

**REGLAMENTO OPERATIVO RELLENO SANITARIO – PARQUE ECOLÓGICO Y  
TECNOLÓGICO ANDALUCÍA**



**URBASER COLOMBIA S.A E.S.P**

**2023**

Dirección: Calle 17 #6-34 Barrio centro Teléfono: 752 4837  
Montenegro - Quindío  
2023

Tabla de contenido

1.	Actividades Operativas .....	4
2.	Condiciones de acceso al Relleno Sanitario - Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía .....	7
3.	Elementos de protección obligatorios en el relleno sanitario .....	9
4.	De la Licencia Ambiental .....	9
5.	Compactación de los residuos .....	18
6.	Control del agua de infiltración y de escorrentía .....	23
7.	Recolección y tratamiento de lixiviados .....	26
8.	Recolección, concentración y venteo de gases. ....	29
9.	Actividades y acciones de manejo y control para la estabilidad de taludes .....	30
10.	Equipos e instalaciones de instrumentación .....	32
11.	Procedimientos constructivos .....	33
12.	Calidad y cantidad de materiales a utilizar en la operación del relleno.....	42
13.	Equipo y maquinaria requerida .....	43
14.	Personal requerido y calidad de profesionales .....	43
15.	Procesos operativos desde la entrada de los residuos hasta su disposición final.	47
16.	Planos y esquemas de los procesos e instalaciones en el relleno.....	48
17.	Programa de seguridad industrial a aplicar en la construcción y operación del relleno sanitario.....	49
18.	Criterios operacionales .....	49
19.	Plan de emergencias y contingencias .....	58
20.	Anexos.....	59

**REGLAMENTO OPERATIVO RELLENO SANITARIO – PARQUE ECOLÓGICO Y TECNOLÓGICO  
ANDALUCÍA**

La Gerencia General de Urbaser Colombia S.A E.S.P., en uso de sus atribuciones legales y en cumplimiento a lo estipulado en el decreto 838 de 2005, mediante el cual, el “prestador del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, deberá formular y desarrollar antes del inicio de la operación un reglamento operativo, que se dé a conocer a los usuarios al momento de la solicitud de acceso al servicio (...)” y teniendo en cuenta que, el Decreto 838 de 2005, fue compilado en el Decreto 1077 de 2015 por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio y que, el Decreto 1784 de 2017 modificó y adicionó el capítulo 3 del título 2 de la parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo. Se modifica el presente reglamento para la operación del Relleno Sanitario - Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía en el cual se disponen los residuos sólidos generados en la en el departamento de Quindío y algunos municipios del norte del Valle del Cauca.

**CONSIDERANDO**

Que Urbaser Colombia S.A E.S.P., como la empresa propietaria y responsable de la adecuación, construcción, operación, cierre y clausura, pos clausura, desmantelamiento y abandono del Relleno Sanitario “Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía”, en cumplimiento de los requisitos legales, ha dispuesto modificar el reglamento operativo con fundamento en las modificaciones contenidas en el decreto 1784 de 2017.

Que como compañía prestadora del servicio de aseo tiene el compromiso de velar por la adecuada operación del Relleno Sanitario y establecer normas internas que permitan dar cumplimiento a los requerimientos técnicos, operativos y jurídicos concernientes al sitio de disposición final.

En este sentido, buscando ser eficientes y eficaces en nuestra labor se desarrolla este documento en el cual se plasman una serie de procedimientos mínimos para la correcta

realización de las actividades que conllevan una adecuada disposición final de residuos y sus actividades complementarias y derivadas.

**1. Actividades Operativas**

**1.1. Cronograma de actividades**

De acuerdo con los requisitos descritos en las especificaciones de obras a realizar en desarrollo del proyecto Relleno Sanitario - Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía, como resultado del diseño técnico y operativo, se obtiene en función del tiempo un listado de actividades encaminadas a asegurar la operatividad confiable y continua, para así mismo impedir el surgimiento de emergencias sanitarias y dar pleno cumplimiento a la normativa ambiental aplicable.

*Tabla 1. Cronograma de actividades.*

ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	ESCALA DE TIEMPO POR AÑO											
		MES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>OPERACIÓN DE RESIDUOS</b>													
1	<b>Manejo de aguas lluvias</b>												
	Limpieza de canales y cajas de aguas lluvias												
	Construcción de canales para manejo de aguas lluvias												
	Impermeabilización decanales con geomembrana HDPE 20 mils												
2	<b>Operación con residuos</b>												
	Disgregación, extendida y conformación de residuos sólidos												
	Colocación de cobertura sintética intermedia												
	Prueba de densidad de residuos												
3	<b>Vía acceso a frente de descargue (a=10.0m, arcilla 1.20 m y recebo 0.30)</b>												
	Colocación y compactación de arcilla (e=0.60) para acceso a descargue												
	Suministro y compactación recebo común (e=0.30) para acceso a descargue												

<b>Realce de chimeneas para evacuación de gases</b>																						
4	Malla gavión o malla electrosoldada para chimeneas																					
	Piedra rajón chimeneas gases D=hasta 12"																					
	Tubo perforado HDPE o novafort D=6" para cuerpo chimenea																					
<b>Drenes Intermedios en rajón entre la cobertura (0.40m*1.0m)</b>																						
5	Excavación en relleno para drenes intermedios en rajón																					
	Suministro/colocación material granular drenes intermedios (rajón, H=0.40 a=1.0)																					
<b>Manejo de brotes de lixiviado (1*1; piedra rajón – geotextil - manguera)</b>																						
6	Excavación en masa de residuos																					
	Piedra/rajón para brotes D=hasta 10"																					
	Suministro e instalación de geotextil para brotes (a=1.0m)																					
<b>Operación del relleno</b>																						
7	Aseo y limpieza de áreas de trabajo																					
	Conformación, extendida, disgregación y compactación de los residuos																					
	Instalación y mantenimiento de la cobertura temporal																					
	Control de olores y vectores																					
	Elementos de ferretería y herramienta para oficios varios																					
<b>Manejo y tratamiento de lixiviados</b>																						
8	Extracción de lixiviados de masa de residuos por medio de redes de conducción y puntos de captación																					
	Conducción de lixiviados desde el sistema de almacenamiento a PTL y masa de residuos																					
	Mantenimiento del sistema de almacenamiento de lixiviados																					
	Mantenimiento del sistema de tratamiento de lixiviados																					
	Manejo de lodos																					
<b>Mantenimiento de vías</b>																						
9	Mantenimiento vía externa (afirmado y maquinaria)																					



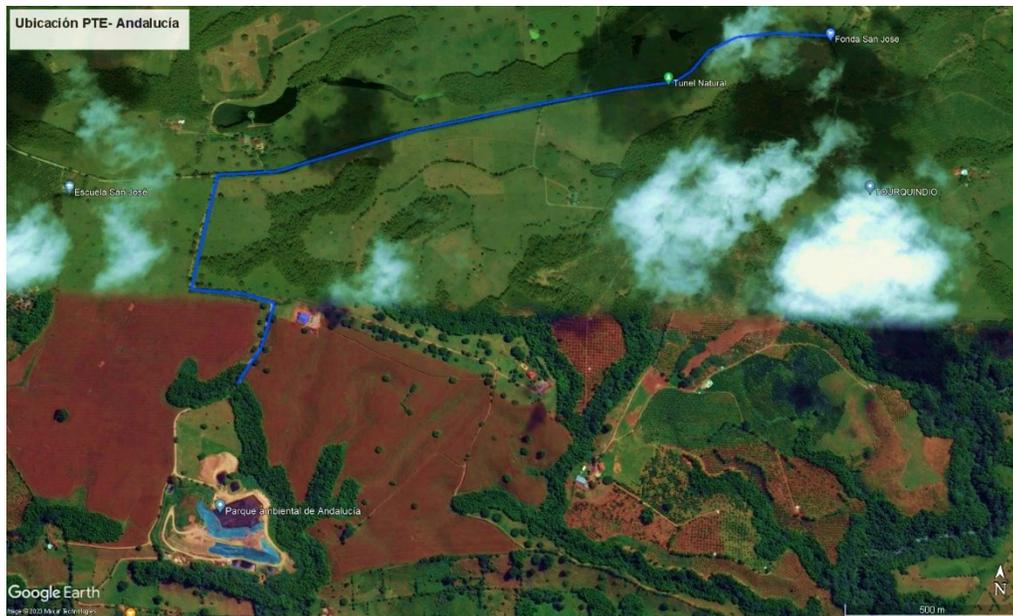
## 2. Condiciones de acceso al Relleno Sanitario - Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía

### 2.1. Por el usuario

Acceso al servicio por parte de las personas prestadoras de aseo:

El acceso al Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía se realiza por la vía La Tebaida - Montenegro, aproximadamente en el kilómetro 2, desviándose a la izquierda, en lo que se constituye la entrada a la vereda San José, cuya característica es el túnel arbolado natural. Una vez se cruza este túnel natural, de 2 Km se encuentra la entrada a la izquierda, para terminar de acceder por 1,4 kilómetros aproximadamente de vía destapada hasta el sitio de disposición final.

*Imagen 1. Ubicación PTE Andalucía*



*Fuente: Google Earth, 2023*

Este acceso se encuentra en buen estado y permanece en constante mantenimiento por parte de Urbaser Colombia S.A E.S.P., por lo que se asegura continuidad en el servicio de disposición final de residuos sólidos ordinarios. El ancho de la vía interna es

suficientemente amplio; de aproximadamente 7m como para permitir el paso de dos vehículos que se encuentren simultáneamente.

Las condiciones para que las empresas prestadoras del servicio de aseo puedan ingresar al Relleno Sanitario - Parque Ambiental Andalucía se describen a continuación:

- Presentar previamente al ingreso los pagos de seguridad social vigentes (EPS, ARL) de la tripulación (conductor y operarios).
- La velocidad máxima permitida es de 20 Km/h.
- Todos los vehículos deben cumplir con las obligaciones y requisitos citadas en el Decreto 1077 del 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio." para el transporte de residuos.
- Toda la tripulación debe usar los elementos de protección personal exigidos.
- Todos los tripulantes deberán acatar las instrucciones de los supervisores y/o personal administrativo del sitio de disposición final de residuos sólidos ordinarios.
- No está permitido el ingreso de menores de edad.
- No se permite el ingreso de mujeres en estado de embarazo.
- No se permite el ingreso de personal para actividades de reciclaje.

Tabla 2. Prohibiciones adicionales en el vaso de disposición final de residuos sólidos ordinarios.



### 3. Elementos de protección obligatorios en el relleno sanitario

El personal del relleno sanitario se encuentra obligado a la utilización de los elementos de protección personal de acuerdo con las actividades desarrolladas.

*Tabla 3. Elementos de protección personal en el sitio de disposición final.*

 Casco de seguridad	 Gafas de seguridad
 Overol	 Bota de caucho con puntera
 Guantes cortos de vaqueta	 Guantes hycron con recubrimiento de nitrilo (tratamiento de lixiviado)
<p><b>Materiales</b></p>  <p>Clip para la nariz Reforzado y suabierta con material poliester para mayor seguridad.</p> <p>Banda Elástica: Asimétrica para ajuste, hecha con algodón y caucho.</p> Mascarilla industrial	 Protector auditivo de inserción

### 4. De la Licencia Ambiental

El POT del municipio de Montenegro 2000 - 2006, actualizado mediante acuerdo No 007 de septiembre 10 de 2011, “Por medio del cual se adoptan los ajustes al plan básico de

ordenamiento territorial del municipio de Montenegro” define como zona para disposición final de residuos sólido en el corto plazo, el área dentro de la cual se encuentra ubicado el Relleno Sanitario - Parque Ambiental Andalucía conforme a la licencia ambiental vigente por la vida útil del mismo.

La Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) otorgó Licencia Ambiental para el proyecto relleno sanitario Andalucía mediante la Resolución 357 de 24 de mayo de 1.999. Como característica especial de esta licencia se encuentra que, SE PROHIBE HACER CUALQUIER TIPO DE VERTIMIENTOS, lo cual no es coherente con la operación de un relleno sanitario donde hay una generación permanente de lixiviados que deben ser tratados y vertidos. Ante esta condición, Urbaser Colombia S.A E.S.P. se encuentra en proceso de concertación de modificación de la licencia ante la CRQ, logrando obtener un permiso temporal de vertimientos tratados, ante la inminente posibilidad de desestabilización de la masa de residuos en el relleno sanitario demostrada al ente de control.

El Relleno Sanitario - Parque Ambiental Andalucía se clasifica como de Categoría II, conforme a lo definido en el Decreto 1784 del 2 de noviembre de 2017. Las actividades de operación, las obligaciones y labores de monitoreo y seguimiento se desarrollan en cumplimiento de la Resolución 0938 de 19 de diciembre de 2019, reglamentaria del Decreto 1784, y de la Licencia Ambiental y permisos ambientales actualmente vigentes.

#### *Origen de los residuos sólidos*

El relleno sanitario Andalucía sólo recibe residuos de origen doméstico, urbano, comercial y de barrido ordinario. Se prohíbe el ingreso y disposición de residuos peligrosos al relleno, así como de lodos que no sean provenientes de procesos y actividades propias del relleno. Se permite el ingreso de RCD que tengan una destinación de uso definida como aprovechamiento en mantenimiento o mejoras viales, construcción de terraplenes, llenos o muros estructurales.

#### *Caracterización y cantidad de residuos sólidos a entregar*

Se hace recepción exclusiva de residuos ordinarios tales como papel, cartón, plástico, polvo de barrido, envases de cartón, huesos, caucho, goma, cuero, madera, vidrio, latas de aluminio, metales, productos de jardinería, cerámica, residuos orgánicos, entre otros siempre y cuando estos no sean clasificados como residuo peligroso o especial según la normatividad vigente.

