

### 7.3.1.4.2 Estudio geotécnico

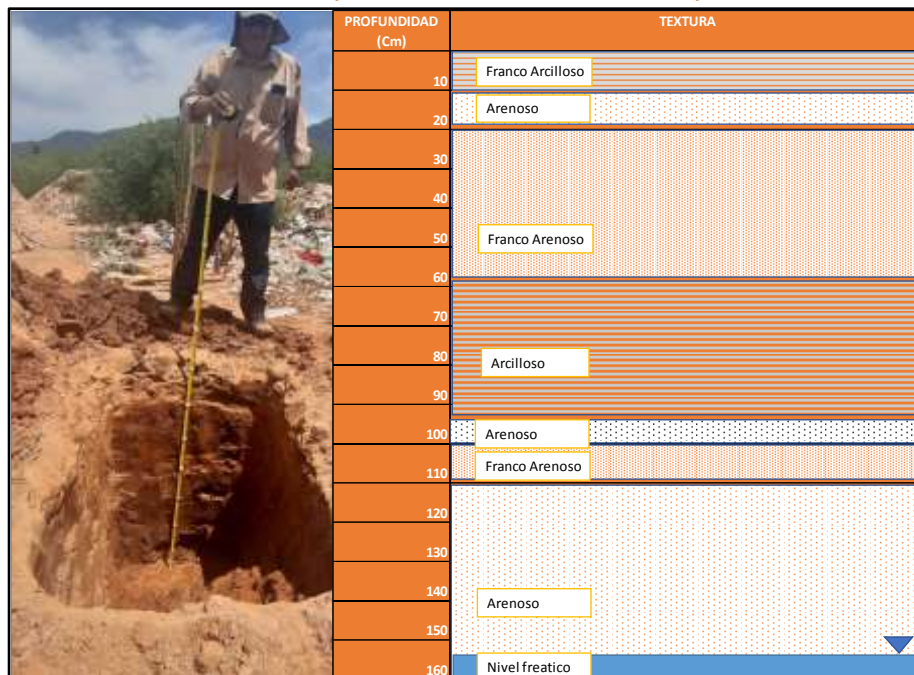
#### a) Suelo

El Suelo del predio del botadero de lagunillas es un suelo aluvial, con presencia de estratos de arena y arcilla, razón por la que es un suelo joven en proceso de desarrollo y está conformado por estratos conformados por los depósitos aluviales de

#### b) Textura del Suelo

Para la identificación de los horizontes del suelo y su composición textural, se ha realizado una calicata dentro del predio, la cual ha alcanzado una profundidad de 1,60 m el detalle del perfil analizado se describe en la siguiente figura:

Grafico 4. Perfil de suelo y determinación de estratos y clasificación textural



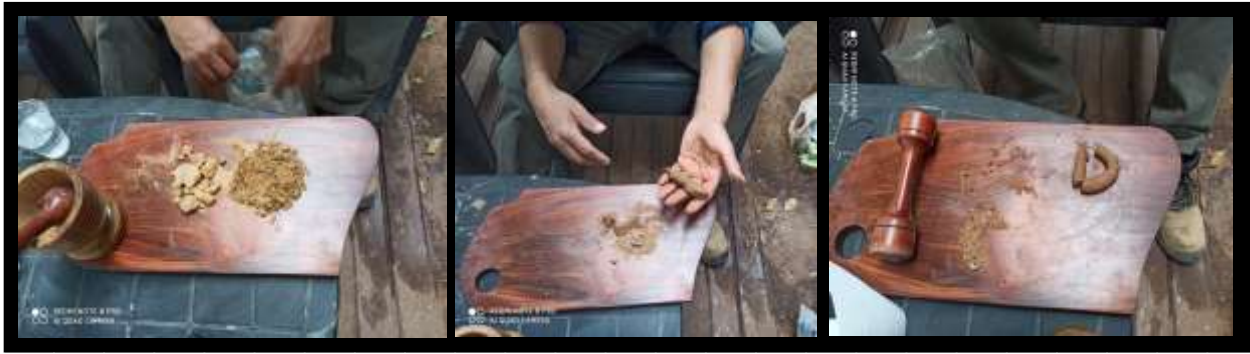
Fuente: Elaboración propia 2021

Si bien superficialmente el suelo presenta una textura franco arcillosa (10 cm), por debajo de esta capa se presentan estratos con textura gruesa hasta aproximadamente los 60 cm, en este nivel se presenta un estrato arcilloso con un espesor de 40 cm y por debajo estratos de textura gruesa hasta llegar al nivel freático.

Para la determinación de la textura se emplearon ensayos al tacto como se detalla en la siguiente composición fotográfica:



Fotografía 1 Ensayos de textura al tacto



Fuente: Elaboración propia 2021

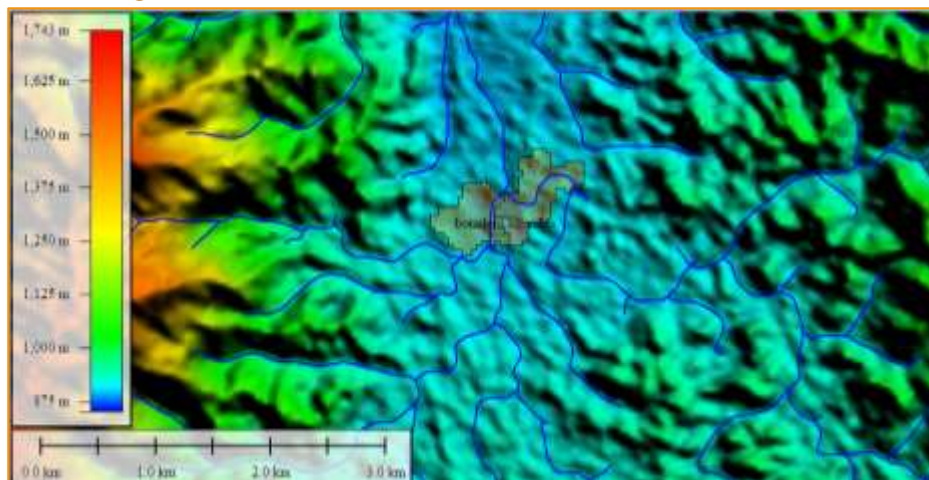
### 7.3.1.4.3 Estudio geológico

El estudio geológico se encuentra anexo al presente documento (Anexo 1)

### 7.3.1.4.4 Estudio Hidrológico

Se han generado cuencas y microcuencas en base a la poligonal georeferenciada hasta 4to orden según el software, posterior al análisis de las microcuencas se ha delimitado una microcuena de menor dimensión que vaya en aporte a la poligonal y de ahí se ha determinado mediante el método de numero de curva, extrayendo toda la información de superficie cotas y otros.

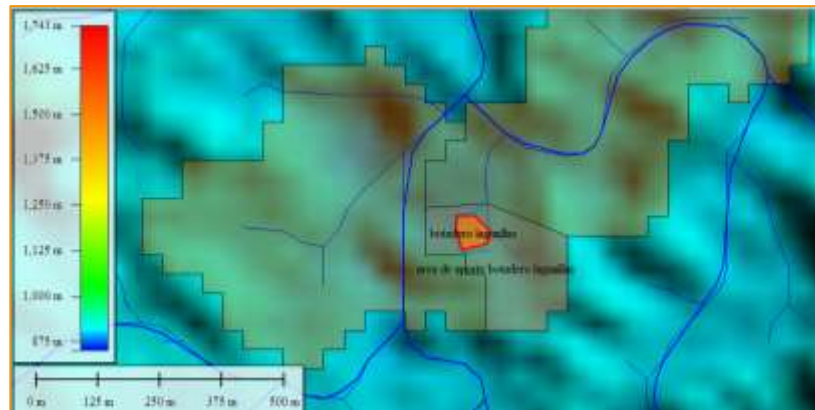
Figura 11 Ubicación de las cuencas alrededor del Botadero



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas



Figura 12 Ubicación de la cuenca del Botadero



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

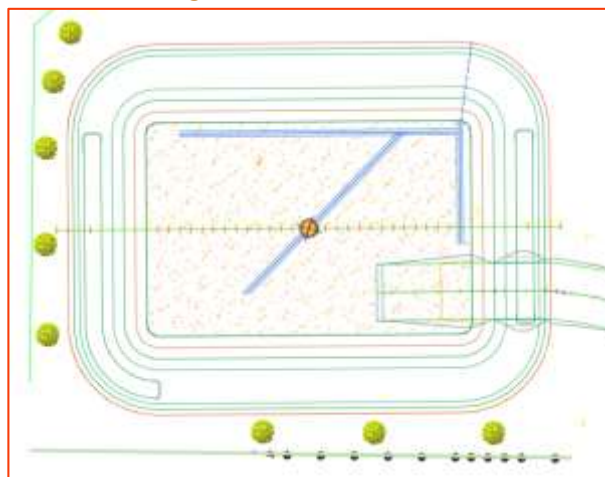
### 7.3.1.5 Diseño del relleno sanitario

#### 7.3.1.5.1 Método de Construcción del relleno

El método de construcción del relleno de lagunillas será el método combinado, combinando por etapas el método de Trinchera o zanja con el método de Área, su objetivo es el mejor aprovechamiento del terreno y las instalaciones construidas para la operación de la celda,

En la etapa de operación por el método Trinchera, se construirá la CELDA 1, la cual tiene 19 m de ancho por 29 m de largo en la base y 31,4 m de ancho y 41,8 m de largo en su nivel de coronamiento, la profundidad de la celda es 1,5 m justamente con el propósito de mantener la mínima distancia con relación al nivel de la napa freática.

Figura 13 Diseño CELDA 1



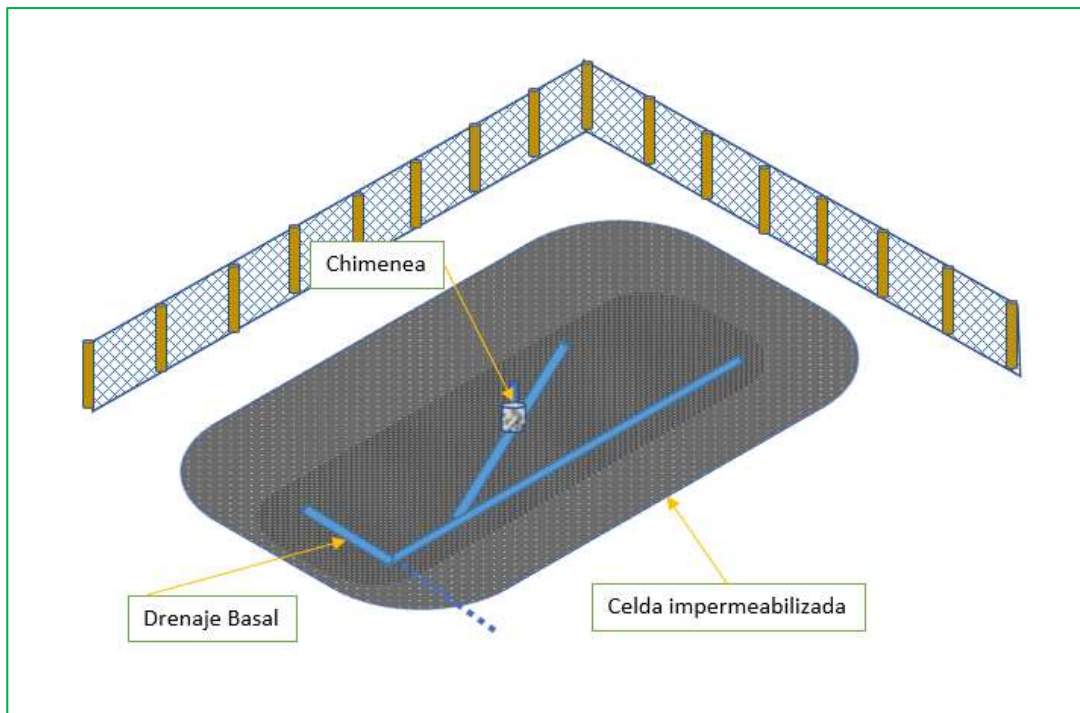
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

Figura 14 Perfil de la celda de operación



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

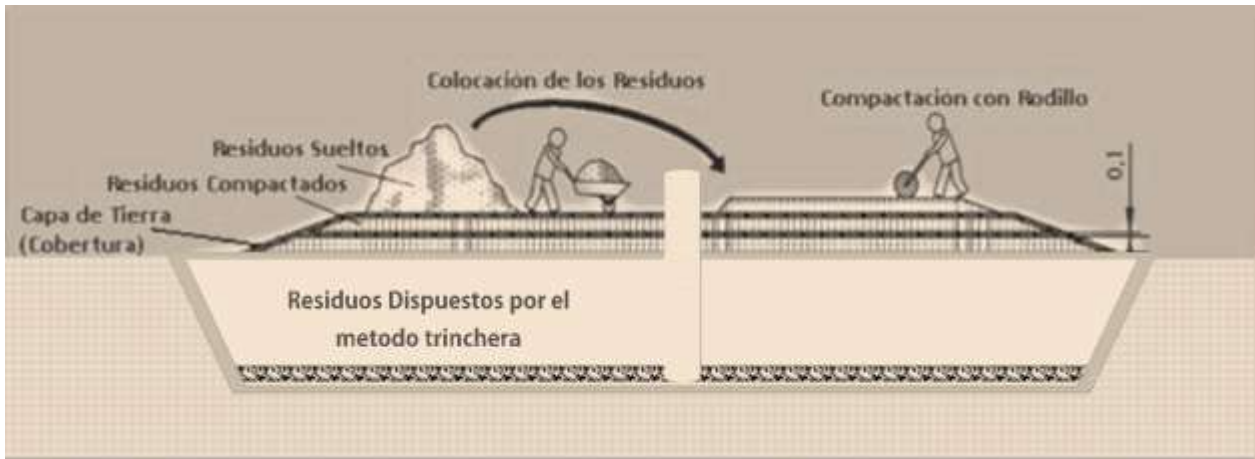
Figura 15 Esquema de las instalaciones de la CELDA1



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

En la etapa de operación del método de Área, se implementarán por capas compactadas manualmente, una vez que la celda haya llegado a nivel de coronamiento

