

ANEXO 24

PLAN DE MONITOREOS

**PROYECTO GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
ZONA METROPOLITANA DE LA PROVINCIA DE MENDOZA**

2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	3
1.2 ALCANCES DEL PLAN DE MONITOREO	4
2. DETERMINACIÓN DE MONITOREOS.....	4
2.1 MONITOREO DE AIRE	5
2.1.1 Biogás	5
2.1.2 Calidad del Aire	12
2.1.2.1 Partículas Aerotransportables.....	12
2.1.2.2 Parámetros Climatológicos	14
2.1.2.3 Partículas Viables Biológicas	15
2.1.3 Ruido	16
2.2 MONITOREO DE SUELO	17
2.2.1 Migración del Biogás en el Suelo.....	17
2.2.2 Estabilidad del Relleno	18
2.2.3 Densidad de Compactación y Permeabilidad del Material de Cobertura.....	19
2.3 MONITOREO DE AGUA Y EFLUENTES.....	20
2.3.1 Calidad del Agua Superficial	20
2.3.2 Aguas Subterráneas.....	26
2.3.2.1 Parámetros a monitorear y frecuencia	29
2.3.2.2 Consideraciones para la Etapa de Operación	29
2.3.3 Lixiviados	32
2.3.4 Aguas Residuales.....	35
3. METODOLOGIA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA.....	36
4. CONSIDERACIONES GENERALES	36

ANEXO 24
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL
“CENTRO AMBIENTAL EL BORBOLLÓN”

1. INTRODUCCIÓN

El Plan de Monitoreo Ambiental tiene como finalidad medir la calidad del entorno del emprendimiento, como herramienta de gestión que permitirá determinar tanto la eficiencia de las acciones de prevención y control de la contaminación, como los puntos críticos y acciones a implementar para corregir los efectos que generen cambios en el entorno. Este PMA está encaminado a realizar un seguimiento en el tiempo y en el espacio de las variables ambientales y sus indicadores, que muestren y determinen el comportamiento y evolución de los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos del proyecto, en el lugar donde éstas se desarrollan y en su área de influencia.

El Plan de Monitoreo se concibe como una herramienta indispensable para el aporte de información básica de interés ecológico, técnico, social, cultural y de gestión. A su vez este será el instrumento que permitirá comprobar, el cumplimiento de los estándares establecidos por la legislación aplicable.

Las normas que rigen actualmente respecto de la gestión de residuos sólidos, hacen necesario que se cuente con un adecuado plan de monitoreo y seguimiento que permita el conocimiento permanente del estado de la calidad del entorno, dadas las alteraciones introducidas en la operación, durante la vida útil del relleno, su clausura y post-clausura, en los componentes aire, agua y suelo.

El establecimiento de sistemas de monitoreo en rellenos sanitarios, tiene como objetivo primordial el seguimiento y control ambiental de las emisiones originadas por la operación y posterior cierre de estas instalaciones, que pudieran afectar la salud pública y el ambiente. En la actualidad esta actividad tiende a incrementarse en la etapa de diseño, representando un aspecto benéfico para el mejoramiento de la operación y buen funcionamiento de estos sitios de disposición final de residuos.

Para el adecuado seguimiento y control de aquellos impactos que afectan al ambiente en sus diferentes componentes: agua, aire, suelo, salud y bienestar; se requiere el conocimiento de los parámetros y límites que aseguren que la operación del sitio es segura y no originará contaminación de ningún tipo.

Los criterios bajo los cuales se establecerán las condiciones en que se llevará a cabo el plan de monitoreo, la infraestructura, los equipos y personal requerido para operarlo de manera eficiente, son aspectos fundamentales para el adecuado aprovechamiento de los recursos humanos y económicos destinados a esta actividad.

Otros puntos importantes para el buen funcionamiento de un plan de monitoreo, son el establecimiento de lineamientos para la estandarización de las técnicas de muestreo, calibración de equipos, prácticas de laboratorio y análisis e interpretación de la información recabada por las actividades de monitoreo.

Por otra parte, el tipo de monitoreo que se realice dependerá del parámetro cuantificado, los objetivos que se persigan y en algunos casos, de las condiciones meteorológicas y físicas del sitio.

Se deben plantear dos tipos de Monitoreos, los *Monitoreos de Detección* y *Monitores de Evaluación*:

- **Monitoreo de Detección:** Una vez se fija una frecuencia mínima de monitoreo para cada variable durante la vida útil y la clausura y post-clausura del relleno sanitario, se establece el número mínimo de muestreos, sin embargo, cuando se encuentre un incremento significativo de cualquier parámetro, se deberá avisar en un plazo de quince días a las autoridades, los cuales deberán establecer un programa de “monitoreo de evaluación”.
- **Monitoreo de Evaluación:** Cuando uno o más de los parámetros se incrementen de manera significativa, se debe iniciar un Monitoreo de Evaluación. El Programa de Monitoreo de Evaluación se puede suspender cuando se demuestre que en dos muestreos consecutivos, los parámetros en cuestión han vuelto a los niveles de fondo cuando menos. En caso de que los parámetros estén sobre las normas y no se pueda demostrar que la causa es ajena al emprendimiento, se deberá avisar a las autoridades e iniciar un proyecto de detección y corrección de la falla.

Para concretar y establecer el monitoreo de evaluación se deben concertar entre las autoridades ambientales y el contratista los “niveles aceptables”, o sea la meta de calidad a que se debe llegar para cada uno de los parámetros excedidos sobre el nivel de fondo.

1.1 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

- **Trabajo de Campo:** Esta actividad reúne las tareas y demás actividades de campo relacionadas con muestreos y medición de parámetros en el campo y determinaciones de laboratorio.
- **Proceso y Análisis de la Información:** A este comprenden las actividades de sistematización, ordenación, análisis y evaluación de la información obtenida en el campo y en el laboratorio, para determinar el comportamiento de cada indicador. La información debe mirarse tanto individualmente como en forma integral o ecosistémica del área de influencia del proyecto.

- **Informes:** De acuerdo con las actividades desarrolladas es necesario consignar éstas y sus resultados, mediante la elaboración de informes escritos que deben ir dirigidos a la Autoridad de Aplicación, a los efectos de la evaluación y publicación de resultados. Se sugiere que el informe contemple los siguientes aspectos:
 - Presentación de las características de referencia del entorno o área de influencia del proyecto.
 - Metodología e indicadores y bioindicadores.
 - Localización de los sitios de muestreo (mapa georeferenciado).
 - Resultados arrojados durante el período de muestreo, comparados con límites establecidos por la normativa vigente.
 - Análisis global y comparativo de los monitoreos actuales e históricos.
 - Decisiones que deben tomarse.
 - Conclusiones y recomendaciones.

1.2 ALCANCES DEL PLAN DE MONITOREO

Dentro de los alcances de este Programa se encuentran:

- Establecer los análisis a realizarse.
- Definir una frecuencia de muestreo de las distintas variables a monitorear.
- Definir los procedimientos de análisis y de muestreo.
- Garantizar la integridad de las muestras mediante la utilización de documentos de cadena de custodia y análisis.
- Determinar los formularios y los procedimientos para proporcionar la información adecuada al sistema de manejo de datos.

Asimismo, este programa garantizará la precisión y exactitud de la información sobre los medios analizados, para reducir los errores durante la toma de muestras y el análisis de éstas, siguiendo procedimientos de estricto control, para reforzar la credibilidad de la información.

Por otra parte, se mantendrá un sistema de base de datos centralizado para el manejo y procesamiento de estos, desarrollándose informes para facilitar el control del programa de monitoreo y también para suministrar información de comparación de datos, reconociendo las tendencias mediante el análisis estadístico, para la rápida detección e identificación de los eventuales problemas, que pudieran generar riesgos para la salud pública y el medio ambiente en general.

2. DETERMINACIÓN DE MONITOREOS

A los efectos de determinar los elementos a monitorear, se tuvieron en cuenta los principales impactos a producirse en las distintas etapas de proyecto. De este análisis surgieron los siguientes agentes impactantes y elementos impactados:

Agente Impactante	Componente Impactado
Biogás	AIRE Y SUELO
Lixiviados	AGUAS SUP. Y SUBTERRÁNEAS
Partículas Aerotransportables	AIRE
Ruido	AIRE
Operación del relleno (estabilidad de taludes, densidad de compactación, etc.)	SUELO

FUENTE: Elaboración propia

Por lo tanto resultará necesario realizar un monitoreo permanente de los componentes aire, agua (superficial y subterránea) y suelo. Para esto se propone la siguiente distribución, según componente y elementos a monitorear:

- **Aire:** Partículas aerotransportables, Parámetros climatológicos, Partículas viables biológicas, Biogás (Composición, Explosividad, Caudal), Ruido.
- **Suelo:** Migración del Biogás en suelo, Estabilidad del relleno, Densidad de Compactación y Permeabilidad del material de cobertura.
- **Agua:** Calidad del agua superficial, Calidad del agua subterránea, Cantidad y composición del lixiviado, Calidad de efluentes residuales.