Se hará caracterización de los residuos dispuestos en el relleno, considerando la muestra como un todo, de forma anual. La caracterización particular de residuos para cada municipio o usuario del relleno debe ser realizada por el operador del servicio de recolección y transporte, conforme a lo dictado por la normativa vigente. Esto no obsta para que la Empresa pueda adelantar alguna caracterización para validación de la información y cuyo costo se cargará al usuario del servicio; tampoco impide que la Empresa establezca un convenio o contrato con el usuario para realizar la caracterización de sus residuos particulares.

**Horario de recepción de residuos:**

Si bien el relleno sanitario cuenta con disponibilidad de uso y operación durante las 24 horas del día, 7 días a la semana, el horario corrientemente convenido y permitido para la recepción de residuos es:

<b>Inicio de operación</b>	<b>Fin de Operación</b>
Lunes 07:00 am	Martes 01:00 am
Martes 07:00 am	Miércoles 01:00 am
Miércoles 07:00 am	Miércoles 01:00 am
Jueves 07:00 am	Jueves 01:00 am
Viernes 07:00 am	Viernes 01:00 am
Sábado 07:00 am	Domingo 01:00 am
Domingo 07:00 am	Domingo 04:00 pm

No obstante, en caso de que por fuerza mayor o caso fortuito se altere el horario antes indicado, URBASER COLOMBIA S.A. E.S.P. informará oportunamente. En este sentido, el Relleno Sanitario tiene la capacidad de ampliar su operación a 24 horas, acorde con los requerimientos para atender nuevos usuarios/servicios o para atender situaciones de contingencia que se puedan presentar en otros municipios y que presenten la necesidad de realizar la disposición final en el relleno sanitario Andalucía.

Por el prestador del servicio

El Relleno Sanitario Parque Ambiental Andalucía mantendrá disponible la siguiente información:

- Capacidad operativa instalada, la cual se dará en ton/día.
- Capacidad operativa ocupada, dato brindado en ton/día.
- Capacidad operativa adicional disponible para nuevos usuarios, dato brindado en ton/día en un tiempo no mayor a 5 días.
- Flujo promedio diario de residuos sólidos en ton/día, que se están disponiendo en el relleno sanitario, al momento de la solicitud de acceso al servicio.
- Capacidad operativa requerida para disponer, tanto los residuos que se vienen disponiendo, como los residuos para los cuales potencialmente se solicite acceso al servicio.

La información anteriormente mencionada se actualizará de manera mensual y se verá en la valla de información, visible para todo el personal que interactúe con el proyecto.

Imagen 2. Valla de información



## FRENTES DE TRABAJO

Se dispondrá de un solo frente de trabajo de forma ordinaria. Sólo podrá apreciarse un segundo frente de trabajo en caso de cambio de sitio de descarga, labores de cierre o ante una contingencia.

**Descripción Frentes de Trabajo:** El ingreso al relleno sanitario, las barreras, casillas de control de ingreso y vigilancia se encontrará indicado y enunciado con carteles diagramados.

**Acceso a la plataforma de descarga:** Para llegar a las plataformas del relleno desde la vía principal de acceso, el ingeniero residente debe prever la construcción de vías temporales de acceso a los diferentes frentes de trabajo dentro del relleno como, plataforma de descargue, área de descargue, chimeneas, etc. Estas vías deben permanecer en buen estado independientemente de la época y condiciones de tiempo que se atraviese.

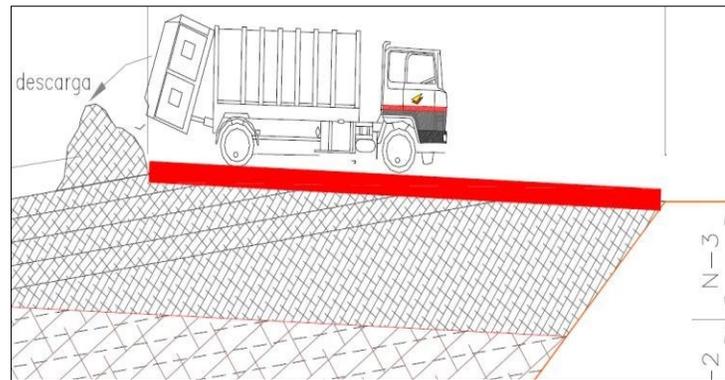
Luego recibir las instrucciones en la plataforma de descargue, un operario del relleno indica al vehículo el sector definido por el ingeniero residente, para realizar el descargue, así evitará congestiones.

**Tránsito interno de los vehículos recolectores y particulares:** El desplazamiento interno consiste básicamente en conducir el vehículo desde el punto de pesaje hasta el relleno sanitario. El tránsito no debe exceder una velocidad de 20 Km/h; debe conducir con las luces bajas encendidas durante todo el tiempo que se encuentre dentro de las instalaciones del relleno sanitario; debe usar el cinturón de seguridad; no se debe manipular el celular y se debe conducir siempre por su derecha. Estas recomendaciones aplican tanto para la movilización hacia el punto de descarga de residuos como para su retorno hacia la puerta de salida del relleno sanitario Andalucía.

**Vertimiento de desechos:** Al terminar cada vía operativa en el relleno sanitario, se encuentra una plataforma habilitada para el descargue de los vehículos. Esta tendrá el área necesaria para permitir el giro y las demás maniobras de los carros.

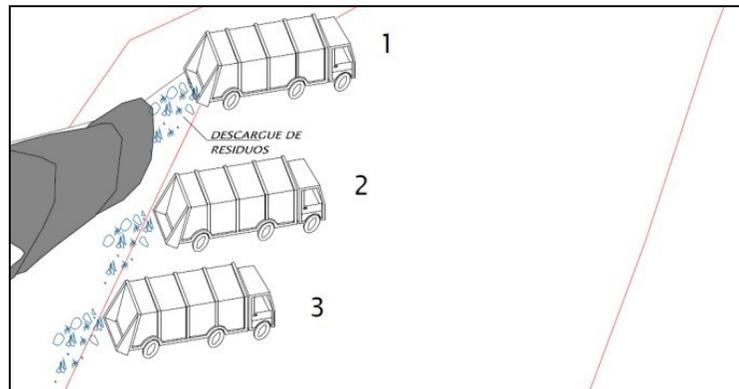
En la siguiente imagen, se muestra un ejemplo de la plataforma de vertimiento de desechos.

Imagen 3. Esquema de disposición de residuos sólidos ordinarios.



Allí, el mismo operario que dio la orden de descargue, dirige ahora al vehículo recolector a la plataforma de descargue indicando el modo y la orientación en que deberá parquearse el antes de evacuar los residuos de la caja compactadora, la cual será de derecha a izquierda para asegurar visibilidad sobre el camión contiguo.

Imagen 4. Descarga de residuos.



En cada frente de operación se tendrá una panel de iluminación con la suficiente potencia como para dar luz segura en las horas de la noche. En caso de presentarse un corte de energía, se deberá proveer de una planta de generación de energía para atender la operación mientras la situación se normaliza.

### Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.

No se permite a los usuarios del servicio de disposición final actividad alguna de remoción, excavación, separación o extracción de residuos dispuestos en el relleno sanitario para su aprovechamiento o venta. De igual manera, el personal propio del relleno sanitario se abstendrá de dichas actividades, salvo que haya una autorización específica por parte del ingeniero residente, con fines de uso para obras internas.

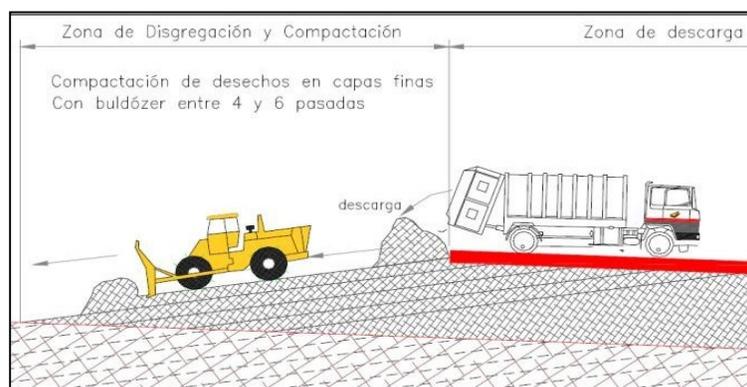
En el caso de que se observe actividad de este tipo, cualquier persona que sea testigo del evento podrá dirigirse al ingeniero residente para informarlo que está sucediendo y este a su vez tomará las medidas necesarias, desde un llamado de atención verbal hasta la prohibición de ingreso en caso de reincidencias sucesivas, previos informes que evidencien la situación ante el usuario/operador correspondiente.

### Operación del Relleno

El equipo de operación bulldozer D6NXL o similar y excavadora, se parquea a la espera de la descarga de los desechos. Luego, se empieza la operación de relleno propiamente dicha. Para una segura conformación del relleno se prevén 4 etapas a saber:

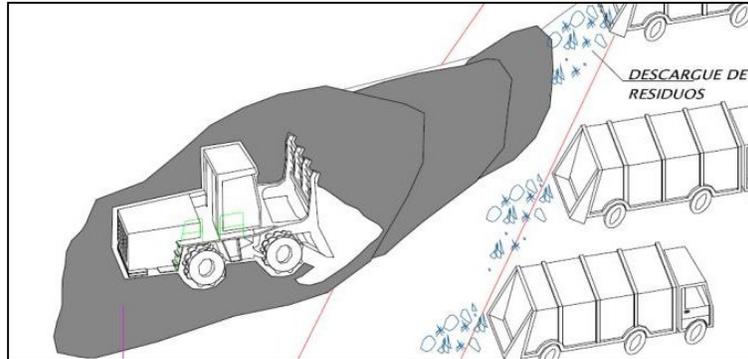
**La disgregación:** Consiste en romper las bolsas de residuos mecánicamente, con el objeto de hacer más homogénea la basura. Esto se logra cuando el equipo pesado, por el accionar de la pala y las cadenas de traslación empieza a arrastrar los viajes descargados, dejando pasar por debajo una capa de residuos de unos 30 a 60 cm de espesor. Las cadenas dentadas de la maquinaria hacen las veces de trituradores.

Imagen 5. Esquema de zona de disgregación - Zona de descarga.



Esta dispersión se va realizando sobre pendientes adecuadas para el equipo. Preferiblemente

*Imagen 6. Disgregación de residuos.*



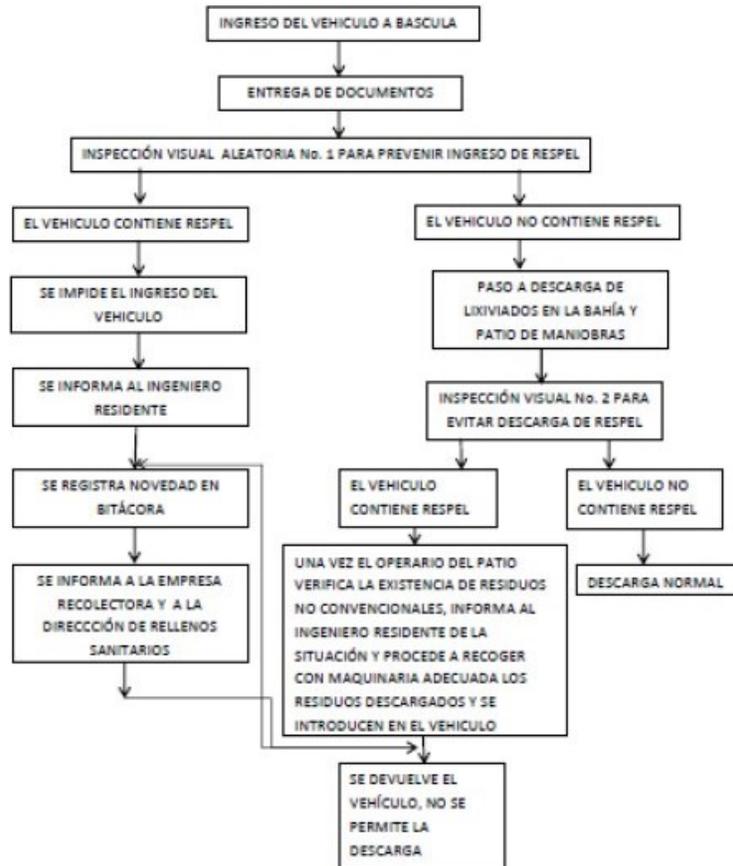
se debe realizar la operación en bajada como se observa en la figura.

Este proceso de ir y venir con residuos dejando una capa de 40 cm en promedio y 60 cm como máximo, se realiza hasta alcanzar la altura de cada nivel, de acuerdo con los planos de diseño.

### **RESTRICCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS**

Se prohíbe el descargue de residuos diferentes a los ordinarios en la zona. En tal sentido, el operario de la báscula cuenta con un procedimiento previamente definido por la organización, en el cual se determinan los pasos a seguir para evitar que esto suceda:

*Imagen 7. Esquema para la verificación aleatoria de vehículos*



Sin embargo, conforme a las instrucciones del líder de disposición final, se verificará de forma aleatoria, la no presencia de residuos peligrosos en la zona descarga de residuos. Específicamente se vigilará la descarga de los siguientes tipos de residuos:

- Residuos Hospitalarios
- Aceites usados
- Residuos de curtiembres
- Canecas de pinturas y solventes
- Baterías de carros
- Canecas de fungicidas y herbicidas
- Láminas de asbestos

- Residuos especiales que por su volumen no pueden ser manejados por los equipos del relleno
- Cenizas prendidas

De los residuos dispuestos en el sitio de disposición final, en el frente de operación activo, se hará una caracterización anual, según lo indicado en el “Protocolo para la caracterización de residuos sólidos ordinarios”. Se realiza clasificación física bajo el esquema de los 12 ítems recomendados en el Título F del RAS 2000 Numeral F.1.4.4. y Subnumeral F.1.4.4.1. incluyendo de forma adicional una categoría (PET) que por práctica se ha definido por la Urbaser Colombia S.A E.S.P.

A continuación, se relaciona una caracterización según composición física de los residuos sólidos ordinarios que ingresan al relleno sanitario.

