



EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL AMBIENTAL DEL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO

HENRY ARIAS SUAREZ

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

24-03- 2020



EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL AMBIENTAL DEL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO

HENRY ARIAS SUAREZ

DIRECTOR
CAROLINA JAIMES VELANDIA
Ingeniera Química

Adscrito a:
Grupo de Investigación en Ingeniería Verde- GRIIV

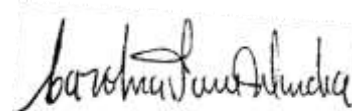
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

24-03-2020

Nota de Aceptación



Firma del jurado



Firma del Jurado

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios que ha sido bueno y bondadoso, me ha permitido aprender y trabajar con personas maravillosas las cuales he aprendido mucho de cada uno(a) de ellos(as).

A mi madre Claudia Milena Suarez Cáceres que siempre me ha apoyado incondicionalmente y ha estado conmigo en mi crecimiento profesional creyendo en mí cada segundo.

A mí familia siendo el motor de mi vida he inspiradores en cada uno de mis metas y logros.

A Wilfredo Pacheco Estrada mí gran hermano y colega que siempre me da ánimos.

A la Ingeniera Sandra Tatiana que ha sido mí gran maestra en mis prácticas enseñándome con gran carisma, guiándome con sabiduría y brindándome su amistad.

A las profesoras Carolina Jaimes Velandia y Alba J. Vargas que me han guiado en este trayecto educativo.

A ustedes les agradezco por creer en mí, a mis maestros por sus enseñanzas y por hacer de mí una mejor persona y proyectarme para ser un gran profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi gran pilar principal en esta vida y permitirme culminar este gran logro, por ponerme personas maravillosas en cada momento que me han brindado su amistad, conocimiento y ayuda, a la profesora Carolina Jaimes Velandia que con su gran profesionalismo, experiencia y sabiduría en el campo de la ingeniería ambiental me ha brindado su apoyo logrando dirigir este proyecto hasta su gran meta, agradezco a toda mi familia, amigos y colegas que me han apoyado aportando su granito de arena para poder formar al hombre, al ser humano y profesional que soy ahora.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

RESUMEN EJECUTIVO.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	16
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1. MARCO TEÓRICO	18
2.1.1. ESTUDIOS PRELIMINARES.	19
2.1.2. DISEÑO DE LLENADO.....	20
2.1.3. CÁLCULOS.....	20
2.1.4. INSTRUMENTACIÓN.	22
2.1.5. INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO SANITARIO	22
2.1.6. PRESUPUESTO.....	23
2.1.7. SELECCIÓN DE TRATAMIENTO.....	23
2.1.8. LOCALIZACIÓN DE ÁREAS PARA TRATAMIENTO.....	23
2.1.9. MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL A LA OPERACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO.....	24
2.1.10. DISEÑO BÁSICO DE UN RELLENO SANITARIO.	24
2.1.11. OPERACIÓN RELLENO SANITARIO	40

2.1.12.	CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	45
2.1.13.	LIXIVIADOS.	47
2.2.	MARCO LEGAL:	47
2.3.	MARCO CONCEPTUAL:.....	49
2.4.	MARCO AMBIENTAL.....	52
2.5.	UBICACIÓN.....	54
<u>3.</u>	<u>DESARROLLO</u>	<u>56</u>
3.1.	IDENTIFICAR LAS ACCIONES NECESARIAS PARA EL CONTROL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS “EL CARRASCO”	56
3.2.	ANALIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES QUE SE ESTÁN GENERANDO POR LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	56
3.3.	DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS CON LA NORMATIVA VIGENTE.	57
<u>4.</u>	<u>RESULTADOS</u>	<u>58</u>
4.1.	ACCIONES PARA EL CONTROL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS “EL CARRASCO”	58
4.1.1.	ANTECEDENTES	58
4.1.2.	INICIO DE DISPOSICIÓN.....	59
4.1.3.	LIXIVIADOS.....	64
4.1.4.	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD LAGUNAS DE LIXIVIADOS.....	71
4.1.5.	ZONA DE DISPOSICIÓN DE LIXIVIADOS	72
4.1.6.	MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS.....	72
4.2.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	76
4.2.1.	ETAPA DE HABILITACIÓN DEL RELLENO SANITARIO	77
4.2.2.	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO.....	78
4.2.3.	CONTAMINACIÓN DEL RECURSO AGUA	79
4.2.4.	IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	79
4.3.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PTLX	81

ZONA DE DISPOSICIÓN DE LIXIVIADOS	81
4.3.1. IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS	83
4.3.2. BOMBAS	83
FUENTE: (EMAB , 2019)	84
CRIBA MECÁNICA.....	85
TAMIZ ROTATIVO.....	85
4.3.3. CELDA DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)	86
4.3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	86
4.3.5. PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DE LA UNIDAD DE FLOTACIÓN.....	87
4.3.6. SISTEMA DE FILTRACIÓN Y MICROFILTRACIÓN	91
<u>5. CONCLUSIONES</u>	<u>108</u>
<u>6. RECOMENDACIONES.....</u>	<u>109</u>
<u>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>110</u>

LISTA DE IMÁGENES

Pág.

Imagen 1: Drenaje para Aguas Pluviales (zanja de coronamiento para el relleno sanitario)	25
Imagen 2: Recomendaciones para el Método de Trabajo Seleccionado	28
Imagen 3: Construcción de la Capa Base con Barrera Natural	31
Imagen 4: Forma Adecuada para Soldadura de láminas de PEHD	34
Imagen 5: Construcción de la Capa Base Cuando no hay Barrera Natural	35
Imagen 6: Forma de Trabajo para Rellenos mecanizados en la celda diaria	41
Imagen 7: Predio El Carrasco	54
Imagen 8: Vías de acceso al predio El Carrasco	55
Imagen 9: Anuncios del cierre definitivo del sitio de disposición final el Carrasco .	58
Imagen 10: Redes hidrográficas intermitentes de la zona del sitio de disposición final el Carrasco	60
Imagen 11: Tiempo de funcionamiento de cada celda.....	62
Imagen 12: Ubicación y diseño celdas de respaldo	64
Imagen 13: Movimiento de lixiviados dentro de las celdas y dirección de la inestabilidad	65
Imagen 14: Incidentes con lixiviados, canaletas y aguas lluvias.....	69
Imagen 15: Listas de chequeo	73
Imagen 16: Erosión y agrietamientos en celdas	76
Imagen 17: Esquema del Proceso de tratamiento de lixiviados de la nueva PTLX81	
Imagen 18: Imagen de los Pondajes para recepción del lixiviado generado en El Carrasco.	82

Imagen 19: Pozo de recepción del lixiviado efluente de los pondajes.	82
Imagen 20: Identificación de las tuberías según el nivel de tratamiento del lixiviado	83
Imagen 21: Implementación de bombas para succión y conducción del lixiviado..	84
Imagen 22: Tablero de Control instalado desde el cual es posible manejar todas las bombas identificadas anteriormente.....	84
Imagen 23: Descripción de las principales partes del equipo	85
Imagen 24: Principales componentes de la celda de flotación	86
Imagen 25: Panel de control del DAF	87
Imagen 26: Panel de control del DAF: Opción “Flotación”	88
Imagen 27: Panel de control del DAF: Opción “Fangos”.....	89
Imagen 28: Panel de control del DAF: Opción “Químicos”).	90
Imagen 29: Panel de control del DAF: Opción “Químicos/Control”	90
Imagen 30: Filtros de arena y microfiltración de talega.....	92
Imagen 31: Filtros de Arena y grava.....	93
Imagen 32: Mantenimiento realizado a la unidad de microfiltración.....	94
Imagen 33: Sistema de Filtración por Membranas (DTRO)	95
Imagen 34: Sistema de Tanques visto desde el panel de control de la DTRO	98
Imagen 35: Diagrama de Flujo del Sistema DTRO	99
Imagen 36: Sistema DTRO visto desde el panel de control disponible en la Unidad	101
Imagen 37: Ósmosis Inversa	102
Imagen 38: Tanque Acondicionador de Lodos y Filtro Prensa	103
Imagen 39: Tanque.....	104

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Cuadro de Selección de Método de Trabajo.....	27
Tabla 2: Parámetros Importantes para la Capa Mineral de Base	30
Tabla 3: Actividades para la Cubierta Final	43
Tabla 4: Fechas funcionamiento cada sección sitio de disposición final El Carrasco	61
Tabla 5: Ubicación pozos de extracción forzada en las celdas.....	67
Tabla 6: Análisis de generación y tratamiento de lixiviados	72
Tabla 7: Residuos sólidos generados por año	75
Tabla 8: Matriz de evaluación de impacto ambiental	77
Tabla 9: Medidas de mitigación	80
Tabla 10: Nomenclatura utilizada para designar medidores y dispositivos de control en la DTRO.	97
Tabla 11: Tanque y estaciones de llenado	99
Tabla 12: Componentes.....	100
Tabla 13: Señales de nivel del tanque de lodos	104

RESUMEN EJECUTIVO

En el proyecto se evaluó la situación en el relleno sanitario “EL CARRASCO” ubicado en la ciudad de Bucaramanga, teniendo en cuenta las dificultades que ha presentado en los últimos años, y la emergencia ambiental que ha causado en el municipio, se evaluó el impacto que ha presentado con la matriz Conesa y se analizó medidas correctivas para reducir las consecuencias de salud pública ocasionadas en esta problemática.

Se calculó el grado de cumplimiento del relleno sanitario frente a la normativa correspondiente al tratamiento de los lixiviados que se generan en consecuencia al acopio de los residuos sólidos y cómo afecta la calidad de vida de los habitantes del municipio de Bucaramanga.

El área metropolitana de Bucaramanga se encuentra en un crecimiento poblacional ocasionando a su vez un aumento en la generación de los residuos sólidos que llegan diariamente al carrasco y una de las debilidades más grande es la falta de cultura en cuestión a la reparación y aprovechamiento de residuos en cada hogar, por ello el volumen de residuos aumenta y al no tener conciencia de la situación actual es difícil tomar las medidas necesarias para reducir este impacto.

El resultado de este proyecto se definió de manera objetiva mediante la evaluación de los impactos ambientales los diferentes factores que influyen en la situación del sitio de disposición final EL CARRASCO y las medidas que se deben implementar para garantizar el control del lugar.

Palabras Claves: Control ambiental, disposición final, gestión de residuos, lixiviados, relleno sanitario.

INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -CDMB-, es un ente corporativo autónomo creado por la ley 99 de 1993, de carácter público, que se relaciona con el nivel nacional, departamental y municipal, integrado por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica.

Dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Teniendo por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El relleno sanitario El Carrasco empezó a funcionar como un botadero de basura a cielo abierto en el año 1978 conocido como Mal Paso. En el año 1990 tuvo una transición de botadero a cielo abierto, con la implementación de un manejo técnico similar al de un relleno sanitario. En el año 1998 en el ejercicio de las funciones como autoridad ambiental la CDMB generó un Plan de Manejo Ambiental PMA, para la recuperación ambiental del sitio de disposición de residuos sólidos “El Carrasco”. Desde el año 2009 se ha venido requiriendo la ejecución de un proceso de clausura y cierre del sitio de disposición en mención.

Actualmente la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA tiene a cargo el control y seguimiento del sitio de disposición final de residuos sólidos “Carrasco”, competencia impartida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante resolución 0368 de 11 de marzo de 2014. La Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB ha venido realizando seguimiento y control subsidiario de acuerdo con las obligaciones impuestas por el Juez Quince administrativo de Bucaramanga en las diferentes sentencias judiciales, información que ha sido remitida a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en el marco de sus competencias.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Carrasco es un relleno sanitario que ha sido utilizado por 41 años por el área Metropolitana de Bucaramanga y 20 municipios Santandereanos, en sus inicios lo utilizaban como un botadero de basura a cielo abierto sin ningún control ambiental denominándose como “Botadero Malpaso” y los lixiviados iban directamente a fuentes hídricas y se infiltraban al subsuelo, fue en la década de los años 90 cuando empezó a operar como un relleno sanitario aplicándose normas ambientales (Ley 99 de 1993; Ley 142 de 1994 & Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, 1998).