2.1 MONITOREO DE AIRE

Para el componente aire, se deberán monitorear: 1) Biogás (composición, explosividad y caudal), 2) Calidad del Aire, que incluirá el monitoreo de: Partículas aerotransportables, Parámetros climatológicos y Partículas viables biológicas, y 3) Ruido.

2.1.1 Biogás

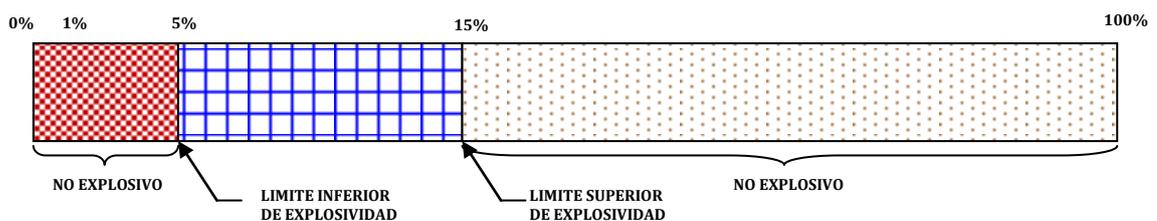
El biogás o gas del relleno es una mezcla de gases productos de la transformación biológica de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos. Existen varios factores que determinan su producción, entre los que se destaca:

- Contenido orgánico de los residuos
- Humedad disponible
- Composición de los residuos

- Tamaño y densidad de los residuos
- pH y temperatura
- Contenido de oxígeno

La composición del biogás varía entre 25-60% de metano y 40-75% de dióxido de carbono. Adicionalmente el biogás contiene una gran variedad de compuestos orgánicos reactivos, incluyendo benceno, tolueno, xileno, metil-etil-cetona y percloroetileno. Estos compuestos son subproductos de los procesos de digestión de los materiales dispuestos. El principal riesgo del biogás se presenta cuando éste se mezcla con el aire en concentraciones del 5 al 15%, originando explosiones o incendios (**Figura 1**). En este sentido, el monitoreo del biogás sirve para determinar si el gas está presente en concentraciones de riesgo para la salud humana y el ambiente. En **TABLA 1** y **TABLA 2** se presenta una composición tipo de los gases producidos en un relleno sanitario.

METANO



OXIGENO

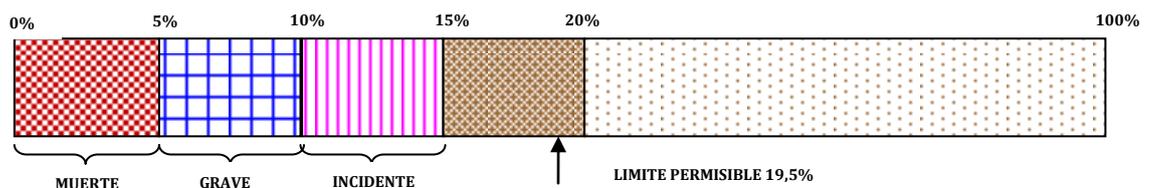


Figura 1: Límite de explosividad del Biogás

TABLA 1: Composición de los gases producidos en un relleno sanitario.

Tabla 1 – Composición de los gases producidos en un relleno sanitario			
Tiempo transcurrido (meses)	Composición de los gases (%)		
	N ₂	CO ₂	CH ₄
0 - 3	5,2	88	5
3 - 6	3,8	76	21
6 - 12	0,4	65	29
12 - 18	1,1	52	40
18 - 24	0,4	53	47
24 - 30	0,2	52	48
30 - 36	1,3	46	51

Tabla 1 – Composición de los gases producidos en un relleno sanitario			
Tiempo transcurrido (meses)	Composición de los gases (%)		
	N2	CO2	CH4
42 - 48	0,4	51	48

FUENTE: Brunner R. Dirk y Keller, J. Daniel – Sanitary Landfill Design and Operation USEPA, 1972

TABLA 2: Constituyentes típicos encontrados en el Biogás.

Tabla 2 – Constituyentes típicos encontrados en el Biogás	
Componente	Porcentaje (base seca)
Metano	45-60
Dióxido de Carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Sulfuros, Disulfuros, Mercaptanos, etc.	0,1-1,0
Amoníaco	0-0,1
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de Carbono	0-0,2
Constituyentes Traza	0,01-0,6
Característica	Valor
Temperatura	37-67°C
Densidad específica	1,02-1,06
Contenido de humedad	Saturado
Poder calorífico superior (Kcal/m3)	890-1223

FUENTE: Tchobanoglous George, Theisen Hilary y Vigil A. Samuel – Gestión Integral Residuos Sólidos, Mc Graw Hill, 1994

Otros puntos importantes relacionados con la presencia de biogás en un relleno son los siguientes: el *dióxido de carbono* en solución con el agua subterránea puede producir condiciones ácidas que inciden en la movilidad de los metales en el agua subterránea, cuando se combina el *dióxido de carbono* del biogás con los *lixiviados*, al acumularse el gas en la parte inferior del relleno, dándole características ácidas a los líquidos, se propicia la formación de ácido carbónico que es muy corrosivo. También se pueden generar “combustiones sordas”, ocasionando asentamientos que pueden provocar accidentes.

Por otra parte, el movimiento del biogás en el relleno, depende de los siguientes factores:

- Espesor de la capa de residuos.
- Composición de los residuos sólidos depositados.
- Características de permeabilidad del terreno y del material de cobertura.
- Características de permeabilidad del suelo adyacente al relleno.

- Compactación de los residuos sólidos y del material de cobertura.
- Impermeabilización con geomembrana.

En el proyecto para el Centro Ambiental El Borbollón, la impermeabilización del fondo del módulo se realizará con una capa de suelo bentonítico de 0,30 m de espesor sobre el cual se colocará una geomembrana de 2000 micrones, además se construirá un sistema de venteo y recolección de biogás, cuyas características se puede observar en el **Anexo 9: Planos de Proyecto Ejecutivo**.

Los parámetros considerados para el programa propuesto de monitoreo y la periodicidad de sus análisis se establece en la **TABLA 3**:

TABLA 3: *Parámetros considerados en el Programa de Monitoreo de Biogás.*

Tabla 3 – Parámetros considerados en el Plan de Monitoreo de Biogás		
Parámetro	Técnica recomendada	Periodicidad recomendada
a) Composición <ul style="list-style-type: none"> • Metano • Dióxido de carbono • Oxígeno • Nitrógeno 	Cromatografía de gases	Trimestral
b) Flujo	Lectura en campo con explosímetro digital y flujómetro	Mensual
c) Explosividad y toxicidad	Lectura en campo con explosímetro digital y flujómetro	Mensual

Dado que los objetivos de este programa son la protección de la salud pública y el ambiente, se ha determinado la necesidad del desarrollo de un subprograma de calidad del aire en el entorno del Centro Ambiental El Borbollón, para ello se llevará a cabo el muestreo de emisiones gaseosas en los puntos de máxima concentración del biogás, tales como tubos de venteo de gases, para determinar mediante la utilización de modelos matemáticos de dispersión de contaminantes, los puntos impactados por la pluma de contaminación en áreas cercanas al sitio del emprendimiento.

Las muestras recolectadas serán analizadas para los constituyentes típicos del biogás (ver **TABLA 2**) tales como: Metano, Dióxido de Carbono, Nitrógeno, Sulfuro de Hidrógeno y trazas de compuestos orgánicos no metanogénicos, tales como: tricloroetileno, percloroetileno, diclorometano, tetracloroetano, Benceno, Tolueno, Xileno y Etilbenceno, etc. Para los procedimientos de muestreo y análisis del gas de relleno se utilizarán los procedimientos estandarizados por la EPA (Environmental Protection Agency – USA) (*TO-15: Determination of Volatile Organic Compounds (VOC's) in Air collected in specially – prepared canister and analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrophotometry (GC/MS)*).

En la **TABLA 4**, se presentan las Metodologías de Análisis de Emisiones Gaseosas desarrolladas por la EPA.

TABLA 4: Métodos de análisis de emisiones gaseosas.