1. Residuos de comida y jardín.
2. Productos de papel.
3. Productos de cartón.
4. Plástico.
5. PET.
6. Caucho y cuero.
7. Textiles.
8. Madera.
9. Productos metálicos.
10. Vidrio.
11. Productos cerámicos, ceniza, rocas y escombros.
12. Huesos.
13. Otros (Desechables y particularidades no clasificables).

#### 5. Compactación de los residuos

La compactación eficiente de los residuos consiste en el confinamiento de estos ocupando el menor volumen posible. Esto beneficia a la celda de residuos en el incremento de la vida útil, reducción del costo por tonelada dispuesta, reducción de los asentamientos posteriores, disminución de la retención de aguas superficiales, limitación de la deformación de la red de evacuación de biogás, entre otras.

La compactación se realiza paralelamente a la disgregación. Al ir rompiendo y dispersando residuos, el peso del equipo confina cada capa. Para hacerlo más efectivo, se requiere de al menos 4 pasadas por capa extendida y disgregada con espesor promedio de 40 cm y máximo de 60 cm.

En esta etapa, no se tendrá un área de trabajo mayor a 700 m<sup>2</sup>, pues eso implicaría sobre costos por acarreo de residuos, amplitud de zonas expuestas al agua lluvia, mayor requisito de coberturas temporales, etc. En cualquier caso, no tendrá un área descubierta mayor a 3.000 m<sup>2</sup>, tal como lo indica la Resolución 0938 de 2019. El equipo mínimo previsto para la compactación de los residuos es un Bulldozer D6 o suequivalente.

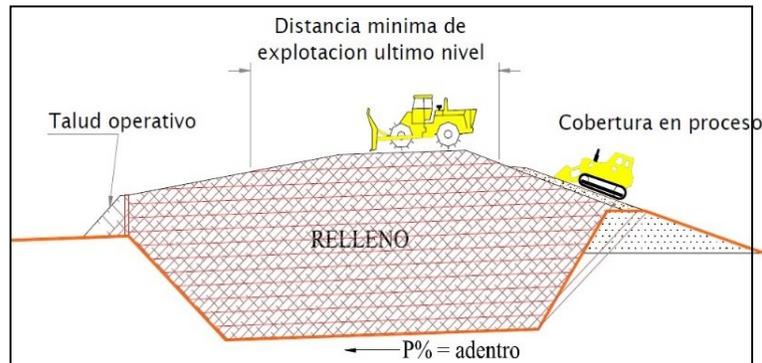
Dos veces al mes se deberá determinar la densidad de compactación mediante procedimiento manual "Procedimiento para el cálculo de la densidad en campo"; esto se hará con un apique realizado en la franja de trabajo sobre los residuos compactados en el frente de operación, teniendo en cuenta que el sitio de apique y toma de muestra debe estar alejado como mínimo un (1) metro de los bordes de la franja de trabajo y, en especial de coronas de talud de residuos o de paredes de celda. A partir de los datos obtenidos se realizan correctivos en la operación de compactación de residuos. De manera mensual se realiza levantamiento topográfico de la masa de residuos conforme a la Resolución 0938 de 2019, obteniendo datos de capacidad remanente, geotécnicos y densidad de compactación; el índice de densidad de compactación deberá ser mayor a 1 ton/m<sup>3</sup>.

#### *5.1. Conformación*

En la misma medida en que se van confinando los residuos, se van alcanzando las cotas y la geometría final del relleno. En la operación, el área descubierta de residuos no superará los 3.000 m<sup>2</sup>, siendo el índice objetivo tener áreas descubiertas de menos de 1.000 m<sup>2</sup>.

Cuando esto sucede, se va realizando la conformación de los residuos para que así tenga similitud con lo proyectado en los diseños. Es muy importante ajustarse a esta geometría pues es con ella con la que se han realizado estudios de vida útil, estabilidad y producción de gases y lixiviados. La alteración de estas condiciones podría repercutir en la configuración de escenarios de riesgo no contemplados y sólo podrá hacerse previa verificación geotécnica. La conformación se realiza generalmente con Bulldozer y con ayuda de excavadora para los taludes. En esta ocasión, el equipo no debe remover los residuos más que para lograr la línea de diseño.

Imagen 8. Esquema de proceso de compactación de residuos



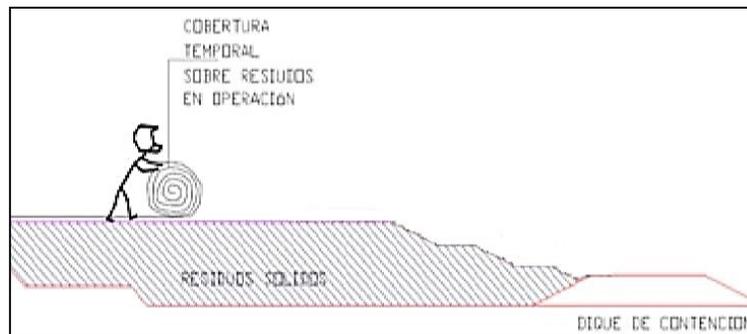
### 5.2. Cobrimiento diario de los residuos

Salvo en los frentes de trabajo directos que son ocupados por las máquinas, no se mantendrá residuos descubiertos. Tampoco se dejará residuos descubiertos al finalizar la jornada. Es importante resaltar que el ingreso inadecuado de agua lluvia a la masa del relleno es perjudicial para la estabilidad y para la producción excesiva de lixiviados. Por esta razón la cobertura normal de residuos se hará con material arcilloso proveniente de las excavaciones de las adecuaciones que se realizan en el sitio, procurando que en plataforma quede una capa de espesor efectivo superior a 0,30 metros compactada y en taludes con espesor superior a 0,15 metros.

Para cobertura diaria del frente de trabajo y en algunos casos de coberturas temporales de menos de 3.000 m<sup>2</sup> (duración menor a 2 meses), se proveerá de un material de características fisicoquímicas compatibles con la exigencia del trabajo, tal como sucede con el sintético polimérico conocido en el mercado como “negro verde”. Este servirá para cubrir los residuos que no hayan alcanzado la cota de diseño final y que tampoco hagan parte de la operación del momento, tal como se observa en la siguiente figura. La lona o membrana que se use como cobertura se debe anclar o pisar con bultos de residuos o de arena en las juntas espontáneas que se forman con el traslapo de los rollos extendidos, para que no sea removida por el viento.

Con este procedimiento de cobertura con arcilla, se minimiza en gran medida no solo el ingreso de agua, sino que el aspecto por el impacto visual es mucho menor y la posibilidad de dispersión de residuos por viento y vectores también se disminuye. Adicionalmente permite mayor control de emisión de olores y su reducción, y el establecimiento de cobertura vegetal en zonas terminadas o de cierre por más de seis meses.

Imagen 9. Esquema de instalación de cobertura diaria



### 5.3. Mantenimiento de la cobertura:

La cobertura será objeto de mantenimiento, siguiendo las directrices a continuación:

- **Cobertura diaria y/o temporal con manto negro-verde:** el movimiento cíclico de la cobertura diaria del frente de trabajo para hacer su retiro antes de iniciar la jornada de operación y su puesta una vez terminada, hace que su desgaste sea relativamente rápido. Para procurar una mayor duración, debe evitar halarse y arrastrar, para que no se enrede y deshilache o no se corte o se rasgue; entonces debe procurarse doblar los módulos hasta un tamaño que pueda ser cargado sobre la pala del buldócer o en la cuchara de la excavadora. Las rasgaduras o cortes que sufra el manto se podrán cerrar con una “costura” rala utilizando fibra. Si el manto ya cuenta con daños evidentes en más de un 40% de su área, debe ser objeto de cambio.
- **Cobertura en material térreo (limo arcilloso):** Sea temporal o definitiva, esta cobertura debe protegerse de las corrientes de agua para evitar su erosión; por tal razón se requiere de la construcción de canales para manejo de aguas de escorrentía en la corona de los taludes conformados y cubiertos, así como un buen manejo de pendientes transversales en las bermas intermedias. Si se generan surcos, estos deben ser objeto de eliminación y reconfiguración de la cobertura, incluyendo la reposición del material perdido; y, en caso de que el surco sea profundo avanzando

hacia canal o cárcava, es necesario hacer trabajos de control mediante el uso de trinchos con ramas o madera. Si se trata de una línea de concentración de escorrentías, lo mejor será implementar la canalización con geomembrana de 20 mils o superior. También es importante que lo más pronto posible las coberturas térreas definitivas sean objeto de siembra de pasto o especies vegetales rastreras que permitan controlar la velocidad del agua y reducir el fenómeno de erosión. Es posible que se presenten movimientos planares de la cobertura, por lo cual se debe adelantar un proceso completo de reconfiguración, incluyendo elementos de estabilización, los cuales serán escogidos y construidos dependiendo de la magnitud del movimiento.

*5.4. Actividades adicionales en las plataformas*

- *Barreras de contención de volantes:* La cuadrilla de operación será la encargada de montar esta barrera según las necesidades del momento bajo las indicaciones del líder de disposición final o supervisor. La ubicación de estas barreras, generalmente mallas, será viento delante de las direcciones preferenciales del viento, en todo caso lo más cerca posible del frente de trabajo y descarga de los residuos. Se debe realizar limpieza periódica de esta barrera empleando para ello ganchos u otras herramientas de alcance en altura (según se requiera, hasta 7 metros), recogiendo los residuos y reincorporándolos a la masa de residuos.
- *Limpieza de plataforma:* Se mantendrá libre de materiales que obstaculicen el paso de vehículos o dificulten el tránsito de estos (zonas con barro), los livianos (papeles y bolsas, etc.) serán recolectados permanentemente mediante rastrillos o manualmente, esta actividad se desarrollará principalmente en la zona de cobertura intermedia y en las vías de acceso a la plataforma de descargue.
- *Control de vectores, olores y roedores (fumigación):* Periódicamente, sobre los residuos descubiertos se hará fumigación tanto para control de vectores como para control de olores antes de realizar la cobertura temporal de los residuos o antes de terminar la jornada operativa. La tarea la realizará el personal operativo del sitio de disposición, quienes bajo la orientación del líder de disposición final, y atendiendo las instrucciones de consultoría o personal especializado en el tema, mezclarán las dosis y fumigarán con las frecuencias por el protocolo implementado para el Relleno Sanitario.

Para el control de roedores, se utilizan trampas de monitoreo y puesta de cebo, distribuidos en toda el área del proyecto De toda esta labor se llevará registro con el fin de permitir el seguimiento.

#### 6. Control del agua de infiltración y de escorrentía

Uno de los componentes más importantes para mantener zonas estables con índices o seguros, es el manejo del agua que ingresa al relleno. Un manejo inapropiado que propicie la infiltración exagerada del agua lluvia al interior del relleno, se reflejará en un incremento en la producción de lixiviado, en el nivel de los líquidos dentro de la masa de residuos, así como en aumento de la presión de poros, poniendo en riesgo la estabilidad del relleno, en especial ante la eventualidad de un sismo. Para el manejo de las aguas lluvias dentro del relleno sanitario se cuenta con un sistema de canales y cunetas de la siguiente manera:

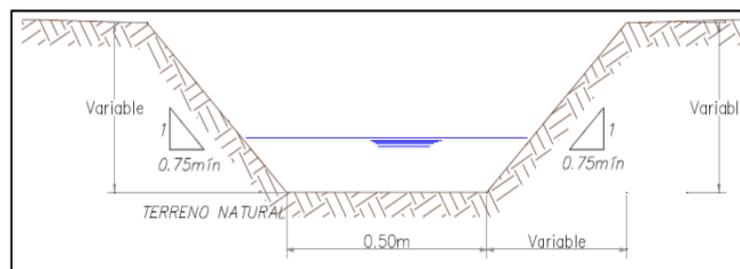
- *Manejo temporal de lluvias:* Se deben construir canales temporales de desvío y control de ingreso de lluvias por fuera de las zonas de explotación de tierra o la operación de residuos para tal fin, definidas en los planos de diseño, donde se presentan probables estados operativos.

Las especificaciones mínimas de obra para estos canales temporales serán:

Base mínima de  $b=0.50\text{m}$

Altura requerida mayor a  $0.30$

Imagen 10. Perfil de canales temporales para el manejo de agua lluvia

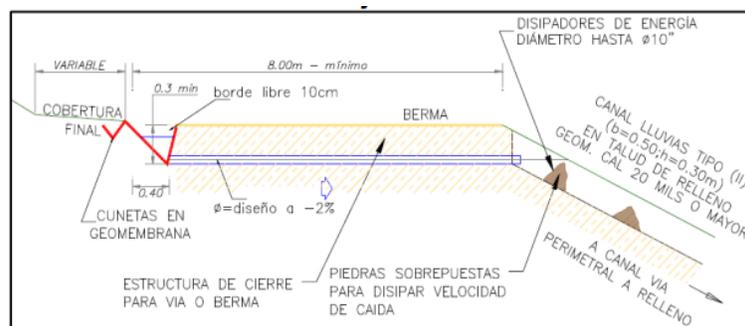


- *Manejo final de lluvias (escorrentía):* El manejo de las aguas de escorrentía es uno de los aspectos más relevantes para la operación del relleno sanitario. Es muy importante controlar el ingreso de agua durante la construcción de las terrazas. Las aguas lluvias dentro de la plataforma de operaciones, serán controladas mediante la colocación de la cobertura intermedia con las pendientes indicadas en los planos, que

resultan ser las mismas que las de llenado de niveles. Esta agua escurrirá por los taludes hasta el canal provisional de las adecuaciones o hasta una de las estructuras finales destinadas para este propósito.