El 3 de octubre de 2017, por motivos de sobrepeso generado por el exceso de basura y lixiviados, la celda 4 colapso en atención a que la cantidad de residuos depositados fue mayor del que podía ser soportado, afectando un área similar a la zona que abarca el estadio Alfonso López, liberando 30 mil toneladas a cielo abierto; lo que generó escape de gas sulfhídrico y metil mercaptano; El mal olor se expandió a los barrios Malpaso, Manuela Beltrán, Balcones de Provenza y el Porvenir, siendo también afectado Bucaramanga y su área metropolitana generando afectaciones de salud a sus habitantes.

Lo anterior se presentó por la siguiente situación:

En el relleno sanitario El Carrasco en la celda 4 por la presión que se generó por el exceso de basuras y la cantidad de lixiviados generados una de las paredes cedió al no poder soportar el sobrepeso por no tener construido a tiempo las obras de mitigación.

En este sentido: “Mediante la publicación del 5 de Junio de 2018 ANLA abrió pliego contra la EMAB por presunto mal manejo de lixiviados, así como por aparente intervención de área protegida y cauce de una quebrada. Al parecer la EMAB altero el cauce de las quebradas El Carrasco y la innominada No. 250-43-13, sin una autorización de la autoridad competente; según la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA. identifico un afloramiento de lixiviados en la superficie de los taludes de las celdas 1,2 y 4 de las cuales no se garantizaba la captación y transporte de los lixiviados producidos teniendo un déficit de los factores administrativos, técnicos y normativos”. (Blu Radio, 2018)

En relación a lo anterior se presenta la siguiente situación:

El documento generado por el ANLA el 5 de junio de 2018 expone que el sistema que trata los lixiviados en el relleno sanitario El Carrasco no garantiza la captación del residuo líquido generado por las basuras provocando que fluyan hacia los canales de las celdas desembocando en el cauce de la quebrada El Carrasco, teniendo este documento evidencia fotográfica que hace parte del concepto técnico 2501 del 30 de mayo de 2017, dando a conceptualizar que en épocas de lluvia no solo puede contar la quebrada cercana al relleno sanitario sino también al recurso suelo que lo rodea ocasionando una contaminación al subsuelo por medio de infiltración.

En relación a las dos situaciones descritas anteriormente se genera la siguiente incógnita;

¿Cuál es la expectativa de que la problemática ambiental y social que se presenta en el relleno sanitario El Carrasco, disminuya o desaparezca al hacerse un seguimiento de cumplimiento obligatorio a la normatividad ambiental en los residuos sólidos

1.2. JUSTIFICACIÓN

Se espera que mediante la interventoría que se hará en el relleno sanitario El Carrasco se mejore los sistemas que se implementen en el manejo de los residuos sólidos y el tratamiento de los lixiviados aplicándose la normatividad vigente disminuyendo la problemática generada por el tiempo de su funcionamiento.

Con el documento generado por esta práctica se podrán guiar sobre los errores que se cometió en el relleno sanitario El Carrasco para poder hacer un replanteo de diseño en un futuro relleno sanitario que se implemente para recibir todos los residuos que se generen en la Ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana dando una mayor optimización en sus procesos de tratamiento y control de sus lixiviados, este documento quedara en la base de datos de la universidad para que los estudiantes uteistas o persona natural interesada en el tema pueda usar su información a conveniencia y poder fortalecer los estudios sobre el tratamiento de los residuos sólidos en un relleno sanitario en terreno santandereano.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la situación actual del sitio de disposición final El Carrasco y el sistema de tratamiento de lixiviados

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las acciones necesarias para el control del sitio de disposición final de residuos sólidos “el Carrasco”.
- Analizar los impactos ambientales que se están generando por la disposición final de residuos sólidos.
- Determinar el cumplimiento de sistema de tratamiento de lixiviados con la normativa vigente.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

El relleno sanitario La Glorita inicio operaciones el 10 de abril de 1997 ubicada en el municipio Pereira, en sus comienzos no funciono en óptimas condiciones según informes presentados por la CARDER y otras autoridades ambientales por la incompleta cobertura de residuos y ausencia de sistemas de tratamiento de lixiviados que se vertían directamente al río Otún, actualmente han mejorado sus procesos, tecnologías y han trabajado en educar a la población para mejorar su conciencia ambiental.

El 27 de septiembre de 1997 en el relleno sanitario Doña Juana “Bogotá, Colombia” hubo un derrumbe de 1.200.000 toneladas de residuos sólidos por exceder su capacidad ocasionando que 300 mil personas tuvieran afecciones respiratorias y alergias en la piel. El distrito le cancelo el contrato el 18 de diciembre de 1997 a la empresa Prosantana LTDA que estaba encargada de operar y administrar el relleno sanitario por incumplir con los diseños acordados en el convenio y al cambiarlo por la empresa Centro de Gerenciamiento de Residuos (CGR) su situación mejoro y se seguirá usando adecuadamente hasta cumplir su ciclo de uso.

El 14 de septiembre de 2001 en el relleno sanitario Navarro “Cali, Colombia” hubo un derrumbe de 138.000 toneladas de residuos sólidos ocasionando una afectación al río Cauca. Al ver que no podían conseguir un nuevo terreno para

poder adaptarlo como su nuevo relleno sanitario autorizaron unas nuevas áreas de terreno vecinos al relleno sanitario Navarro, en el 2008 pudieron adaptar un nuevo relleno sanitario en el municipio de Yocoto fortaleciendo las falencias que tuvieron en el anterior relleno para que no se volviera a presentar de nuevo ese capítulo.

El 15 de enero de 2016 en el relleno sanitario Lepanto manejado por el consorcio Santa Marta S.A. "Santiago, Chile" hubo un derrumbe de 200.000 toneladas de residuos sólidos ocasionando problemas socioambientales. El tribunal ordenó acciones de reparación y cautela, el consorcio debe realizar una auditoría del manejo de los lixiviados e identificación de los afloramientos no autorizados, remoción del suelo afectado en un plazo de 6 meses, en base al estudio se concibió en la construcción, operación y abandono de un relleno sanitario ubicado en la zona sur de Santiago teniendo una vida útil de 20 años teniendo en cuenta fortalecer las falencias aprendidas en relleno sanitario Lepanto.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

Autores atribuyen la aplicación de rellenos sanitarios como se conoce en el día de hoy a los ingenieros ingleses J.C Dawes y M.Call quienes lo utilizaron por primera vez en Bradford “Inglaterra” en la década de los 20. El relleno sanitario se conoce por ser el método más eficiente, barato y de menor costo que existe, pero se debe contar con un área muy grande y alejado de las ciudades por su generación de olores, gases y lixiviados. (Vásquez, 1994., pág. 1)

Reglamento de las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos en la prestación del servicio público de aseo.

En la construcción de un relleno sanitario se debe tener en cuenta las condiciones especificadas en el artículo 2.3.2.3.8 del capítulo 3 en el decreto 1784 de 2017, con el fin de localizar nuevas áreas para rellenos sanitarios municipales o regionales, el ente territorial definirá la Incorporación al plan de ordenamiento (POT, PBOT, EOT), de los lugares donde potencialmente se localizarán dichas áreas, de acuerdo con los siguientes criterios (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 3)

- Identificación de determinantes ambientales debidamente incluidas en la cartografía oficial del POT, PBOT O EOT.
- Establecimiento de la cercanía a aeropuertos en cumplimiento de las directrices de la Aeronáutica Civil referidas a obstáculos o impedimentos a la aviación.
- Identificación de áreas con riesgo no mitigable incorporados en POT, PBOT O EOT.
- Identificación del perímetro urbano, zonas de expansión urbana y centros poblados.
- Identificación de sitios intervenidos con la actividad de disposición final de residuos. Ministerio de vivienda

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio define las condiciones mínimas de operación y diseño, que deben ser utilizadas de acuerdo a la categorización para

los sitios de disposición final a partir del promedio diario registrado durante el último año. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 4)

- Categoría I.
De 0 a 50 ton/día.
- Categoría II.
Mayor de 50 hasta 500 ton/día
- Categoría III.
Mayor de 500 hasta 3000 ton/día.
- Categoría IV.
Mayor de 3000 ton/día.

Según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) se menciona que: “Los requisitos mínimos que debe cumplir para diseños de nuevos rellenos sanitarios o ampliación de uno existente son los siguientes”. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 4)

2.1.1. Estudios Preliminares.

- Estudio topográfico: Según las dimensiones del proyecto, donde se muestre claramente toda la instrumentaría del predio objeto de estudio, y las vías de acceso al mismo.
- Estudios Geológicos y Geomorfológicos: Levantamiento geológico, utilizando la base cartográfica del estudio topográfico, interpretación de fotografías aéreas y sensores remotos, exploración del subsuelo (directa e indirecta) y ensayos in situ y de laboratorio. En cuanto a geomorfología, se deberán identificar las unidades geomorfológicas, registrando la cartografía y morfo dinámica basada en análisis multitemporal.
- Exploración del subsuelo: Exploración del subsuelo e investigación geotécnica de manera que permita garantizar la obtención de la información geotécnica requerida para completar el modelo geológico-geotécnico de las diferentes zonas consideradas dentro del área del proyecto.
- Estudio Hidrogeológico: Determinación y evaluación de las condiciones del agua subsuperficial y subterránea en condiciones normales y extremas más probables en el periodo de diseño de análisis del proyecto, con especial descripción de las características hidráulicas (porosidad, permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento) y niveles freáticos.
- Estudio hidrológico: Contiene información secundaria de balance hídrico, curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) con base a los reportes

de precipitación anual aportados por la Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM) o quien haga sus veces.

- **Estudio Geotécnico:** Deberá plantear en secciones y perfiles longitudinales y transversales del área del proyecto, el modelo geológico-geotécnico de los distintos sectores del área de estudio, determinando la relación entre los rasgos geológicos y los procesos de inestabilidad actuales y potenciales y sus mecanismos de falla en caso de existir. Se presentará el correspondiente análisis de fenómenos de movimientos en masa y procesos erosivos.
- **Análisis de estabilidad:** Se deberán realizar los análisis de estabilidad pertinentes considerando las características geológicas y geomecánicas de los materiales establecidos a partir del modelo geológico-geotécnico en condiciones de saturación y sísmico, incluyendo la masa de residuos proyectada. Así mismo, se presentarán las condiciones de capacidad portante del suelo o subsuelo de soporte del relleno sanitario.
- **Análisis de Riesgo:** Como resultado del análisis geológico-geotécnico, se desarrollarán las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que son fundamentales para la adecuada toma de decisiones para la construcción de la infraestructura y con base en dichas condiciones, se determinarán las conclusiones y recomendaciones en términos de tipo de relleno sanitario más adecuado, métodos de excavación, obras requeridas de contención o estabilización geotécnica.

2.1.2. Diseño de llenado.

El ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio se menciona: que: “Una vez realizados los estudios preliminares, se definirá el método de llenado acorde con la topografía, geotecnia y condiciones hidrológicas del terreno seleccionado, así como también el manejo y el tipo de tratamiento de lixiviado y de gases”. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 5)

2.1.3. Cálculos.

2.1.3.1. De la celda de disposición: Se deberá proyectar el número de celdas a ser utilizadas acorde a la necesidad de disposición de los residuos sólidos proyectados en el horizonte de diseño del relleno sanitario, expresado en m³/año, teniendo en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 5)

- Porcentaje de compactación empleado para el cálculo de la celda diaria de disposición y espesor de la cobertura diaria a utilizar.
- Pendiente de fondo que permita la evacuación por gravedad del lixiviado generado.
- Perfilado de suelo de fondo y dimensionamiento de canales de evacuación impermeabilizados, teniendo en cuenta conductividad y porosidad del terreno.
- Impermeabilización requerida acorde con las características de suelo.