**Figura 16 Esquema de construcción de la celda método de Área**



Fuente: adecuación de la guía de diseño y construcción de rellenos sanitarios

### 7.3.1.5.2 Cálculo de capacidad Volumétrica de la celda

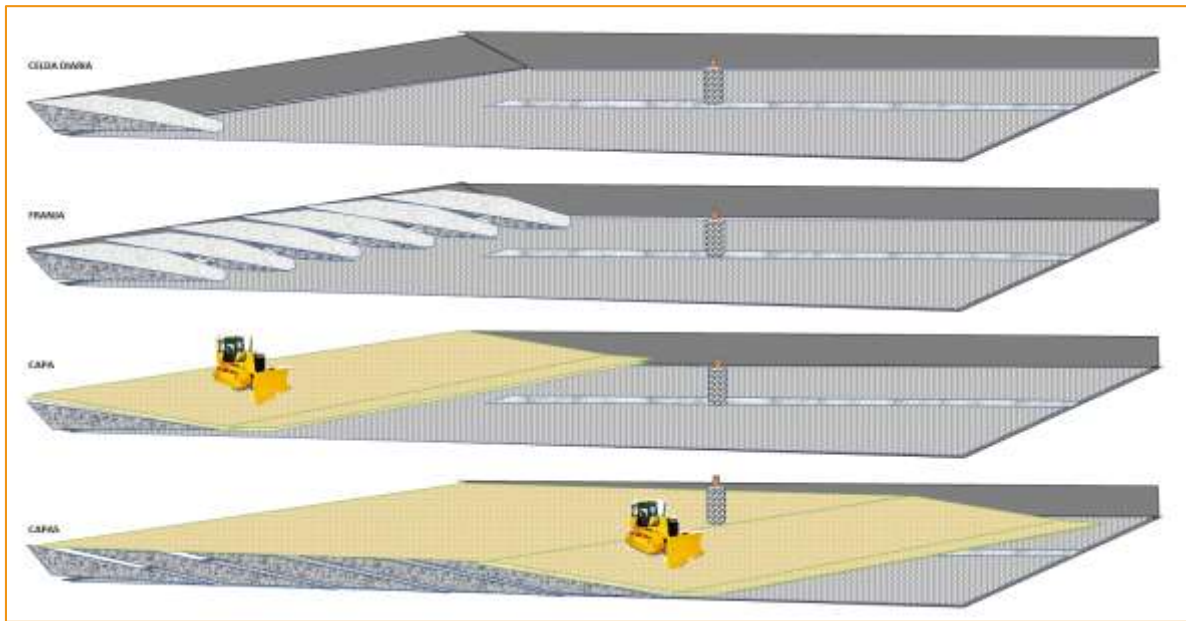
De acuerdo al Diseño de la celda de operación del relleno sanitario, la capacidad volumétrica de la celda durante la operación en la metodología trinchera es de: 1.516,66m<sup>3</sup>, por otro lado, de acuerdo a diseño la capacidad volumétrica de la disposición de residuos en área es de 1.400,0 m<sup>3</sup>, considerando ambos volúmenes de trabajo denominado como método combinado, la capacidad volumétrica total de la celda de operación del relleno es de 2.916,0 m<sup>3</sup>.

### 7.3.1.5.3 Diseño de la celda diaria

Para la operación de la Celda diaria, el relleno será estructurado en Capas, franjas y celdas diarias La celda diaria de residuos será depositada de manera ordenada en el sector asignado dentro de la franja definida para la operación mensual.

La compactación y cobertura será realizada diariamente en caso de ser factible, sin embargo, se puede abaratar costos realizando una compactación y cobertura por franjas y capas empleando maquinaria una vez al mes, de manera que se pueda realizar un mejor compactado y nivelación de la cobertura de la franja.

Figura 17 Esquema de la operación en celda diaria, franja y capa en el método trinchera

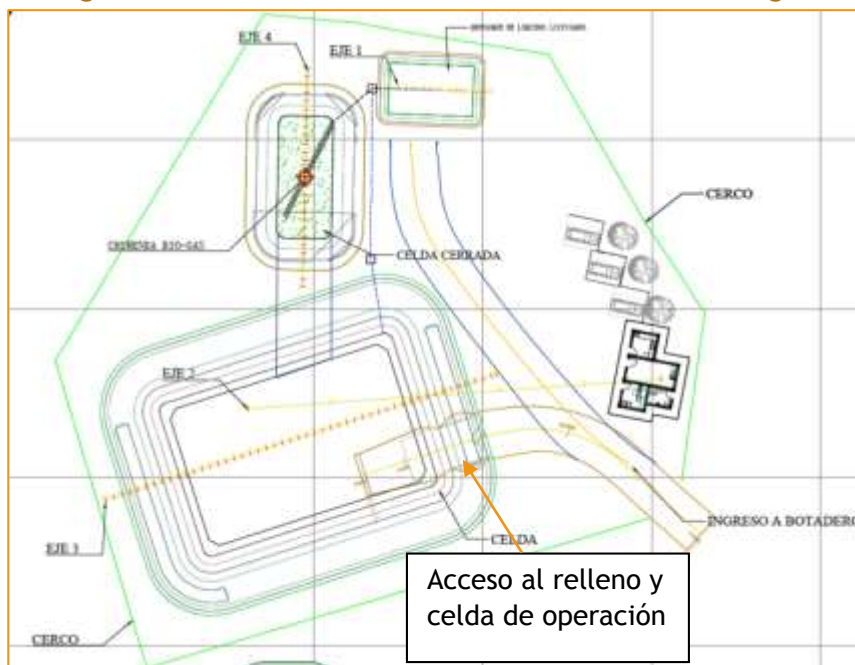


Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.3.1.5.4 Habilitación de Vías de acceso

Las vías habilitadas para la operación del relleno incluyen el acceso principal y la conexión con el área de descarga dentro y fuera de la celda dependiendo del momento de operación para el caso de lagunillas las vías de acceso a la celda de operación están diseñadas de la siguiente forma

Figura 18 Plano de vías interno relleno sanitario de lagunillas



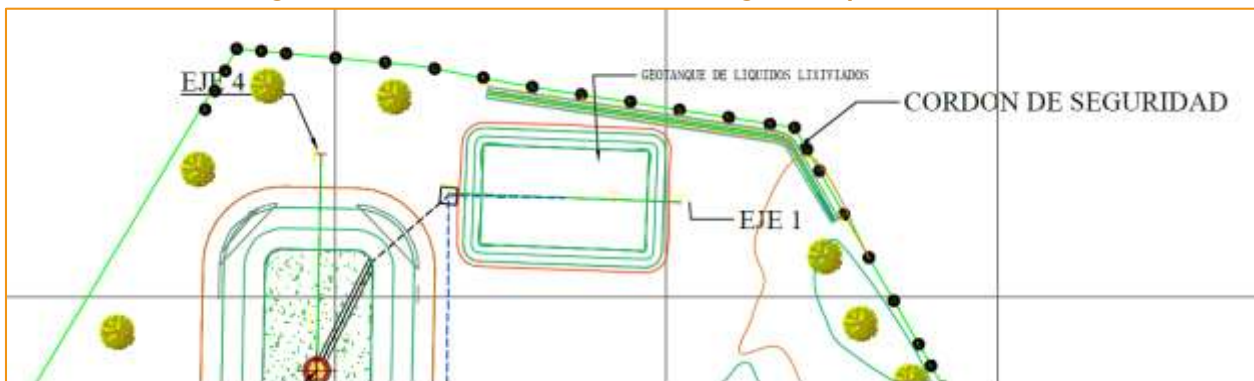
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

#### 7.3.1.5.5 Diseño del sistema de Drenaje Pluvial



Con el propósito de evitar la afectación por inundaciones se implementará un Cordón de seguridad en el sector Nor este del Relleno, de acuerdo al siguiente detalle:

**Figura 19 Ubicación del cordón de seguridad para evitar inundaciones**



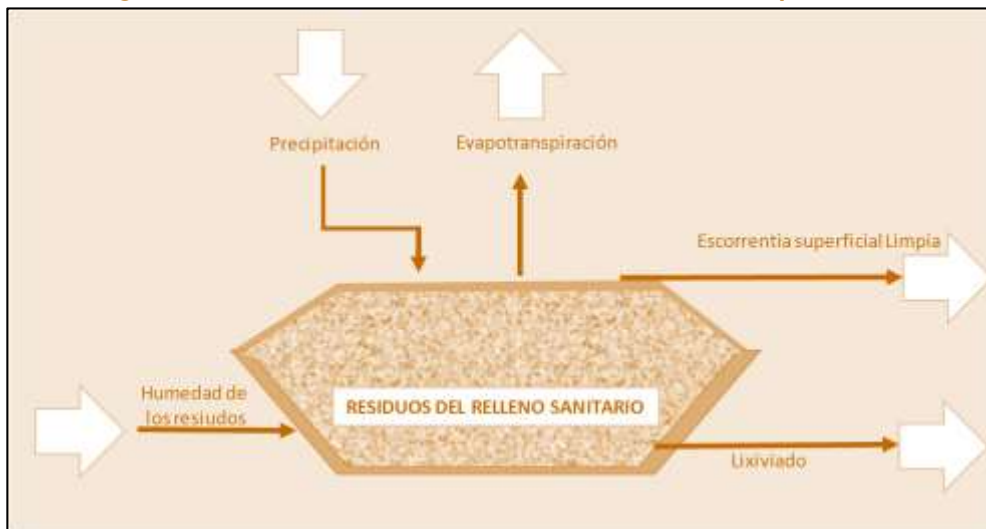
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

### 7.3.1.5.6 Lixiviados manejo y tratamiento

**Formación de lixiviado:** en el caso de lagunillas, el lixiviado se generaría por los siguientes aportes:

Lixiviado= Agua de residuos + Infiltración del agua de lluvia + Entradas de aguas subterráneas

**Figura 20 Formación de lixiviados en un sitio de Disposición Final**



Fuente: Elaboración propia en base a la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios, MMAyA 2012

### Cálculo de generación de Lixiviado:

Para el cálculo de la generación de lixiviado se empleó el método suizo Método Suizo, en función de los resultados se diseñaron los componentes del sistema.

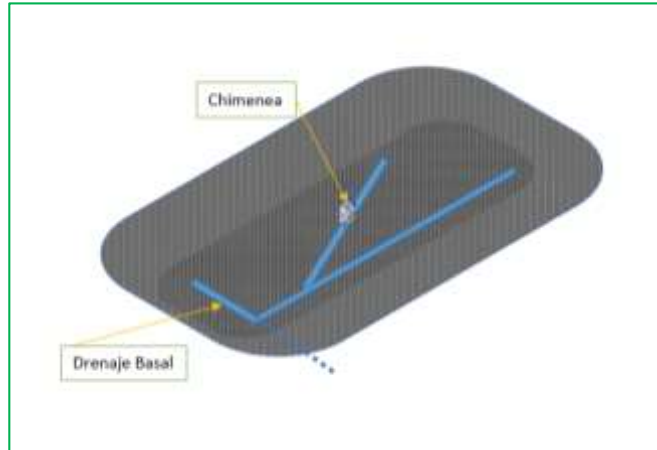


**Diseño del sistema de drenajes de lixiviado:**

El drenaje de lixiviados será realizado en dos niveles, a nivel de desplante y a nivel intermedio

El diseño del sistema de drenaje a nivel de desplante es el siguiente:

**Figura 21 Esquema del diseño de drenaje de lixiviados a nivel de desplante**



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

El drenaje intermedio será evaluado cuando se inicie el trabajo en Área en función de la generación de lixiviado, en caso de ser necesario deberá implementarse un sistema de drenaje francés a nivel de coronamiento de la celda de acuerdo al siguiente esquema:

**Figura 22 Esquema de Diseño del drenaje intermedio de lixiviados**

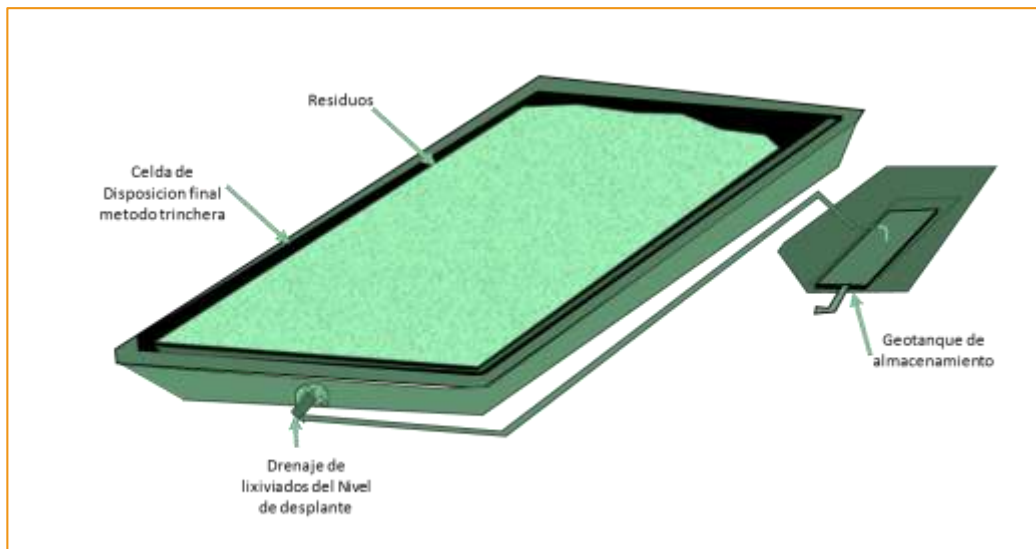


Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

**Almacenamiento de Lixiviado:**

Para el almacenamiento de lixiviados, se implementará un Geo tanque (Aljibe), el cual permitirá almacenar el lixiviado generado por el relleno, para su posterior tratamiento:

**Figura 23** Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento de lixiviados

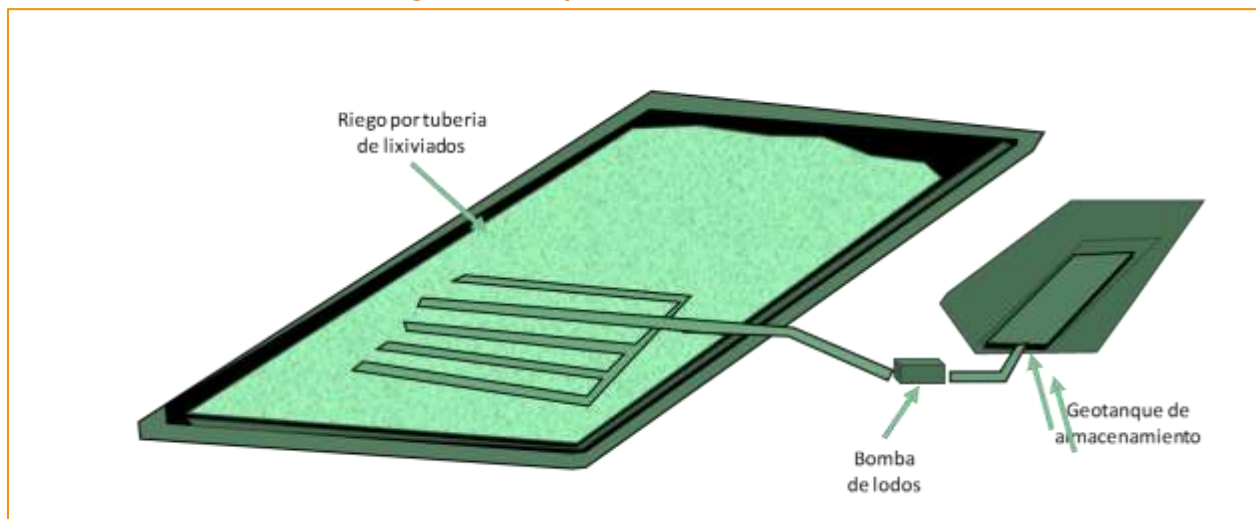


Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

### Tratamiento de lixiviados:

Para el tratamiento de lixiviados se aplicará la metodología recomendada por la Guía de Diseño, Construcción, operación, mantenimiento y Cierre de rellenos sanitarios, la cual recomienda para rellenos manuales la recirculación y evaporación de lixiviado.