Tabla 4 – Métodos de Análisis de Emisiones Gaseosas		
Métodos		Aplicabilidad
Tasa de Velocidad de producción de gases en el relleno.	2E	Este método se aplica para medir la producción de gas en un relleno sanitario municipal y es utilizado para calcular la producción de NMOC's de los rellenos sanitarios.
Determinación de dióxido de carbono, metano, nitrógeno y oxígeno de fuentes estacionarias.	3C	Este método se aplica para analizar el dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), Nitrógeno (N ₂), y oxígeno (O ₂) en muestras de rellenos sanitarios municipales.
Determinación de Componentes orgánicos no-metanogénicos (NMOPC's) en gases del relleno	25C	Este método es aplicable para el muestreo y medición de componentes orgánicos no-metanogénicos como carbono en gases de relleno sanitario.

El monitoreo de los gases del relleno sanitario se llevará a cabo según lo establecido en el Decreto Reglamentario N°2404/89 de la Ley N°5100 de la Provincia de Mendoza (Ley de adhesión a la Ley Nacional N°20.284 de Preservación del Recurso del Aire). Los monitoreos a realizar tendrán una frecuencia semestral. Los muestreos incluirán determinaciones de las emisiones gaseosas del relleno sanitario, calidad del aire circundante, emisiones difusas en el ámbito del relleno y su comparación con los valores permitidos por la normativa aplicable. Se deberán monitorear los siguientes compuestos:

TABLA 5: Parámetros a monitorear emisiones gaseosas.

Tabla 5 – Parámetros a Monitorear Emisiones Gaseosas	
Parámetros	Frecuencia Recomendada de Monitoreo
Metano	Semestral
Dióxido de Carbono	Semestral
Monóxido de Carbono	Semestral
Monóxido de Nitrógeno	Semestral
Dióxido de Nitrógeno	Semestral
Oxido de Azufre	Semestral
Sulfuro de Hidrógeno	Semestral
Mercaptanos	Semestral
Compuestos orgánicos no metanogénicos (NMOC's), tales como tricloroetileno, Benceno, tolueno, xileno y etilbenceno.	Anual
Cinética de las emisiones	Anual

Luego de la determinación de las emisiones gaseosas en distintos puntos del relleno a establecerse oportunamente, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, se llevará a cabo la corrida del modelo ISCST3 de la USEPA. Luego se ubicarán los puntos receptores, configurando una red mediante el trazado de una grilla en coordenadas polares con centro en el punto central del Centro Ambiental.

Estos puntos receptores se determinarán a distancias de 175, 350 y 500 metros, respecto del origen de coordenadas.

Posteriormente, se considerarán períodos de tiempo a evaluar para cada contaminante, según lo establecido en los niveles guía de calidad del aire ambiental – Apartado IX – Parte B del Decreto Reglamentario N° 2625/99 de la Ley N°5917 de Residuos Peligrosos de la Provincia (Ley de adhesión a la Ley Nacional N° 24.051), comparando los valores de concentración de cada contaminante surgido del modelo, respecto de los establecidos por la legislación vigente.

Además de las emisiones, también resulta necesario monitorear los índices de explosividad en los diferentes sectores del Centro Ambiental, y conocer el caudal de generación del biogás, a los efectos de formar estadísticas concretas para su futuro aprovechamiento.

A continuación se agrega una ficha tipo de la realización de los monitoreos mencionados precedentemente, en la cual se indica: objetivo, riesgo y efectos relacionados, indicadores, equipo a utilizar, materiales y métodos, frecuencia y etapa de aplicación.

FICHA Nº 1		
Monitoreo de Aire	Biogás	
Objetivo(s)	<ul style="list-style-type: none"> Medición de emisiones provenientes del módulo de relleno sanitario, provocadas por la descomposición de residuos. Medición del porcentaje de explosividad, con el fin de localizar las áreas peligrosas y evitar cualquier contingencia por la acumulación de metano. 	
Riesgo y efecto relacionado	Presencia de microorganismos patógenos en el aire. Afectaciones a la salud de las personas.	
Indicadores	Composición del biogás (Tabla 161). Índice de Explosividad. Caudal.	
Equipo	Bulbo muestreador al vacío, barómetro, termómetro, explosímetro, medidor de caudal.	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <ul style="list-style-type: none"> Marcar los bulbos para la recolección de la muestra. Recolectar la muestra en los pozos seleccionados donde previamente se han adaptado un tapón hembra y una manguera para evitar la entrada de aire a la muestra. Medir la temperatura y presión barométrica. Para medir el índice de explosividad se procede de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> En pantalla aparece el “% LFL” y se entiende como límite inferior de flamabilidad. Calibrar a cero (Considerar que el valor del oxígeno va a depender de la altura que predomine en la ciudad de estudio). Purgar la sonda del equipo. Succionar la muestra en forma manual o automática. Registrar la lectura obtenida del porcentaje de explosividad y oxígeno. 	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Composición Explosividad Caudal	Bimestral Bimestral Mensual	Durante las fases de operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia.

2.1.2 Calidad del Aire

Con el objetivo de determinar la calidad del aire en las inmediaciones del relleno sanitario, se procederá a la medición de la calidad del aire en el entorno de éste. Los parámetros a ser monitoreados dentro de este Subprograma de Calidad del aire, serán los establecidos conforme los potenciales contaminantes encontrados en los gases del relleno. Estos se presentan en la **TABLA 6**, para el período de operación.

TABLA 6: Parámetros a monitorear de calidad de aire durante la operación.

TABLA 6 – Parámetros a Monitorear de Calidad de Aire durante la Operación	
Parámetros	Frecuencia Recomendada de Monitoreo
Monóxido de Carbono	Anual
Material particulado en suspensión (PM-10)	Anual
Sulfuro de Hidrógeno	Anual
Mercaptanos	Anual
Compuestos orgánicos no metanogénicos (NMOC's), tales como tricloroetileno, Benceno, tolueno, xileno y etilbenceno.	Anual

Los monitoreos se desarrollarán de acuerdo a las condiciones atmosféricas durante el período de muestreo y a Modelos Matemáticos de Dispersión de Contaminantes utilizados por la USEPA, los que permitirán determinar el lugar de impacto de la pluma de contaminación de aire sobre la superficie, y la colocación en los sitios más desfavorables de los equipos de monitoreo de Calidad de Aire.

Se establecerán cuatro puntos de muestreo, los que se ubicarán de acuerdo a modelos matemáticos, tres en los lugares más probables de contaminación a nivel de piso, producido por una hipotética dispersión de contaminantes y el otro antes del paso del viento sobre la superficie del predio.

A continuación se agregan las fichas tipo para la realización de los monitoreos previstos, en las cuales se indica en cada caso: objetivo, riesgo y efectos relacionados, indicadores, equipo a utilizar, materiales y métodos, frecuencia y etapa de aplicación.

2.1.2.1 Partículas Aerotransportables

Las operaciones diarias de un relleno sanitario, provocan la generación de material particulado, debido por un lado a las tareas de movimiento de suelos y compactación en la cobertura diaria de los residuos, y por otra parte por la circulación permanente de los camiones recolectores. Por este motivo es fundamental la implementación de las acciones de mitigación previstas, y a su vez, el monitoreo permanente, a los fines de mantener o modificar las acciones de mitigación del impacto.

FICHA Nº 2		
Monitoreo de Aire	Partículas Aerotransportables (Partículas Suspendidas Totales (PST) o polvos totales y partículas respirables)	
Objetivo(s)	Reconocimiento, evaluación y control de las partículas o polvos suspendidos totales en aire.	
Riesgo y efecto relacionado	Aumento de la fracción sólida en el aire. Afectaciones a la salud, la flora, fauna y los bienes.	
Indicadores	Partículas suspendidas totales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	
Equipo	Filtros pesado a peso constante, muestreador de alto volumen, medidor de flujo, termómetro, barómetro, cronómetro, balanza Analítica, foliador.	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el muestreador y colocar el filtro de peso conocido. • Registrar la lectura del indicador de flujo, la presión barométrica y la temperatura ambiente. • Registrar la información que identifique el muestreador (número del filtro, sitio, fecha del muestreo, hora de inicio, hora de finalización, etc.). • Terminación del muestreo y condiciones ambientales. Colocar el dispositivo de control de tiempo para activar y detener el muestreador de modo que funcione el tiempo que sea necesario. • Transcurridas 24 horas detener el muestreador y quitar cuidadosamente el filtro. • Anotar en la hoja de registro del filtro todos los factores de interés como las condiciones meteorológicas, actividades de construcción, etc. • Pesar el filtro con la muestra. 	
Indicadores	Frecuencia	Duración
PST Partículas respirables	Bimestral Bimestral	Durante la construcción y la fase de operación del relleno sanitario

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.1.2.2 Parámetros Climatológicos

El comportamiento del clima es de fundamental importancia en la operación de un relleno sanitario, ya que las distintas variables meteorológicas, como precipitaciones, humedad ambiente, índice de evaporación, dirección y velocidad del viento, entre otras, provocarán cambios en el comportamiento de los distintos componentes del relleno, como puede ser una mayor producción de lixiviados (por precipitaciones o altos índices de humedad) o dispersión de contaminantes gaseosos (por la dirección e intensidad de los vientos), que resulta necesario prevenir.