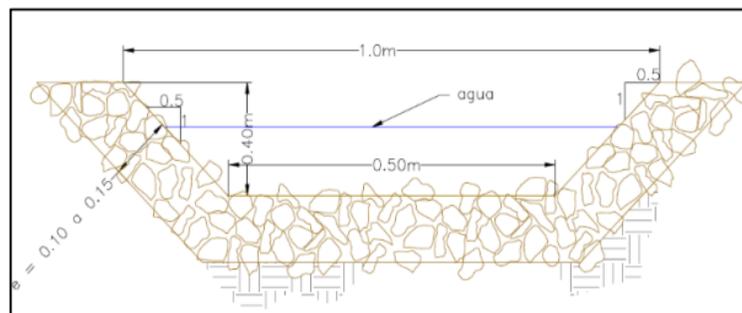
- *Cuneta para manejo de aguas pluviales en bermas de zona relleno:* Revestidas en geomembrana HDPE de 20 mils o superior, cuentan con una sección mínima de 0.40 m \* 0.30 m y van por la base de cada talud conformado en residuos, sobre las bermas de estabilización y vías de acceso a plataforma.

Imagen 11, Manejo de aguas lluvia en bermas



- *Canal perimetral para manejo lluvias:* Este canal coleccionará todas a las aguas de escorrentía del relleno y cortará las que por escorrentía pretendan ingresar al relleno por la parte alta. Irá revestido en piedra pegada y tendrá una sección trapezoidal mínima de 0.50 m \* 0.40 m. La pendiente de este canal será variada en función de las condiciones topográficas del sitio de construcción.

Imagen 12. Canal perimetral definitivo para el manejo de aguas lluvia

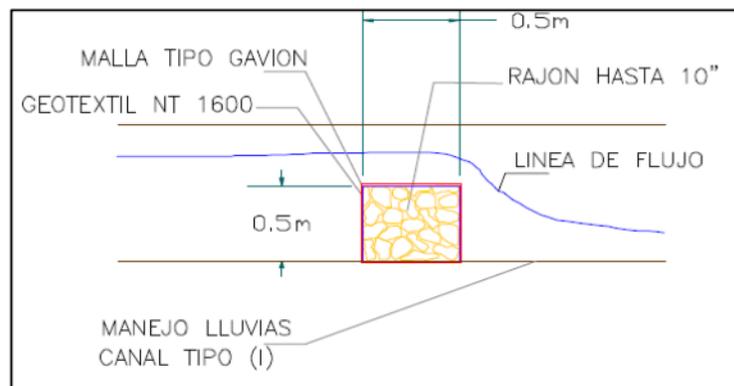


- *Canal evacuación lluvias por taludes zona relleno:* En el mismo detalle para cunetas se aprecia la sección longitudinal de estos canales. También revestidos con

geomembrana HDPE 20 mils o superior, tienen adicionalmente unas piedras de aproximadamente 8" de diámetro, sobrepuestas en su sección mínima de 0.50 m\*0.30 m, para combatir la energía cinética promovida por el alta pendiente de cada uno de los tramos por los que se subtiende. Estos canales entregan el agua captada a las cunetas de manejo de lluvias que se encuentran en las vías de acceso ó a los canales perimetrales.

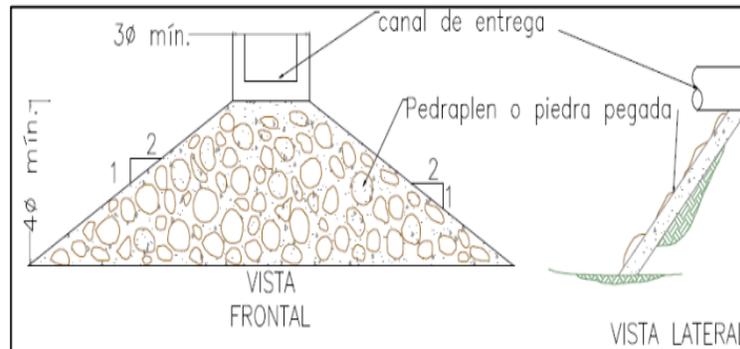
- *Estructura desarenadora antes de entrega final:* En el punto de entrega que se observa en el plano de manejo de lluvias, se debe construir la estructura de tipo retenedor para propiciar la retención de sólidos. Esta será un conjunto de mantos filtrantes de 0.50\*0.50m por los cuales debe cruzar el agua y en los que perderá los sedimentos que pueda arrastrar. Las especificaciones se pueden observar en el dibujo siguiente:

Imagen 13. Diseño de estructura desarenadora



- *Entrega final en piedra pegada a líneas de drenajes naturales:* Tiene la función específica de frenar el impulso del agua o al menos de distribuir equilibradamente la energía con la que llega a los cuerpos de agua. Esta consta básicamente de un muro de piedra pegada con taludes de pendiente entre 2H:1V y 1H:2V en todas direcciones y desde la base del canal de aducción hasta el borde del drenaje. Por eso la altura será determinada en campo. A continuación, se muestra un esquema de la estructura mencionada:

Imagen 14. Diseño de estructura de entrega de aguas lluvia



## 7. Recolección y tratamiento de lixiviados

Esta operación cuenta con una serie de obras y actividades mediante las cuales se asegura que los lixiviados generados en el Relleno Sanitario sean manejados evitando su acumulación dentro del relleno, conduciéndolos de forma segura hasta los pondajes de almacenamiento de lixiviados y su posterior tratamiento y vertimiento, evitando la contaminación del medio circundante (suelo, aguas, vegetación), lo cual redundaría en mejores condiciones que reducen la presencia de vectores y olores. Las actividades son las siguientes:

- **Drenes de fondo:** Durante la etapa de construcción en el Relleno Sanitario, se construirá una red de drenes filtrantes, que de acuerdo con la configuración en planta podrán ser: filtros principales, filtros secundarios o colectores dispuestos en espina de pescado. Esta labor será realizada antes de comenzar con la operación de los residuos, en las zonas que ya cuenten con el sistema de impermeabilización de fondo. Estos filtros no deben quedar envueltos con geotextil, dado que por las características de alto contenido orgánico y gran fracción de finos en residuos, su colmatación será muy rápida por acción física y biológica (microorganismos). Los filtros principales son de sección cuadrada de 1 m x 1 m, consistentes en una línea de gaviones llena de piedra o rajón de diámetro promedio equivalente entre 6"-10". El filtro debe contener dos tubos perforados de mínimo 8", uno a 10-15cm del piso y el otro a 20 cm por encima del primero. Entre filtros principales debe haber una distancia no mayor de 30m, siendo lo convencional 20 m o 25 m.

Los filtros secundarios o colectores, si se requieren, tendrán una sección rectangular mínima de  $b=0,60\text{m}$  x  $h=0,6\text{m}$ , contenidos mediante una malla electrosoldada tipo Q4. Sin tubería en su interior. Al construir, debe preverse que su entrega al filtro principal tenga un ángulo no mayor de  $45^\circ$  en el eje horizontal. Los filtros en espina de pescado, que pueden ir tanto a los filtros principales como a los filtros secundarios si se tienen estos, deben quedar unidos con ellos formando un ángulo entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$  y paralelos entre sí. El sistema de drenaje de fondo entrega al sistema de conducción que lleva a los pondajes de almacenamiento de lixiviados y posteriormente a la planta de tratamiento de lixiviados. En este trayecto o justo a la entrada a la planta debe implementarse un mecanismo de medición de caudales, que deberá ser leído diariamente y monitoreado para su control.

**NOTAS:**

(1) Es una muy buena práctica de ingeniería tener en cuenta que los filtros no se construyan en contacto directo con la geomembrana, para evitar su punzonado o rasgado y posteriores infiltraciones al terreno natural.

(2) Sólo en caso de considerar que los filtros pueden ser obstruidos y colmatados por el material arcilloso de protección de geomembrana, se les pondrá geotextil tipo NT en la base y hasta 20cm de altura, con el fin de retener dicho material.

- *Capa drenante:* Por alguna condición específica del sitio o por análisis de conveniencia desde la ingeniería y la fuente de materiales podría requerirse una capa drenante, la cual se construirá utilizando material granular redondeado (canto rodado) de tamaño superior a 4" con un espesor no mayor de 30 cm, o instalando mallas triaxiales. Se evitará el uso de llantas. Tan pronto como se termine de construir la red de drenaje de fondo, o de extender la capa drenante, la cuadrilla de operación construirá la plataforma sobre la cual se cimentará cada una de las chimeneas y armará la primera columna de estas estructuras, tal como se describe en el capítulo de gases.
- *Drenes intermedios:* La tarea de construcción del sistema de drenaje intermedio se acometerá primero manualmente o con la ayuda de una excavadora o un retrocargador dotados con pala zanjadora (entre 0,40 m y 0,70 m de ancho) para hacer la excavación sobre la cobertura intermedia (entre niveles), y luego la sección será rellenada con los materiales definidos en las especificaciones, por la cuadrilla de lixiviados o de operaciones. Es importante tener en cuenta que, si la longitud de los

filtros intermedios es de más de 30m, es conveniente implementar filtros colectores como los descritos para el sistema de fondo. Esta cuadrilla se encargará de tomar los datos referentes a la longitud y ubicación de cada uno de ellos especificando que chimeneas son las que se unen con cada línea construida.

- *Control de brotes de lixiviados:* Se realiza mediante la construcción de filtros con rajón de 10" que se ubican en el área donde se presenta el brote y que se conectan al filtro o la chimenea más cercano que se tenga en el sector. La cuadrilla, con la coordinación del supervisor, adelantará la construcción de estas estructuras de alivio de presiones. Una excavadora hará una zanja de alivio o un corte vertical (si es en un talud) para su sangrado y hacer la captación más profunda posible del brote. Al terminar, la cuadrilla debe informar sobre la longitud y ubicación (apoyados con planos de trabajo), de cada dren construido.
- *Salida bajo dique:* En el caso de hacerse la conexión del sistema de drenaje de fondo a la conducción, cruzando un dique, se deberá construir siguiendo los diseños específicos y dejando la tubería envuelta en doble camisa de geomembrana HDPE de mínimo 40 mils (bota doble), de tal forma que no haya posibilidad de fugas en este lugar crítico. El sello de las tuberías será compromiso de los instaladores dependiendo del tipo de unión que se requiera (si es mecánica o si es térmica, respectivamente), al igual que la prueba de estanqueidad unitaria y total del sistema.
- *Conducción de lixiviados a Planta Tratamiento:* En la actualidad el Relleno Sanitario cuenta con 7 pondajes con una capacidad total aproximada de 33.000 m<sup>3</sup> de almacenamiento y con una planta de tratamiento de lixiviado con tecnología de Osmosis Inversa con capacidad de tratamiento de 300 m<sup>3</sup>/día, la cual genera:
  1. Permeado (efluente tratado): Se lleva a almacenamiento en tanques y posteriormente se realizan actividades de riego en zonas verdes y humectación de vías, todo dentro del marco de la Resolución 1256 de 2021.
  2. Concentrado o rechazo: El cual se evacua mediante gravedad y es almacenado en un pondaje, el cual se recircula a la masa de residuos e ingresa de nuevo al sistema de tratamiento.

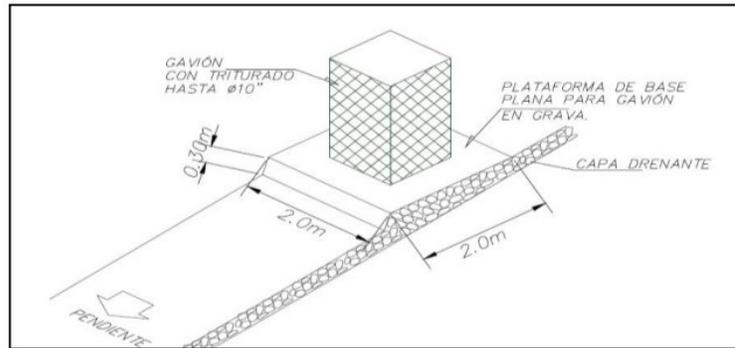
Debido a la complejidad que representa el manejo del rechazo resultante del tratamiento, al costo no sostenible de instalación y operación de una planta de ósmosis inversa, y al requerimiento de una planta de pretratamiento que debe ser implementada, entre otros factores negativos, se prevé la construcción de una planta convencional y eliminar la planta de ósmosis, o usarse tan sólo como tratamiento posterior con fines de remociones específicas.

8. *Recolección, concentración y venteo de gases.*

- *Construcción de Chimeneas:* Al mismo tiempo que con la construcción del Relleno Sanitario se levantarán las chimeneas manualmente, realizándolas cuerpo a cuerpo con malla electrosoldada Q-4 y de secciones circulares o con malla con un área máxima de 1 m<sup>2</sup>. Se debe garantizar que la sección mínima de la chimenea sea de 0,8 m<sup>2</sup> y su distribución no debe superar los 30 m de distancia entre sí, siendo lo convencional 20 o 25 metros conforme la configuración del drenaje de fondo, pues se procura su ubicación en las intersecciones de los filtros. Cada dos chimeneas en una misma línea, y siguiendo un esquema de tresbolillo, se dejarán chimeneas con tubería de diámetro mínimo 6", que podrá servir para establecer conexiones de captación centralizada de gas y, mientras esto se da, para hacer monitoreo de lixiviados al constituirse en freáticos, que deben ser medidos con una frecuencia mínima de una vez al mes.
- *Manejo de Gases:* Se da desde la etapa de operación por medio de las chimeneas. Tal como ya se mencionó, conforme se va levantando el nivel de residuos se van conformando los módulos de piedra que dan cuerpo a cada chimenea, hasta que se llegue a la cota final del relleno. Para iniciar cada chimenea se deberá construir una plataforma sobre la cual se cimentará cada una, en las intersecciones de los filtros de fondo o según la distribución sobre la capa drenante, tan pronto como se termine de construir el sistema de drenaje de fondo. Como buena práctica de ingeniería y de reducción del riesgo, las chimeneas se dotarán de una terminación en tubería galvanizada, de 2" a 3" embebida al menos dos metros dentro del cuerpo y sobresaliendo dos metros de la superficie y con caperuza final, con el fin de establecer un mecanismo de quema unitaria controlada de gases, hasta que sea posible instalar un sistema de quemado centralizado de gases con posibilidad adicional de aprovechamiento, lo cual dependerá de la cantidad y calidad de biogás generado, de

tal forma que sea un sistema autosostenible. La quema unitaria, al igual que la quema centralizada, favorecerá la eliminación de gases efecto invernadero y la reducción de olores.