**Figura 24** Esquema de recirculación de lixiviados



Fuente: Elaboración propia

### 7.3.1.5.7 Gases manejo y tratamiento

El sistema de drenaje instalado por el relleno de lagunillas, será el drenaje Pasivo, el cual será instalado mediante un sistema de ventilación de pozos armados de piedra con tubería de PVC perforada revestida en piedra o concreto, que funciona a manera de chimenea, desde el nivel de desplante hasta la superficie

El esquema de las instalaciones es el siguiente:

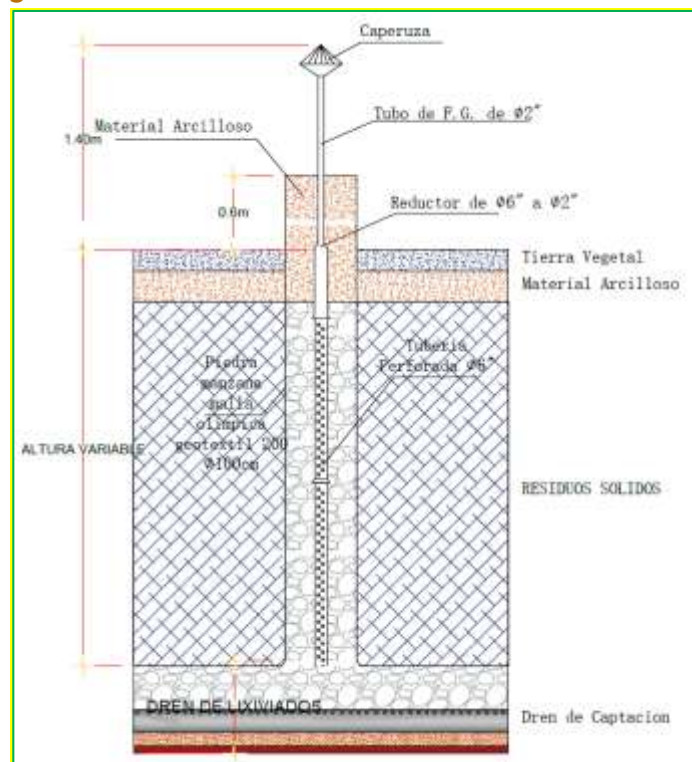
Figura 25 Ejemplo de la instalación de chimeneas



Fuente: Relleno Sanitario Saka Churu La Paz, Bolivia 2020

Los detalles constructivos se muestran a continuación:

Figura 26 Detalles constructivos de las Chimeneas de Biogás



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Lagunillas

Las chimeneas instaladas durante los dos primeros años funcionaron como chimeneas de venteo pasivo, a partir de la generación de biogás (CH<sub>4</sub>), en el 3er o 4to año se iniciará con la quema controlada de las chimeneas.

### 7.3.1.6 Construcción del relleno Sanitario

#### 7.3.1.6.1 Preparación del terreno para la construcción y operación del relleno sanitario

El predio del Botadero de Lagunillas será limpiado de los residuos dispersos, una vez que se concluya la limpieza se realizará el replanteo del proyecto.

#### 7.3.1.6.2 Construcción de la capa base

En función a la disponibilidad de recursos, se podrá implementar una capa base de arcilla en el área donde se implementará la celda de operación

#### 7.3.1.6.3 Uso de geo sintéticos

La Celda de operación será impermeabilizada, siguiendo el procedimiento establecido en la Guía de Diseño, Construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos.

La cantidad de composición del Paquete de impermeabilización a ser empleado es el siguiente:

Figura 27 Paquete de impermeabilización empleado



Fuente; Elaboración propia, en base a la Guía de Rellenos sanitarios

#### 7.3.1.6.4 Seguridad y estabilidad del relleno sanitario

Para evitar la caída de materia, derrumbes o desplomes en la celda de Operación, se manejarán 2 criterios durante la operación y cierre del relleno:

Durante la operación de la celda en la metodología de trinchera, las pendientes de las capas conformadas tendrán una pendiente de 1:5

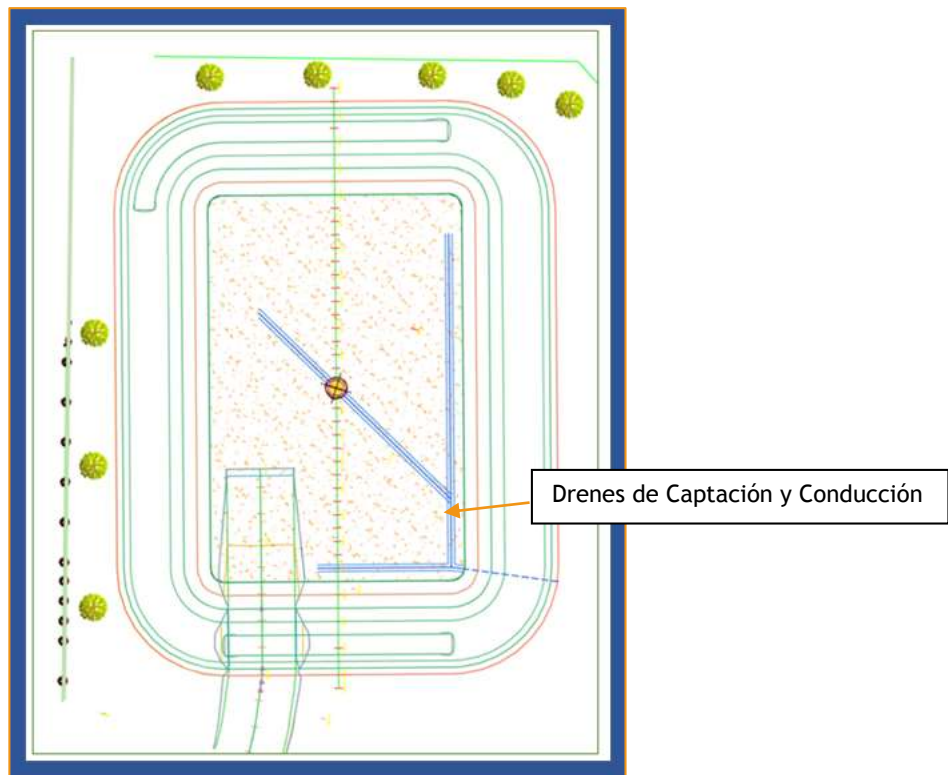
Una vez que se inicie la operación por la metodología de área, los taludes conformados manejaran una pendiente de 1:3

#### 7.3.1.6.5 Sistema de colección de lixiviados

El sistema de colección de lixiviados consistirá en un canal central de recolección y alimentadores transversales en forma de espina de pez. Cada uno de los canales tiene una tubería perforada ubicada en el ápice invertido de cada canal.



**Figura 28 Sistema de colección de lixiviados**



Fuente: Elaboración propia

El diámetro de la tubería de colección será de 4 “, y estarán instalados con una pendiente de 2%

### 7.3.1.6.6 Sistema de Drenaje pasivo para gases del relleno sanitario

Para el relleno sanitario de lagunillas, se construirán chimeneas con diámetro mayor a 0,5 m.

La cantidad de chimeneas que tendrá la celda de operación será de 2 chimeneas el detalle constructivo ya fue detallado

### 7.3.1.6.7 Obras complementarias

- ✓ Cartel de información y señalización
- ✓ Cerca perimetral
- ✓ Puerta y caseta de vigilancia
- ✓ Caseta de pesaje y báscula (si aplica)
- ✓ Área administrativa (si aplica)
- ✓ Área para servicios de primeros auxilios
- ✓ Servicios sanitarios y eléctricos
- ✓ Almacén (si aplica)
- ✓ Área de mantenimiento de maquinaria y equipo (si aplica)
- ✓ Área de amortiguamiento
- ✓ Caminos internos
- ✓ Canales para aguas de escorrentía



### 7.3.2 Programa de Control y Monitoreo ambiental del Relleno de Lagunillas.

Para el control y monitoreo ambiental del Relleno habilitado, se llevará el seguimiento y evaluación permanentes de los elementos naturales (aire, agua, suelo, principalmente) a través de registros continuos, muestreos y análisis de laboratorio, que permitirá evaluar el estado del medio ambiente y los factores que lo condicionan

#### 7.3.2.1 Monitoreo de las aguas superficiales

El monitoreo de Aguas superficiales, tiene el objetivo de garantizar que el relleno sanitario está funcionando sobre lo previsto y que el sistema de impermeabilización implementado está funcionando adecuadamente.

En el caso de lagunillas el cuerpo de agua más próximo se encuentra 1 metro por encima del nivel del botadero, por lo cual superficialmente el relleno no podría tener influencia, sin embargo, en medio del botadero se tiene una pequeña lagunilla que debe ser monitoreada para evaluar los impactos del relleno, los parámetros recomendados son los siguientes:

**Tabla 35. Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Superficiales**

Parámetro	Frecuencia
PH	Semestral
Conductividad eléctrica	Semestral
Oxígeno Disuelto	Semestral
Metales pesados	Semestral
DQO, DBO	Semestral
Amoniaco	Semestral
Nitritos	Semestral
Nitratos	Semestral

Fuente: Guía de Diseño Construcción operación y cierre de Rellenos sanitarios

#### 7.3.2.2 Monitoreo de aguas subterráneas

Al igual que en caso de las aguas superficiales, el objetivo de monitorear aguas subterráneas es el de verificar que los sistemas de impermeabilización funcionan apropiadamente y que no se estarían generando filtraciones que contaminen las aguas subterráneas.

La red de monitoreo que se implementó para el sector de cierre del botadero servirá para monitorear las aguas subterráneas en la operación del relleno.

Imagen 10. Ubicación sugerida para los pozos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de monitoreo son los mismos que se monitorean en las aguas superficiales

### 7.3.2.3 Monitoreo del sistema de captación conducción y tratamiento de lixiviado.

Como parte del monitoreo de lixiviado, se debe realizar controles de limpieza y fisuras en los canales o drenes de captación y conducción de los lixiviados, incluyendo el sistema de almacenamiento y recirculación implementado.

Los controles recomendados para el sistema son los siguientes:

- Se realizará el control de la infraestructura, verificando que no existas fugas o agrietamientos que puedan ocasionar derrames
- Se verificará niveles de sedimentos en el Geotanque
- Se Verificará la capacidad de almacenamiento del Geotanque antes de la época de lluvia
- Se Realizarán controles analíticos que verifiquen que el tratamiento funciona adecuadamente (volúmenes tratados)

Los parámetros de monitoreo son los mismos que para las aguas superficiales y subterráneas.

### 7.3.2.4 Control del Tratamiento de gases

Durante la etapa de operación se controlará la construcción de los drenes para gas (chimeneas), evitando que sean golpeados o dañados a media que se incrementa el nivel de residuos en la celda, se realizará una revisión ocular del funcionamiento de las chimeneas y una limpieza manual rutinaria

Adicionalmente se realizarán inspecciones para detectar emisiones fugitivas y realizar el inmediato sellado de las mismas.



### 7.3.2.5 Control durante la operación de las celdas

Durante la operación del relleno sanitario, se cuidará el crecimiento y la forma del cuerpo de los residuos conformados cuando se utilice la metodología de trabajo en área, se practicarán las siguientes recomendaciones:

**Peinado de Taludes:** Consiste en el colocado de la capa de sellado y perfilado en los taludes, la pendiente de los taludes guardara una relación 3:1 (H:V)

**Altura actual:** Cuando se inicie el trabajo en Área se debe monitorear la forma y altura del cuerpo de las banquinas conformadas, para evitar asentamientos o corregirlos oportunamente.

**Material Biodegradable:** el porcentaje de materiales orgánicos y otros biodegradables deben ser considerados para monitorear la estabilidad de las banquinas

**Inclinación:** Se debe optimizar la inclinación del talud permanentemente para evitar la desestabilización del talud.

**Nivelación de banquinas:** Las banquinas serán niveladas superficialmente confiriéndoles una inclinación media del 4% para favorecer la evacuación del agua

**Acordonado de banquinas:** al extremo de las banquinas se implementará un cordón de tierra que sirve para contener las aguas pluviales y evitar la erosión de los taludes, adicionalmente permitirá la retención de las semillas

**Instalación de drenes en las banquinas:** Para permitir el escurrimiento de las aguas pluviales se debe implementar un sistema de drenaje que conduzca las aguas pluviales de las banquinas y las evacue en un lugar que no genere erosión y lo conduzca al cauce natural de las aguas superficiales.