FICHA Nº 3		
Monitoreo de Aire	Parámetros climatológicos	
Objetivo(s)	Caracterizar la zona de relleno sanitario para disponer de información meteorológica básica.	
Riesgo y efecto relacionado	Producción de lixiviado. Dispersión de contaminantes gaseosos.	
Indicadores	Precipitación. Humedad Relativa Temperatura promedio, máxima y mínima Dirección y velocidad del viento Evaporación Presión barométrica	
Equipo	Pluviómetro, anemómetro, psicrómetro, termómetro, actinógrafo, evaporímetro, barómetro.	
Materiales y Métodos	<p>El seguimiento de las variables climatológicas en el área donde se ubica un relleno sanitario es muy importante, ya que los parámetros climatológicos como la precipitación, inciden notablemente en la operación de relleno y la producción de lixiviados. El operador del relleno sanitario debe recolectar en forma diaria los datos que permitan contar con registros actualizados para su correlación con las variables de operación del relleno.</p> <p>Para la consecución de los datos se puede solicitar el apoyo de la red meteorológica local, tomando los datos de las estaciones cercanas al proyecto, sin embargo para rellenos sanitarios donde se dispongan cantidades mayores a 500 toneladas diarias de residuos, se recomienda instalar equipos propios caso para el cual, en la operación, mantenimiento y calibración de los equipos, deberán acogerse las indicaciones y recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial.</p>	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Parámetros climatológicos	Diaria	Durante la construcción y la fase de operación del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.1.2.3 Partículas Viables Biológicas

FICHA Nº 4		
Programa de Monitoreo	Partículas Viables Biológicas (PVB)	
Objetivo(s)	Evaluación de los microorganismos presentes en el aire, a partir del muestreo que simula la respiración humana y los separa en respirables y no respirables	
Riesgo y efecto relacionado	Presencia de microorganismos patógenos en el aire. Afectaciones a la salud de las personas	
Indicadores	Partículas Biológicas respirables (colonias/l) Presencia específica de microorganismos (colonias/l)	
Equipo	Cabezal Andersen, cajas Petri con medios de cultivos selectivos. Bomba de succión de 1/10 de HP.	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etiquetar las cajas Petri con medios de cultivos (determinación, sitio de muestreo, zona de muestreo, fecha y tiempo de muestreo). • Limpieza del cabezal con fenol al 5% o alcohol. • Colocar los medios de cultivo en el cabezal Andersen. • Ubicar el punto de muestreo y colocar el equipo a una altura de 1,50m, para posteriormente hacer accionar la bomba durante el tiempo de muestreo a flujo constante. • Retirar las cajas Petri e incubar para su lectura e identificación en laboratorio. 	
Indicadores	Frecuencia	Duración
PVB respirables	Bimestral	Durante la fase de operación del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.1.3 Ruido

El ruido en este tipo de emprendimientos, está asociado con las tareas típicas del mismo: movimiento de suelos, operaciones con maquinaria pesada, circulación permanente de camiones, reparación de maquinarias, funcionamiento de equipos en la Planta de Separación, tareas de compactación, enfardado, trituración, etc. Por esto, y a los efectos de proteger la salud auditiva del personal del emprendimiento y del entorno circundante, se deben realizar monitoreos permanentes de los niveles sonoros, a los efectos de no superar los límites establecidos, y en caso de que así sea, tomar las medidas correctivas que correspondan.

FICHA Nº 5		
Monitoreo de Aire	Ruido	
Objetivo(s)	Medición de impulsos de presión para convertirlos en presión acústica en unidades de decibeles (dB)	
Riesgo y efecto relacionado	Generación de ruidos Afectaciones a la salud de las personas.	
Indicadores	Presión sonora (dB)	
Equipo	Decibelímetro Calibrador del sonómetro	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar la calibración del decibelímetro • Colocar el decibelímetro a un metro de altura del nivel del suelo, apuntando siempre al interior del área de estudio o equipo. • Mantener encendido el equipo y una vez que se va a determinar la siguiente lectura, se manipula la posición correspondiente, y automáticamente se recibe la señal de la intensidad de ruido más alta presente en este punto. • Es conveniente utilizar varias mediciones en un solo punto, además de verificar el manual del fabricante. 	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Presión sonora	Mensual	Durante las fases de construcción y operación.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.2 MONITOREO DE SUELO

Para el componente suelo, se deberá monitorear: 1) Migración del biogás en suelo, 2) Estabilidad del relleno, y 3) Densidad de compactación y permeabilidad del material de cobertura. A continuación se agregan las fichas tipo para la realización de los monitoreos previstos, en las cuales se indica en cada caso: objetivo, riesgo y efectos relacionados, indicadores, equipo a utilizar, materiales y métodos, frecuencia y etapa de aplicación.

2.2.1 Migración del Biogás en el Suelo

El movimiento del Biogás dentro del relleno es variable y depende de diversos factores como las características de los residuos dispuestos (índices de humedad), niveles de compactación, tipo de suelo de cobertura diaria, y también de las características específicas del suelo del sitio de emplazamiento, y además se debe tener en cuenta que las variables meteorológicas, pueden modificar este movimiento, por lo tanto resulta necesario el monitoreo de esta variable.

FICHA Nº 6		
Monitoreo de Suelo	Migración del Biogás en el Suelo	
Objetivo(s)	Determinar la presencia de biogás en el suelo de las áreas aledañas al modulo de operación.	
Riesgo y efecto relacionado	Riesgo de incendio y explosivos. Daños a la vegetación.	
Indicadores	Composición del biogás en el suelo (CH ₄ , CO ₂ , CO, O, H ₂ S).	
Equipo	Bulbo muestreador de gases, bomba de succión.	
Materiales y Métodos	Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima: <ul style="list-style-type: none"> • Se deben construir pozos de monitoreo del biogás en el suelo en los alrededores del área de disposición de residuos. • Recolectar la muestra en los pozos seleccionados donde previamente se ha adaptado un tapón y una manguera para conectar la bomba de succión de la muestra. • Tomar la muestra y transportarla lo más rápido posible al laboratorio de análisis. 	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Presencia del biogás en el suelo	Bimestral	Durante las fases de construcción, operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.2.2 Estabilidad del Relleno

La descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos dispuestos provoca que en las distintas fases del relleno, se produzcan movimientos en la masa de los residuos que pueden provocar hundimientos y asentamientos en distintos sectores. Esta situación debe ser monitoreada en forma permanente para evitar riesgos de deslizamientos e inestabilidad de la masa de vertido.

FICHA Nº 7		
Monitoreo de Suelos	Estabilidad del relleno	
Objetivo(s)	Determinar movimientos diferenciales o hundimientos de algunas áreas del relleno, que pueden poner en riesgo la obra o la integridad de las personas.	
Riesgo y efecto relacionado	Riesgo de deslizamientos Inestabilidad de la masa de vertido Asentamientos diferenciales y hundimientos	
Indicadores	Movimientos diferenciales y hundimientos Aumento de la presión interna de poros	
Equipo	Inclinómetros, piezómetros, equipo de topografía.	
Materiales y Métodos	<p>Se deben adelantar dos tipos de monitoreos para determinar la estabilidad: un monitoreo visual diario y un monitoreo semanal con base en instrumentación con equipos electrónicos (Inclinómetros y Piezómetros) en los puntos de control dentro del relleno sanitario.</p> <p>Se debe practicar un análisis de estabilidad con base en los perfiles, movimientos diferenciales y tiempos con que se están presentando, para determinar causas y tomar soluciones inmediatas. El análisis debe completarse con aerografías (para el caso de rellenos donde se dispongan más de 500 toneladas diarias) y chequeo con nivelación topográfica de los desplazamientos encontrados para lo cual se deben referenciar puntos de amarre o mojoneros en una malla topográfica.</p> <p>En caso de requerirse, se deberán tomar puntos adicionales de monitoreo y/o frecuencias más cortas, especialmente en áreas que presenten movimientos, con el fin de evaluarlos e implementar las medidas del caso.</p>	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Visual Instrumental	Diaria Semanal	Durante las fases de construcción, operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.2.3 Densidad de Compactación y Permeabilidad del Material de Cobertura

En la operación de todo relleno sanitario, resulta fundamental mantener la densidad de compactación proyectada, tanto para la masa de residuos como para el material de cobertura, a los efectos de optimizar la vida útil de las instalaciones, y por otra parte, dependerá de las características del material que se utilice para la cobertura el grado de infiltración de líquidos externos sobre la masa de los residuos dispuestos.