Imagen 15. Esquema de ubicación óptima de chimeneas



Mediante el monitoreo a los gases requerido en la normativa vigente, se podrá definir el nivel de concentración de gases que podrían hacer explosiva la zona. Por lo anterior, se realiza cada 6 meses la medición del límite inferior de explosividad o LEL (Low Explosive Level) en los alrededores de las chimeneas evaluadas, con el fin de garantizar la seguridad del lugar, ya que al producirse biogás este puede provocar mezclas inflamables con el aire. El límite máximo para LEL de metano corresponde al 5%. La medición se realiza con toma de datos a diferentes distancias alrededor de las chimeneas en todas las direcciones. Ante un resultado que genere riesgo, el líder de operaciones deberá iniciar las obras o acciones requeridas para minimizarlo y controlarlo, esto acorde a la periodicidad de monitoreos establecidos mediante resolución 0938 de 2019.

#### 9. Actividades y acciones de manejo y control para la estabilidad de taludes

Si bien el Relleno Sanitario Parque Ecológico y Tecnológico, ha sido diseñado para garantizar unas condiciones de estabilidad geotécnicas apropiadas durante su operación y clausura, es necesario llevar a cabo un estricto control en este aspecto. El monitoreo y control geotécnico contempla varias actividades que buscan garantizar la estabilidad del relleno, tal y como se muestra a continuación:

- Registro del peso de los residuos que ingresan al relleno.

- Levantamiento topográfico inicial y periódico (mensual): Obtener la información de planimetría y altimetría del terreno ocupado en residuos para calcular los datos de volúmenes y cumplimiento de llenado.
- Medición de la densidad de compactación de los residuos.
- Aforo del Caudal de lixiviados (diario): Obtención de los datos de caudal diarios en generación y tratamiento de lixiviados.
- Seguimiento de grietas (diario): Observación visual diaria de las zonas ocupadas en residuos (en cierre y en operación), con el fin de identificar agrietamientos que puedan generar inestabilidad en la masa.
- Seguimiento de puntos de control topográficos (mensual): Obtención de la información de los puntos de monitoreo establecidos en diseño, con el fin de identificar cambios en la masa a través del tiempo y comportamiento de asentamientos.
- Seguimiento a las presiones de poros (mensual): Es la identificación del nivel de lixiviado al interior de la masa de residuos mediante medición con freatómetros.
- Seguimiento a inclinaciones del terreno (mensual): Lectura de los desplazamientos que se puedan presentar en las zonas duras colindantes a la masa de residuos, si se tienen elementos de contención o zonas inestables.
- Cálculo del factor de estabilidad (semestral): Análisis de la información recolectada y generación de los modelos geotécnicos mediante software especializados.

Con la información recolectada de levantamientos topográficos, presiones de poros, inclinaciones del terreno, y las secciones de diseño del relleno se corren programas de análisis, para determinar el factor de estabilidad en los taludes, en las secciones consideradas como más críticas del mismo. En caso de presentarse condiciones anormales al interior de la masa de residuos que puedan afectar su estabilidad parcial o total, se procederá a ejecutar un plan de acción orientado a lograr la normalización de tales condiciones y/o a generar elementos de aumento de resistencia o reducción de vulnerabilidad para obtener nuevas condiciones de equilibrio seguro. Dichas actividades podrán encaminarse a:

- Corrección y sellado de grietas
- Reducción de niveles de lixiviados en el relleno
- Perfilamiento de taludes
- Mejoramiento en el proceso de compactación
- Ajustes o complementos al drenaje de aguas lluvias o de lixiviados

- Acondicionamiento o construcción de nuevas bermas de estabilidad
- Construcción de sistemas de refuerzo y contención
- Cierre temporal o definitivo de zonas de operación
- Cambios en el modelo de operación

#### 10. Equipos e instalaciones de instrumentación

Las condiciones de estabilidad del relleno sanitario se controlan mediante el monitoreo de la instrumentación instalada conforme a lo establecido en diseño. La instrumentación del relleno sanitario se compone de: Inclínómetros, piezómetros y puntos de control topográfico, mediciones de caudales de lixiviados en los puntos de control y medición continua de variables atmosféricas con estación propia.

- *Monitoreo de producción de lixiviados:* Se realiza el aforo del caudal de lixiviados generados, tratados y vertidos, lo cual permite hacer un seguimiento del comportamiento de generación y posibles causas de incremento/decremento en épocas distintas del año en función de las condiciones del tiempo y las variables atmosféricas. De su análisis se desprenderán acciones como incremento de drenajes de aguas de escorrentía, cambio de densidad de internos, bombeo por tuberías de alivio, minimización del área expuesta de residuos o construcción de nuevos drenes intermedios.
- *Piezómetros/freatímetros:* Conforme a lo mencionado en la construcción de chimeneas, los piezómetros se instalan conforme va creciendo el relleno. Es muy importante estar atento a esas lecturas por lo que se recomienda el concurso de un consultor específico para el tema. Con la ayuda de piezómetros, se podrá monitorear el estado de las presiones internas y establecer un nivel aproximado de lixiviado dentro de la masa. El relleno cuenta también con varias columnas de estos instrumentos en los taludes. Las lecturas de piezómetros deben realizarse mensualmente para poder determinar una tendencia confiable en la determinación de algunos parámetros propios del relleno; así mismo, es necesario alimentar el modelo geotécnico para chequear las condiciones de estabilidad de taludes, conforme al nivel piezométrico de la presión de los lixiviados y acumulados. Su adecuado seguimiento permitirá tomar decisiones clave, como:

- Extracción y bombeo del lixiviado que se encuentre acumulado.
  - Mejorar el sistema de drenaje perimetral de lixiviados y de aguas de escorrentía.
  - Disminuir la cota del nivel de residuos.
  - Aumentar los niveles de cobertura diaria para reducir el ingreso de aguas lluvias.
  - Instalación de sistemas de drenaje de perforación dirigida.
  - Otras decisiones que deban tomarse para asegurar los factores de seguridad.
- *Inclinometría y mojones topográficos:* La lectura y seguimiento de inclinómetros instalados en la masa de residuos será bimensual, mientras que la medición en estructuras de contención que lo requieran como control general será anual desde que no se haya detectado algún indicio de movimiento. Los mojones topográficos tendrán lectura y seguimiento mensual. Esta instrumentación permite medir el grado de desplazamiento que sufre una estructura o masa, sirviendo por tanto de un sistema de alerta frente a posibles condiciones de desestabilización. Conocer el comportamiento de deformaciones en la masa permitirá, en caso de ser necesario, tomar acciones preventivas o correctivas como refuerzo estructural con diques, muros o anclajes o la modificación de la geometría de llenado, además de otras acciones como las mencionadas en los numerales anteriores. En este sentido la empresa cuenta con la asesoría permanente de un especialista en geotecnia que mantenga actualizado el análisis geotécnico, y conforme a los resultados adoptar las decisiones que correspondan.

#### 11. Procedimientos constructivos

Los aspectos referentes a las características constructivas del relleno sanitario deberán considerar:

- Limpieza y descapote del terreno
- Conformación de celda
- Barreras de impermeabilización
- Sistemas de captación, conducción y tratamiento de lixiviados
- Sistemas de captación y extracción de biogás

- Control de escorrentía
- Diques de cierre o de contención: Lo anterior está establecido en el diseño técnico, los planos de diseño y el manual de construcción de obras. Así mismo, reposan en los documentos que conllevan modificaciones a estos diseños.

- *Limpieza y descapote del terreno:*

En el sitio seleccionado se debe preparar un área que servirá de base al relleno, siendo necesario, la remoción de pastos, arbustos y árboles, al igual que la capa orgánica del suelo, de tal manera que se facilite el acceso y la disponibilidad de un área suficiente para las operaciones. Esta limpieza debe hacerse por etapas de acuerdo con el avance del relleno, evitando así un fuerte impacto paisajístico y la erosión del terreno. El desmonte consiste en el retiro de toda la vegetación de los sitios donde se adelantarán las obras de adecuación; el material resultante será tratado conforme al plan de aprovechamiento establecido para cada momento y condición del proyecto, incluyendo disposición final, uso interno en obras, compostaje, etc.

El descapote comprende el retiro de la zona de trabajo de la capa orgánica y raíces de vegetación arbustiva o arbórea presente, el cual será transportado hasta las zonas de acopio de descapote. Las raíces deberán ir a disposición final o a compostaje. Este material con características orgánicas podrá ser usado para el cierre de zonas terminadas del relleno o para recuperación ambiental de zonas erosionadas.

- *Conformación de celda:*

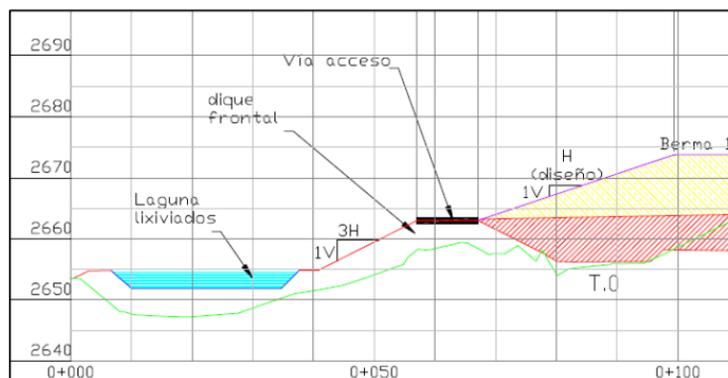
Piso y terrazas Realizada la limpieza inicial del terreno, se procederá a realizar la adecuación del piso y las terrazas para la disposición de los residuos. Se buscará generar siempre una plataforma de base uniforme que facilite y permita el drenaje general en un solo plano. Previo al perfilado final de piso es necesario construir el sistema de subdrenaje del relleno, el cual está concebido para la minimización o eliminación de posible presencia de presión de poros de origen hidráulico, en especial por ascenso de nivel freático y por la modificación de presiones al suelo y el proceso de consolidación. La inclinación de los taludes de corte será la definida en planos de diseño o lo que se establezca en campo con la competencia de un ingeniero civil o un geotecnista. La excavación estará representada en campo por estacas producto del trabajo de la comisión topográfica. En los puntos localizados, se describirá la profundidad a la cual hay que llegar y la posición de la pata y el hombro de cada talud presentado en los planos o definido in situ. El desarrollo de la excavación será de arriba

hacia abajo, teniendo en cuenta evitar reprocesos en el movimiento de tierras y favoreciendo la conformación de un adecuado control de lluvias con canales temporales. Cuando se alcancen las cotas de diseño de desplante con la geometría y pendientes preestablecidas para el manejo de lixiviados, se procede a asegurar la impermeabilización del terreno de fundación. El acopio de excedentes servirá como aprovisionamiento para rellenos de conformación, terraplenes viales, estructuras de contención o para cobertura de residuos. En caso de no contar con terrenos de suelos de baja permeabilidad, se buscará hacer un mejoramiento de estos o su sustitución en un espesor de al menos 0,50m, de tal manera que se logre el menor coeficiente de permeabilidad K posible, cuyo límite superior será  $1 \times 10^{-5}$  cm/seg. Por tanto, como parámetro de control en la adecuación de celda, se debe considerar la ejecución de ensayos de permeabilidad, como mínimo en dos puntos de área de piso para áreas menores a 2 hectáreas, y un ensayo adicional por cada 5.000 m<sup>2</sup> por encima de las 2 hectáreas o a juicio del ingeniero civil o geotecnista.

• *Refuerzo de dique frontal:*

Con el material de excavación, se acometerán inicialmente las obras de refuerzo de dique frontal de contención o de diques de cierre. Estas masas en tierra cuya doble función de dar pie estructural al relleno y mejorar las condiciones de capacidad, en el primer caso, o de cierre perimetral de retención de residuos rodados, de barrera de control de lixiviados y de soporte de la cobertura en el segundo, serán construidas por capas de 15 cm debidamente compactados con equipos mecánicos, hasta lograr una densidad del 90% del Próctor Modificado. Se deberán realizar ensayos de densidad de campo para asegurar el correcto nivel de compactación del material.

*Imagen 16. Perfil de dique de contención*



Estos diques deberán ser anclados al terreno natural de forma tal que los esfuerzos debidos a su peso propio y al empuje de la masa de residuos no los desestabilicen, como se ve en el ejemplo de la figura de arriba. Para cada caso de dique requerido se debe hacer su análisis geotécnico. Los taludes internos deberán ser objeto de impermeabilización en conjunto con la impermeabilización general y los taludes finales externos recibirán el tratamiento de cobertura final establecida en el capítulo de cierre de relleno, el cual consiste en una capa de suelo orgánico y empradización con césped.

- *Sistema de subdrenaje:*

Este elemento es de suma importancia para el control de presión de poros en el terreno de cimentación de la celda de residuos, toda vez que permite aliviar o eliminar los esfuerzos debido a estas presiones, que pueden ser debidas a aumento de niveles freáticos temporales o permanentes o a la liberación y flujo de gases contenidos en el terreno. Aunque se cuente con evidencia de niveles freáticos profundos, es una muy buena práctica de ingeniería construir este sistema, que estará diseñado para cada sección del terreno según se haya de intervenir, pero que en ningún caso podrá ser inferior a la construcción de un filtro principal o longitudinal de base desplantado a más de 1,5 metros de profundidad, con sección de 0,80m x 1,0m, conformado con piedra de diámetro equivalente mayor a 4" y filtros en espina de pescado de sección 0,4m x 0,6m con igual conformación y distanciamiento máximo entre sí de 30 metros. Se completará el lleno de la zanja excavada para el filtro y se dejará rematada en domo aproximadamente 10 cm por encima del nivel de piso. También es una buena práctica el que la ubicación de los drenes de fondo tenga un desplazamiento en planta con respecto a los drenes de fondo para que no se presente una línea de concentración de esfuerzos de tensión en el sistema de impermeabilización. Es imprescindible que el ingeniero civil o el geotecnista diseñe este sistema de subdrenaje para cada caso de adecuación de terrenos, en función de los estudios previos realizados y las observaciones de campo, en especial cuando se intervienen sitios con niveles freáticos altos o cursos de agua establecidos, pues se debe asumir una función hidráulica adicional, incluso con captación de nacimientos. La última función de un subdrén, que por lógica es la menos deseada, es de captar alguna fuga de lixiviados que pudiera darse en el sistema de impermeabilización, de tal forma que estos flujos podrán ser monitoreados y tratados para evitar otras afectaciones por contaminación. De darse este caso, será de vital importancia el monitoreo del terreno adyacente a la celda mediante pozos de monitoreo subterráneo para correlacionar y tratar de identificar flujos dentro del suelo, niveles de daño y áreas afectadas.