2.1.3.2. Del dren de lixiviado: Una vez dimensionada la celda, se debe definir el tipo, diámetro y distribución de la tubería, la cual será calculada acorde al caudal de lixiviado generado al horizonte de diseño de cada celda. El material de la tubería a utilizar deberá ser seleccionado acorde a la resistencia a temperatura y vida útil de la misma. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 5)

2.1.3.3. Del dren de evacuación de gases: Una vez dimensionada la celda, se debe definir número, diámetro y distancia entre chimeneas que permita la recolección y evacuación del gas. La captura y quema tecnificada deberá realizarse en todas las categorías de relleno establecidas. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 5)

2.1.3.4. De los canales de aguas lluvias: Acorde a las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), se deberá realizar el cálculo y diseño de los canales de evacuación de aguas lluvias, especificando, acorde con la topografía del terreno, la pendiente mínima, el tipo y material de revestimiento del canal. La evacuación de las aguas que conduzca el canal deberá ser vertida sobre una corriente o campo natural libre de contacto con el lixiviado. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 6)

2.1.3.5. Manejo de Lixiviados: Se deberá dimensionar conforme con las condiciones meteorológicas de la zona y el tipo de residuos sólidos, el sistema de manejo de lixiviado que garantice el drenaje, la conducción y almacenamiento, incluyendo el análisis de la recirculación de lixiviados cuando técnicamente sea viable. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 6)

2.1.3.6. Sistema de tratamiento de Lixiviados: Al hablar del Sistema de tratamiento de lixiviados; “Cuando los lixiviados deban ser conducidos y vertidos a un cuerpo de agua se deberá diseñar un sistema de tratamiento que garantice el

cumplimiento de la norma de la calidad”. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 6)

2.1.4. Instrumentación.

Todo relleno sanitario deberá contar con instrumentos que permitan la medición de niveles y calidad de agua subsuperficial, estabilidad de terreno y de la masa de residuos contenida en la celda o en la terraza, tales como: Piezómetros, instrumentación geotécnica y pozos de monitoreo. Para rellenos construidos por etapas o fases, se deberá proyectar la instalación de la instrumentación de medición en cada una de las celdas proyectadas. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 6)

2.1.5. Infraestructura del Relleno Sanitario

Según el ministerio de vivienda, ciudad y territorio, la infraestructura del relleno sanitario: “Está conformada por las celdas y las siguientes estructuras asociadas::

- “Valla de información: Que deberá contener como mínimo la siguiente información:
 - Nombre del relleno. – Nombre del municipio. – Nombre de la persona prestadora a cargo del relleno.
 - Número de Resolución de Licencia Ambiental otorgada o Plan de Manejo Ambiental establecido.
 - Vida útil expresada en volumen y tiempo de capacidad total.
- Cerramiento perimetral. Que garantice el cierre perimetral del predio.
- Puertas de acceso: Que garantice el acceso de vehículos y controle el ingreso de personal ajeno al sitio de disposición.
- Báscula de pesaje: Que garantice el registro de toneladas de ingreso al relleno sanitario.
- Caseta de registro: Que garantice el registro, control y sistematización de los datos de entrada y salida de cada uno de los vehículos que ingresen al sitio.
- Vías internas: Que garanticen el acceso y circulación de los vehículos en el sitio de disposición final.
- Áreas Administrativas y Dotaciones de Servicio: Que garantice las instalaciones requeridas para el personal administrativo, operativo y visitantes”. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 6)

2.1.6. Presupuesto.

El presupuesto que se presenta en el Documento Técnico de Estudios y Diseños deberá contener el presupuesto de obra ordenado por componentes y cada componente discriminado por capítulos, detallando conceptos, unidades y cantidades junto con el análisis de precios unitarios y debe corresponder al año de ejecución del mismo, así como los costos correspondientes al plan de manejo ambiental y otros que le sean pertinentes. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 7)

2.1.7. Selección de Tratamiento.

La selección de tratamiento o tratamientos a implementar debe considerar, entre otros, su complejidad, acorde con la caracterización de residuos sólidos según el tratamiento a implementar, los estudios de población, proyección de generación de residuos, análisis de viabilidad financiera y económica, así como la sostenibilidad empresarial. Parágrafo. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio definirá los criterios mínimos que deberán ser considerados para seleccionar el tipo de tratamiento o tratamientos. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 12)

2.1.8. Localización de áreas para tratamiento.

Con el fin de ubicar áreas para la localización de infraestructura asociada al tratamiento de residuos sólidos municipales o regionales, el ente territorial definirá la incorporación al plan de ordenamiento (POT, PBOT, EOT), de los polígonos donde potencialmente se localizarán dichas áreas, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Identificación de determinantes ambientales debidamente incluidas en la cartografía oficial del POT, PBOT O EOT.
- Identificación de áreas con riesgo no mitigable incorporados en POT, PBOT o EOT.
- Identificación de sitios intervenidos con la actividad de disposición final de residuos sólidos. 4. Identificación de zonas actuales con uso de suelo compatible con el tratamiento o tratamientos seleccionados. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 12)

2.1.9. Monitoreo, Seguimiento y Control a la operación de las actividades de tratamiento.

Según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: “Son responsabilidades de la persona prestadora, las actividades de monitoreo, seguimiento y control técnico de los tratamientos, dentro de las cuales deberán contemplarse como mínimo las siguientes:

- “Cantidad y calidad del material de ingreso.
- Flujo de proceso y respectivos procedimientos.
- Balance de masas.
- Cantidad y Calidad de subproductos generados en el tratamiento.
- Cantidad y Calidad de material de rechazo generado y tipo de disposición final”. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio., 2017, pág. 13)

2.1.10. Diseño básico de un relleno sanitario.

2.1.10.1 Obras Preliminares para en Emplazamiento del Relleno Sanitario

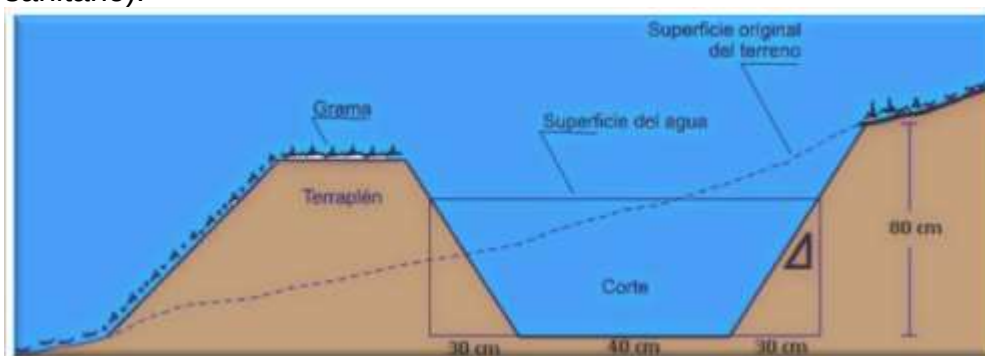
2.1.10.1.1 Limpieza del área del relleno sanitario.

En el terreno se debe preparar un área que servirá de base o suelo de soporte al relleno, siendo por lo general necesaria la tala de árboles y arbustos, puesto que éstos constituirán un obstáculo para la operación. Esta limpieza debe hacerse por etapas, de acuerdo con el avance de la obra, evitando así la erosión del terreno. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

2.1.10.1.2 Drenaje pluvial (Zanja de Coronamiento)

Las obras de drenaje se construirán en los límites del relleno que tienen como objeto la captación del escurrimiento de aguas pluviales, los canales deberán revestirse con material apropiado. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0,60 m/seg. Ni mayor de 1.80 m/seg., se recomienda dimensiones de 1 metro ancho y 0.8 metros de profundidad. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) . Ver imagen 1.

Imagen 1: Drenaje para Aguas Pluviales (zanja de coronamiento para el relleno sanitario).



Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

2.1.10.1.3 Área de amortiguamiento.

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “El área de amortiguamiento deberá diseñarse y construirse en un espacio perimetral que fluctúe entre 30 m y 50 m”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

b) Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Esta franja deberá estar forestada con especies vegetales de talla y follaje suficiente para que reduzca la salida de polvos, ruidos y materiales ligeros durante la operación”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

2.1.10.1.4 Vías de circulación.

Se deberá proveer áreas de circulación para el ingreso de los carros basureros, conformación de terraplenes para la descarga de los residuos, vías de circulación para el acarreo de material de cobertura y vías de circulación del personal encargado del manejo de los residuos. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

2.1.10.2 Selección del Método de Operación.

Definido el sitio para el emplazamiento del relleno sanitario y con los estudios preliminares del sitio seleccionado el paso subsiguiente es definir el método de operación a emplear, la selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario, se deberá realizar con base en las condiciones topográficas, geotécnicas y geo-hidrológicas del terreno elegido, seleccionándolo de entre los siguientes: trinchera, área o combinado de los dos métodos. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Para definir técnicamente el método a emplear se debe establecerse el nivel estratigráfico del suelo, el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios y la disponibilidad de material de cobertura”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Los resultados de estos estudios definirán el método a emplear Trinchera o Área, de esta forma presentamos criterios técnicos a utilizar:

- a) Si el primer acuífero transitorio o permanente se encuentra a más de 6 metros de profundidad, respecto al nivel natural del terreno y se encuentra protegido de una capa de arcilla de por lo menos 2 metros de espesor con un coeficiente de impermeabilidad igual o menor a $K < 10^{-6}$ cm/seg, en este es recomendable el método de trinchera.
- b) Si el primer acuífero transitorio o permanente se encuentra a menos de 1 metro de profundidad, respecto al nivel natural del terreno, el método de trinchera resulta impracticable, por lo que se deberá trabajar con el método de área y requerir un tratamiento mayor de capa base, recomendase 60 cm de arcilla compactada y el empleo de polietileno de 250 micrones.
- c) Para casos intermedios pueden aplicarse cualquiera de los dos métodos pero se deberá considerar cumplir las siguientes premisas:
 - a. Impermeabilidad de la capa base del relleno sanitario.
 - b. Una profundidad mínima del acuífero de 2 metros respecto a la capa base impermeable del relleno sanitario.
- d) Si el estudio estratigráfico del suelo identifica roca o presencia de roca fragmentada no es recomendable el método de trinchera, por los elevados costos de excavación y la alta permeabilidad que puede tener el sitio para llegar a contaminar acuíferos subterráneos, en esta situación se utilizara el método de Área”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 30) .

Un aspecto importante a considerar para la selección del método a emplear es definir la disponibilidad de material de cobertura en el sitio de emplazamiento del

relleno sanitario, considerando el costo de acarreo de material de cobertura se puede tomar la mejor decisión para el método. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 30). Ver tabla 1.

Tabla 1: Cuadro de Selección de Método de Trabajo.

PRIORIDAD	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO	PREMISAS DE SELECCIÓN	MÉTODOS RECOMENDADOS
1	Condiciones Topográficas	Áreas planas o llanuras	Método de Área o Trinchera
		Área con pendientes hasta 12 °	Método de Área o Trinchera
		Áreas con pendientes mayores a los 12 °	Método de Trinchera
		Depresiones naturales o artificiales	Método de Área
2	Profundidad de napa freática	Profundidad > 6 metros	Método de trinchera
		Profundidad < 6 metros	Método de Área
3	Permeabilidad de los suelos	$k < a \cdot 10^{-6}$ cm/seg	Método de Trinchera
		$k > a \cdot 10^{-6}$ cm/seg	Método de Área
4	Disponibilidad de Banco de préstamo para cobertura	Existe disponibilidad de material	Método de Área
		Existe Material de cobertura en sitios cercanos	Método de Área
		No existe material de cobertura	Método de trinchera

Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 30) .