### 7.3.2.6 Control de Fuego

En el relleno de lagunillas habrá un gran volumen de material inorgánico con alto poder calorífico, fácilmente inflamable y/o explosivo, que pueden generar incendios normalmente por intervención humana.

Lo más importante es el monitoreo que permitirá apagar incendios apenas se inicien, de manera que se evite que estos se puedan descontrolar generando impactos mayores que incluso puedan afectar a los alrededores.

Se implementará una franja de seguridad mínima entre las instalaciones y la vegetación circundante.

Las medidas preventivas que se tomaran son:

- Elaboración de un plan de emergencias contra incendios
- Instalar extintores portátiles en el área administrativa del Relleno
- Realizar cursos de capacitación al personal
- Prohibir fumar en todo el recinto
- Contar con un banco de tierra cerca a frente de trabajo para apoyar la extinción de incendios
- Controlar el funcionamiento de las chimeneas y emisiones fugitivas
- No usar agua para la extinción de fuegos

En caso de pequeños incendios los pasos a seguir son:

- Cubrir con tierra en abundancia (80 cm)
- Compactación de los residuos
- Realizar estricto control de los focos de incendios presentados para evitar su reactivación



### 7.3.2.7 Control de Plagas

Para el control de moscas y mosquitos se debe cumplir rigurosamente con la cobertura y compactación durante la operación de la celda, adicionalmente se deben cubrir pequeñas depresiones para eliminar lugares de reproducción de mosquitos.

Para el control de ratas y otros roedores, la eliminación de facilidades de alimentación, madrigueras y agua, mediante la cobertura y compactación de residuos y adicionalmente la eliminación de depresiones que puedan almacenar agua, reducirán las probabilidades del desarrollo de este tipo de plagas.

### 7.3.3 Cierre técnico del Relleno Sanitario de Lagunillas.

Una vez concluida la vida útil del Relleno Sanitario de Lagunillas se debe realizar el cierre técnico de la celda de Operación (Celda1), para realizar el Cierre técnico se empleará la misma metodología empleada para el cierre técnico descrito en el presente documento en los acápite:

7.2 Cierre técnico

7.3 Programa de seguimiento (mantenimiento post cierre)

7.4 Programa de control y monitoreo Ambiental

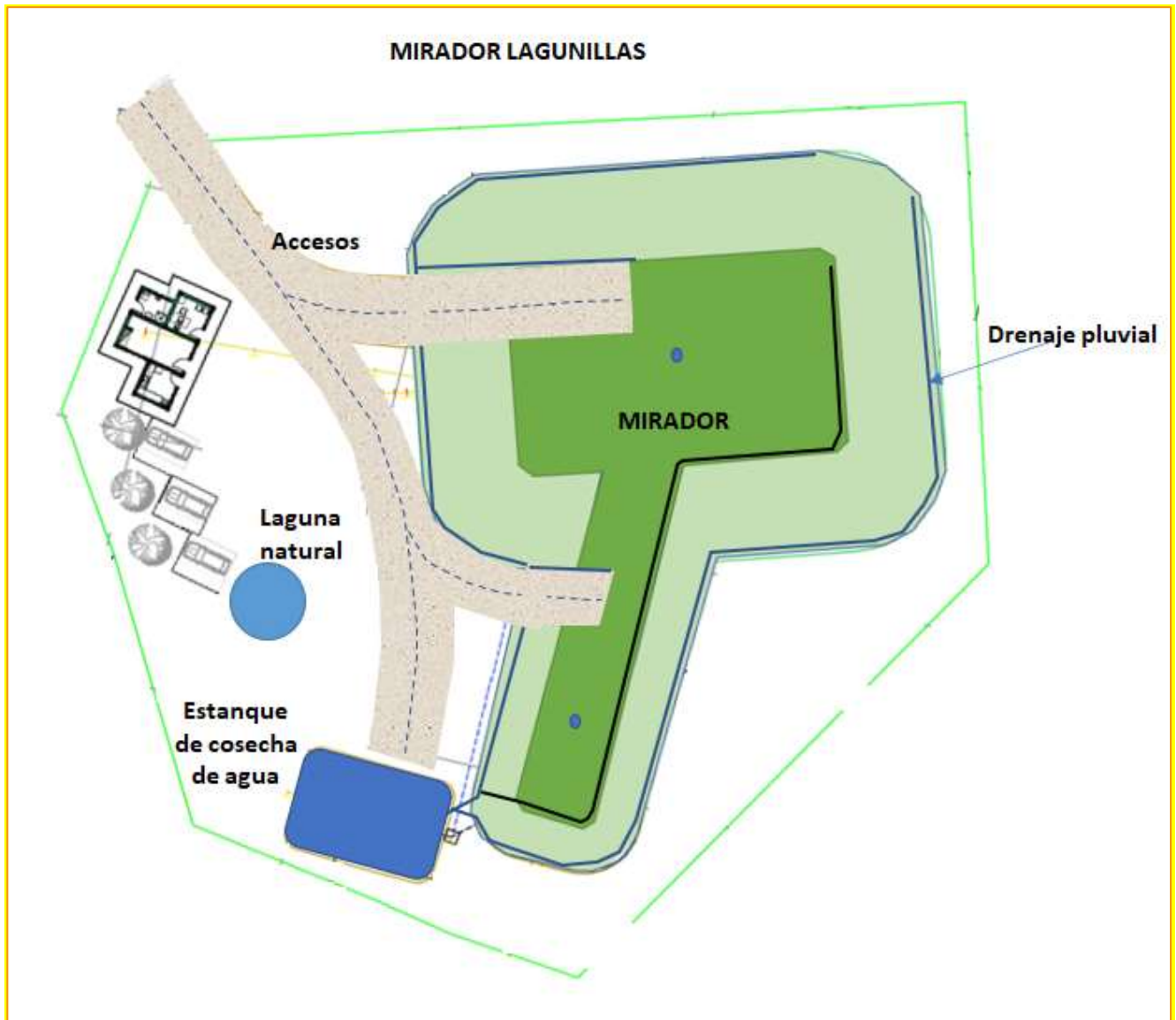
## 8. Plan de Gestión Ambiental

El plan de gestión ambiental de la rehabilitación del relleno de lagunillas, se describe en el Anexo 2.

## 9. Recuperación del Sitio - Uso final del sitio

El uso Final más apropiado para el lugar será la construcción de un parque mirador

Figura 29 Esquema del parque Mirador de lagunillas



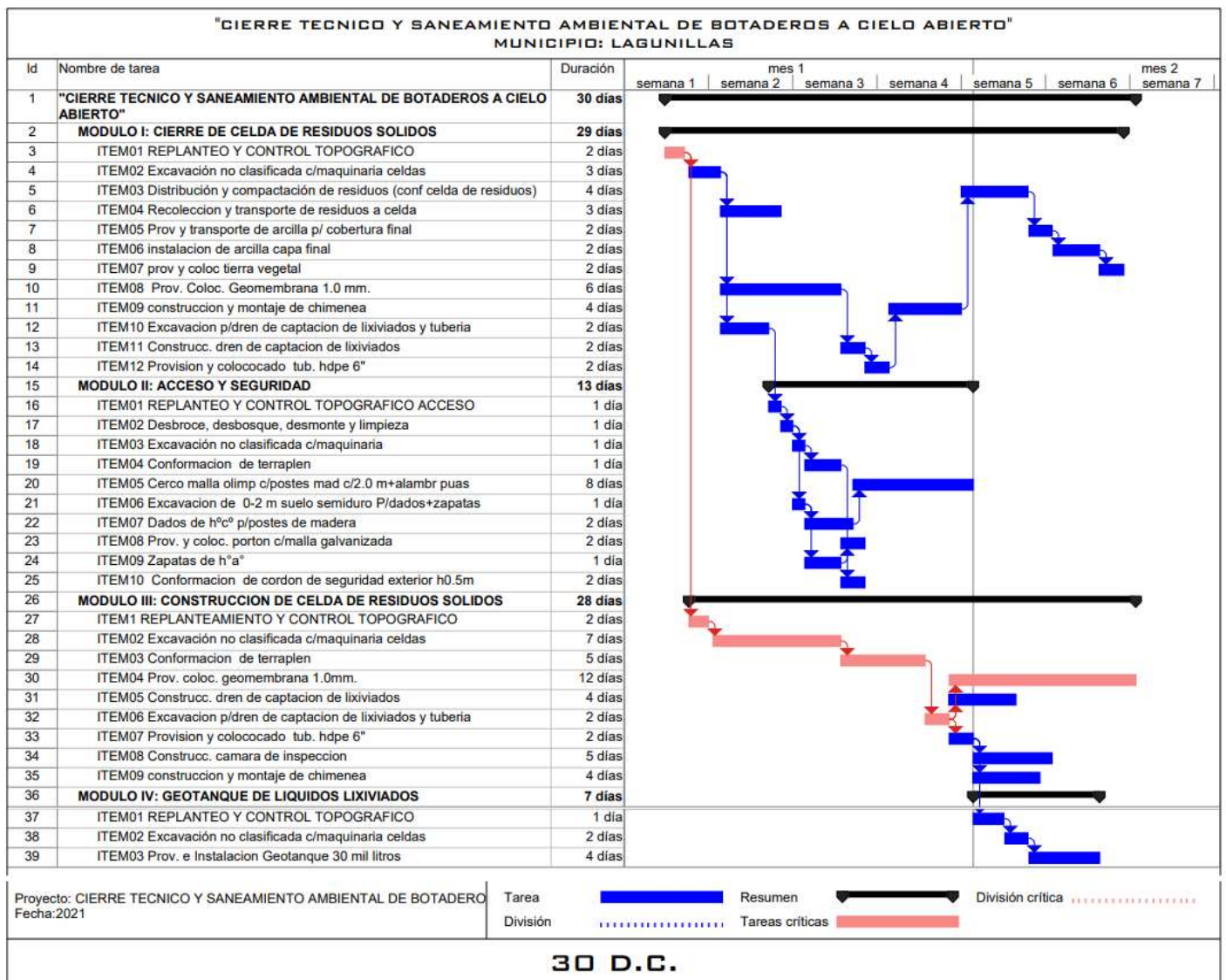
Fuente: Elaboración propia



## 10. Presupuesto

Proyecto: REHABILITACION DEL BOTADERO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS					
Tipo de cambio: 6,96					
Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	<b>M01 - M01 CIERRE CELDA</b>				<b>59.489,42</b>
1	Replanteo y control topográfico	M2	288,18	2,57	740,62
2	Excavación no clasificada c/maquinaria celdas	M3	178,96	29,90	5.350,90
3	Distribución y compactación de residuos (conf celda de residuos)	m³	399,52	15,51	6.196,56
4	Recolección y transporte de residuos a celda	M3	498,70	21,31	10.627,30
5	Prov y transporte de arcilla p/ cobertura final	M3	86,45	31,97	2.763,81
6	instalación de arcilla capa final	M3	57,64	18,08	1.042,13
7	prov y coloc tierra vegetal	GLB	1,00	5.517,00	5.517,00
8	Prov. coloc. geomembrana 1.5mm.	M2	288,18	59,11	17.034,32
9	construcción y montaje de chimenea	pza	1,00	5.153,89	5.153,89
10	Excavación p/dren de captación de lixiviados y tubería	M3	8,43	20,39	171,89
11	Construcc. dren de captación de lixiviados	ML	15,00	222,80	3.342,00
12	Provisión y colocado tub. hdpe 6"	ML	6,07	255,19	1.549,00
13	Construcc. cámara de inspección	PZA	0,00	6.462,73	0,00
>	<b>M02 - M02 ACCESO Y SEGURIDAD</b>				<b>104.837,64</b>
14	Replanteo y control topográfico acceso	GLB	1,00	910,72	910,72
15	Desbroce, desbosque, desmonte y limpieza	HA	0,14	3.873,82	542,33
16	Excavación no clasificada c/maquinaria	M3	19,71	29,90	589,33
17	Conformación de terraplen	m³	37,37	25,36	947,70
18	Cerco malla olimp c/postes mad c/2.0 m+alambros	ML	237,99	357,82	85.157,58
19	Excavación de 0-2 m suelo semiduro P/dados+zapatatas	m³	10,62	104,32	1.107,88
20	Dados de h²c² p/tubo de f²g²	M3	9,60	1.040,16	9.985,54
21	Prov. y coloc. porton c/malla galvanizada	PZA	1,00	4.358,88	4.358,88
22	Zapatatas de h²a²	M3	0,26	1.913,99	497,64
23	Canal de desague pluvial	M	0,00	373,19	0,00
24	Excavación de 0-2 m suelo semiduro canal drenaje	m³	0,00	104,32	0,00
25	Conformación de cordón de seguridad exterior h0.5m	m³	21,37	34,63	740,04
>	<b>M03 - M03 CONSTRUCC. CELDA RESIDUOS</b>				<b>137.400,77</b>
26	Replanteo y control topográfico	M2	828,71	2,57	2.129,78
27	Excavación no clasificada c/maquinaria celdas	M3	377,96	29,90	11.301,00
28	Conformación de terraplén	m³	655,39	25,83	16.928,72
29	Prov.y coloc. geotextil 200 mg	M2	0,00	20,22	0,00
30	Prov. coloc. geomembrana 1.5mm.	M2	1.269,08	59,11	75.015,32
31	Prov. y coloc. cama de arcilla	M3	0,00	101,77	0,00
32	Construcc. dren de captación de lixiviados	ML	56,00	222,80	12.476,80
33	Excavación p/dren de captación de lixiviados y tubería	M3	36,48	20,39	743,83
34	Provisión y colococado tub. hdpe 6"	ML	28,17	255,19	7.188,70
35	Construcc. cámara de inspección	PZA	1,00	6.462,73	6.462,73
36	construcción y montaje de chimenea	pza	1,00	5.153,89	5.153,89
>	<b>M04 - M04 GEOTANQUE LIXIVIADOS</b>				<b>28.579,18</b>
37	Replanteo y control topográfico	M2	108,06	2,57	277,71
38	Excavación no clasificada c/maquinaria celdas	M3	117,58	29,90	3.515,64
39	Prov. y coloc. cama de arcilla	M3	0,00	101,77	0,00
40	Prov.y coloc. geotextil 200 mg	M2	0,00	20,22	0,00
41	Prov. e Instalación Geotanque 30 mil litros	glb	1,00	24.785,83	24.785,83
	<b>Total presupuesto:</b>				<b>330.307,01</b>
	Son: Trescientos Treinta Mil Trescientos Siete con 01/100 Bolivianos				

## 11. Cronograma de Ejecución.





## 12. Anexos



## ANEXO 1 INFORME GEOLOGICO GENERAL Y REGIONAL

### I. INTRODUCCION

El presente informe, se elaboró en base al trabajo geológico de campo en toda la extensión de la provincia cordillera, específicamente dentro los cuatro botaderos emplazados en el sector de Lagunillas, Gutiérrez, Boyuibe y Cuevo, en el departamento de Santa Cruz, el estudio contiene estudios geológicos, estudios de suelos y perfiles de suelos.