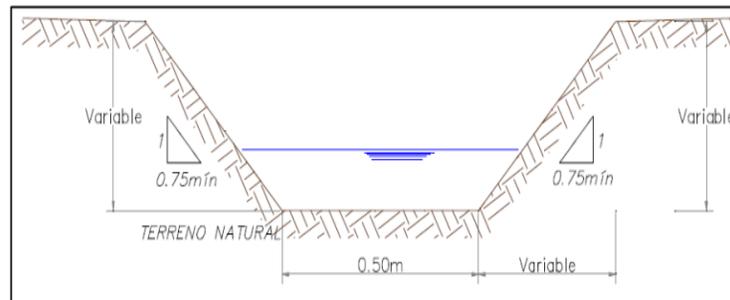
• *Manejo temporal de lluvias:*

Aparte de las salidas previstas para el agua lluvia en los fondos de la adecuación, se deben construir canales temporales de desvío y control de ingreso de lluvias por fuera de las zonas de explotación de tierra o la operación de residuos.

Las especificaciones mínimas de obra para estos canales temporales serán:

- Base mínima de  $b=0.50\text{m}$
- Altura requerida mayor a  $0.30\text{m}$

Imagen 17. Diseño de canales temporales para el manejo de agua lluvia



• *Paso de tubería por debajo del dique de cierre:*

Con el fin de evacuar el lixiviado que se recoge en las zonas con protección de impermeabilización, se ha diseñado una salida con un mínimo de 2% de pendiente, a través del dique de cierre. Esta salida que contará con mínimo dos (2) tubos de 10" de diámetro de longitud igual al ancho de base del dique más dos (2) metros aguas arriba y 5m aguas abajo se dejará enterrada a la cota definida en los planos de diseño y deberá estar recubierta por un encamisado doble (bota doble) de geomembrana de 40 mils como mínimo; los tubos conectarán finalmente a las cajas de lixiviados externas, desde donde partirá la conducción hacia la laguna de lixiviados.

• **Barrera de impermeabilización** Una vez concluida la adecuación del terreno, debe procederse a la instalación del sistema de impermeabilización del relleno, en la celda adecuada. Este sistema estará compuesto como mínimo por: (i) una lámina de geotextil de protección sobre el terreno, cuando el suelo puede contener partículas gravillosas angulares o alargadas, o es un sustrato rocoso; (ii) una lámina de geomembrana HDPE de 60 mils para soportar columnas de lleno de entre 15 y 30 metros de altura efectiva. Para alturas menores la geomembrana podrá ser de 40 mils y para alturas mayores debe hacerse el cálculo, pero no podrá ser menor de 80 mils, ya sea mono laminar o poli laminar; (iii) una capa de arcilla compactada y limpia de fracciones

angulares o punzantes; y (iv) un geotextil de protección generalmente de tipo NT sobre el que se desarrollará el lleno de residuos. Esta es la barrera que impedirá que se presente filtración alguna de lixiviado hacia el terreno y las aguas subterráneas o de agua hacia el relleno. Por eso es muy importante la calidad con que se debe asumir el proceso de instalación de los elementos que componen este sistema.

• *Instalación de la Geomembrana:*

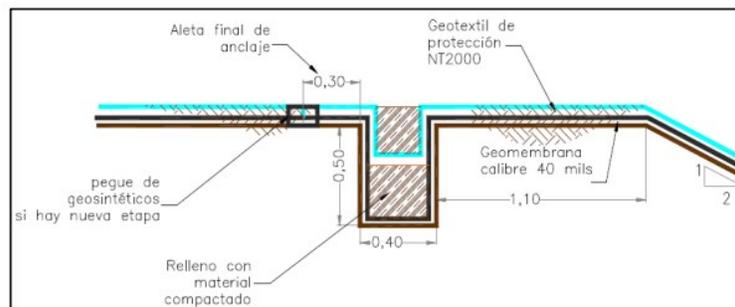
Se debe hacer instalación de una geomembrana de polietileno de alta densidad, calibre 60 mils o superior según diseño y cálculos. La geomembrana debe tener un resultado de permeabilidad en laboratorio de  $1 \cdot 10^{-12}$  cm/seg. La geomembrana se soldará por termo sellado de doble costura. La superficie total de la celda que contendrá los residuos deberá estar completamente impermeabilizada. La instalación tendrá que asegurar la calidad de esta, mediante pruebas aleatorias en campo tales como el de Tensión y Pelado, Prueba de Vacíos y Prueba de Presión de aire, ejecutados por los instaladores en presencia de personal idóneo como geotecnista, ingeniero civil o ingeniero hidráulico/neumático. Aparte de dejar bien soldada cada sección de geomembrana, es necesario anclar el extremo final por fuera del relleno en residuos. Esto se logra con un atraque en tierra en la parte superior de los taludes, retirado del borde un metro cuando menos. La geometría del anclaje se halla en los planos de detalles de diseño (Plano 25-detalles constructivos). Esta tarea se realizará a mano y en dos etapas: la primera para amarrar la geomembrana en donde se compactan los 30cm iniciales y luego de recibir el geotextil de protección, se culmina el relleno de la zanja que originalmente será de H 0.50m y a=0.40m. Como los tubos que evacuarán finalmente los lixiviados captados han sido instalados durante la adecuación, es necesario hacer un empalme importante, entre estos y la geomembrana. En otras palabras, hay que hacer entrar los tubos de conducción instalados al sistema interior de manejo de lixiviados y soldarlos adecuadamente, junto con la bota doble.

• *Protección de la geomembrana:*

La calidad de la instalación de la geomembrana se puede ver afectada por el posterior uso y tráfico de maquinaria pesada en las tareas de operación. Es por eso que, para evitar este tipo de deterioro, se instala un geotextil generalmente de tipo NT, que servirá para minimizar el riesgo de punzonamiento sobre la geomembrana. Es un geotextil con características suficientes para resistir cargas puntuales no punzocortantes generadas por partículas angulares sobrepuestas de material térreo/granular o de residuos. El geotextil protege toda la superficie de la geomembrana y llega hasta el mismo lugar de atraque de la

geomembrana. Aun así, pueden presentarse daños por el paso de maquinaria, personal, caída de objetos o cargas de equipos. Por tal razón es necesario instalar una capa de arcilla compactada sobre la geomembrana de espesor mínimo de 0,60m y sobre esta arcilla instalar el geotextil NT, que servirá de control de arrastre de sedimentos hacia los filtros de fondo para captación de lixiviados.

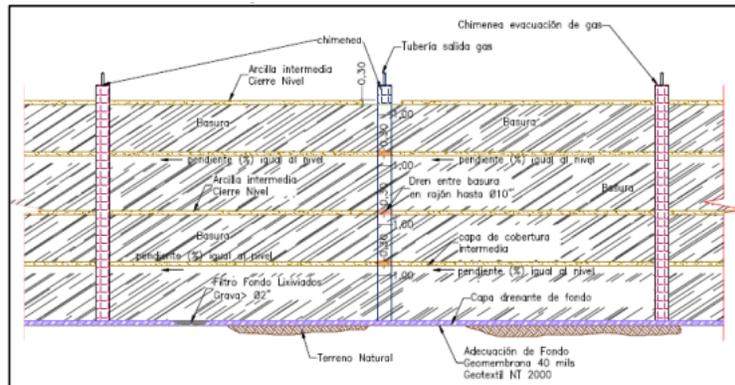
Imagen 18. Perfil de protección de la geomembrana y anclajes



- *Sistema captación, conducción y tratamiento de lixiviados:*

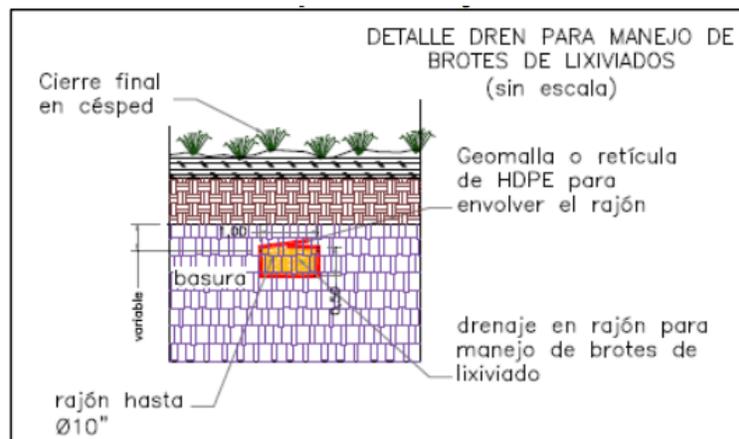
Comprende todos los elementos con los que cuenta el relleno para garantizar una eficaz captación y conducción para evacuación de los lixiviados del interior del relleno. La descripción de este sistema ya se planteó en el numeral 7. Lo más importante del sistema es que haya conectividad de los filtros y ductos de fondo e intermedios con el sistema de chimeneas, para que el drenaje tanto de lixiviados como de gases sea altamente eficiente y redundante. En el caso de los filtros intermedios es importante anotar que se debe procurar la conexión de la celda inferior con la que se sobrepondrá al excavar el espesor de la cobertura, como se ve en la siguiente imagen:

Imagen 19. Drenaje intermedio en la masa de residuos



El esquema general para el manejo de brotes de lixiviados es el de la figura siguiente:

Imagen 20. Manejo de brotes de lixiviado



- **Conducción a sistema de tratamiento:**

La conducción de lixiviados desde la celda hasta la planta de tratamiento o los pondajes y permeado hasta el punto de vertimiento, en lo posible deberá ser construida en superficie, de tal forma que cualquier falla que pudiera tenerse en la misma pueda ser fácilmente detectado de forma visual y hacer su manejo inmediato. La conducción debe ser redundante, ya sea con doble tubería de mínimo 8" de diámetro, con tubería y canal de contingencia o con doble canal. Tendrá cajas de inspección en cada cambio de dirección de más de 10° y en cualquier caso máximo cada 40 metros, lo cual facilitará labores de sondeo por limpieza. Las especificaciones mínimas de las cajas serán:

- Concreto 3.000 psi, e = 15cm en pared y piso
- Geometría mínima: B=60cm x L=0,60cm x H=40cm
- Cañuela mortero 3.000psi
- Pañete protegido anticorrosivo
- Relleno compactado
- Testigo de localización.

- *Sistema de captación y extracción de gases*

Este sistema fue tratado en el numeral 8. Sólo cabe aclarar que al llegar a las cotas finales del relleno y antes de hacer el cierre definitivo, es recomendable hacer conexión de varias chimeneas entre sí para concentrar la producción y evacuación controlada del biogás, en especial con el objetivo de establecer el sistema definitivo de captura y quema/aprovechamiento. Para esta conexión se seguirá el siguiente procedimiento:

- (i) se construirá entre las chimeneas a conectar un filtro de sección 0,4m x 0,4m excavado en los residuos a una profundidad entre 40 y 60 cm como máximo, a partir de la superficie conformada; este filtro estará compuesto por un lleno de grava de diámetro menor de 2" y una manguera de 3" ligeramente perforada que deberá tener embebidos sus extremos en el cuerpo de las chimeneas a conectar; quedará cubierto por encima con un geotextil sobre el cual se acabará de llenar la zanja excavada con arcilla
- (ii) se pondrá una capa de geomembrana de 20 mils o un geotextil tejido para tapar el tope de la chimenea que no cuenta con tubería freaticométrica, aproximadamente a 50 cm de la superficie final del lleno y con un radio mínimo de dos (2) metros.
- (iii) sobre esta "tapa" sintética se llenará con arcilla del mismo tipo de la cobertura hasta el nivel de rasante del domo o plataforma terminada y conformada;
- (iv) La chimenea concentradora debe tener el tubo freaticométrico reducido a tubería metálica de 3", sin perforaciones desde los últimos dos metros de profundidad medidos desde la superficie conformada del relleno terminado y desde allí ya no se tendrá cuerpo de chimenea, haciéndose un "enruanado" de sello similar a lo descrito en (ii); la manguera proveniente de las chimeneas selladas debe conectarse a este tubo terminal, que deberá sobresalir de la superficie de terminado de los residuos, incluida la capa de cobertura, al menos dos metros de altura y se le instalará caperuza para quemador individual.

Esta medida se tendrá hasta el momento en que se implemente el sistema de quema centralizado, donde el diseño respectivo establecerá los ajustes necesarios de extracción, conexión y concentración del gas para conducir hasta la planta de tratamiento de gases.