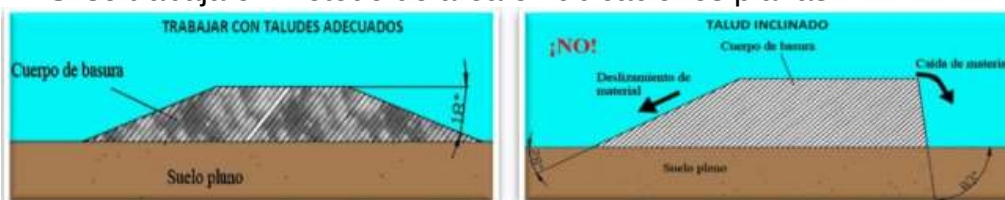
Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Se seleccionara el método más adecuado para la mayoría de las características que coincidan en el método recomendado”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 30) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Una vez seleccionado el método de trabajo se debe considerar las siguientes recomendaciones para mantener taludes en el relleno sanitario”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 31) .

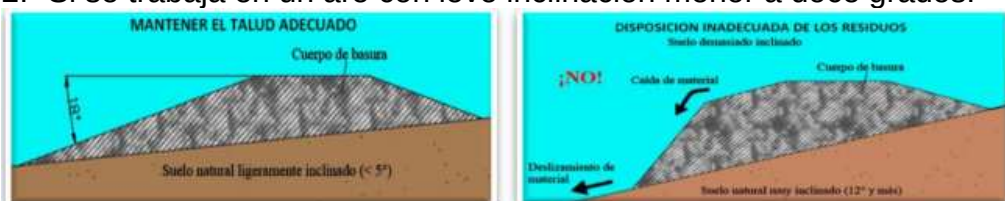
Ver imagen 2.

Imagen 2: Recomendaciones para el Método de Trabajo Seleccionado

1.- Si se trabaja en método de área en ubicaciones planas:



2.- Si se trabaja en un área con leve inclinación menor a doce grados:



3.- Si trabajamos en un área con pendiente mayor a 12 grados:



Fuente: Min (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

2.1.10.3 Preparación de la Capa Base del Relleno Sanitario

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Dependiendo de los estudios preliminares (estratigráfico del suelo y el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios) se realizara las siguientes preparaciones de capa base del relleno sanitario manual o mecanizado”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pag. 31) .

2.1.10.3.1 Preparación de la Capa base del relleno sanitario cuando existe barrera natural o barrera geológica:

La barrera natural o geológica es una capa de suelo de baja permeabilidad que se encuentra arriba de la primera capa freática. Lo ideal para la construcción de un relleno sanitario es que el terreno disponga de una barrera natural o geológica con formada por arcilla, limo y morrenas. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 31) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Si el suelo natural tiene una permeabilidad menor a $k_f = 10^{-6}$ y un espesor de 3 m o más, constituye una buena barrera geológica para un relleno sanitario”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 32) .

Según el ministerio de medio ambiente y agua (2010) menciona: “El objetivo de preferir un terreno con barrera geológica es:

- “- Minimizar la cantidad de lixiviados que se infiltran al suelo, al fin de proteger las capas freáticas.
- Ralentizar la difusión de contaminantes en el suelo
- Garantizar que la mayoría de los contaminantes se queden en la proximidad del relleno, incluso si se daña la capa mineral y la capa plástica”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 32) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Para una mejor protección de las aguas subterráneas, es muy importante que se construya una capa mineral impermeable al fondo del relleno sanitario, a fin de impedir la filtración de los lixiviados hacia las capas freáticas”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 32) .

Generalmente se considera como impermeable un suelo con un factor $k_f < 10^{-8}$ m/s, lo ideal sería un factor $k_f < 10^{-9}$ m/s. El análisis de permeabilidad se puede hacer en cualquier laboratorio de suelos de una universidad. En caso de que no exista un laboratorio cercano que pueda realizar el análisis de impermeabilidad para el caso de relleno manuales, se recomienda una inspección visual aproximada sobre parámetros como: Espesor, contenido de arena, tamaño máxima de partículas y contenido de agua. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 32) .

Ver tabla 2.

Tabla 2: Parámetros Importantes para la Capa Mineral de Base

Criterio	Valor Recomendado
Espesor de capa base	0,75 (m)
Factor de Permeabilidad	10^{-9} (cm/seg)
Contenido de partículas pequeñas (< 0,002 mm)n (%)	>20 %
Contenido de arcilla	> 10 (%)
Tamaño mínimo de partículas	20 (mm)
Contenido de agua	< 5 (%)
Contenido de materia orgánica	< 5 (%)

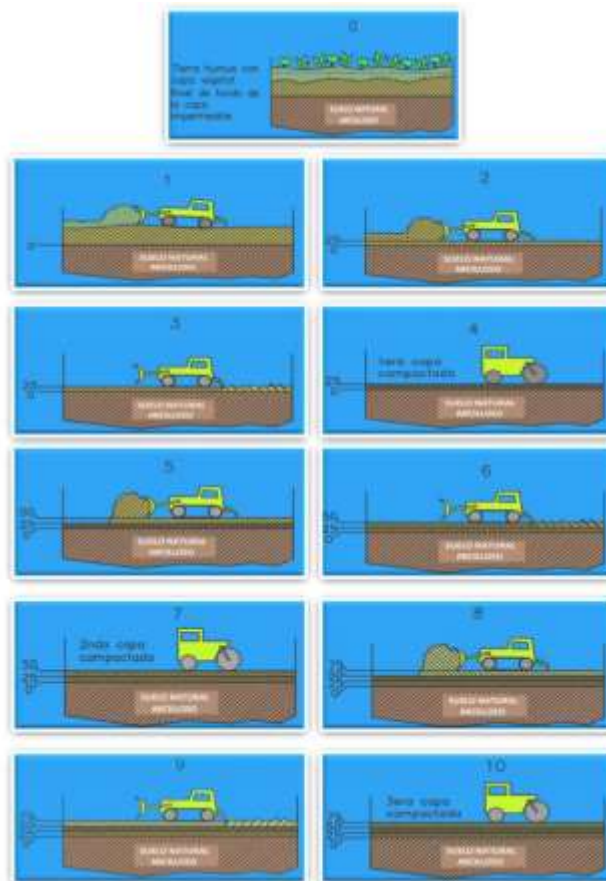
Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

No es probable encontrar un suelo que cumpla con todos estos criterios. El suelo que tiene las características más próximas a los criterios descritos sería el más apropiado tanto para la capa base como para material de cobertura intermedia y final del relleno sanitario. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 32) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Los trabajos y valores recomendados para la construcción de la capa base del relleno sanitario cuando existe una barrera natural o geológica se explican gráficamente”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 32) .

Ver imagen 3.

Imagen 3: Construcción de la Capa Base con Barrera Natural



1.- Excavación de la tierra superficial.	6.- Se escarifica y homogeniza el segundo estrato (hacia una profundidad de 25 cm), después se moja y seca.
2.-Preparacion del terraplén, lo que va a servir como primer estrato. El terraplén se hace 25 cm arriba del nivel	7.- Compactación del segundo estrato.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

diseñado como fondo del relleno. Si es necesario, se compacta con rodillo.	
3.- Se escarifica y homogeniza el primer estrato (hacia una profundidad de 25 cm), después se moja y seca.	8.- Se carga el tercer estrato con un espesor de 25 cm. Para eso, se puede utilizar el material excavado durante la preparación del terraplén.
4.- Compactación del Primer Estrato.	9.- Se escarifica y homogeniza el tercer estrato (hacia una profundidad de 25 cm), después se moja y seca.
5.- Se carga el segundo estrato con un espesor de 25 cm. Para eso, se puede utilizar el material excavado durante la preparación del terraplén.	10.- Compactación del tercer estrato.

Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

Si un municipio realiza un relleno sanitario manual y no dispone de la maquinaria necesaria para hacer la preparación de la capa base, es aconsejable el realizar mínimamente una buena compactación el suelo natural y colocar una capa base escarificada y compactada. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 34) .

2.1.10.3.2 Preparación de la Capa base del relleno sanitario cuando no existe barrera natural o barrera

Geológica:

En sitios donde no se presenta barrera natural o geológica y se tiene un alto grado de permeabilidad de los suelos y por consiguiente alta probabilidad de contaminar las aguas subterráneas será necesario aplicar una capa de plástico, la misma que será la medida de mitigación ante esta ausencia de barrera natural. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 34) .

2.1.10.3.2.1 Detalles de la Capa de Plástico:

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Se recomienda utilizar laminillas de Polietileno (PEHD) con un espesor no menor a 2 mm o un

material equivalente. Las características físicas y químicas más importantes que deben tener estas laminillas son:

- No debe contener huecos, roturas, burbujas o cavidades
- No debe tener torsiones diagonales
- Su espesor debe ser homogéneo
- Deben ser impermeables para agua, hidrocarburos clorados y no clorados, acetona.
- Deben ser resistentes contra calor y condiciones climáticas adversas.
- Deben ser resistentes contra desgaste mecánico (roturas, pinchazos etc.)” (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 34) .

2.1.10.3.2.2 Colocación de la capa de plástico

Se recomienda preparar un plano de colocación, considerando el ancho y el largo de las laminillas. Ese plano debe tener el objetivo de bajar el número de soldaduras al mínimo posible. No se debe juntar más de tres laminillas en un punto, y no se debe hacer soldaduras diagonales. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 34) .

Las laminillas de Polietileno (PEHD) se colocan directamente sobre la capa mineral. No se deben utilizar máquinas pesadas o máquinas con cadenas (p.e., niveladoras) porque podrían dañar las laminillas. Si el tamaño y el peso de las laminillas lo permiten, se prefiere colocar las laminillas manualmente, sino, con una excavadora liviana o un pequeño rodillo. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 35) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Soldadura: Se recomienda hacer las soldaduras por un experto en soldadura de plástico. Si la fábrica productora dispone de tal experto, sería lo mejor que el experto de esta compañía realice este trabajo”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 35) .

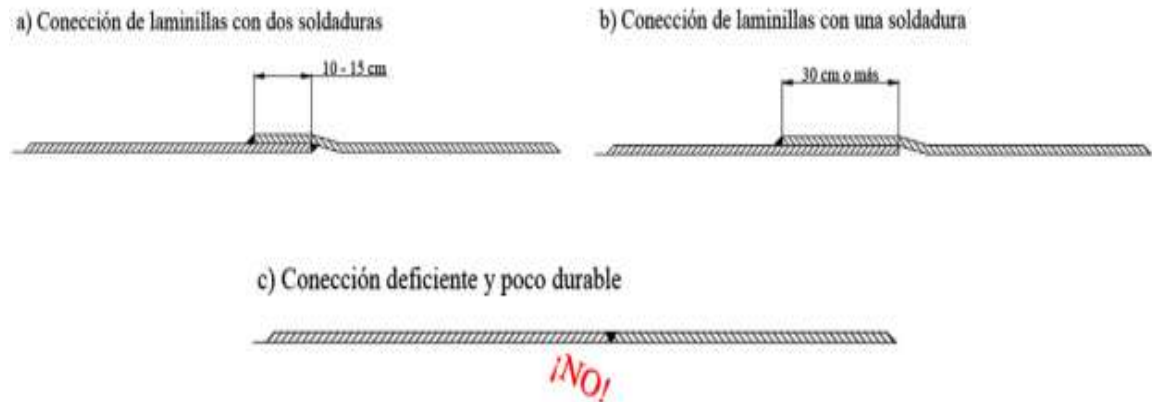
- Según el ministerio de medio ambiente y agua (2010) menciona: “Las laminillas deben ser limpias y secas cuando se hace la soldadura”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 35) .