El trabajo de campo es el resultado de la metodología de trabajo de campo, estudios de e interpretación de la información obtenida.

#### I.1. JUSTIFICACION

La Empresa **Roberty Corp. SRL**, está estudiando el sitio de terreno donde está emplazado los desechos sólidos en las poblaciones de los municipios, Lagunillas, Gutiérrez, Boyuibe y Cuevo.

#### I.2. METODOLOGIA

Para la realización del trabajo de geología, se tomaron de referencia los planos geológicos impresos por el Servicio Geológico de Bolivia a escala 1:100.000.

La información recogida en la fase de campo, con el apoyo de un GPS (ETREX HIGH SENSITIVITY Personal Navigator), brújula tipo Bretón, cateador, lente de 10x para ver granos minerales y flexómetro para medir el espesor de los estratos, suelos y otras estructuras geológicas, fue transferida a planos topográficos proporcionados por la empresa consultora.

Las observaciones de campo consistieron en la identificación de las unidades y contactos formaciones, estructuras y descripción de suelos.

También se tomaron en cuenta los aspectos físicos/mecánicos de suelos, realizados en el levantamiento de los perfiles de suelos en las calicatas y toma de muestras de los suelos superficiales para la caracterización física y geológica de los materiales.

A continuación, se hace una descripción de la geología, geomorfología que caracteriza la zona de estudio.

### II. GEOLOGIA

La geología del área de los botaderos está determinada por los antecedentes tectónicos de transición entre dos grandes unidades morfo estructurales: Faja Subandinas y Llanura Chaco-Beniana (Mapa Geológico de Bolivia, YPFB-GEOBOL, 1996). Ver Anexo: Mapa Geológico de cada botadero que puede observarse el plano geológico regional.

Las áreas de estudio se extienden sobre depósitos de edad cuaternaria constituidos por depósitos aluviales, fluvio-lacustres, coluviales terrazas y dunas, también sobre sedimentos del Paleógeno (Paleoceno - Eoceno - Oligoceno) constituidos por areniscas, lentes de conglomerados, arcilitas, lutitas y limolitas de origen continental.

#### Piedemonte del Subandino Sur



Comprende desde, zona de Campo Grande a unos 8 km al Norte de Yacuiba hasta el sector del río Chorrillos al NE de la población de Charagua coincidiendo con las primeras serranías pedemontanas.

El cordón más oriental de este sistema, a la latitud del área estudiada, es la Sierra de Aguara Güe que se extiende desde la frontera con la Argentina hasta el río Parapetí, prolongándose más al Norte como Serranía de Charagua y Serranía de Caipipendi hasta el río Grande. En la zona de estudio se destaca principalmente el alineamiento de la serranía de Aguara Güe, con elevaciones que no sobrepasan los 1.600 msnm y hacia el Este los flancos occidentales de la llanura chaqueña.

De acuerdo al boletín de la Memoria del Mapa Geológico de Bolivia (SERGEOMIN) esta región, está constituida por un sistema de serranías estrechas que se extienden bordeando el extremo Este de la cordillera Oriental de los Andes. Comprende de una faja plegada que separa el Bloque Andino Oriental por el Oeste de las llanuras Chaco - benianas que se encuentran al Este.

Estas sierras están alineadas según estrechas estructuras anticlinales alternándose con sinclinales más extensos.

En el extremo Este, las sierras Subandinas están separadas de la llanura Chaco - beniana por las serranías de “Pie de Monte”, que son relieves suaves y ondulados paralelos a las mismas serranías Subandinas propiamente. Por la parte Oeste estas sierras están separadas de la Cordillera Oriental por el denominado “Cabalgamiento Andino Principal”, que es una falla regional longitudinal de corrimiento.

El rumbo principal de las estructuras es Norte - Sur, notándose una leve desviación hacia el Oeste en la parte Norte del proyecto y unos 10 ° hacia el Este desde el sector de la localidad de Boyuibe hasta la zona de Yacuiba por el Sur.

## **Llanura Chaco - Beniana**

Esta unidad básicamente abarca, desde el sector del río Chorrillos a unos 20 km aproximadamente al NE de la población de Charagua hasta la Planta de Río Grande.

Esta vasta región peneplanizada se extiende desde el extremo Noroeste de Bolivia hasta la frontera con el Paraguay por el Sudeste. En la zona en cuestión, configura una amplia planicie fluvial relacionada con las cuencas del Plata y del Amazonas.

### **II.1 Estratigrafía**

En el sector Norte (entre Río Grande y la zona del río Chorrillos) afloran principalmente sedimentos no consolidados Cuaternarios de origen fluvial, con un espesor de 1500 a 2000 m, compuestos básicamente por una alternancia entre arenas, arcillas, limos y gravas con variaciones locales en cuanto a composición y estructura.

Aunque el contacto del Cuaternario con los sedimentos Terciarios es ciertamente difícil de diferenciar, estos últimos presentan una relativa mayor compactación y en algunos casos están cementados por material calcáreo. Por ejemplo, la Formación Petaca del Paleógeno que pertenece al Grupo Chaco está compuesta principalmente por una arenisca calcárea y conglomerado. En cambio, las rocas más jóvenes están conformadas por areniscas, lutitas, conglomerados y margas y corresponden a las Formaciones Yecua, Tariquia y Guandacay.



Ambos depósitos Cuaternarios y Terciarios son factibles para el aprovechamiento de aguas subterráneas, por lo que la mayoría de los pozos acuíferos de la zona aprovechan estas Formaciones. Las rocas del Cretácico afloran en la zona occidental en el extremo Sur del área las Formaciones Cajones, Yantata e Ichoa, las mismas que forman un conjunto de anticlinales y sinclinales angostos, cuya composición litológica predominante está compuesta por areniscas y areniscas calcáreas intercaladas con lutitas hacia el tope.

### SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

Sistema	Formación	Descripción litológica
Cuaternario: Pleistoceno	Depósitos Aluviales	Suelos aluviales, intercalaciones de capas arenosas de granulometría fina a gruesa con arcillas rojizas, el espesor de las capas varia de 1 a 30 metros
Neogeno: Plioceno Mioceno Paleogeno: Oligoceno	Chaco Superior	Alternancia de capas de arena y gravas, mala selección, unidas con cemento calcáreo débilmente endurecidas, con arcillas y limolitas, gris clara el espesor de las capas arenosas y de arcilla varia de 1 a 30 metros.
	Chaco Inferior	Alternancia de capas de arena de grano fino a medio unidos con cemento calcáreo endurecido, con capas de arcillas rojizas oscuras y limolitas grises claras, el espesor de las capas de arcillas es de 1 a 20 metros.
	Yecua	Predominancia de arcillas rojizas oscuras, verdosas; con espesor de 1 a 5 metros. Intercaladas con delgadas capas de areniscas, calizas y yeso.
	Petaca	La base de esta unidad esta formada por conglomerado polimíctico brechoso, de color blanquecino y rojizo. Por encima de este conglomerado se tiene alternancia de lutitas y areniscas.
Cretácico	Cajones	Formada por capas de areniscas calcáreas, calizas arenosas, intercaladas con delgadas lentes de lutitas.
	Yantata	Predominancia de granos gruesos a medios subredondeados y de buena selección, friables, porosos y permeables; con escaso matrix limoso, color amarillento
	Ichoa	Formada por areniscas rojizas, blanquecinas amarillentas y verduscas. Son de grano medio a fino, redondeados, bien seleccionados, de estructura entrecruzada

#### II.2.1 CUATERNARIO

Sedimentos de este sistema corresponde a sedimentos erosionados, meteorizados de las rocas paleozoicas, mesozoicas y terciarias las que han estado y están sometidas a procesos fisicoquímicos que han originado su



meteorización, disgregación y consiguiente formación de suelos, que fueron transportados a zonas más bajas por los agentes ácuos y eólicos. Sedimentos de este sistema se presentan están constituidos por:

### II.2.1.1 Depósitos Aluviales (Qa)

Los depósitos aluviales son suelos granulares sueltos con granulometría variable, estos dependen de la procedencia y origen, el grado de transporte, y relieve donde se deposita. Los materiales se encuentran a lo largo de los ríos y quebradas, están constituidos por gravas, y gravas finas arenas, limos y arcillas, de formas subredondeadas. La fracción limo - arcilla se encuentra en sectores llanos y en ríos divagantes. Generalmente están constituidos por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.

### II.3.1.2 Depósitos de Abanicos Aluviales (Qaa)

Los abanicos aluviales son depósitos de detritos clásticos, que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas. Son particularmente comunes en regiones áridas o semiáridas en donde la vegetación es escasa y el transporte de sedimentos ocurre esporádicamente, pero con gran violencia durante las tormentas. También llegan a desarrollarse en regiones húmedas, incluyendo en zonas de glaciales, en donde los procesos de canalización son más importantes. Están constituidos por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.

### III.3.1.3 Depósitos Coluvio Fluviales (Qcf)

Constituido por gravas, arenas, limos y arcillas. Es un material fragmentario que es transportado y acumulado por acción de la gravedad, fluvial, generalmente se ubica en los taludes de los cerros. Muchas veces es difícil separar los materiales coluviales de los aluviones, como de los residuales, porque casi siempre la acumulación es mezclada. Los materiales son transportados principalmente teniendo en cuenta el tamaño y peso de los materiales, los grandes y pesados bloques son dejados muy cerca del lugar de origen o in situ.

### III.3.1.4 Depósitos Coluviales (Qc)

Constituido por bloques, gravas, limos y arcillas. Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo - deshielo y, principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera o depósitos de soliflucción.

Frecuentemente están asociados a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, englobados en una matriz limo arcillosa

### II.3.1.5 Depósitos Terrazas (Qt)

Compuesta por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas. Las terrazas fluviales se forman generalmente por los cambios que se producen tanto en la carga fluvial como en el caudal y la energía provocando unas veces erosión y otras, sedimentación. Durante el proceso fluvial, las aguas de escorrentía profundizan su cauce, luego se produce la deposición de materiales debido a la elevada carga fluvial, lo cual recubre el fondo del valle erosionado, formando una superficie más o menos plana al término de la deposición, formándose por lo tanto una terraza.

### II.3.1.5 Depósitos Fluvio Lacustres (Qfl)

Conformados por gravas, arenas, limos y arcillas, en general son sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas; contienen materia orgánica, sobre todo en zonas pantanosas. Frecuentemente presentan estructuras laminadas en niveles muy finos. Las principales propiedades están en relación a su alto contenido en materia orgánica, siendo en general suelos muy blandos.

### II.3.2 PALEOGENO - NEOGENO



Rocas de este sistema sobre yacen de manera concordante a rocas cretácicas, y en discordancia a rocas ordovícicas, afloramientos paleógenos se observan en la parte central del trazo vial, compuesto por areniscas conglomeraditas, limolitas, arcillitas arenosas y margas multicolores, en el trazo vial afloran las siguientes formaciones:

**II.3.2.1 Formación Chaco Superior** Alternancia de capas de arena y gravas, mala selección, unidas con cemento calcáreo débilmente endurecidas, con arcillas y limolitas, gris clara el espesor de las capas arenosas y de arcilla varía de 1 a 30 metros.

**II.3.2.2 Formación Chaco Inferior:** Alternancia de capas de arena de grano fino a medio unidos con cemento calcáreo endurecido, con capas de arcillas rojizas oscuras y limolitas grises claras, el espesor de las capas de arcillas es de 1 a 20 metros.

**II.3.2.3 Formación Yecua:** Predominancia de arcillas rojizas oscuras, verdosas; con espesor de 1 a 5 metros. Intercaladas con delgadas capas de areniscas, calizas y yeso.

**II.3.2.4 Formación Petaca:** La base de esta unidad está formada por conglomerado polimíctico brechoso, de color blanquecino y rojizo. Por encima de este conglomerado se tiene alternancia de lutitas y areniscas.

### II.3.3 MESOZOICO. -

#### II.3.3.1 CRETACICO

Rocas de edad cretácica sobreyacen de manera discordante a rocas silúricas y devónicas que son visibles en diferentes sectores del trazo vial; corresponde a una secuencia niveles de conglomerados, psamitas, calizas y pelitas; que están representadas por las siguientes formaciones:

**II.3.3.1.1 Formación Cajones.** - Formada por capas de areniscas calcáreas, calizas arenosas, intercaladas con delgadas lentes de lutitas.

**II.3.3.1.2 Formación Yantata.** - Predominancia de granos gruesos a medios subredondeados y de buena selección, friables, porosos y permeables; con escaso matrix limoso, color amarillento

**II.3.3.1.3 Formación Ichoa.** - Formada por areniscas rojizas, blanquecinas amarillentas y verduscas. Son de grano medio a fino, redondeados, bien leccionados, de estructura entrecruzada

### II.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La evolución tectónica del sur de Bolivia se caracteriza desde el Paleozoico Superior hasta la base del Mesozoico, por una subsidencia casi continua, interrumpida por movimientos epigénicos que generaron discontinuidades relacionadas con las fases tectónicas terciarias especialmente del Mioceno y Plioceno. Estas orogenias ocasionaron entre otros el Cabalgamiento Frontal Principal dando por resultado, de esta evolución tectónica la distribución de fajas delgadas y plegadas como las sierras de Caipipendi, Charagua y Aguaragüe.

Desde la zona del río Chorrillos a unos 170 km al Sur de Río Grande, se presentan una serie de anticlinales y sinclinales constituidos por rocas de diferentes sistemas con un rumbo Norte - Sur, ligeramente elongado al Este. Las deformaciones que se registran en las rocas, se deben a diferentes periodos de esfuerzos tectónicos principalmente de dirección E - W que modelaron la zona.