## 12. Calidad y cantidad de materiales a utilizar en la operación del relleno

El relleno sanitario cuenta con unos insumos para el desarrollo de las actividades mensuales; adicionalmente, se abastecerá de los materiales requeridos acorde a las estructuras que se requieran construir. Los materiales de arrastre y cantera serán obtenidos de establecimientos que cuenten con licencia ambiental y/o título minero según corresponda. Los materiales más relevantes que utilizar en la ejecución de obras son:

- Arcilla
- Geomembrana calibre 60 mils texturizada
- Geomembrana lisa calibre 20 y 40 mils
- Geotextil No Tejido varias referencias
- Geotextil Tejido varias referencias
- Piedra/rajón 4"-10"
- Malla tipo gavión
- Malla electrosoldada tipo Q4
- Material afirmado INVIAS 311-13 para vías
- Tubería flexible de alta resistencia de 6", 8" y 10"

Los insumos más relevantes en la operación del relleno sanitario son:

- Insumos para control de olores
- Insumos para control de vectores
- Material de cobertura temporal manto negro-verde
- Combustible (ACPM y Gasolina)
- Aceite lubricante • Insumos de limpieza
- Material mantenimiento de vías

### 13. Equipo y maquinaria requerida

Para la construcción y operación del relleno se tiene proyectado el uso del siguiente grupo de maquinaria pesada, con la cual se asegura cada actividad plasmada en el diseño:

- Un bulldozer Caterpillar D6NxL o equivalente o superior
- Una excavadora Caterpillar 315 o equivalente o superior
- Un retrocargador Cat 413 o equivalente o superior
- Una volqueta de 6,0 m3 equivalente o superior.

Se debe realizar toda actividad relacionada para mantener este equipo en correcto estado y funcionamiento, para lo que se ha establecido una partida presupuestal mensual. Ante cualquier adversidad que no se pueda manejar bajo los supuestos acá establecidos, la empresa garantiza la disponibilidad del equipo pesado requerido, en propiedad o por alquiler.

### 14. Personal requerido y calidad de profesionales

A continuación, se esboza la organización necesaria para la correcta operación y aplicación del relleno sanitario.

Como principio básico se considera que la dirección del relleno sanitario debe contar con un líder de disposición final y un ingeniero de supervisión; al menos uno de los dos debe ser Ingeniero Civil y el otro puede ser ingeniero Sanitario, Ambiental o Químico, de tal forma que sean complementarios en sus conocimientos, capacidades y desempeño.

- *Líder de disposición final:* Ingeniero Civil, Sanitario o Ambiental, deberá llevar consigo la responsabilidad por la operación del Relleno Sanitario. Las funciones específicas, serán entre otras, las siguientes:
  1. Conocer y manejar el presente documento, los Diseños y Manuales de Operación, Estudio de Impacto Ambiental, el Plan de Manejo Ambiental y los demás documentos relacionados con la disposición de residuos en este proyecto.
  2. Planificar los procesos y las obras a ejecutar en función de los lineamientos planteados para cada una de las actividades y fases operativas.
  3. Estimar presupuestos y definir especificaciones adicionales requeridas a las presentadas en el presente informe.

4. Coordinar e interactuar con el área administrativa y la asesoría externa sobre la construcción y operación de relleno sanitario.
  5. Impartir órdenes claras al personal bajo su cargo y coordinar sus actividades.
  6. Elaboración y entregar los informes mensuales y de otra periodicidad de gestión a la empresa e Informes de Cumplimiento Ambiental ICA.
  7. Programar estudios o caracterizaciones ambientales que se requieran conforme al Plan de Manejo Ambiental del Relleno Sanitario, y realizar las solicitudes de dichos servicios ante las personas responsables.
  8. Interactuar con la Interventoría y acordar las decisiones apropiadas para la mejora de los procesos.
  9. Velar por la seguridad e higiene de los trabajadores de relleno.
  10. Realizar oportunamente, las solicitudes escritas de recursos de mano de obra adicional, materiales, herramientas y demás necesidades que deban ser provistas por el área de Recursos Humanos, de Almacén, de Mantenimiento o cualquier otra área.
  11. Gestionar el cumplimiento de los compromisos que se definan en los Comités Técnicos del Relleno Sanitario.
  12. Verificar la actualización de los planos constructivos conforme a las obras realmente ejecutadas.
  13. Ordenar el seguimiento de las tareas relacionadas con el seguimiento de la instrumentación del relleno. Preparar los informes de seguimiento correspondientes.
  14. Asegurar el debido diligenciamiento de bitácoras y registros de la operación del relleno sanitario y garantizar su aseguramiento de uso y archivo.
  15. Atender y/o validar la información extraordinaria reportada por el Ingeniero Supervisor o cualquier otro empleado.
- *Ingeniero Supervisor de Relleno Sanitario:* Ingeniero Civil, Ambiental o Sanitario para apoyar todas las funciones del líder de disposición final. Sus funciones serán entre otras, las siguientes:
    1. Velar por el cumplimiento acorde de las instrucciones impartidas por el ingeniero residente.
    2. Trasmirir las órdenes impartidas por el líder de disposición final
    3. Apoyar en elaboración, análisis y entrega de informes, programaciones y presentaciones de obra ante la empresa operadora o la Interventoría.

4. Verificar las condiciones de operatividad del relleno sanitario y la maquinaria.
  5. Recibir y atender las visitas de carácter académico.
  6. Controlar el personal en ingresos, permisos, enfermedad, seguridad industrial e higiene.
  7. Realizar solicitudes de servicio a cualquiera de las áreas de apoyo de la Empresa.
  8. Verificar la organización de la información y documentación que se encuentre en el Relleno Sanitario.
  9. Supervisar las operaciones de disposición final.
  10. Supervisar las actividades de tratamiento de lixiviados, analizar y transmitir la conclusión de los resultados de su gestión.
  11. Suplir al líder de disposición final en caso de ausencia o por delegación directa.
  12. Coordinar el personal y las actividades de obras del relleno.
  13. Realizar las inspecciones rutinarias o periódicas de aseguramiento del relleno y sus instalaciones.
  14. Asegurar la conformación y operatividad de la brigada de atención de emergencias.
  15. Coordinar con el Ingeniero Residente su distribución de funciones de forma complementaria para lograr la cobertura de jornada más eficaz.
- *Auxiliar administrativo:* Con formación académica de nivel técnico y conocimientos en administración, personal y en office, estará encargado de registrar el ingreso de información de carácter administrativo y de personal dentro del relleno. Será el principal apoyo del líder de disposición final en cuanto a la información y generación de documentos y oficios de trámite diario.
    1. Apoyar a los ingenieros en la tarea administrativa del Relleno, como almacén, formatos de solicitud o movimientos, dotaciones, horario, registro de horas y rendimientos de máquinas, etc.
    2. Supervisar cotidianamente el empleo de los elementos de seguridad e higiene de los operarios del relleno.
    3. Apoyar en las visitas académicas.
    4. Apoyar en informes específicos
    5. Soportar a los ingenieros en el control de insumos y elementos de construcción para las obras.

6. Encargado de la bodega interna para el suministro de las herramientas, EPP, etc.
  7. Asegurar las bitácoras y los diferentes registros del relleno, incluido su escaneo y archivo digital.
  8. Programar de acuerdo con las horas de operación de las maquinas, los mantenimientos preventivos de cada una de ellas.
- *Operador de Báscula:* Con formación mínima de bachillerato y conocimientos básicos de office estará encargado de registrar el ingreso de vehículos al relleno, así como del manejo de la información y control de la báscula y su software. Será el apoyo del ing. Residente en la información y generación de base de datos de ingreso y tonelaje de los diferentes tipos de residuos que llegan al relleno.
    1. Asegurar la información de la báscula y registro de ingreso.
    2. Coordinar y asegurar el pesaje de entrada y salida de los vehículos recolectores.
    3. Incluir la información a la base de datos preestablecida.
    4. Crear reportes de acuerdo con las instrucciones dadas por el ing. Residente.
    5. Dar la indicación del sitio de descargue al conductor del vehículo.
    6. Planificar la calibración y mantenimiento de la báscula.
  - *Operadores de maquinaria:*
    1. Atender las instrucciones dadas por el ingeniero residente o el ingeniero supervisor.
    2. Ejecutar las actividades descritas en el capítulo de adecuaciones.
    3. Coordinar el mantenimiento preventivo o correctivo de la máquina que le fue asignada.
    4. Usar correctamente los elementos de dotación que le son entregados.
    5. Asesorar o apoyar, desde su conocimiento, las labores de operación y de obra del relleno.
  - *Operarios de relleno:*

Organizados por frentes de trabajo, serán los encargados de realizar las tareas de mano de obra no calificada requeridas. Preferiblemente la cuadrilla deberá enfocarse en tres frentes bien definidos como:

    1. Mantenimiento: Encargados de mantener obras como canales temporales, limpieza y aseo de instalaciones administrativas, mantenimiento de árboles, riego

de vías, zanjas de coronación, canales de aguas lluvias, estructuras desarenadoras, etc.

**2. Operación:** Para las actividades propias de esta parte del relleno. Serán los responsables por la ubicación de los vehículos durante la descarga en plataforma, limpieza y mantenimiento de la plataforma de descargue, construir las chimeneas, realizar fumigaciones, construir barreras para control de volantes, etc.

**3. Lixiviados y manejo de aguas:** para la construcción de las cajas de salida de lixiviado, las cámaras de quiebre, instalación de tuberías de lixiviados, apoyo en la instalación de geomembrana y geotextil, bombeo de lixiviados, etc., y el mantenimiento de los sistemas. Contratistas: Elaborar con la calidad requerida, las actividades para la cual fueron contratados: instalación de geomembrana, geotextil, siembra de árboles, topografías, laboratorio, asesoría técnica, etc.

15. *Procesos operativos desde la entrada de los residuos hasta su disposición final.*

- *Horario para la Recepción de Residuos:*

Si bien el relleno sanitario cuenta con disponibilidad de uso y operación durante las 24 horas del día, 7 días a la semana, el horario normal de recepción de residuos es:

- lunes a sábado: 7:00 a.m a 1:00 a.m
- domingo: 7:00 a.m a 4:00 p.m

Nota: En casos en lo que el usuario por causas de fuerza mayor debidamente demostrados no pueda disponer dentro del horario anteriormente mencionado, se hará la excepción para permitir su ingreso en horario extendido.

Sin embargo, el relleno sanitario tiene la capacidad de ampliar su operación a 24 horas, acorde con los requerimientos para atender nuevos usuarios/servicios o para atender situaciones de contingencia.

- *Ingreso al Relleno Sanitario:*

Posterior al pesaje, se da la instrucción verbal al conductor del vehículo hacia donde debe dirigir los residuos municipales. Los vehículos deben circular siempre por su derecha a una velocidad no mayor a 20 Km.

- *Registro de pesaje:*

En la caseta de registro de pesaje se tomarán las lecturas de entrada y salida por cada vehículo y cada vez que se ingrese al relleno, para establecer así una estadística que permita definir con mayor seguridad la proyección de la vida útil del relleno. Todos los vehículos deben ser pesados a entrada y salida del relleno. El operario de la báscula hará registro en el software de la compañía de cada uno de los ingresos al relleno sanitario. Mensualmente, el basculista hará un ejercicio estadístico primario sobre la cantidad de residuos dispuestos, discriminando la cantidad ingresada por días y por municipio que ingresa. Igualmente deberá separar el tipo de residuos que ingresa ya que el relleno contará con diferentes tratamientos para diferentes tipos de residuos. Esta información se pasará al ingeniero residente quien dará las instrucciones acerca del equipo y de la zona de operación para el siguiente mes.

- *Proceso de descarga:*

Luego recibir las instrucciones en la plataforma de descargue, un operario del relleno indica al vehículo el sector definido por el ingeniero, para realizar el descargue, así evitará congestiones y/o maniobras peligrosas.

## 16. Planos y esquemas de los procesos e instalaciones en el relleno

En el **Anexo 1**. Planos de diseño se presentan los planos de diseño técnico de detalles del Relleno Sanitario - Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía.

Plan de Llenado (mensual y/o anual).

Adicional a los planos y/o esquemas mencionados, se cuenta con Plan de Llenado o Secuencia de Llenado, el cual es variable de un año a otro e incluso dentro del mismo año, debido a que la dinámica de la operación y las cantidades de residuos dispuestos pueden llevar a plantear modificaciones de orden de ocupación y/o planteamiento de ocupación de otras áreas que en principio no se tenían disponibles. El Plan de Llenado o Secuencia de Llenado es la forma en que se proyecta el ordenamiento del proceso de llenado, de tal manera que se puede apreciar el avance del llenado del relleno sanitario en el área y espacio disponible. El Plan de Llenado permite proyectar a su vez las necesidades de materiales, productos,

insumos, personal y uso de maquinaria, así como el establecimiento del avance del cierre temporal o definitivo de las diferentes zonas.

17. Programa de seguridad industrial a aplicar en la construcción y operación del relleno sanitario.

El Relleno Sanitario Parque Ecológico y Tecnológico cuenta con un Sistema de Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo (SST), el cual vincula todas las actividades y medidas de prevención, respecto a las actividades que se ejecutan en el Relleno Sanitario, incluidas las actividades de construcción. Ver (**Anexo 2**. Manual del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST)

18. Criterios operacionales

- *Prohibición del ingreso de residuos peligrosos a la celda de disposición de residuos ordinarios*

El Relleno Sanitario Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía, siendo de carácter regional, permitirá en la celda de disposición de residuos ordinarios, únicamente la disposición de residuos sólidos ordinarios municipales y/o residuos asimilables a estos.

A fin de cumplir con ello al momento de la descarga se realizará inspección visual controlando el no ingreso de residuos que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente.

De igual manera, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos, conforme lo establece la normatividad vigente.

- *Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos peligrosos:*

Teniendo en cuenta que el Parque Ecológico y Tecnológico Andalucía, maneja la tecnología de relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos, no permitirá el ingreso ni la descarga de elementos líquidos ni lodos peligrosos, dado que dicha tecnología no aplica para la recepción técnica de estos elementos; de igual

manera la licencia ambiental que autoriza la operación del relleno sanitario, y el marco tarifario aplicable a la disposición final es exclusivo para residuos sólidos. Sin embargo, dada la autorización establecida en la Licencia Ambiental resolución 2752 de 2010, una vez establecidas las tecnologías allí permitidas, se podrá llevar a cabo el ingreso de los residuos peligrosos que sea posible tratar y que por tanto tendrán esa destinación específica. Es claro que estos residuos no podrán disponerse en la celda de residuos ordinarios.