- Hay que dejar un borde suficiente para la soldadura. Si se juntan las laminillas con una sola soldadura, este borde debería ser de por lo menos 30 mm; si se

hacen 2 soldaduras paralelas, 10 - 15 mm de borde son suficientes. Se recomienda hacer 2 soldaduras paralelas, especialmente para las soldaduras largas. Estas soldaduras se pueden hacer con una distancia de 10 - 15 mm. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 35) .

Ver imagen 4.

Imagen 4: Forma Adecuada para Soldadura de láminas de PEHD

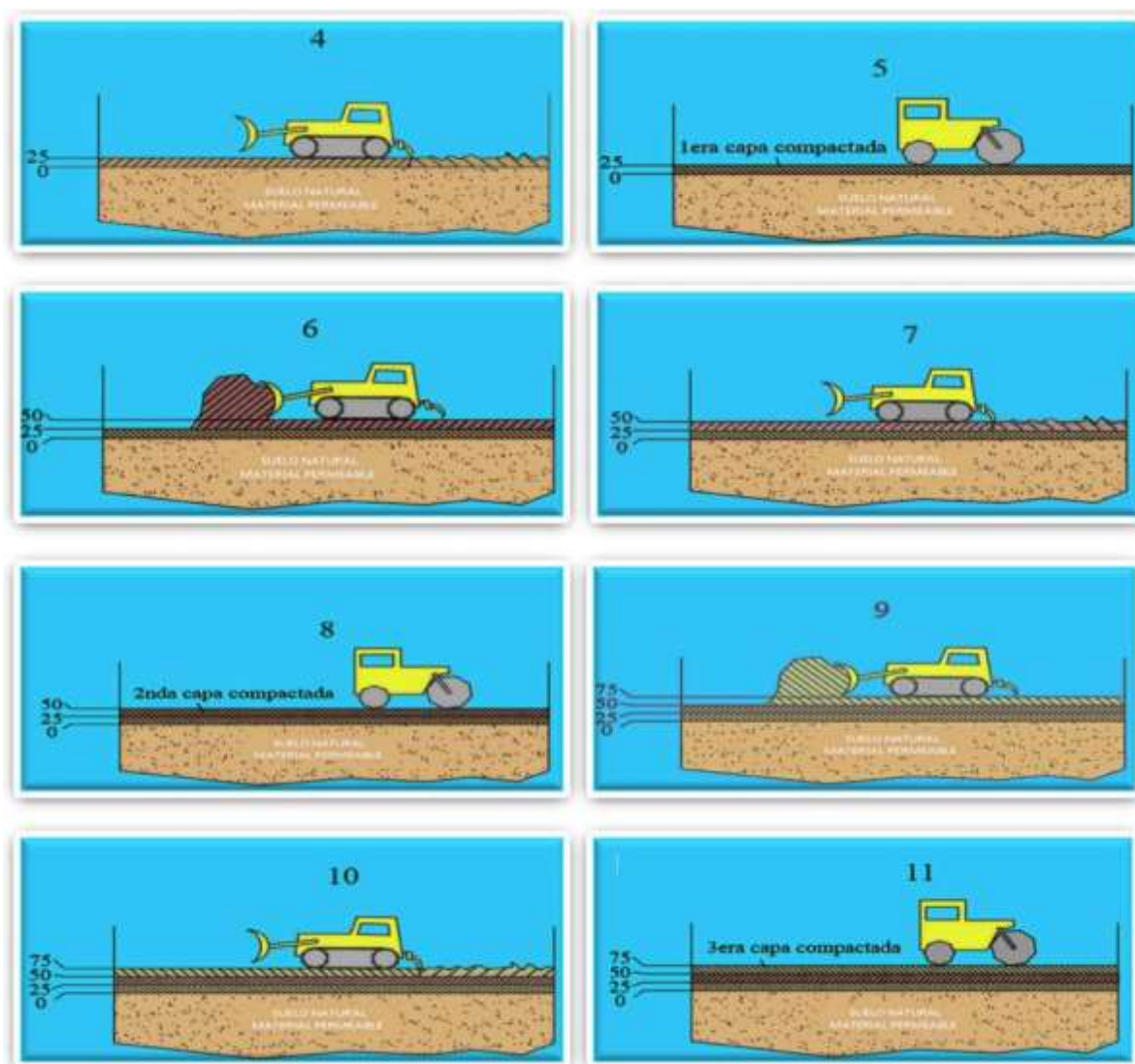


Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Los trabajos y valores recomendados para la construcción de la capa base del relleno sanitario cuando no existe una barrera natural o geológica y se utiliza una paca de plástico se explica gráficamente”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 35) .

Ver imagen 5.

Imagen 5: Construcción de la Capa Base Cuando no hay Barrera Natural



(Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

1. Retiro de cobertura vegetal; 2. Nivelación de Base; 3. Esparcir material impermeable; 4. Escarificación de material; 5.- Compactación primera capa; 6.- Esparcir material impermeable; 7. Escarificación de material; 8.- Compactación segunda capa; 9.- Esparcir material impermeable; 10. Escarificación de material; 11.-Compactación tercera capa.

2.1.10.3.3 Recomendaciones para Rellenos Manuales y de Escasos Recursos

Existen varios municipios que no tienen el presupuesto necesario para adquirir la capa de plástico adecuada y la tela de ingeniería (geotextil). Siendo el problema más importante para municipios que tienen planificado un relleno manual, ya que este tipo de relleno necesita para la misma cantidad de basura una extensión más grande que un relleno compactado, por causa del crecimiento vertical limitado. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 36) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Se recomiendan las siguientes medidas para municipios que se encuentren planificando rellenos manuales o municipios que no cuentan con el presupuesto necesario para la capa de plástico:

- La recomendación más importante sería la disminución de los lixiviados y del volumen de basura destinada al relleno sanitario. Si se composta la basura biodegradable, se reduce considerablemente la cantidad de materiales que se van al relleno, y también se reduce la cantidad de lixiviados que escurren del resto de la basura depositada. Si el volumen del relleno ya está reducido a casi la mitad, puede ser más fácil para el municipio hacer un suelo impermeable según el estándar técnico. Dependiendo del lugar de relleno (profundidad de las napas freáticas, distancia de poblaciones y agricultura, calidad del suelo natural) podría ser posible también renunciar a la capa de plástico.
- Si el municipio en cuestión requiere de una capa de plástico como impermeabilizante de la base del relleno sanitario, pero no dispone del presupuesto necesario, se puede utilizar cubiertas de invernadero desechadas. En ese caso hay que dar mucha atención a huecos y daños en las laminillas. Los huecos se pueden soldar. Si se utiliza plástico usado de invernadero u otra fuente, se recomienda superponer dos a tres capas,

soldando los huecos, así mismo el geotextil se puede reemplazar con pasto, yute o tela de saquillo.

- En algunos casos es posible renunciar a la capa de plástico:
 - Si se cuenta con un muy buen suelo natural (con muy baja impermeabilidad y bastante espesor).
 - si se cuenta con una barrera geológica suficiente mayor a 3 metros.
 - si el nivel de la más alta capa freática es mucho más bajo que el fondo del relleno más de 6 metros de profundidad.
 - en climas muy secos donde casi no hay lluvia y, por consecuencia la generación de lixiviados es mínima. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 36) .

En estos casos es muy importante que se recojan separadamente los desechos tóxicos, peligrosos e infecciosos y que se construya una celda separada para ese tipo de desechos. Ese relleno separado debería ser equipado con suelo mineral bien compactado, capa de plástico y geotextil. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 37) .

Con esa medida se evita que los componentes más peligrosos se escurran juntos con los lixiviados del relleno para la basura domiciliaria. Los lixiviados de la celda separada de desechos tóxicos, peligrosos e infecciosos pueden tratarse de forma conjunta con los lixiviados del relleno común, lo importante es el mejor aislamiento de la celda especial de estos desechos. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 37) .

2.1.10.4 Sistema de drenaje de Lixiviados

El manejo del lixiviado es uno de los mayores problemas que se presentan en un relleno sanitario. En algunos casos, a pesar de contar con los canales periféricos para interceptar y desviar las aguas de escorrentía pluvial, la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno aumenta significativamente el volumen del lixiviado. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “Así mismo se deberá considerar que dentro de las celdas del relleno sanitario manual o mecanizado existirá escorrentía de lixiviados que serán generados por los procesos químicos internos de los residuos depositados”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

Por consiguiente se deberá contar con un sistema de drenaje interno de la celda del relleno sanitario y debe construirse un sistema de captación y conducción de los lixiviados al sistema de tratamiento más adecuado de acuerdo al relleno sanitario. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

Para evitar acumulaciones de aguas lixiviadas y asegurar una conducción rápida y eficiente a la planta de tratamiento, se recomienda diseñar el fondo del relleno en sistema espina de pescado. En rellenos grandes, se recomienda dividir el área de relleno en diferentes "cuencas" con un colector mayor en el centro. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

2.1.10.4.1 Sistema interno en las celdas del Relleno Sanitario

Este sistema de drenaje tratara que la absorción o infiltración de los lixiviados sea nula en el área rellenada, puesto que el lixiviado seguirá produciéndose por muchos años posteriores al cierre del relleno, esta capa de drenaje deberá ser bien construida. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

2.1.10.4.1.1 Drenaje de Grava

Normalmente se construye la capa de drenaje de grava o piedra bola. Las piedras utilizadas deben ser grandes (con dimensiones más o menos homogéneas) recomendándose piedra de 6" o 8" y no contener partículas finas, con eso se asegura una buena permeabilidad hidráulica. El espesor hidráulicamente eficiente debe ser al menos 30 cm; se recomienda construir una capa con espesor de 50 cm con el fin de proteger la permeabilidad hidráulica durante muchos años. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

Se extiende una capa de geotextil o de materiales reemplazantes (pasto, yute, tela de saquillo, compost en maduración) sobre la capa de drenaje, al fin de evitar que se congestione la capa de drenaje con partículas sólidas escurridas en las aguas lixiviadas. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 38) .

2.1.10.4.1.2 Drenaje con tubería de PVC

Si es económicamente factible, el sistema ideal de drenaje interno del relleno sanitario consiste en tubos perforados que se colocan dentro de la capa de piedra bola o grava. Estos tubos deben ser colocados al fondo de la capa, para permitir que todas las aguas se percolen al interior del tubo, es importante que exista una capa de filtro sobre la capa de drenaje (geotextil, pasto, saquillo extendido u otro

material equivalente) para evitar que se colmaten los tubos. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 39) .

El diámetro de los tubos puede variar entre 100 y 300 mm, dependiendo de la cantidad de residuos sólidos a depositarse y la precipitación pluvial. Para los colectores mayores en rellenos grandes, se recomiendan tubos con el diámetro de 250 a 300 mm. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 39) .

El diámetro de los huecos en la tubería se debe determinar según las dimensiones de la grava o piedra bola seleccionada. Hay que evitar que entren piedras dentro de la tubería y la congestionen. El área total de orificios tiene que ser superior a 100 cm²/m de tubo. Eso corresponde a orificios con un diámetro de 1 cm y una distancia entre ellos de 2.5 cm o > 127 orificios por metro lineal. . (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 39) .

2.1.10.4.2 Sistema externo de captación y conducción de lixiviados a tratamiento

Posterior al drenaje interno que tienen que tener las celdas de disposición de residuos sólidos, se debe considerar la captación de los lixiviados y su transporte a un sistema de tratamiento. . (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 39) .

La forma más adecuada de hacer este sistema de captación y conducción es por medio de zanjas con base impermeabilizadas de arcilla y recubiertas por mortero y hormigón pobre, las mismas deben tener una pendiente de 1.5 a 2% con la finalidad de conducir los lixiviados y no retenerlo. . (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 39) .