FICHA Nº 8		
Monitoreo de Suelos	Densidad de compactación y Permeabilidad del Material de Cobertura	
Objetivo(s)	Determinar la tasa de infiltración del agua a través del material de cobertura instalado.	
Riesgo y efecto relacionado	Generación de lixiviados.	
Indicadores	Tasa de infiltración	
Equipo	Pala, recipiente para agua, regla.	
Materiales y Métodos	<p>Para la ejecución de estas pruebas se debe dividir la zona donde se instaló la cobertura en un sistema de cuadrículas con porciones de áreas iguales, en cada una de las franjas en las que se dividió la zona de estudio se procede a realizar los ensayos de acuerdo con el siguiente procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se excavan hoyos con dimensiones horizontales de 0,30x0,30x0,30 m (se deben efectuar varios hoyos con profundidades diferentes de 0,15, 0,30 y 0,45 m, para establecer un perfil vertical de permeabilidad. • Raspar cuidadosamente las paredes y el fondo del hoyo. • Retirar del hoyo todo el material suelto y cubrir el fondo del mismo con una capa de arena o grava fina de 5 cm de espesor. • Llenar los hoyos con agua, 24 horas antes del ensayo, manteniendo el nivel entre 10 y 15 cm por encima de la capa de grava. • Si el agua permanece en el hoyo después de 24 horas, se añade agua y se espera que la misma se infiltre, inmediatamente se vuelve a llenar con agua hasta lograr una lámina de agua de 15 cm por encima de la capa de grava; se cronometra el tiempo que tarda en bajar los primeros 2,5 cm. Cuando el tiempo para descender 1 cm es menor de tres (3) minutos se debe repetir el ensayo por cinco veces. 	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Tasa de infiltración	Bimestral	Durante las fases de operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.3 MONITOREO DE AGUA Y EFLUENTES

Para el componente agua, se deberá monitorear: 1) Calidad del agua superficial, 2) Calidad del agua subterránea, 3) Composición y cantidad de lixiviados generados, y 4) Calidad de los efluentes de aguas residuales.

2.3.1 Calidad del Agua Superficial

En el límite noroeste del predio de implantación del proyecto se encuentra la traza del Canal Moyano, la cual recorre todo el límite del terreno. Este canal transporta los efluentes tratados de las piletas de tratamiento de efluentes cloacales de Campo Espejo, hacia la zona de ACRE (Área de Cultivos Restringidos), ubicada hacia el norte, y recibirá el excedente pluvial del Centro Ambiental. Este canal no se encuentra impermeabilizado.

Como el excedente pluvial del emprendimiento se volcará sobre el Canal Moyano, resulta necesario controlar la calidad físico-química del agua de vuelco. Si bien este canal transporta efluentes tratados, resulta necesario no superar los límites de base cero del canal, el cual es monitoreado en forma permanente por el Departamento General de Irrigación.

Dado que los objetivos de este programa son la protección de la salud pública y el ambiente, mediante la pronta detección de posibles descargas y/o derrames accidentales de líquido lixiviado en las aguas superficiales, se ha definido una Red de Estaciones de Monitoreo en el curso del Canal Moyano. Esta red está constituida por dos estaciones de monitoreo, una aguas arriba y otra aguas abajo del primer módulo, sobre el canal. Los planos correspondientes se pueden ver en **Anexo 9: Planos de Proyecto Ejecutivo**.

En la **Figura 2**, se puede observar la localización de las Estaciones de Monitoreo.

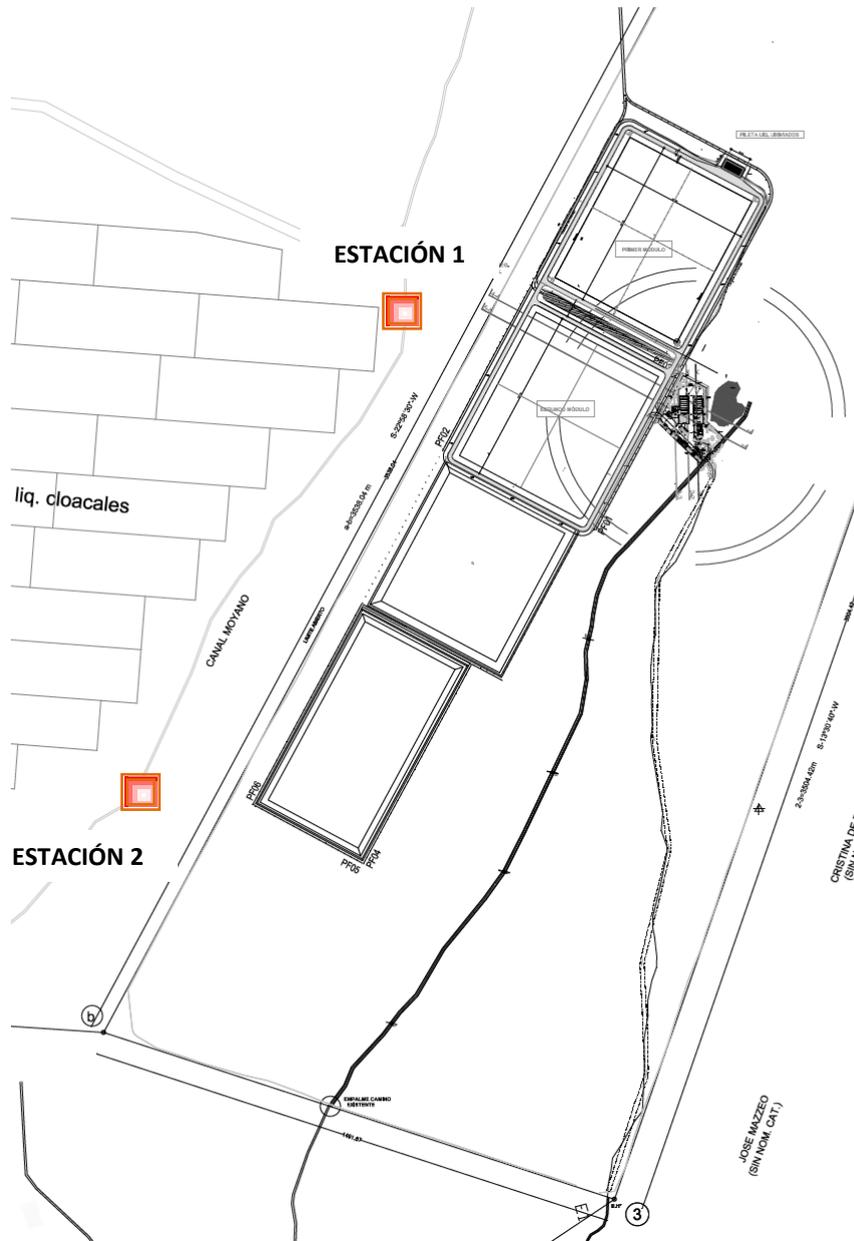


Figura 2: Localización Estaciones de monitoreo

Los parámetros a monitorear y frecuencia son los indicados en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

TABLA 7: *Parámetros a monitorear aguas superficiales.*

Tabla 7 – Parámetros a Monitorear Aguas Superficiales	
Parámetros	Frecuencia Recomendada de Monitoreo
Conductividad específica	Semestral
Sólidos disueltos totales	Semestral
Sólidos sedimentables 10 min y 2 hs.	Semestral
pH	Semestral
Cloruros	Semestral
Sulfuros	Semestral
Turbidez	Semestral
Oxígeno disuelto	Semestral
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Semestral
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Semestral
Alcalinidad total	Semestral
Nitratos	Semestral
Nitritos	Semestral
Sulfatos	Semestral
Nitrógeno total Kjeldhal	Semestral
Nitrógeno amoniacal	Semestral
Nitrógeno orgánico	Semestral
Hierro total	Anual
Cobre	Anual
Cadmio	Anual
Zinc	Anual
Cromo total	Anual
Manganeso	Anual
Níquel	Anual
Plomo	Anual
Arsénico	Anual
Mercurio	Anual
Detergentes	Anual
Hidrocarburos totales	Anual
Aceites y grasas	Anual
BTEX	Anual
Sustancias fenólicas	Anual
HAP's	Anual
Plaguicidas organoclorados y organofosforados	Anual

En la **TABLA 8** se plantea un esquema de monitoreo de aguas superficiales, a realizar durante la operación del módulo.