- *Prohibición de cenizas prendidas:*

No será permitido el ingreso de cenizas prendidas u otros residuos en estado incandescente, en aras de velar por la seguridad del relleno, dado que la disposición de este elemento en contacto con los residuos sólidos puede generar incendios y explosiones.

- *Control de incendios dentro del parque:*

El área de influencia del relleno se encuentra sobre material arcilloso, por tal razón la construcción de cada celda debe estar pensado no solo para la estabilidad de los residuos allí alojados, sino la disponibilidad de material de arcilla cercano que permita ahogar la fuente iniciadora de fuego con el fin de controlar a la brevedad posible cualquier contingencia.

Respecto a áreas comunes del parque, se debe contar con un sistema de extintores Solkaflam para oficinas y multipropósito en áreas donde se pueda tener los siguientes elementos cercanos:

- Bodegas o lugares donde almacenen cartón y otros materiales aprovechables.
- Maquinaria y equipos.
- Almacenamiento de combustibles
- *Almacenamiento de químicos (sea inflamables, oxidantes, etc)*

Se recomienda en cualquier frente de operación tener como mínimo 1 m<sup>3</sup> de material arcilloso, un kit de derrames y extintor tipo satélite cerca.

Cuando se presente la generación de fuego no entre en pánico, informe a su superior sobre el incidente y paso a seguir es mediante una pala, adicionar arcilla en la base donde se encuentra el origen de la llama, una vez no se presenta llama, se debe esperar a un momento seguro donde se aplicará el químico de extintor y paso seguir cortar cualquier comunicación con cualquier combustible usando el kit de derrames que permita no presentarse cualquier avivamiento del fuego. Una vez

controlado hacer el reporte respectivo con el fin de que el personal especializado de atención de desastres evalúe el estado del terreno y se haga un parte sobre lo que pudo haber originado la novedad.

- *Prohibiciones Adicionales*  
Además de las prohibiciones descritas en el numeral 3.2. y en el 16.1. no se admite el ingreso de animales, armas, elementos contundentes, ni cigarrillos, bebidas embriagantes y/o alucinógenas o el uso de estos. Todas las actividades ejecutadas en el Relleno Sanitario deben quedar documentadas diariamente en la bitácora, siendo este, el mecanismo de registro utilizado en el Relleno Sanitario.

- *Detalle de pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al relleno sanitario*

Como se ha nombrado anteriormente cada vez que un vehículo ingrese al relleno sanitario debe pasar por la báscula camionera. Esto se hace para tener un control de las actividades del relleno las cuales son utilizadas para la planeación prospectiva del relleno.

Una vez ubicado el camión en la báscula a través del software SIS COMBAS se emitirá un tiquete en el cual se relacionarán los siguientes datos:

- Número consecutivo de ingreso
- Nombre de la empresa a la que pertenece
- Municipio
- Conductor
- Peso de entrada del vehículo
- Peso de salida del vehículo
- Peso neto Los funcionarios del relleno sanitario también tendrán el registro de estos datos en planilla, adicionando la opción “Observaciones” para registrar anomalías o cualquier apreciación relevante.

- *Cubrimiento diario de los residuos*  
Es de obligatoriedad realizar la cobertura diaria de los residuos cuya cota no haya alcanzado la cota de diseño final al terminar la jornada. La cobertura temporal de los residuos debe realizarse con sintético polimérico o negro verde. Sin embargo, en zonas donde se requiera cobertura temporal por un periodo prolongado, se realizará

con arcilla, posteriormente, cuando se va a disponer sobre esta zona cubierta con arcilla, es necesaria removerla nuevamente para permitir el contacto de los residuos en las diferentes capas.

- *Control de gases y las concentraciones que los hacen explosivos*

El relleno sanitario Parque Ecológico y Tecnológico de Andalucía, como medida para el manejo de gases cuenta con chimeneas de extracción pasiva, las cuales son monitoreadas semestralmente midiendo concentración de gases CH<sub>4</sub>, CO, O<sub>2</sub>, además del límite inferior de explosividad.

- *Control del acceso al público*

De acuerdo con el protocolo de visitas del Relleno Sanitario a continuación se nombra los requisitos mínimos para ingresar al proyecto: Visitas Programadas:

- ✓ Informar a URBASER S.A. E.S.P., previamente al desarrollo de la visita. Relacionando la siguiente información: o Motivo de la visita o Datos de identificación de la(s) persona(s) que ingresará(n) al relleno. o Placa del (los) vehículo(s). o Documentos de afiliación a sistema de seguridad social o a seguro específico.
- ✓ Una vez en el sitio de disposición final los visitantes deben registrarse con documento de identificación, ante el funcionario de seguridad y/o funcionario del relleno que se encuentre en la portería.
- ✓ Los visitantes contarán con ropa adecuada (pantalón largo y camisa manga larga) y elementos de protección personal –EPP (botas, pieza facial).
- ✓ Una vez autorizado el ingreso, el visitante debe presentar la información requerida por URBASER S.A. E.S.P.
- ✓ Entregada la documentación requerida, el visitante deberá acercarse a la oficina principal ubicada dentro del Relleno Sanitario para brindarle las indicaciones de seguridad a seguir durante el recorrido antes de iniciar la visita.

Visitas No Programadas:

- ✓ Una vez en el sitio de disposición final el visitante deberá registrarse con documento de identificación, ante el funcionario de seguridad y/o funcionario del relleno que se encuentre en la portería quien informará al personal administrativo solicitando AUTORIZACIÓN de entrada de dicho visitante(s).

✓ Una vez autorizado el ingreso, el visitante deberá presentar en la portería de acceso la siguiente información: o Motivo de la visita o Datos de identificación de la(s) persona(s) que ingresará(n) al relleno. o Placa del (los) vehículo(s). o Documentos de afiliación al sistema general de riesgos laborales. Es política de la empresa que al momento de las visitas del público externo (interventoría, entes de control y demás) se debe contar con la presencia del personal administrativo (gerente y/o ingeniero residente). No se permitirá el ingreso de ninguna persona externa hasta que este no se cuente con la presencia de los funcionarios mencionados.

- *Prevención de accidentes y control de tráfico vehicular*

Control de velocidad: Siendo obligación de todos los conductores respetar la velocidad máxima permitida de 20 Km/hora dentro de las vías internas del relleno sanitario y la vía principal de acceso; a continuación, se describen otras normas para el control del tráfico vehicular en el relleno sanitario:

✓ Teniendo en cuenta la hora de llegada al sitio de disposición en la terraza, todos los vehículos deben respetar su turno la orden para descargar los residuos.

✓ Ningún vehículo puede retirar elementos del Relleno Sanitario sin la autorización expresa de la dirección y/o gerencia de la empresa.

✓ En caso de duda sobre el contenido o clasificación del residuo que transporta un vehículo consultar al personal encargado quien autorizará o no su descarga, según lo determina la ley.

- Otras normas para los conductores

1. No ingresar al Relleno Sanitario bajo la influencia del alcohol o drogas.

2. No se permite transportar personal ayudante colgado en la puerta del vehículo transportador.

3. No se permite distracciones y pérdida de tiempo en el área de disposición final. En especial, no manipular teléfonos celulares u otro dispositivo de comunicación mientras se transita y se encuentra en actividad de maniobra de descargue.

4. No se permite el ingreso de menores de edad, ni mujeres en estado de embarazo.

5. Prohibido fumar dentro del vaso de disposición, zona de mantenimiento y zonas administrativas.
6. Sólo podrán ingresar al Relleno los vehículos transportadores de residuos debidamente autorizados que hayan suscrito el convenio de disposición con URBASER.
7. El transporte de basuras dentro y fuera del Relleno Sanitario será de total responsabilidad, cuenta y riesgo del Contratante.
8. Los conductores de vehículos de transporte de residuos sólidos deberán dar estricto cumplimiento a la señalización existente en el interior del Relleno Sanitario, teniendo en cuenta el mantener las luces encendidas – incluidas las de parqueo en el frente de trabajo.
9. La velocidad máxima permitida es de 20 Km/h en la vía de acceso y vía interna del relleno.
10. El vehículo debe contar con ayudante.
11. Los conductores y ayudantes deberán dar estricto cumplimiento a las instrucciones suministradas por el personal del Relleno Sanitario y las indicaciones en el frente de trabajo a cargo del funcionario designado del Relleno Sanitario.
12. Para su seguridad los conductores y ayudantes de vehículos transportadores de residuos deben contar con dotación completa y encontrarse afiliados a un sistema de seguridad social; en el frente de trabajo se debe usar protector auditivo y respirador o tapabocas.

Señales de tránsito en el Relleno Sanitario:

Imagen 21. Resumen de señales de tránsito en relleno sanitario



#### Condiciones vehículos recolectores

Los vehículos encargados de hacer la recolección de residuos sólidos deben cumplir con los requerimientos citados a continuación:

1. Ser aptos para la recolección y el transporte de los residuos sólidos y tener en cuenta lo dispuesto en el Decreto 2981 de 2013.
2. Ser motorizados y estar claramente identificados (color, logotipos, placa de identificación, placas en puertas laterales, entre otras características).
3. Cumplir con las disposiciones de tránsito respecto a carpas, señales, identificación, seguros y certificados de gases vigentes y otros certificados y permisos.
4. Deberá cumplir con las demás normas vigentes para emisiones atmosféricas como lo estipula el Decreto 948 de 1995 y demás normas vigentes relacionadas en esta materia y ajustarse a los requerimientos de tránsito.
5. Garantizar, tanto los vehículos que dispongan o no dispongan de cajas compactadoras, que los residuos sólidos durante el transporte estén contenidos y

cubiertos de tal forma que se reduzca el contacto con la lluvia, el viento y se evite el esparcimiento y escape de residuos sobre las vías.

6. Contar con un sistema de compactación cerrado de manera que impidan la pérdida del líquido (lixiviado), con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga y que pueda ser detenido en caso de emergencia.

7. Los vehículos transportadores deben estar en buen estado mecánico, contar con pito de reversa claramente audible y gancho en la parte delantera para halar el vehículo en caso de ser necesario.

8. Estar dotados con equipos contra incendios.

9. Estar dotados de dispositivos que minimicen el ruido.

10. Los equipos, accesorios y ayudas de que estén dotados los vehículos destinados para transporte de residuos sólidos, deberán mantenerse siempre en óptimas condiciones de funcionamiento para la prestación del servicio.

11. Programar las rutas de recolección de tal forma que se pueda cumplir con los horarios de acceso al Relleno Sanitario.

12. Instruir a los conductores y operarios sobre las obligaciones contenidas en el contrato, en el Reglamento Operativo y en las señales de tránsito encontradas a lo largo de las vías Relleno Sanitario, y la colaboración que deben prestar al Contratista en cuanto a suministro y recepción de información al ingreso y en la zona de báscula. Igualmente, en mantener un comportamiento acorde con las normas de urbanidad, decencia y respeto a los terceros.

13. Responder en una forma inmediata por los daños que, dentro del Relleno Sanitario, causen el (los) vehículo(s) transportador(es) y/o algunos de los conductores u operarios.

Prevención de la descarga ilegal de residuos A fin de prevenir descargas ilegales en el relleno sanitario, se cuenta con vigilancia privada en la portería de entrada y en las rondas del perímetro del predio; así mismo se tienen cámaras de seguridad en diferentes puntos del predio, las cuales son monitoreadas permanentemente a fin de garantizar las condiciones de seguridad del predio. En caso de detectarse una descarga ilegal, el conductor del vehículo será objeto de un llamado de atención por primera vez con copia al operador/usuario del servicio de disposición final y deberá hacer el cargue de los residuos y depositarlos en la zona de descargue activa a su costa, incluyendo la descontaminación del sitio afectado; en caso de reincidencia, podrá incluso definirse su prohibición de ingreso al relleno sanitario.

*Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.* Conforme a lo dispuesto en el numeral 3.1.4., no se permite la sustracción de elementos de la masa de residuos descargada para su aprovechamiento externo o venta. En el caso de que se presente, cualquier persona que sea testigo de esta situación podrá dirigirse al ingeniero residente para informar lo que esté sucediendo y este a su vez tomará las medidas necesarias, conforme a su gravedad o reincidencia.

*Mantenimiento del Cerramiento perimetral*

El mantenimiento del Relleno Sanitario está proyectado hacia la higiene y conservación técnica de toda el área del proyecto. Para ello, el cerramiento perimetral debe:

- a) Corregir los postes que se encuentran en declive.
- b) Templar los hilos de las cercas.
- c) Reparación de la cerca que se encuentre en mal estado.

La revisión del estado del cerramiento estará a cargo del ingeniero supervisor.

*Mantenimiento de vías de acceso*

Incluyendo el aseo de las vías, el mantenimiento y reparación de las vías de acceso, se caracteriza por

- ✓ Mantenimiento de las cunetas: retiro de material de lodos, basura, tierra o cualquier otro elemento que pueda obstaculizar el paso libre del agua o que pueda dañar las cunetas. Igualmente hacer la reposición de geomembrana, concreto o enrocado y afirmado en donde sea necesario, y realizar la limpieza y control de la vegetación adyacente para que no obstruya canales o cunetas.
- ✓ Mantenimiento al bacheo: detección de daños en la capa de rodadura, suministro del material requerido para renivelación, realización de esparcido y compactación de material pétreo sobre las zonas que presentan bacheo para su nivelación.
- ✓ Mantenimiento de elementos de señalización y seguridad: limpieza, reparación o reposición de los elementos de señalización, delimitación de áreas o corredores y elementos de contención como barandas.

#### 19. Plan de emergencias y contingencias

El Plan de emergencias y Contingencias corresponde al documento que se presenta y carga al SUI. Sin embargo, para efecto de tener coherencia con la estructura del Reglamento Operativo, se incluye como el **Anexo 3**.

20. Anexos

ANEXO 1. Planos de diseño

ANEXO 2. Manual del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST

ANEXO 3. Plan de Emergencias y Contingencias