El sistema de captación y conducción de lixiviados debe ser construido de tal forma que sirva para todas las celdas del relleno sanitario y dirigido a la cota más baja del sitio elegido, donde se recomienda tener un sistema de retención de los lixiviados y la planta de tratamiento. . (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 40) .

2.1.11. Operación relleno sanitario

2.1.11.1 Relleno mecanizado

Se pueden aplicar diferentes métodos de descarga y colocación de los desechos sólidos en el relleno sanitario mecanizados, dependiendo de la forma y topografía del terreno. Es indispensable compactar los desechos de manera óptima para extender la vida útil del relleno y minimizar los impactos ambientales. Las siguientes medidas ayudan a lograr este objetivo:

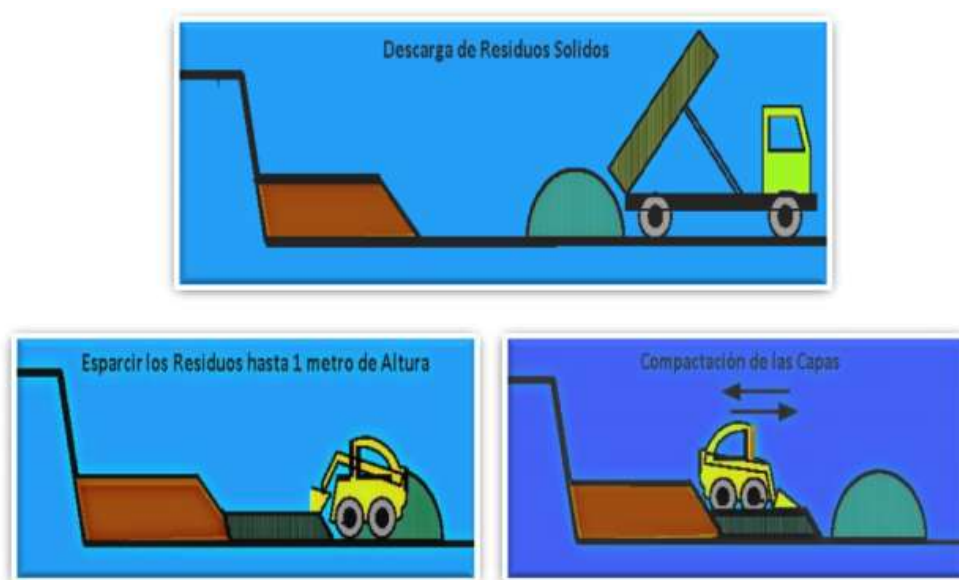
- “Los desechos se deben colocar de forma homogénea. Es importante que el personal que tiene la función de indicar los lugares de descarga los organice de tal manera que los montículos de desechos descargados se distribuyan homogéneamente sobre el área de frente de trabajo diario. Esta precaución minimiza también el trabajo y consecuentemente los costos del tractor compactador.
- Solamente los desechos que no se pueden valorar se mandan al relleno sanitario, además los residuos que sobran del procesamiento de los desechos recuperables.
- Se recomienda utilizar compactadores pesados especiales (31 - 36 t) en rellenos muy grandes y utilizar un segundo tractor liviano para trabajos auxiliares y realizar capas delgadas de entre 0.5 a 1 m de forma de obtener buenos resultados con la compactación.
- El número de las pasadas que hace el tractor sobre los desechos influye en la compactación, Se puede pasar compactando entre 5 y 25 veces sobre una capa de desechos. La bibliografía establece que realizar más de 8 pasadas no contribuye significativamente en el grado de compactación, por consiguiente de forma de no encarecer los costos por maquinaria y maximizar el uso de esta se recomienda realizar únicamente 8 pasadas para la compactación de residuos sólidos.

Se debe cubrir la basura descargada cada día al fin de la jornada con una capa de tierra. La cantidad del material usado para la cobertura debe ser en una relación de 1 (material de cobertura) a 3(residuos sólidos). Si se entierran 50 m³/d de basura, se debe utilizar entre 13 - 15 m³ de tierra para la cobertura”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 54) .

-

Ver imagen 6.

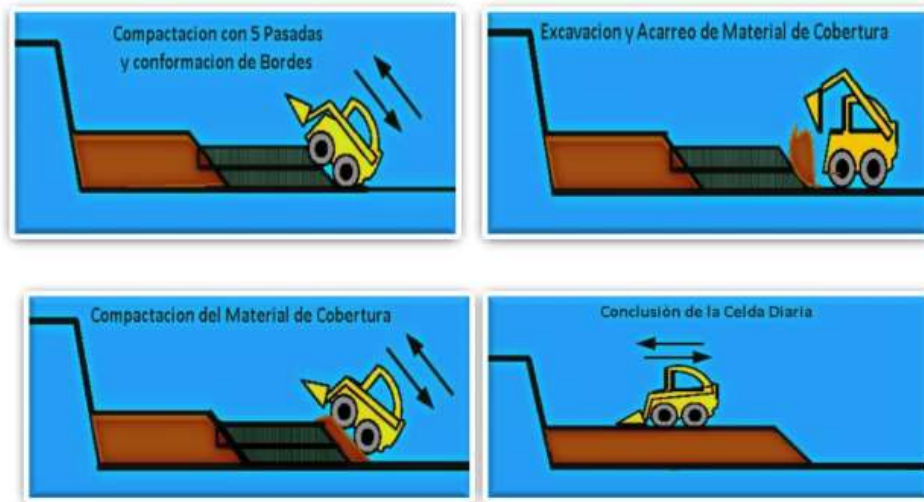
Imagen 6: Forma de Trabajo para Rellenos mecanizados en la celda diaria



ELABORADO POR:
 Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
 soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
 FECHA APROBACION:



Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

2.1.11.2 Conclusión de una celda o módulo de trabajo.

Cuando se cierra el relleno sanitario o un módulo del relleno, hay que construir una capa final para poder restaurar el terreno, se debe construir una cubierta final más elaborada que las cubiertas diarias o intermedias. Se recomienda construir una capa final de 0.40 - 0.60 cm en dos etapas, cada una de 0.20 - 0.30 m de espesor, con un intervalo de aproximadamente un mes para tratar de cubrir los asentamientos que se produzcan en la primera capa. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 55) .

Ver tabla 3.

Tabla 3: Actividades para la Cubierta Final

NUMERO	CUBIERTA FINAL	MATERIAL	RELLENO MECANIZADO	RELLENO MANUAL
1	Capa de drenaje de gas con espesor > 50 cm	Arena, compost grueso, piedra bola.	SI	NO
2	Capa Impermeable con espesor de 40 a 60 cm.	Material con contenido de arcilla, limo arcilloso	SI	SI
3	Capa de drenaje de aguas de lluvia espesor de 50 cm	Arena, suelo entremezclado con piedra o grava	SI	NO
4	Capa de humus espesor de 100 cm	Suelo natural enriquecido con humus o compost	SI	SI
5	Reforestación	Plantines	SI	SI

Fuente: (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010) .

2.1.11.3 Monitoreo y control

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “El monitoreo y control durante la etapa de operación es importante para ir detectando falencias que pudieran ocurrir, así mismo controlar el buen desempeño de toda la disposición final de los residuos sólidos”. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 57) .

2.1.11.3.1 Monitoreo a la descarga, colocación y cubierta de los residuos.

Durante la descarga de los desechos, esto es especialmente importante en rellenos donde se reciben diferentes clases de desechos, con la finalidad de no mezclar desechos peligroso y bioinfecciosos con los residuos domiciliarios, ya que esto puede causar inhibición en el proceso de degradación de los residuos y por consiguiente alteraciones en la planificación del relleno sanitario, en pequeños rellenos sanitarios donde se descargan solamente desechos domiciliarios, esta precaución no es necesaria. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 40) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: “El crecimiento y la forma del cuerpo de basura se debe observar cuidadosamente.

Los controles más importantes son:

- El ángulo del talud del cuerpo de basura (especialmente importante para rellenos con compactación mecanizada, que se construyen en forma de colina artificial)

- La compactación adecuada de los residuos.
- La existencia de fugas de gas o de aguas lixiviadas (las fugas de gas se pueden detectar con equipos de medición; si el municipio en cuestión no dispone de este, se pueden detectar con el olfato y observando el crecimiento de las plantas. El metano impide este crecimiento.)

La altura actual del cuerpo de basura: Para rellenos grandes construidos como colina artificial, se recomienda realizar un levantamiento topográfico de las celdas ya terminadas y las celdas en operación cada año o cada dos años, con el fin de detectar asentamientos del suelo y comparar el verdadero crecimiento del cuerpo de basura con las proyecciones anteriormente hechas". (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 57) .

2.1.11.3.2 Monitoreo de tratamiento de Gases.

Durante la etapa de operación se debe controlar la construcción de los drenes para gas (chimeneas) de forma que se realice una compactación adecuada al contorno, así mismo que la maquinaria no golpee los drenes y estos se mantengan verticales desde la base hasta la cobertura final, el relleno con material adecuado piedra bola de dimensiones adecuadas (6" a 8 "). (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 58) .

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: "En rellenos mecanizados grandes, se debe realizar un control del contenido de gas metano en las celdas antiguas ya cerradas mínimamente 2 veces al año, de forma de evitar explosiones en las chimeneas". (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 57) .

2.1.11.3.3 Monitoreo de las aguas superficiales y subterráneas.

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010) menciona: "Durante la etapa de operación del relleno sanitario se debe dar mantenimiento a los pozos de monitoreo excavados tanto aguas arriba del relleno como aguas abajo, verificar que tengas cubierta y que no ingrese material ajeno a los mismo". (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 57) .

El programa de monitoreo del acuífero y lixiviados, tiene como objetivo, conocer en forma precisa las condiciones del acuífero, aguas abajo y aguas arriba del sitio de disposición final. Con esto se asegura que el acuífero no ha sido contaminado

por lixiviados generados por los residuos sólidos. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 57) .

2.1.12. Clasificación de residuos sólidos.

2.1.12.1 Residuos según su origen:

Residuos domiciliarios: Son los residuos que se originan de las actividades domésticas diarias. Estos incluyen diversos materiales como: papeles y cartones, vidrios, plásticos, restos de alimentos, telas; como también otros de mayor peligrosidad: envases con restos de diluyentes, pinturas, pesticidas e insecticidas de uso casero. Se incluyen también los residuos generados en las oficinas y establecimientos educativos, así como los residuos de los locales comerciales y restaurantes. También existen productos de uso cotidiano en el hogar que contienen componentes peligrosos, como las pinturas, limpiadores, barnices, baterías para automóviles, aceites de motor y pesticidas. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Residuos municipales: Está compuesta por materiales resultantes de la limpieza de las calles, residuos de las podas de mantenimiento de parques y desechos generados de eventos públicos por ejemplo las ferias”. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Residuos sólidos industriales: Cualquier residuo generado por cualquier actividad industrial o semi-industrial no incluyéndose los residuos de actividades administrativas o alimentos preparados en los casinos de las plantas industriales”. (Nuestra esfera, 2014)

Residuos hospitalarios: Residuos de carácter muy especial dada a las actividades de los hospitales, cuentan los residuos de tipo infeccioso, material médico quirúrgico, elementos corto punzantes, restos de tejidos humanos, restos de fármacos. Considerando su peligrosidad ellos reciben un tratamiento específico. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Residuos de construcción: Son los residuos de las obras de construcción, estos residuos se generan en grandes volúmenes dificultando su manejo y disposición”. (Nuestra esfera, 2014)

2.1.12.2 Los residuos según su biodegradabilidad

Residuos orgánicos: Compuestos por materiales derivados de animales, vegetales y comestibles, estos residuos se descomponen con gran facilidad volviéndose biodegradables y aprovechables para el ciclo natural de la vida. Pero cuando se acumulan promueven la multiplicación de microorganismos y plagas convirtiéndose en fuente de contaminación del recurso agua, suelo y aire. (Nuestra esfera, 2014)