TABLA 8: Consideraciones particulares de monitoreo de aguas superficiales.

TABLA 8 – Consideraciones Particulares de Monitoreo de Aguas Superficiales		
Período	Característica	Actividades de Monitoreo
Primeros 6 Meses	Calidad del curso superficial	Control de calidad cada cuatro meses de los principales componentes característicos de calidad, de modo tal de evaluar la calidad del recurso y sus fluctuaciones
Ante contingencias		Ante eventos de contingencias debido a derrames o vertidos no intencionales, que pudieran escurrir hacia cursos superficiales cercanos al CA, se prevé la realización de determinación de calidad dentro de las primeras 48 horas y se continuará con este esquema cada 15 días, hasta la verificación de las condiciones de afectación del sistema.
Normal	Calidad del Curso Superficial	Control de calidad según lo establecido en la Tabla 4 .

A continuación se agregan las fichas tipo para la realización de los monitoreos previstos, en las cuales se indica en cada caso: objetivo, riesgo y efectos relacionados, indicadores, equipo a utilizar, materiales y métodos, frecuencia y etapa de aplicación.

FICHA N° 9		
Monitoreo de Agua	Calidad Fisicoquímica del Agua Superficial	
Objetivo(s)	Determinar la calidad fisicoquímica de los cuerpos de agua superficial en el área de influencia indirecta del proyecto.	
Riesgo y efecto relacionado	Contaminación del agua superficial. Calidad fisicoquímica del agua.	
Indicadores	pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Metales Pesados, DQO, DBO, Materia Orgánica, Amoníaco, Nitritos, Nitratos y el resto de los parámetros indicados en la Tabla 167.	
Equipo	Medidor de caudal, recipiente para recolectar la muestra, nevera portátil para conservar la muestra en frío, pHímetro, conductímetro, termómetro, oxímetro.	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <p>En las estaciones de muestreo localizadas en las fuentes superficiales de agua, en el área de influencia del relleno se medirá el caudal, la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad. Estas mediciones se toman en forma instantánea cada 30 minutos. Se tomará una muestra de agua cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 8 horas.</p>	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Calidad de agua	Semestral	Durante las fases de construcción, operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

FICHA N° 10		
Monitoreo de Agua	Calidad Biológica del Agua Superficial	
Objetivo(s)	Determinar la calidad biológica de los cuerpos de agua superficial en el área de influencia indirecta del proyecto.	
Riesgo y efecto relacionado	Contaminación del agua superficial. Calidad biológica del agua.	
Indicadores	Coliformes fecales, coliformes totales.	
Equipo	Red Surber, frasco para conservar macroinvertebrados, recipientes para tomar muestras de agua.	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <p>Se recolectan los macroinvertebrados mediante la red surber durante un lapso de tiempo determinado (cinco minutos) se depositan en los recipientes para transportarlos al laboratorio para su reconocimiento.</p> <p>En la recolección de la muestra para determinación de los coliformes totales y fecales deben observarse cuidados especiales para evitar la contaminación de la muestra.</p>	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Calidad biológica del agua	Semestral	Durante las fases de construcción, operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.3.2 Aguas Subterráneas

El monitoreo de aguas subterráneas tiene como objetivo detectar cambios en su calidad ocasionados por la contaminación por lixiviados o biogás producidos en el relleno sanitario.

La localización y número de pozos requeridos para monitorear el agua subterránea, depende de las condiciones geohidrológicas específicas del sitio. Una red de monitoreo de agua subterránea deberá contar de un número suficiente de pozos instalados en lugares apropiados y con la profundidad requerida, de tal forma que su instalación permita tomar muestras del agua subterránea para su posterior análisis y con ello determinar los lixiviados que han pasado debajo o a través de un área del sitio de disposición del relleno.

Acorde al funcionamiento geohidrológico de la zona en que asienta el proyecto para el Centro Ambiental El Borbollón, se determinó que la dirección del flujo de agua subterránea se presenta del suroeste al noreste. Tomando en consideración lo anterior y las especificaciones marcadas en la normatividad al respecto, se ha definido una Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas, que asegurarán la detección de cambios que se puedan producir en las mismas y que pueden tener como origen posibles descargas y/o fugas de sustancias potencialmente contaminantes.

Esta red de monitoreo se diseñó, teniendo en cuenta las características de las aguas subterráneas, el tipo de acuífero, y las direcciones y sentido de escurrimiento de éstas. La red está compuesta por una serie de pozos de monitoreo (freático), situados cercanos a los límites del predio (dentro del área perimetral de amortiguación), aguas arriba y aguas abajo del primer módulo de disposición final. Los planos correspondientes, donde se indica la localización de los pozos de monitoreo se acompañan en **Anexo 1: Planos de Proyecto Ejecutivo**.

En la **Figura 3** y en la **Figura 4**, se puede apreciar es esquema de localización de los 4 pozos de monitoreo, con relación al emplazamiento del Módulo 1 y el detalle constructivo del pozo de monitoreo.