Por donde atravesará el proyecto existen fallas longitudinales de rumbo Norte-Sur, éstas se ubican en las zonas de Charagua y Ñancaroinza, las mismas de hallan cortadas por fallas transversales de carácter más local.



De acuerdo a estudios realizados por YPFB a la altura de la localidad de Florida que se ubica al Este del proyecto un corte estructural Este-Oeste, muestra una serie de estructuras geológicas tanto en superficie como en el subsuelo, que manifiesta el grado de deformación que tuvieron las rocas durante los procesos geológicos de formación de la cadena montañosa del Subandino.

Para este estudio sólo se consideran aquellas que revisten importancia para la Exploración y captación de acuíferos, entre éstas se encuentran sedimentos Cuaternarios, las formaciones del Grupo Chaco del sistema Terciario y las formaciones Cajones, Yantata e Ichoa del sistema Cretácico. Las rocas del Cretácico afloran en toda la zona occidental, las mismas que forman un conjunto de anticlinales y sinclinales angostos.

## **ESTUDIO DE SUELOS**

### **TRABAJOS DE CAMPO**

El trabajo de campo tuvo como objetivo estudiar el terreno donde se encuentran emplazados los botaderos para la disposición final de los desechos sólidos, en el terreno se realizó la descripción y caracterización de suelos en los sectores de Lagunillas, Gutiérrez, Boyuibe y Cuevo, en el sitio donde se tiene previsto el depósito de los desechos sólidos.

Los trabajos de campo consistieron realización de pozos exploratorios toma de muestras y datos de los suelos mediante calicata a cielo abierto. Los pozos exploratorios o calicatas (C) identificando los estratos y sus espesores.

### **Resumen de Trabajos de Campo:**

- Pozos exploratorios y muestreo de los suelos de cada estrato encontrado
- Identificación de suelos críticos (por suelos, drenaje, y deterioros en el actual terreno natural).
- Identificación de la Napa Freática.
- Identificación de Sub tramos de roca.

### **Perfil de Suelo N° 4**

**Ubicación:** Municipio LAGUNILLAS (Botadero la Pista).

**Muestra:** 1

**Profundidad:** 1.40 metros

**Descripción del Material:** Suelo Areno Arcilloso



*Fotografía N° 10. Verificación de los puntos de muestreo en suelos limo arcillosos.*



*Fotografía N° 11 Ubicación del sector del botadero, tipo de material suelo limo arcilloso.*





**Fotografía N° 12 camino cercano al botadero la Pista, municipio de Lagunillas, tipo de material suelo areno arcilloso.**

Interpretación de los perfiles de suelo.

Los suelos que conforman el terreno de los sitios donde se ubican los residuos sólidos, en su mayoría son suelos finos, estos son limos de textura fina, de textura media son arenas y algunos clastos de textura gruesa son gravas. La distribución horizontal y vertical de estos materiales es variable y de varios espesores de profundidad.



Alfredo J. Dalence Beltran  
S.I.B. GEOLOGO  
R.N.I. 22.219



## ANEXO 2 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA REHABILITACION DEL BOTADERO DE LAGUNILLAS

### 1 INTRODUCCION

El presente documento ha sido elaborado con el objeto de definir las acciones y medidas de mitigación ambiental que se implementaran durante el periodo de Construcción, Operación Mantenimiento Y Abandono del proyecto de Cierre y rehabilitación del Botadero de lagunillas en cumplimiento a la normativa ambiental vigente. Se identifican los efectos ambientales que tienen las actividades del proyecto, así como las medidas y acciones de prevención, mitigación, reparación y compensación, incluyendo las estrategias de seguimiento ambiental para las distintas etapas del proyecto.

El marco normativo del proyecto es el siguiente:

- Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica
- Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
- Ley 755 - Residuos Sólidos y su reglamentación
- Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
- Resolución Ministerial N° 849/14 - Norma de Señalización de Seguridad, Salud en el Trabajo y Emergencias de Defensa Civil
- Guía para el Cierre técnico de Botaderos
- Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios
- NB 760

### 2 OBJETIVO

Establecer las medidas necesarias para lograr que las actividades del botadero rehabilitado no alteren las condiciones medio ambientales del espacio físico, tanto natural como artificial del área de influencia del proyecto.

### 3 ALCANCE

El presente Plan de gestión Ambiental es aplicable al Botadero en rehabilitación del municipio de lagunillas del departamento de Santa Cruz en Bolivia.

### 4 RESPONSABLES

#### Responsable del municipio de Lagunillas (Fiscal de obra)

El responsable del municipio será encargado de:

- Revisión de Especificaciones Ambientales, Bases de Licitación y legislación ambiental aplicable.
- Dar aviso al responsable de proyecto cuando se detecte algún evento o situación especial que implique un impacto ambiental.
- Comunicar a los trabajadores y velar por el cumplimiento de las instrucciones impartidas en materias ambientales.
- Consultar al responsable de proyecto cada vez que se requiera

#### Profesional Residente (Empresa Constructora)

Debe Conocer las exigencias del contrato en materias ambientales y será encargado de:

- Dar aviso al responsable de proyecto cuando se detecte alguna situación especial que implique un impacto ambiental.
- Consultar al responsable de proyecto cada vez que se requiera.

### Responsable del proyecto - Supervisor de Área

Su función principal será llevar a cabo la gestión, supervisión e internalización de la variable ambiental durante la ejecución de las obras, velando por el cumplimiento de lo expuesto en las Especificaciones Ambientales del proyecto y la normativa ambiental aplicable:

- Desarrollo de reuniones técnicas y difusión de información al personal (capacitación, instrucción respecto de las restricciones ambientales y sanciones al personal que trabaje en el proyecto).
- Supervisión del cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Supervisión y control de las Especificaciones Ambientales del proyecto.
- Evaluación permanente del cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental del proyecto.
- Presentación de los informes según lo requerido en el proyecto.

## 5 DENTIFICACION DE DEFICIENCIAS AMBIENTALES

Procesos	Actividad	Impacto Ambiental			Efecto	Normas Permisibles
		Código	Factor	Atributo		
<b>Construcción de infraestructura</b>	Movimiento de suelos para la preparación del terreno y construcción de Celda de operación y Geotanque.	AI-01-01	AIRE	PST – PM10	Posibles daños a la salud	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 1
<b>Construcción de infraestructura</b>	Operación de maquinaria pesada para la construcción de la celda y geotanque, incluyendo el movimiento de residuos	AI-02-01	AIRE	Ruido	Contaminación Acústica	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 6
<b>Construcción de infraestructura</b>	Uso de sanitarios por personal operativo en la ejecución del proyecto	AG-01-01	AGUA	Aguas Residuales	Contaminación cuerpos de Agua	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica – Anexo A-2
<b>Construcción de infraestructura</b>	Actividades Administrativas y operativas en el Botadero (etapa de construcción)	RS-01-01	RESIDUOS SOLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Construcción de infraestructura</b>	Actividades de construcción de celdas, geotanque e infraestructura complementaria.	SE-01-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
<b>Operación</b>	Operación CELDA 1	AI-03-01	AIRE	Olores	Descomposición Natural de los Residuos	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica NB 760
<b>Operación</b>	Operación CELDA 1	AI-03-02	AIRE	Biogás y partículas Aero transportables	Emisiones furtivas de biogás Emisión de partículas Aero transportables	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 2
<b>Operación</b>	Operación Sistema de recirculación de lixiviado	AI-04-01	AIRE	Olores	Evaporación de lixiviado - Descomposición Natural de los Residuos	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 2

Procesos	Actividad	Impacto Ambiental			Efecto	Normas Permisibles
		Código	Factor	Atributo		
<b>Operación</b>	Actividades de operación en general	AI-05-01	AIRE	Ruido	Contaminación Acústica	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 6
<b>Operación</b>	Actividades administrativas y de funcionamiento de la actividad	AG-02-01	AGUA	Aguas Residuales	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica – Anexo A-2
<b>Operación</b>	Actividades de Operación de las CELDA 1	AG-03-01	AGUA	Lixiviado	Aumento de volumen lixiviados en geotanque	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación.
<b>Operación</b>	Actividades de Operación de las CELDA 1	AG-03-02	AGUA	Agua de escorrentía (pluvial)	Erosión e incremento de lixiviados	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica - Anexo A-2
<b>Operación</b>	Actividades Administrativas (etapa de operación)	RS-02-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Operación</b>	Disposición final de residuos sólidos domésticos.	RS-03-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Tratamiento/Disposición de Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Operación</b>	Disposición Final de residuos Patógenos.	RS-04-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Tratamiento/Disposición de Residuos Patógenos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Operación</b>	Actividades de operación de celdas y geotanque	SE-02-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
<b>Operación</b>	Señalización de áreas del RS	SE-03-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Señalización deficiente	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N.º 849/14 - Norma de Señalización de Seguridad, Salud en el Trabajo y Emergencias de Defensa Civil
<b>Cierre técnico</b>	Etapa de Cierre del Botadero y Cierre de CELDA 1	AI-06-01	AIRE	Biogás y partículas Aero transportables	Emissiones furtivas de biogás Emisión de partículas Aero transportables	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica NB 760
<b>Cierre técnico</b>	Etapa de Cierre del botadero y Cierre CELDA 1	AI-06-02	AIRE	PM10/PST	Generación de material particulado y PST	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 1 NB 760
<b>Cierre técnico</b>	Actividades Etapa de Cierre en general	AI-07-01	AIRE	Ruido	Contaminación acústica	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 6
<b>Cierre técnico</b>	Actividades de cierre de la CELDA 1	AG-04-01	AGUA	Lixiviado	Generación de lixiviados	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Cierre técnico</b>	Etapa de Cierre CELDA 1	SU-02-01	SUELO	Descomposición de la materia orgánica	Asentamientos Diferenciales	Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios

Procesos	Actividad	Impacto Ambiental			Efecto	Normas Permisibles
		Código	Factor	Atributo		
<b>Cierre técnico</b>	Actividades de Implementación del Plan de cierre.	RS-05-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Cierre técnico</b>	Mantenimiento de infraestructura general.	SP-04-01	SUSTANCIAS PELIGROSAS	Manipulación de combustibles/lubricantes	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Cierre técnico</b>	Ejecución de actividades de mantenimiento de infraestructura general.	SE-04-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
<b>Mantenimiento</b>	Quema controlada de Biogás	AI-08-01	AIRE	Biogás	Emisiones furtivas de biogás Emisión de partículas Aero transportables	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 5
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de cierre de Botadero y de la CELDA 1	AG-05-01	AGUA	Lixiviado	Generación de lixiviados	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de mantenimiento en general	AG-06-01	AGUA	Aguas Residuales	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica - Anexo A-2
<b>Mantenimiento</b>	Conformación de la Celda de Cierre y de la CELDA 1	SU-01-01	SUELO	Descomposición de la materia orgánica	Asentamientos Diferenciales	Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de mantenimiento en general	RS-06-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de mantenimiento en general	SP-01-01	SUSTANCIAS PELIGROSAS	Manipulación de combustibles/lubricantes	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Mantenimiento</b>	Todas las actividades de mantenimiento	SE-05-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019

## 6 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN POR COMPONENTE

Procesos	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						
<b>Construcción de infraestructura</b>	AI-01-01	Aire	PST – PM10	Riego periódico	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Construcción de infraestructura</b>	AI-02-01	Aire	Ruido	Monitoreo de Ruido Dotación de EPP	BAJA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Construcción de infraestructura</b>	AG-01-01	Agua	Aguas Residuales	Implementación de pozo séptico	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual,



Procesos	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						
									monitoreo semestral
<b>Construcción de infraestructura</b>	RS-01-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Construcción de infraestructura</b>	SE-01-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Conclusión y Tramitación del PSST	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	AI-03-01	Aire	Biogás y partículas Aero transportables	Monitoreo Mensual de emisión de biogás y partículas Aero transportables. Control de encendido de chimeneas diario	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	De acuerdo al avance de disposición de residuos.	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	AI-03-02	Aire	Olores	Dotación de EPPS (Trabajadores) Monitoreo de olores	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	AI-04-01	Aire	Olores	Dotación de EPPS (Trabajadores) Monitoreo de olores Implementación de geo sintético "manta de sacrificio"	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	AI-05-01	Aire	Ruido	Monitoreo de Ruido Dotación de EPP	BAJA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Semestral
<b>Operación</b>	AG-02-01	Agua	Aguas Residuales	Construcción de pozo séptico y mantenimiento	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Operación</b>	AG-03-01	Agua	Lixiviado	Control y seguimiento de la acumulación de lixiviado Recirculación de lixiviado	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Operación</b>	AG-03-02	Agua	Agua de escorrentía (pluvial)	Sistema de drenaje pluvial interno integrado con todas las instalaciones	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Aprobación de Manifiesto Ambiental	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Operación</b>	RS-02-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	RS-03-01	Residuos Sólidos	Tratamiento /Disposición de Residuos Similares a Domésticos	Supervisión permanente a los trabajos de confinamiento	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	RS-04-01	Residuos Sólidos	Tratamiento /Disposición de Residuos Patógenos	Supervisión permanente a los trabajos de neutralización de residuos patógenos	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	SE-02-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Elaboración e Implementación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	SE-03-01	Seguridad e Higiene	Señalización deficiente	Implementar señalización	BAJA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Trimestral

Procesos	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						
<b>Cierre técnico</b>	AI-06-01	Aire	Biogás	Monitoreo Mensual de emisión de biogás Control de encendido de chimeneas diario.	ALTA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo a avance de obra	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Cierre técnico</b>	AI-06-02	Aire	PM10/PST	Riego de zonas de influencia	MEDIA	Durante la etapa de cierre	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Cierre técnico</b>	AI-07-01	Aire	Ruido	Monitoreo de Ruido Dotación de EPP	BAJA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo a avance de obra	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Cierre técnico</b>	AG-04-01	Agua	Lixiviado	Tratamiento de lixiviado por recirculación	MEDIA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo al avance de obra.	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Cierre técnico</b>	SU-02-01	Suelo	Descomposición de la materia orgánica	Levantamiento topográfico Peinado de taludes, banquetas y conformación geométrica	MEDIA	Durante la etapa de cierre	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	monitoreo permanente mantenimiento semestral
<b>Cierre técnico</b>	RS-05-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	BAJA	Durante la etapa de cierre	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	Mensual
<b>Cierre técnico</b>	SP-04-01	Sustancias Peligrosas	Manipulación de combustibles/lubricantes	Impermeabilización de suelos de almacén	MEDIA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo a avance de obra	Concluido el tiempo de vida	Bimestral
<b>Cierre técnico</b>	SE-04-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Conclusión de ejecución del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	MEDIA	Durante la etapa de cierre	A Partir de la contratación de un consultor especializado.	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Mantenimiento</b>	AI-08-01	Aire	Gases de Combustión	Dotación de EPPs a personal	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Trimestral
<b>Mantenimiento</b>	AG-05-01	Agua	Lixiviado	Tratamiento de lixiviado por recirculación	MEDIA	Durante la etapa de Mantenimiento	De acuerdo al avance de obra.	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Mantenimiento</b>	AG-06-01	Agua	Aguas Residuales	Limpieza de pozo séptico, a través de un operador autorizado.	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Mantenimiento</b>	SU-01-01	Suelo	Asentamientos Diferenciales	Levantamiento topográfico Peinado de taludes, banquetas y conformación geométrica	ALTA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	monitoreo permanente mantenimiento semestral
<b>Mantenimiento</b>	RS-06-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	BAJA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	Mensual
<b>Mantenimiento</b>	SP-01-01	Sustancias Peligrosas	Manipulación de combustibles/lubricantes	Impermeabilización de suelos de almacén	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la AOP	De acuerdo a avance de obra	Concluido el tiempo de vida	Bimestral
<b>Mantenimiento</b>	SE-05-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Elaboración e implementación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.	MEDIA	3 MESES	De acuerdo a avance de obra	Hasta conclusión de cronograma	Mensual



## 7 PREVENCIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

Considera la prevención de los posibles riesgos ambientales por actividades asociadas a las distintas faenas de la etapa de construcción.