Residuos inorgánicos: Son residuos que no están compuestos por elementos orgánicos, se componen de latas, botellas, metales, plásticos y otros productos de uso cotidiano de origen industrial los cuales su tiempo de desintegración es largo o por su composición no se desintegra por ello se les llaman no biodegradables. (Nuestra esfera, 2014)

2.1.12.3 Los residuos según su composición:

Papeles y cartones: Lo componen periódicos, revistas, hojas, facturas, formularios, carpetas, folletos, guías telefónicas, envases de cartón. Los tipos que no son reciclables lo componen papel de fax y carbónico, papeles plastificados, celofán, envases de comida, servilletas y papel de cocina, vasos usados, papel de fotos y etiquetas. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Vidrios: Entre sus materias primas están los sílice, alcaloides y estabilizantes como la cal. Suelen ser reciclables eternamente. Los que no son aprovechables son los focos, tubos de luz, lámparas, espejos, lentes, tazas, macetas y otros objetos de cerámica”

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Chatarra y metal: En los hogares están las tuberías, el cobre en los cables eléctricos, el estaño en las soldaduras y el aluminio en las ventanas y en los utensilios que se emplean en la cocina”. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Pintura y aceite: Estos residuos provienen mayormente de negocios automotrices, cuentan con sustancias químicas como pigmentos y aglutinantes”. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Plásticos: En las viviendas las podemos ver en bolsas de plástico, envases de productos de limpieza, juguetes, entre muchas otras. Existen más de 100 tipos de plásticos que es un producto derivado del petróleo”. (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: “Botellas de plástico PET: Este material puede volver a elaborar plástico y ser reciclado. Por lo general, no son reciclables los plásticos de envases de comida y bebida, los de vasos y

cubiertos desechables o macetas, sillas, mesas, etc". (Nuestra esfera, 2014)

Según Nuestra esfera (2014) menciona: "Botellas de plástico HDPE: Se encuentra en botellas de detergentes, blanqueadores, envases de leche. Textiles: algodón y lino suelen ser residuos reutilizables. No son reciclables las telas impregnadas con contaminantes como pintura, combustible, etc". (Nuestra esfera, 2014)

Baterías y pilas: Es considerada como el desecho del siglo 21, abarcando los componentes electrónicos equipos de computadores, celulares, fax, impresoras y otros equipos automatizados, están compuestas con materiales como cobre, aluminio y litio. Se encuentran en una gran cantidad de aparatos eléctricos, móviles y otros. (Nuestra esfera, 2014)

-

2.1.13. Lixiviados.

El sitio de disposición final El Carrasco cuenta con una PTLX que debe ser potencializada para poder tratar el flujo de lixiviados que se almacena en los pondajes y entra a la planta para que el vertimiento cumpla con la normativa vigente

2.2. MARCO LEGAL:

NORMATIVA	CONCEPTO
Decreto 1784 de 2017 Nivel Nacional	La construcción del relleno sanitario deberá realizarse conforme al Documento Técnico de Estudios y Diseños. Durante la ejecución deberán elaborarse los planos constructivos o "record" con sus respectivas memorias de ajustes sí fueron realizados, los cuales reposarán en la (sic) instalaciones de la

	persona.
Decreto Único Reglamentario 1077 de 2015 Nivel Nacional	Compila las disposiciones sobre servicio público de aseo. Contiene normas para promover y facilitar la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público de aseo, mediante la tecnología de relleno sanitario. Igualmente reglamenta el procedimiento a seguir por parte de las entidades territoriales para la definición de las áreas potenciales susceptibles para la ubicación de rellenos sanitarios. Asimismo, establece consideraciones ambientales y técnicas de planeación, construcción y operación de rellenos sanitarios (Artículo 2.3.2.3.1.1 al 2.3.2.3.).
Ley 1450 de 2011 Nivel Nacional	Expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, ¿Prosperidad para Todos?. Establece que podrán implementarse áreas estratégicas para la construcción y operación de rellenos sanitarios de carácter regional, incluidas las estaciones de transferencia, y establece incentivos para los municipios donde se ubiquen los rellenos y las zonas de transferencia (art. 251).
Decreto No. 0040 del 20 de Marzo del 2015.	Por medio del cual se conforma el Grupo Coordinador y el Grupo Técnico de Trabajo del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos-PGIRS- en el municipio de Bucaramanga.
Decreto 4728 de 2010	En ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, en especial las conferidas en el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, el artículo 134 del Decreto Ley 2811 de 1974, el artículo 2, los numerales 2, 10, 11 Y 24 del artículo 5 y el parágrafo 3 del artículo 33 de la Ley 99 de 1993. (vertimientos)
Decreto No. 0225 del 18 de	Por medio del cual se adopta la formulación,

Diciembre del 2015.	implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Bucaramanga
Resolución 0754 de 2014	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS
resolución número 0631 del 17 de marzo de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2412 de 2018	Por el cual se adiciona el capítulo 7, al título 2, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. (PGIRS)

2.3. MARCO CONCEPTUAL:

- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales “ANLA”: Es la entidad encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del país. (Departamento administrativo de la función pública., 2011)
- Balance de masas: Es como una contabilidad de entrada y salida de la masa en un proceso, obedeciendo la ley de la conservación de la masa “La masa no se crea ni se destruye”

- Capa freática: Es la primera capa de agua subterránea que se encuentra al realizar una perforación y la más susceptible a la contaminación antrópica. (Fresina, s.f.)
- Cartografía: Ciencia que se encarga del estudio de mapas geográficos y del trazado de estos. (Definición De, 2014)
- Celda: Es uno de los elementos de la infraestructura del relleno sanitario, donde se descargan, distribuyen y compactan los residuos sólidos; de acuerdo con los diseños y el Reglamento Operativo adoptado por la persona prestadora de la actividad de disposición final. (Función Pública, 2017)
- Cobertura diaria: Capa de material natural, sintética o mixta con que se cubren los residuos depositados, distribuidos y compactados en el frente de operación, la cual debe garantizar que los residuos no queden expuestos al finalizar la jornada diaria de descarga. (Función Pública, 2017)
- Compactación: Es un método que consiste en comprimir al máximo las basuras para maximizar la utilización de un espacio.
- Directrices: Normas o una instrucciones que se tiene en cuenta para crear una base y desarrollar una actividad o proyecto. (Definición De, 2014)
- Distrito Regional de Manejo Integrado “DRMI”: Área en que los ecosistemas y paisajes mantienen su función y composición, aunque haya tenido modificaciones en su estructura y cuyos valores se ponen a disposición del gozo, aprendizaje, restauración, preservación y uso sostenible de la comunidad.
- Membranas de ósmosis inversa de tubo de disco (DTRO): Es un dispositivo de membrana diseñado para garantizar la separación molecular e iónica de un espectro completo de contaminantes en todos los entornos acuosos. Las membranas DT pueden separar todo, desde la materia suspendida hasta los iones más pequeños, incluidos los coloides, las bacterias, los virus y la materia orgánica.
- Empresa de Aseo de Bucaramanga “EMAB”: Es una empresa prestadora del Servicio Público Domiciliario de aseo cuyo objetivo es brindar de manera eficaz, eficiente y efectiva el servicio de (barrido, recolección, transporte y tratamiento de residuos sólidos) bajo los principios del desarrollo sostenible, en los aspectos económico, social y ambiental.
- Erosión: Es el desgaste que se producen una superficie por acción de agentes externos. (Definición De, 2014)
- Escurrimiento: Agua que fluye de un exceso de agua que no logra infiltrarse al suelo y fluye encima de una superficie o terreno.

- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT): Es un instrumento que permite la planificación y orientación del proceso de ocupación y transformación del territorio, mediante la formulación del Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal, el cual prevé el desarrollo integral del municipio bajo los principios de equidad, sostenibilidad y competitividad, de tal forma que garanticen el mejoramiento de la calidad de vida de la población.
- Floculo: Unidad ecológica y estructural del fango activo a partir del cual se realiza el proceso de depuración biológica.
- Freáticos: Es una acumulación en el subsuelo sobre una capa impermeable y puede aprovecharse mediante pozos.
- Geo-hidrología: Es la parte de la geografía física que trata del origen, localización, movimiento y características de las aguas del subsuelo, con énfasis en los aspectos físico matemáticos.
- Geología: Es la ciencia que analiza y estudia la composición y estructura de forma interna y externa del globo terrestre. De esta manera se estudia la evolución de la tierra a lo largo del tiempo y los materiales que lo conforman.
- Geotécnico: Es la aplicación de principios de ingeniería y métodos científicos para la interpretación, adquisición y uso del conocimiento de los materiales de la corteza terrestre para solucionar los problemas de los diseño de ingeniería.
- Hidrogeología: Es un estudio integral del agua subterránea, su evolución en tiempo, su distribución y espacio.
- Polietileno de alta densidad (HDPE): Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno, es de la familia de los polímeros olefínicos.
- Polígono: Superficie de terreno delimitada por la entidad territorial en el marco del POT, EOT, PBOT, con usos de suelo compatibles a la ubicación de infraestructura para la prestación de las actividades de disposición final y tratamiento alternativa y complementaria de residuos sólidos. (Función Pública, 2017)
- Lixiviados: Líquido que se forma como resultado por percolarse a través de un sólido arrastrando diferentes partículas de los sólidos atravesados.
- Osmosis inversa: Se utiliza una presión superior a la presión osmótica, un efecto contrario a la ósmosis se puede lograr, al presionar fluidos a través de la membrana y sólo las moléculas de menor peso pasan del otro lado.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT): Es un instrumento básico definido en la Ley 388 de 1997, para que los municipios entre 30.000 y

100.000 habitantes planifiquen el ordenamiento del territorio. Contiene un conjunto de objetivos, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas que orientan el desarrollo físico del territorio y la utilización o usos del suelo. (Alcaldía de Acacias., 2019)

- Percolación: Proceso combinado de filtración y lixiviación para el cual se requiere de un filtro mismo en el que ocurren reacciones químicas. (Goicochea, 2017).
- Polietileno Tereftalato (PET): Es un poliéster que forma parte de la familia de los plásticos termoplásticos fácilmente moldeables cuando se le aplica el nivel de temperatura correspondiente. Por este motivo el PET puede adaptarse a cualquier forma y diseño, además de contar con un gran potencial de aplicaciones. (LSB, 2011).
- Piezómetro: Instrumento esencial en la perforación subterránea, su principal función es la de medir el nivel freático en el subsuelo. Se utiliza en perforaciones geotérmicas llevando a cabo un control de la calidad de las aguas subterráneas. (Geoproductos. Es, 2017).
- Plan de Ordenamiento Territorial “POT”: Instrumento técnico y normativo para dar orden a un territorio municipal o distrital, destinado a orientar y administrar el territorio dando un uso en específico al suelo urbano y rural en conveniencia.
- Relleno sanitario: Sitio adecuado de acuerdo a las normas establecidas para la protección ambiental de los recursos aledaños para la disposición de los residuos sólidos que genera una ciudad.
- Residuos sólidos: Es un material que ha cumplido su vida útil convirtiéndose en algo sin valor económico para la mayoría de las personas, se puede eliminar o reciclar y se clasifican en peligroso y no peligroso.
- Terraplén: Es la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.
- Topografía: Ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. (Hitomex, 2015)

2.4. MARCO AMBIENTAL

Las actividades en un relleno sanitario provocan gran daño al medio ambiente cuando no se tiene un buen manejo siendo estos los recursos más afectados:

Recurso suelo: Esta contaminación ocurre a través de diferentes elementos, uno de estos son los lixiviados que al filtrarse a través del suelo afecta la productividad y la microfauna que habita en el terreno (lombrices, hongos, bacterias y musgo entre otros). Esto llevando a una pérdida de la productividad del suelo, incrementando el proceso de desertificación. La presencia constante de las basuras en el suelo evita la recuperación de la flora nativa e incrementa la presencia de plagas y animales que causan enfermedades, como ratas, cucarachas, moscas y zancudos.