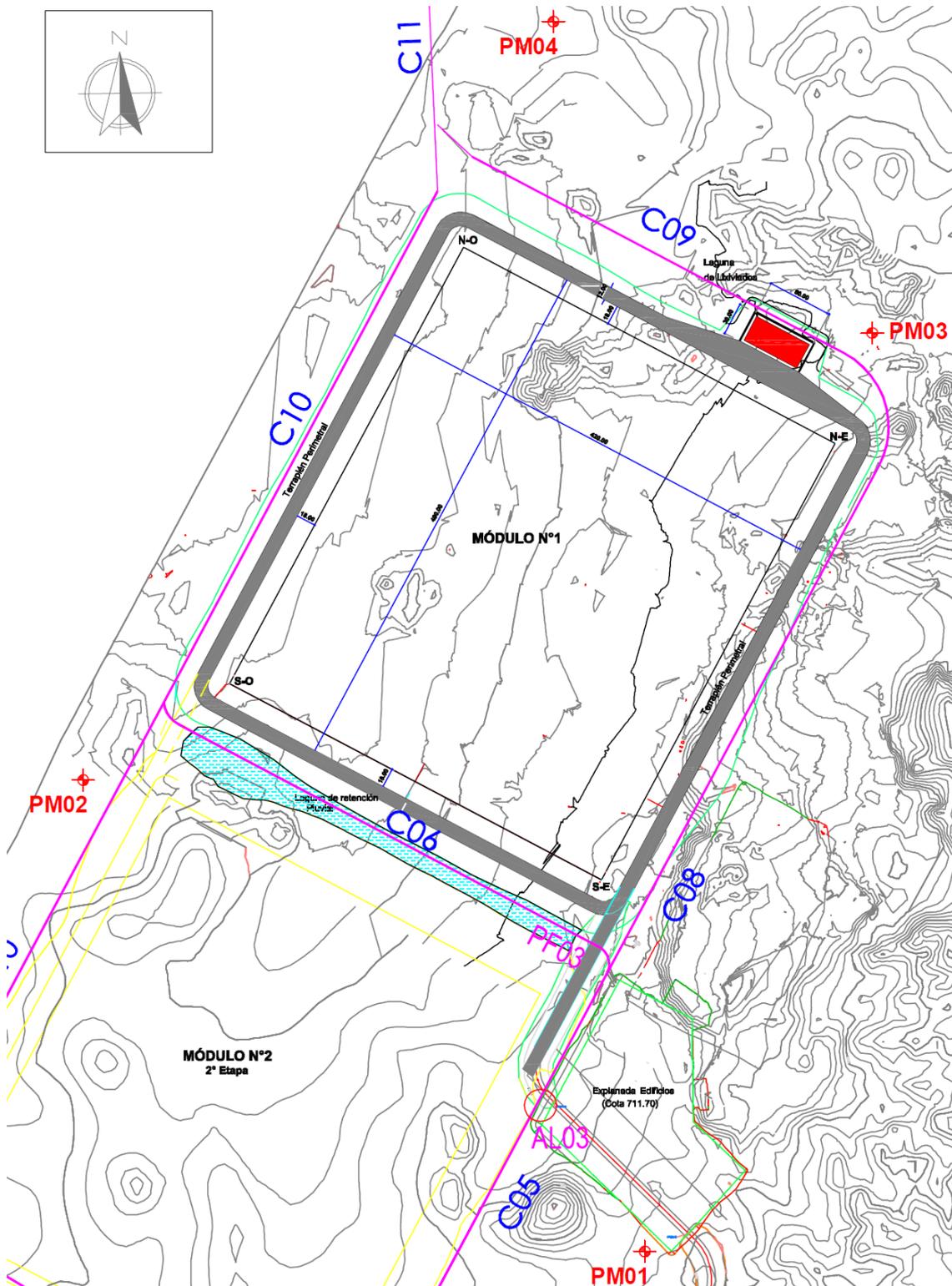


Figura 3: Localización de pozos de monitoreo de agua subterránea

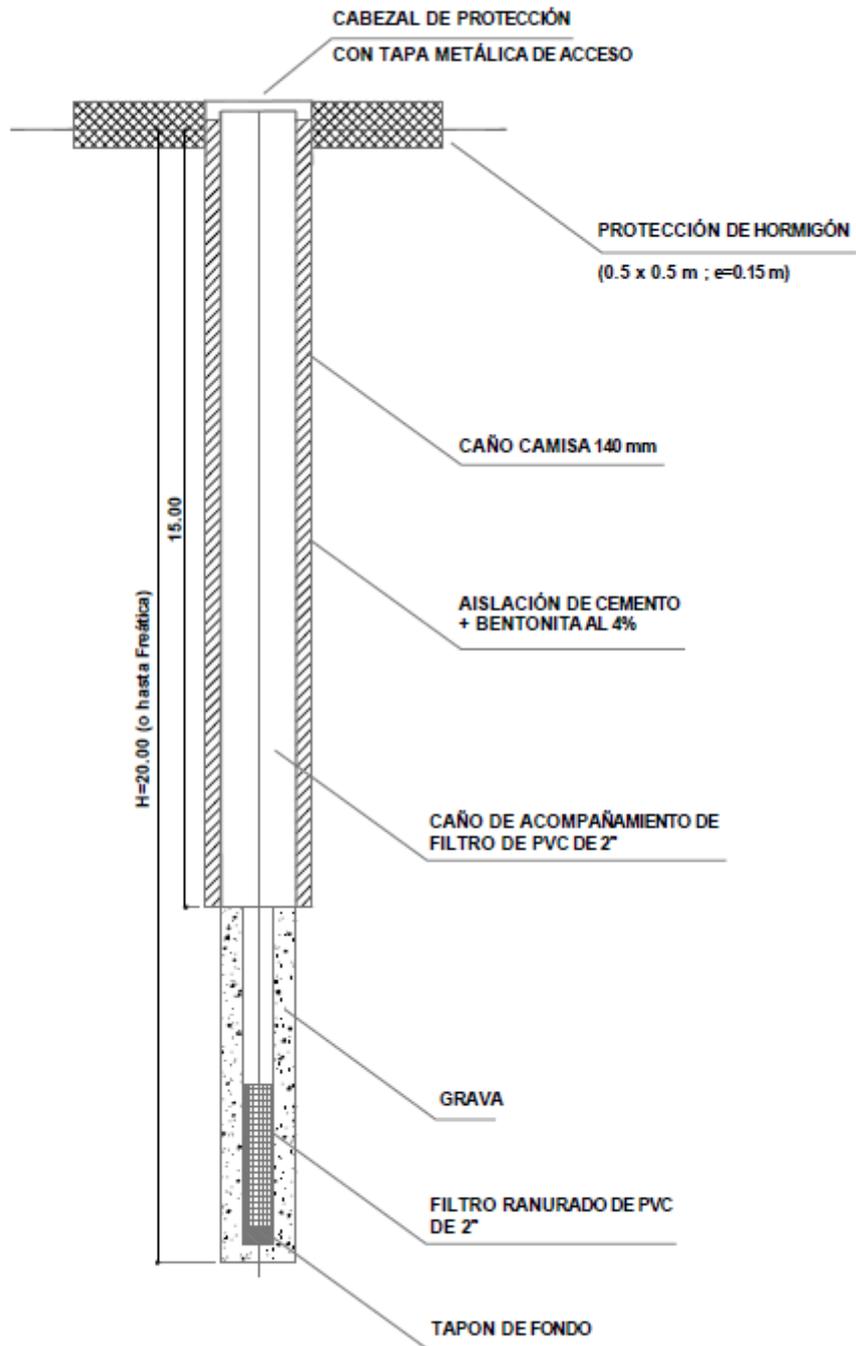


Figura 4: Detalle constructivo del pozo de monitoreo de agua subterránea

2.3.2.1 Parámetros a monitorear y frecuencia

Se definieron los parámetros a monitorear y la frecuencia de monitoreo teniendo en cuenta la calidad de los acuíferos, y los componentes que pueden estar presentes en los lixiviados.

TABLA 9: Parámetros de agua subterránea a monitorear.

TABLA 9 – Parámetros de agua subterránea a monitorear	
Parámetros	Frecuencia Recomendada de Monitoreo
Conductividad específica	Semestral
Color	Semestral
pH	Semestral
Cloruros	Semestral
Turbidez	Semestral
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Semestral
Nitrógeno total Kjeldhal	Semestral
Nitrógeno Amoniacal	Semestral
Sulfatos (SO ₄)	Semestral
Alcalinidad total (HCO ₃ ó CO ₃)	Semestral
Dureza total (CaCO ₃)	Semestral
Calcio (Ca)	Semestral
Magnesio (Mg)	Semestral
Sodio (Na)	Semestral
Potasio (K)	Semestral
Fosfatos (PO ₃)	Anual
Hierro Total	Anual
Cobre (Cu)	Anual
Cromo Total	Anual
Manganeso (Mn)	Anual
Níquel (Ni)	Anual
Plomo (Pb)	Anual
Arsénico (As)	Anual
Mercurio (Hg)	Anual
Cianuro (CN)	Anual
BTEX	Anual
Sustancias Fenólicas	Anual
Hidrocarburos Totales	Anual
HAP's	Anual
Plaguicidas Organoclorados	Anual
Plaguicidas Organofosforados	Anual

2.3.2.2 Consideraciones para la Etapa de Operación

Durante la construcción del primer módulo, así como durante los primeros meses de iniciadas las operaciones del Centro Ambiental, se desarrollará el esquema de monitoreo de aguas subterráneas, sugerido en la **TABLA 10**.

TABLA 10: Consideraciones particulares del monitoreo de aguas superficiales

TABLA 10 – Consideraciones Particulares del Monitoreo de Aguas Subterráneas		
Período	Característica	Actividades de Monitoreo
Primeros 6 Meses	Calidad del acuífero	Control de calidad mensual de los principales componentes característicos de calidad, de modo tal de evaluar la calidad del recurso y sus fluctuaciones
6 a 12 Meses	Calidad del acuífero	Control de calidad trimestral de los principales componentes característicos de calidad, de modo tal de evaluar la calidad del recurso y sus fluctuaciones
Ante contingencias		Ante eventos de contingencias debido a derrames o fugas, del sistema de impermeabilización de las celdas, se prevé la realización de determinaciones dentro de las primeras 48 horas y se continuará con este esquema cada 15 días, hasta la verificación de las condiciones de afectación del sistema.
Normal	Calidad del acuífero	Control de calidad según lo establecido en la TABLA 2.

La información se registrará adecuadamente para facilitar las evaluaciones pertinentes, de modo tal de detectar en forma temprana cualquier cambio en la calidad del agua, originado en una eventual contaminación y/o por errores del muestreo o análisis. Asimismo, se detectará cualquier cambio en la dirección o caudal del agua subterránea, requiriendo en ese caso el desarrollo de una evaluación hidrogeológica adicional. Por otra parte, se prevé la realización de inspecciones a los pozos en forma mensual y el desarrollo de un mantenimiento preventivo de éstos.

Se recomienda que si durante un período mayor a 2 años algún parámetro incluido dentro del Programa de Monitoreo presentara valores inferiores a los límites de detección establecidos, se podría disminuir la frecuencia de toma de muestra para este parámetro específico.

A continuación se agregan las fichas tipo para la realización de los monitoreos previstos, en las cuales se indica en cada caso: objetivo, riesgo y efectos relacionados, indicadores, equipo a utilizar, materiales y métodos, frecuencia y etapa de aplicación.