### Riesgo por Accidentes en la Vía por Transporte

Se transportarán los materiales de construcción en camiones y a los trabajadores por medio de buses, si es necesario.

Cumpliendo las siguientes medidas mínimas de seguridad:

- Personal calificado, con licencia de conducir al día, para manejar los camiones, buses o maquinarias necesarias en un área específica.
- Vehículos que transporten maquinaria y materiales al área de trabajo, con las señalizaciones exigidas por la normativa.
- Se cumplirán los pesos máximos permitidos para los camiones cargados con equipos o materiales, de acuerdo a la ruta que se esté utilizando.
- El transporte de combustible u otros materiales peligrosos se hará de acuerdo con la normativa ambiental.

### Riesgo por accidente debido a derrame de materiales peligrosos

El transporte de líquidos, tales como combustible y otros que se puedan requerir en faenas, se realizará de acuerdo a las disposiciones normativas vigentes.

- Queda estrictamente prohibido sacar combustible de los vehículos y maquinarias, debido al riesgo de accidentes que ello implica.
- Los caminos de acceso a las obras contarán con una señalización clara y visible.
- El almacenamiento de productos inflamables, corrosivos u otros potenciales de causar daños se hará considerando las siguientes exigencias mínimas:
- Se dispondrá de un área especial de almacenamiento para estos materiales, la cual estará debidamente señalizada y contará con las estructuras de contención para evitar potenciales derrames que impacten los suelos y las aguas, tanto superficiales como subterráneas, de las áreas adyacentes. Además, los tambores de combustible y aceite, se dispondrán sobre polietileno y una cama de arena, para evitar el contacto directo de los tambores con el suelo.
- Se contará en esta área, con elementos que permitan la contención de derrames pequeños y medianos, a la vez de extintor y equipo para combatir el fuego.
- Las cargas de combustible a las maquinarias y equipos sólo se realizarán en las áreas previamente definidas para estos efectos o en estaciones de servicio autorizadas.
- Los aceites de cambio y otros desechos aceitosos se almacenarán en tambores vacíos para su posterior disposición en lugares autorizados, de acuerdo a lo que disponga la autoridad del Servicio de Salud.

### Riesgo de Incendio en el área de faenas

- El experto de seguridad definirá una zona, alrededor del área de almacenamiento de combustibles, donde esté expresamente prohibido encender fogatas, fumar, portar fósforos u otros elementos que produzcan chispas, todo lo cual deberá estar adecuadamente señalizado.
- Se dispondrá en los lugares de faena elementos mínimos para combatir fuegos, tales como extintores u otros elementos necesarios.
- Se prohibirá expresamente a los trabajadores prender fogatas para calentar alimentos.





ANEXO 3 INFORME DERECHO PROPIETARIO Y DE USO DE SUELOS



GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS  
CAPITAL DE LA PROVINCIA CORDILLERA  
PRIMERA SECCIÓN MUNICIPAL  
SANTA CRUZ - BOLIVIA

La autonomía consiste en el autogobierno como ejercicio de la libre determinación de las naciones y los pueblos indígenas originarios campesinos.



Lagunillas, 29 de junio del 2021

Para:  
Héctor Contreras Álvarez  
ALCALDE MUNICIPAL DE LAGUNILLAS

Vía:  
Dr. Jhonny Wilder rivera corcuy  
SECRETARIO MUNICIPAL

Dr. David Álvaro Villarroel Moscoso  
ASESOR G.A.M.L.

LAGUNILLAS. -



Referencia: INFORME.

Mediante la presente me es grato hacerle llegar mis saludos más distinguidos.

Tengo a bien informarle que en el terreno inspeccionado por HELVETAS para su proyección a un botadero municipal no se encuentra registrado en derecho reales según revisión física de la documentación resguardada por la unidad de Catastro Urbano y Planificación del Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas, al igual que se tiene que los terrenos urbanos sujetos a registro de la zona poblada pueblo lagunillas, en la cual se está procediendo a su regularización, toda vez que nos encontramos en pleno proceso de obtención de la HOMOLOGACIÓN DE LA MANCHA URBANA conforme establece la Ley N° 247 de Regularización del Derecho Propietario Sobre Bienes Inmuebles Urbanos, del 5 de Junio del año 2012 / Ley N° 803 de Modificación a la Ley N° 247 de Regularización del Derecho Propietario Sobre Bienes Inmuebles Urbanos del 9 de Mayo del año 2016 / Decreto Supremo N° 1314 del 2 de Agosto del año 2012 - Reglamento a la Ley N° 247 de Regularización del Derecho Propietario Sobre Bienes Inmuebles Urbanos Destinados a Vivienda y demás normas de ordenamiento legal vigente.

Unidad de catastro urbano y planificaciones del gobierno autónomo municipal de lagunillas

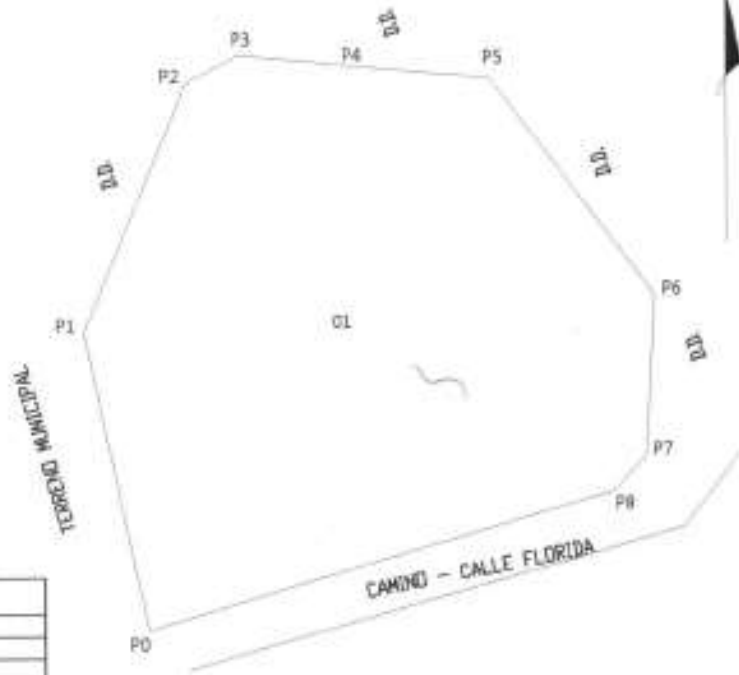
*Ing. Axel Fernández Abapiña*  
ENCARGADO DE CATASTRO  
URBANO Y PLANIFICACION  
Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas



GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS  
SANTA CRUZ - BOLIVIA

PLANO DE PROPIEDAD

REFERENCIAL  
PLANO DE UBICACION (USO DE SUELO)



COORDENADAS UTM		
PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)
P0	429929.750	7827180.287
P1	429918.265	7827214.346
P2	429927.871	7827250.447
P3	429934.079	7827254.878
P4	429945.023	7827253.884
P5	429957.749	7827250.136
P6	429986.286	7827219.587
P7	429983.583	7827199.527
P8	429979.624	7827195.151

ESCALA : 1 : 500

PROPIETARIO : GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS (BOTADERO MUNICIPAL)

PLANO DE UBICACIÓN



ZONA : LAGUNILLAS

AVENIDA/CALLE : C/ CALLE FLORIDA

DISTRITO : 03

Partida Nro. :

MANZANA : 49

Fojas Nro. :

PREDIO : 01

Libro Nro. :

Sqp. Cont. : 00.00 M2

Test. Nro. :

Sqp. Total : 3687.98 M2

DD.RR. :

Nro. de Plantas : 1

Fecha : 11/11/2017

OBSERVACIONES

Este documento no tiene valor legal si no es acompañado de su título de propiedad

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Ing. Ariel Fernández Abayante*  
ENCARGADO DE CATASTRO  
URBANO Y PLANIFICACION  
Gobierno Autónomo Municipal de Lagunillas





**GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LAGUNILLAS  
CAPITAL DE LA PROVINCIA CORDILLERA  
PRIMERA SECCIÓN MUNICIPAL  
SANTA CRUZ - BOLIVIA**

*La autonomía consiste en el autogobierno como ejercicio de la libre determinación de las naciones y los pueblos indígenas originarios campesinos.*



Lagunillas, 11 de Noviembre del 2021  
CITE: GAML-CA/OF N° 06/2021

**CERTIFICACION DE USO DE SUELO**

El Gobierno Autónomo Municipal de lagunillas , atreves de la Unidad de Plan Regulador y Catastro dependiente de la Secretaria municipal.

**CERTIFICA:**

Que a solicitud del **HELVETAS** Y revisadas las coordenadas del **SITIO** , se encuentra en lagunillas pueblo de la Jurisdicción del Municipio de lagunillas , primera Sección de la Provincia cordillera del Departamento de Santa Cruz.

Que, mediante el plan de Uso de Suelo , la sobre posición del sitio se detalla en el siguiente cuadro:

<b>SOBREPOSICIONES SEGÚN PLAN DE USO DE SUELO</b>			
<b>NOMBRE DEL SITIO</b>	<b>LUGAR</b>	<b>ZONA</b>	<b>MANZANO</b>
BOTADERO MUNICIPAL	LAGUNILLAS	C	49

**COORDENADAS UTM.**

ESTE (X)	NORTE (Y)		
429929.750	7827180.287	897.475	P0
429918.265	7827214.346	897.475	P1
429927.671	7827250.447	897.475	P2
429934.079	7827254.878	897.475	P3
429945.023	7827253.864	897.475	P4
429967.749	7827250.136	897.475	P5
429986.286	7827219.587	897.475	P6
429983.563	7827199.527	897.475	P7
429979.624	7827195.151	897.475	P8

Es cuando puedo certificar en honor a la verdad , para fines que convengan al interesado atentamente:

*[Handwritten signature]*  
**SECRETARÍA MUNICIPAL**  
 Unidad Administrativa Municipal de Lagunillas



ANEXO 4 INFORME DE PROCESAMIENTO

**LEVANTAMIENTO LAGUNILLAS OCTUBRE DE 2021**

**14 November 2021**





# Datos del levantamiento

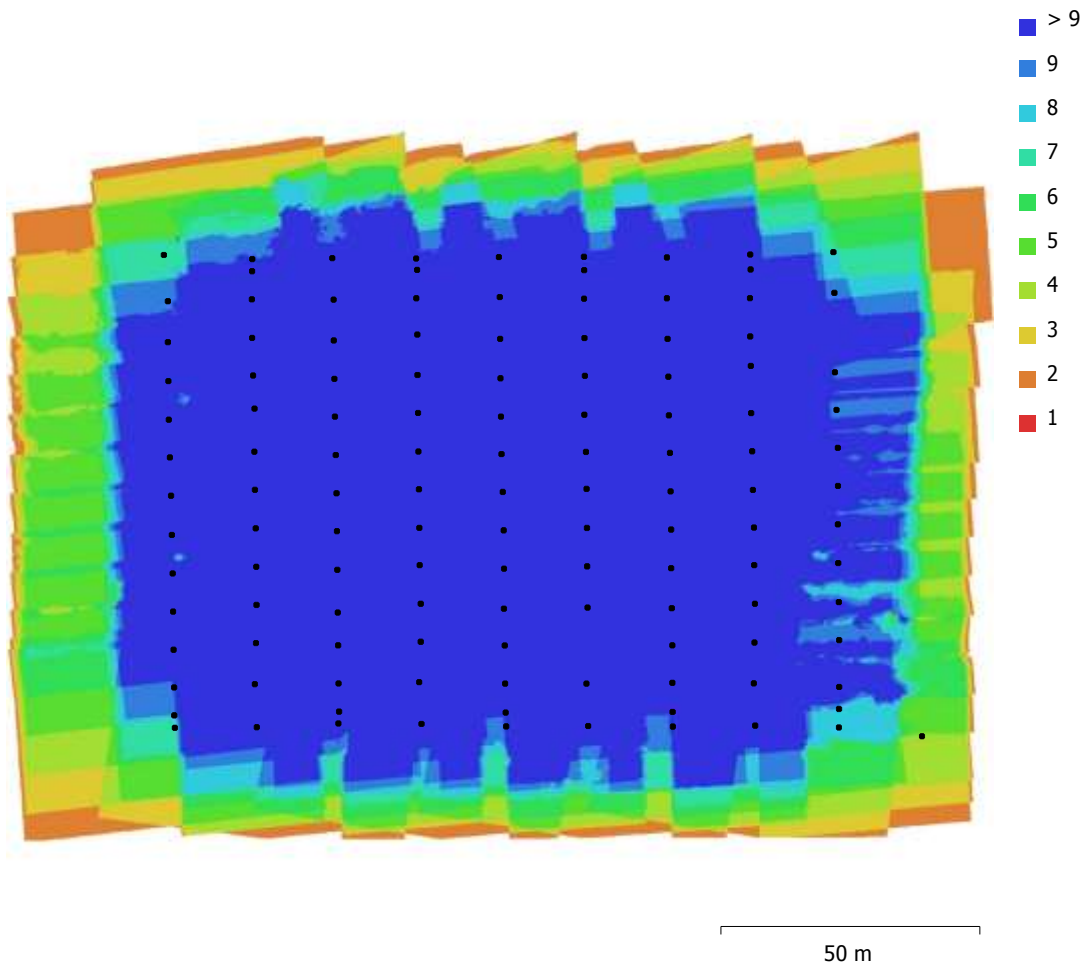


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 125

Altitud media de vuelo: 43.2 m

Resolución en terreno: 1.07 cm/pix

Área cubierta: 0.0244 km<sup>2</sup>

Imágenes alineadas: 125

Puntos de paso: 32,616

Proyecciones: 84,561

Error de reproyección: 0.228 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