FICHA N° 11

Monitoreo de Agua	Calidad Físicoquímica del Agua Subterránea	
Objetivo(s)	Determinar la calidad físicoquímica del agua subterránea en el área de influencia indirecta del proyecto.	
Riesgo y efecto relacionado	Contaminación del agua subterránea. Calidad físicoquímica del agua subterránea.	
Indicadores	PH, conductividad, oxígeno disuelto, metales pesados, DQO, DBO, Materia Orgánica, Amoníaco, Nitritos, Nitratos y el resto de los parámetros establecidos en la Tabla 159.	
Equipo	Pozo de muestreo, bomba de succión, pHmetro, conductímetro, termómetro, oxímetro, recipientes para la toma de muestra, ect.	
Materiales y Métodos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <p>En los pozos de muestreo adecuados para la toma de agua subterránea se succiona la muestra desechando la primera parte de ésta, se recolecta la muestra y se miden la temperatura, el pH, el Oxígeno disuelto y la conductividad, así como la profundidad a la cual se extraje la muestra. Se preserva la muestra de acuerdo con el tipo de parámetros a determinar y se traslada al laboratorio para su determinación.</p> <p>Previa la toma de muestras en los pozos, éstos se deben abatir, es decir se debe evacuar el agua acumulada en ellos, posteriormente se debe dar un tiempo de recuperación del nivel freático para proceder a la toma de la muestra a analizar (10 minutos aproximadamente).</p> <p>Las especificaciones técnicas para la construcción de los pozos de monitoreo para aguas subterráneas serán dadas por el Departamento General de Irrigación.</p>	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Calidad del agua subterránea	Semestral	Durante las fases de construcción, operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.3.3 Lixiviados

El líquido lixiviado que se genera en los rellenos sanitarios, se define como una solución, resultado de la disolución y suspensión de algunos constituyentes de los residuos en el agua que los atraviesa. Los factores que afectan la calidad y cantidad de lixiviados, incluyen:

- Edad de los residuos.
- Tipo y composición química de los residuos.
- Humedad de los residuos.
- Régimen de clima y humedad (efectos estacionales).
- Compactación, procesamiento y otros aspectos de la operación del relleno.
- Temperatura y pH en el relleno.
- Presencia de grandes cantidades de lodos municipales, industriales o residuos industriales.
- Espesor de la capa de residuos.
- Permeabilidad, espesor, compactación y pendiente de la cubierta diaria y final.

Dado el riesgo que representa la migración de lixiviado en cualquier sitio de disposición final, por la potencial contaminación hacia los cuerpos de agua subterránea y superficial, es indispensable contar con un programa de monitoreo con la finalidad de prevenir estos eventos. Los componentes de los lixiviados y las concentraciones de los mismos encontrados en sitios de disposición final de residuos sólidos municipales se muestran en la **TABLA 11**.

TABLA 11: Ámbitos encontrados en lixiviados

TABLA 11 – Ámbitos encontrados en lixiviados	
Componente	Ámbito (mg/l o ppm)
Alcalinidad Total como CaCO ₃	4.000 – 25.540
Arsénico	0,04
Cadmio	0 – 0,025
Calcio	0 – 0,025
Cianuros	0
Cinc	25 – 30
Cloruros	1.325 – 8.870
Cobre	0 – 0,6
Conductancia Específica	7.400 – 32.000 en µmhos/cm
Cromo Total	0 – 8,7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	380 – 52.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1.870 – 62.320
Dureza Total	1.800 – 11.000
Fluoruros	6 – 0,8
Fósforo Total	

TABLA 11 – Ámbitos encontrados en lixiviados

Componente	Ámbito (mg/l o ppm)
Hierro Total	7 – 1.600
Magnesio	396 – 995
Manganeso	5 – 40
Mercurio	0,008
Nitratos	0
Nitritos	2 – 1,2
Nitrógeno Amoniacal	5 – 1.420
Nitrógeno Orgánico	46 – 1.889
Oxígeno Disuelto	0
Potencia de Hidrógeno (pH) (sin unidad)	6,3 – 7,9
Plomo	0 – 2,0
Potasio	365 – 1.270
Sólidos Totales	1.700 – 16.460
Sodio	490 – 4.920
Sulfatos	40 – 1.000
Fenol	18
Detergentes (SAAM)	7 – 233
Turbiedad	128 – 1.500 en UNT

Fuente: González Urdela J. Lorenzo – Monitoreo Ambiental en Rellenamientos Sanitarios – Primer Congreso Mundial de Ingeniería Sanitaria – Vol XXXVI, Enero – Marzo de 1982, pag. 40

Los monitoreos sobre los lixiviados extraídos servirán para evaluar la calidad del lixiviado producido en el relleno y su afectación potencial a las aguas subterráneas.

Para la determinación de la composición del lixiviado se tomarán muestras del material extraído, y en cuanto a su afectación a las aguas subterráneas, lo mismo se pondrá en evidencia en el monitoreo de los pozos para el control de las mismas.

A continuación se agregan las fichas tipo para la realización de los monitoreos previstos, en las cuales se indica en cada caso: objetivo, riesgo y efectos relacionados, indicadores, equipo a utilizar, materiales y métodos, frecuencia y etapa de aplicación.

FICHA N° 12		
Monitoreo de Agua	Cantidad y Composición del Lixiviado	
Objetivo(s)	Determinar la cantidad y composición del lixiviado generado por la descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario.	
Riesgo y efecto relacionado	Contaminación del agua superficial y subterránea. Calidad fisicoquímica del agua superficial y subterránea.	
Indicadores	Producción de lixiviado. pH. Conductividad. Sólidos. Metales Pesados. DQO. DBO. Amoníaco. Nitritos. Nitratos. Caudal.	
Equipo	Canaleta de Aforo, pHmetro, Conductímetro, termómetro, oxímetro, recipientes para la toma de muestra, nevera portátil para conservar la muestra en frío.	
Materiales y Equipos	<p>Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima:</p> <p>Se debe instalar una canaleta de aforo la cual debe ser calibrada para la medición del caudal de lixiviado. En el sitio de aforo del lixiviado se toma la muestra. En la estación de muestreo se mide el caudal, la temperatura, el pH, y la conductividad. Estas mediciones se toman en forma instantánea cada 20 minutos.</p> <p>Se toma una muestra de agua cada 20 minutos, durante un lapso de tiempo de 8 horas.</p>	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Caudal de Lixiviado Composición del Lixiviado	Diaria Bimestral	Durante las fases de operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

2.3.4 Aguas Residuales

Los líquidos cloacales generados en el sector de Edificios Complementarios, serán tratados en una Planta compacta para el tratamiento de efluentes cloacales, y el líquido resultante se utilizará para el riego de forestales, para lo cual deberá cumplir con los parámetros establecidos en la legislación vigente. En tanto los líquidos provenientes de la limpieza de la planta de separación, se almacenarán en una cisterna y luego serán transportados a la pileta de evaporación de líquidos lixiviados.

FICHA Nº 13		
Monitoreo de Agua	Aguas Residuales	
Objetivo(s)	Implementar un sistema de monitoreo y seguimiento que permita conocer el funcionamiento de cada uno de los sistemas de tratamiento con el fin de cumplir con las regulaciones ambientales existentes al respecto.	
Riesgo y efecto relacionado	Contaminación del agua superficial Calidad fisicoquímica del agua superficial Vertidos de agua residual.	
Indicadores	pH. Conductividad. Sólidos. DQO. DBO. Amoníaco. Nitritos. Nitratos. Caudal. Carga contaminante.	
Equipo	Cajas de aforo, pHmetro, conductímetro, oxímetro, recipientes para la toma de muestra, nevera portátil para conservar la muestra en frío.	
Materiales y Métodos	Se sugieren los materiales a utilizar y métodos para la realización de esta tarea, los cuales pueden ser reemplazados o complementados con metodologías que pudieran resultar más eficiente. Es decir la siguiente información se acompaña a modo de guía mínima: Recolectar la muestra en las cajas de aforo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, donde igualmente se mide el caudal, la temperatura, el pH y la conductividad del agua residual. La muestra se transporta al laboratorio, preservada a 4°C.	
Indicadores	Frecuencia	Duración
Calidad de las aguas residuales	Bimestral	Durante las fases de operación, clausura y post-clausura del relleno sanitario.

FUENTE: Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios – Ministerio del Medio Ambiente de Colombia

3. METODOLOGIA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA

Los muestreos se realizarán en forma conjunta entre la autoridad de aplicación provincial y municipal, y laboratorios de la zona, bajo la dirección de personal del Gobierno de la Provincia de Mendoza.

Los muestreos contarán con la documentación respaldatoria – Certificados de Cadena de Custodia y Protocolos para Informe.

4. CONSIDERACIONES GENERALES

La información se registrará adecuadamente para facilitar las evaluaciones pertinentes, de modo tal de detectar en forma temprana cualquier cambio en la calidad del agua originado en una eventual contaminación y/o por errores del muestreo o análisis.