# Calibración de cámara

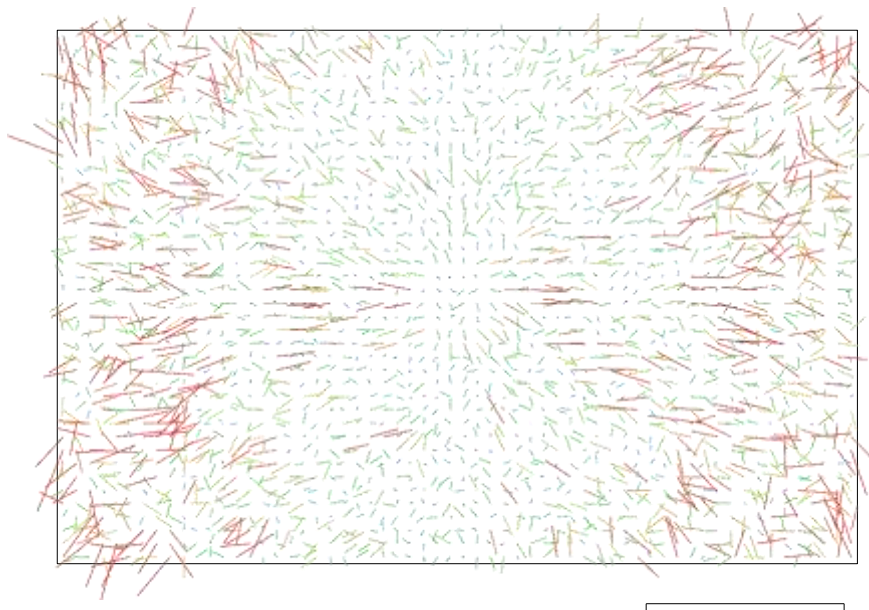


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8mm).  
1 pix

## FC6310 (8.8mm)

125 imágenes

Tipo  
**Cuadro**

Resolución  
**5472 x 3648**

Distancia focal  
**8.8 mm**

Tamaño de píxel  
**2.41 x 2.41 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
<b>F</b>	<b>3683.89</b>	11	1.00	0.85	-0.51	-0.34	0.37	0.43	-0.84	0.90	-0.92	0.16	-0.11
<b>Cx</b>	<b>-0.266132</b>	0.75		1.00	-0.42	-0.35	0.39	0.36	-0.71	0.76	-0.78	0.18	-0.04
<b>Cy</b>	<b>15.4257</b>	0.34			1.00	0.11	-0.18	-0.28	0.43	-0.46	0.48	-0.20	0.23
<b>B1</b>	<b>-0.186028</b>	0.14				1.00	-0.12	-0.21	0.28	-0.30	0.31	-0.16	0.03
<b>B2</b>	<b>0.00129855</b>	0.15					1.00	0.09	-0.31	0.33	-0.33	-0.02	0.02
<b>K1</b>	<b>0.0146777</b>	0.0003						1.00	-0.62	0.59	-0.57	0.73	-0.44
<b>K2</b>	<b>-0.0825018</b>	0.0012							1.00	-0.99	0.97	-0.19	0.13
<b>K3</b>	<b>0.152011</b>	0.003								1.00	-1.00	0.20	-0.13
<b>K4</b>	<b>-0.0923804</b>	0.0024									1.00	-0.20	0.13
<b>P1</b>	<b>0.000197718</b>	9.9e-06										1.00	-0.37
<b>P2</b>	<b>-8.14192e-05</b>	5.5e-06											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.



# Posiciones de cámaras

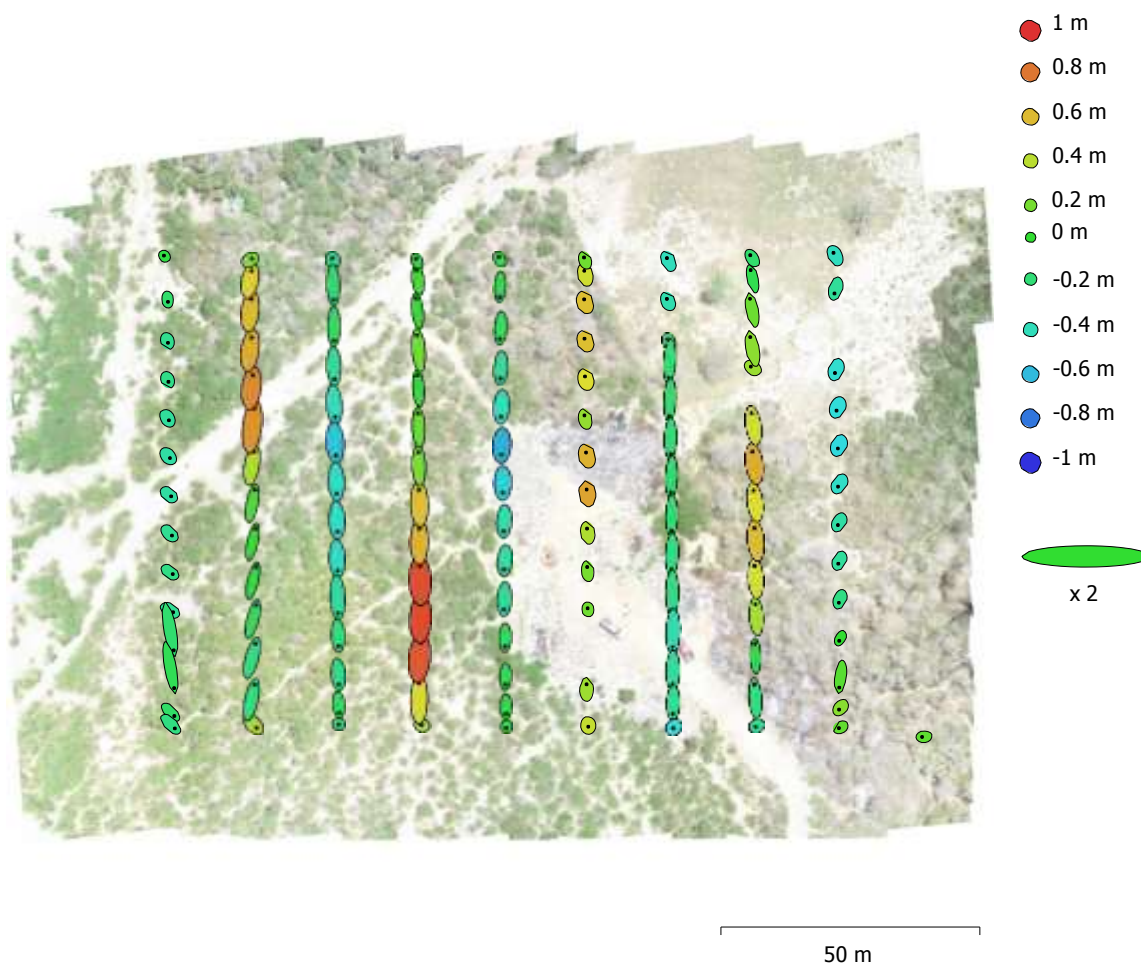


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.  
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
0.286725	1.95105	0.370002	1.97201	2.00642

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

# Modelo digital de elevaciones

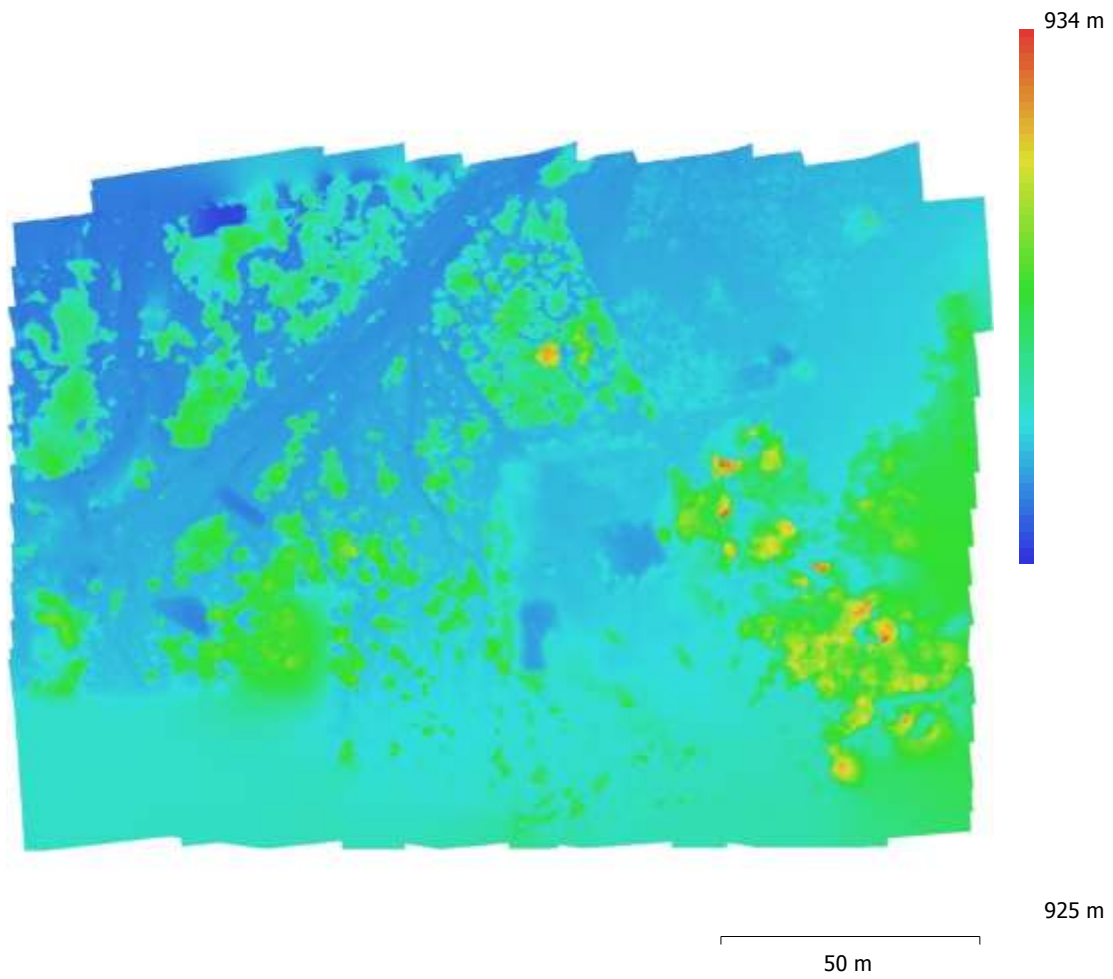


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 1.07 cm/pix  
Densidad de puntos: 0.868 puntos/cm<sup>2</sup>

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	125
Cámaras orientadas	125
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

## Nube de puntos

Puntos	32,616 de 127,250
RMS error de reproyección	0.153466 (0.227602 pix)
Error de reproyección máximo	0.446375 (0.887871 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	1.46358 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	2.70864

## Parámetros de orientación

Precisión	Máxima
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	60,000
Puntos de paso por foto	0
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	3 minutos 45 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	2.92 GB
Tiempo de orientación	1 minuto 32 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	63.20 MB

## Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	0 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247

## Mapas de profundidad

Número	104
--------	-----

## Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	30 minutos 14 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247

## Nube de puntos densa

Puntos	279,542,152
Colores de puntos	3 bandas, uint8

## Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	29 minutos 34 segundos

## Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	1 hora 2
minutos	Versión del programa
	1.6.2.10247

## MDE

Tamaño	17,981 x 13,047
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 20S (EPSG::32720)



### Parámetros de reconstrucción

Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	14 minutos 43
segundos	1.6.2.10247
Versión del programa	

### Ortomosaico

Tamaño	17,716 x 12,835
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 20S (EPSG::32720)
Colores	3 bandas, uint8

### Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	16 minutos 41
segundos	1.6.2.10247
Versión del programa	

### Sistema

Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.6.2 build 10247
OS	Windows 64 bit
RAM	15.86 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz
GPU(s)	NVIDIA GeForce GTX 950M

## 13. Anexos de Planos

### Planos del Botadero en cierre

- ✓ Vías de acceso
- ✓ Sistema de Drenaje Pluvial
- ✓ Sistema de captación, conducción y almacenamiento de lixiviados
- ✓ Tratamiento de lixiviados
- ✓ Estabilización física del botadero
- ✓ Sistemas de captación de biogás
- ✓ Cobertura Final de la Celda

### Planos de Sector con el Relleno sanitario habilitado

- ✓ Plano topográfico.
- ✓ Plano vías de acceso internas principales y secundarias.
- ✓ Plano del diseño de la infraestructura.
- ✓ Plano de Instalaciones auxiliares.
- ✓ Plano de distribución de celdas.
- ✓ Plano de cortes longitudinales y transversales de las celdas o plataformas.
- ✓ Plano de sistema de captación y tratamiento de lixiviados.
- ✓ Plano de sistema de captación de gases.
- ✓ Planos de detalles.

### Planos del Levantamiento con Dron:

- ✓ Orto mosaico del Relleno sanitario de lagunillas
- ✓ Modelo Digital de elevación del relleno Sanitario de lagunillas
- ✓ Curvas de Nivel del relleno sanitario de Lagunillas