Recurso atmosférico: En su proceso de descomposición los residuos sólidos generan malos olores y gases como metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), que ayudan en el incremento del efecto invernadero aumentando la temperatura provocando el deshielo en las zonas polares del planeta. Este proceso se puede controlar con una correcta disposición de los residuos sólidos a través de incineración tecnificada pero puede ocasionar una gran afectación al aire cuando son quemados de manera descontrolada, porque generan humo y material particulado que afecta el sistema respiratorio del ser humano y contribuye al efecto invernadero. Algunos países europeos aprovechan el metano generado por las basuras y la incineración de los residuos sólidos para la producción de energía eléctrica siendo un ejemplo Suecia que al implementar este aprovechamiento solo llega el 4% de los residuos a los vertederos.

Recurso paisajístico: El paisaje es uno de los más afectados por la incorrecta disposición de los residuos sólidos, ya que la constante presencia de basura en lugares expuestos deteriora el paisaje y afecta la salud humana ya que genera estrés, dolor de cabeza, problemas psicológicos, trastornos de atención, disminución de la eficiencia laboral y mal humor.

Este efecto afecta nuestro estilo de vida impidiendo que estemos en armonía con nuestro entorno y afectando la comunidad en general. Debido a la gran concentración poblacional se ha generado un gran deterioro del paisaje y de la calidad de vida por la falta de cultura en cuanto al manejo de los residuos sólidos. El primer cambio que se genera es al adecuar el terreno para la creación del relleno sanitario retirando la capa vegetal del lugar y el desplazando a la fauna nativa.

Recurso hídrico: Forman parte todos los cuerpos de agua que posee el planeta, tanto las aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, quebradas, océanos; nevados, glaciales) como las aguas subterráneas (pozos, manantiales).

La contaminación causada por la mala disposición de las basuras de estos cuerpos de agua varía según el tipo de agua señalado:

- Las aguas superficiales: Pueden ser contaminados por materia orgánica (la presencia orgánica a través de bacterias, microorganismos y oxígeno genera compuestos que acidifican el agua, eliminando el oxígeno vital para la vida acuática y provocando problemas de salud a los humanos), Taponamiento y represamiento de caudales (por presencia de basuras, bolsas colchones y cualquier elemento que pueda represar el cauce normal de un cuerpo hídrico provocando inundaciones siendo afectados las familias aledañas, daños en zonas de cultivos y se impacta negativamente la zona. El agua estancada propicia un ambiente óptimo para el crecimiento de bacterias, hongos e insectos portadores de enfermedades) e impacto en costas, ríos y mares (la presencia de basuras causa un deterioro ambiental en las costas, orilla y playas amenazando la flora y fauna marina, también se recibe afectación en la parte social y económica).

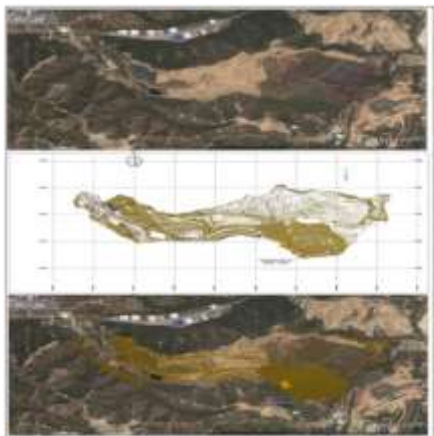
- Las aguas subterráneas: Ocurre debido a la filtración de los lixiviados a través del suelo siendo llevados donde se encuentran las aguas subterráneas. El tratamiento de estas aguas es altamente costoso y pueden afectar a poblaciones que dependen de este recurso.

2.5. UBICACIÓN

El sitio de disposición final El Carrasco se encuentra ubicado en el suroccidente de la ciudad de Bucaramanga en el kilómetro 6-Vía Girón-Bucaramanga en las coordenadas: 7° 04' 44.5" N - 73° 08' 54.4" W, en una cañada natural dentro de los depósitos aluviales de la meseta de Bucaramanga, en la zona central del Distrito de Manejo Integrado (DMI) de Bucaramanga, en una porción sustraída de dicho distrito sobre el sector conocido como Malpaso. El terreno tiene una extensión de 93.2 ha, dividida en tres zonas o cárcavas naturales y de acuerdo al Geoportal del IGAC, el predio tiene un código de identificación 680010104000007510029000000000.

Ver imagen 7.

Imagen 7: Predio El Carrasco .



Fuente: (EMAB, 2019)

El actual sitio de disposición final denominado el Carrasco cuenta con dos (2) vías de acceso para la disposición de residuos sólidos; la principal se localiza en el kilómetro siete vía Bucaramanga – Girón, junto al centro de eventos y exposiciones de Bucaramanga - CENFER, y la segunda vía por el barrio Porvenir, la cual habilita el acceso a la zona de disposición final en caso de presentarse cierre de la entrada principal, permitiendo optimizar el tiempo de respuesta frente a una situación o evento de emergencia; de tal manera que se garantiza la correcta disposición de los residuos sólidos provenientes del Área Metropolitana de Bucaramanga y Municipios circunvecinos. A continuación, se observa la localización de las vías de acceso al sitio de disposición final- relleno sanitario “El Carrasco”. (EMAB, 2019, pág. 16)
Ver imagen 8.

Imagen 8: Vías de acceso al predio El Carrasco



Fuente: (EMAB, 2019)

3. DESARROLLO

3.1. IDENTIFICAR LAS ACCIONES NECESARIAS PARA EL CONTROL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS “EL CARRASCO”.

Se realizaron visitas técnicas en el sitio de disposición final el Carrasco para las verificaciones de la existencia de fisuras y grietas en las celdas de disposición y diques de contención, este es un indicador de estabilidad ya que se generan por movimientos horizontales o verticales de la masa de residuos sólidos dispuesta. Mediante una lista de chequeo se identificó los procesos de disposición final de residuos sólidos que se realizarán conforme a los lineamientos y el Plan de disposición propuesto. Una lista de chequeo es un: “formato generado para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante”. (IsoTools., 2020)

Se recopila de información en campo y en la elaboran informes de las inspecciones realizadas los cuales fueron remitidos a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), con esta información más la de los informes existentes en la CDMB y la asistencia a reuniones y mesas técnicas se consolida la investigación para la generación del informe del sitio de disposición de residuos sólidos.

3.2. ANALIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES QUE SE ESTÁN GENERANDO POR LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.

En las visitas técnicas realizadas se hizo análisis de factores que promovieran perjuicios a la población cercana y ecosistemas aledaños al sitio de disposición final, con la información recopilada en campo e informes existentes en la CDMB se consolidó una base de datos para hacer una elaboración de una evaluación de impacto ambiental con el método Conesa que determinara el daño causado por las actividades en el sitio de disposición final. La evaluación de impacto ambiental es: “un estudio que sirve para identificar, predecir e interpretar el impacto ambiental, así como para prevenir las consecuencias negativas que determinadas acciones, planes, programas y proyectos pueden tener en la salud humana, el bienestar de las comunidades y el equilibrio ecológico”. (Vidal de los Santos, E. & Franco López, J., 2009).

Con el método Conesa podemos asignar la importancia a cada impacto ambiental que se pueda presentar en la ejecución de un proyecto en cada una de sus

etapas, este método analítico examina la naturaleza del impacto si es positivo (+) o negativo (-), su intensidad (IN), extensión (EX), momento (MO), persistencia (PE), reversibilidad (RV), recuperabilidad (MC), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF) y periodicidad (PR); después se asignan unos rangos a los criterios de evaluación para poder calcular la importancia del impacto ambiental (I) dando calificaciones de acuerdo a los criterios evaluados “(1,4), (1,2,4), (1,2,4,8), (1,2,4,8,12) y naturaleza (+/-)”, cuando ya se les ha asignado un rango a los criterios de evaluación se emplea un algoritmo $I=3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC$ y al final tendremos un resultado que nos dejara clasificarlo según la ponderación y colocar un color que lo categorice“ bajo(menor a 25;verde), moderado(25-50;amarillo), severo (50-75;naranja), grave (mayor a 75;rojo) y los valores con signo positivo(+) se consideran de impacto nulo siendo azul su color”. (Hidroar.S.A., 2015)

3.3. DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS CON LA NORMATIVA VIGENTE.

Se hizo una identificación del manejo que se le da a los lixiviados a través de las redes de recolección y se visualizó las diferentes partes que componen la PTLX, en los informes de las visitas técnicas de las cuales se apoyó en la redacción se reportaban las inconsistencias que se presentaban a la Autoridad de Licencias Ambientales ANLA y se hizo un análisis teniendo en cuenta las capacidades de almacenamiento y tratamiento de lixiviados de acuerdo a la información recolectada de la PTLX dando en este proyecto una recomendación basándome en un concepto dado por la CDMB sobre la repontecialización de la planta agregando capacidades optimas según el tiempo de trabajo que empleen.

4. RESULTADOS

4.1. ACCIONES PARA EL CONTROL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS “EL CARRASCO”.

4.1.1. Antecedentes

El sitio comenzó a funcionar en una época en la que no existía normas técnicas para procesos de disposición de residuos sólidos, los vehículos simplemente ingresaban por la vía Provenza-Malpaso y dejaban caer los residuos en la parte baja de la cañada conocida como Cárcava II sin ningún tipo de manejo técnico. En 1985, se clausuró esta zona de botadero a cielo abierto y se iniciaron trabajos en el área denominada Cárcava I, zona 1, buscando una mejor forma de manejar la disposición de los residuos sólidos.

En el año 1997, Empresas Públicas de Bucaramanga presentó a consideración de la CDMB un Plan de Manejo Ambiental. En respuesta a ello la CDMB, a través de la Resolución 753 del 13 de agosto de 1998, aprobó el Plan de Manejo Ambiental para la recuperación ambiental de este sitio de disposición final de residuos, bajo la perspectiva de un sistema integral de manejo de residuos sólidos. Mediante resolución 554 del 19 de junio de 2003 la CDMB adicionó a la Resolución 753 de 1998, los ajustes al diseño de la zona de disposición final, de acuerdo a los estudios y diseños presentados por la firma ECODES-PARRA GÓMEZ, y estableció las condiciones técnicas adicionales a que se sujeta la vida útil del sitio de disposición final, entre estas, que la disposición de residuos en El Carrasco, tendría como vida útil la correspondiente en el diseño de la firma antes referida siendo el periodo de 2 años. Se muestra en la siguiente ilustración los periodos en que se indicó el tiempo de cierre y las emergencias sanitarias que se han declarado siendo la del 5 de enero del 2020 la última fecha estipulada de cierre.

Imagen 9: Anuncios del cierre definitivo del sitio de disposición final el Carrasco

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



Fuente: (RCN, 2018)

Los problemas que afectan el sitio de disposición final El Carrasco son 3 siendo los siguientes: el exceso de residuos sólidos que ya exceden su capacidad, los gases que al extraerse producen asentamiento de la tierra provocando agrietamientos que dan paso al acceso de agua lluvia aumentando el nivel del residuo líquido y los lixiviados que provoca desestabilización provocando movimientos verticales y horizontales del terreno los dos últimos mencionados fueron los causantes del deslizamiento de la celda 4 de la cárcava 2 y si no son extraídos pueden ocasionar colapsos de las celdas, en el momento de extraerlos deben ser tratados adecuadamente ya que pueden ocasionar un gran impacto ambiental y afectar la salud de la población aledaña.

4.1.2. Inicio de disposición

El sitio de disposición final de residuo sólidos El Carrasco inicio como un botadero de basura a cielo abierto en una zona donde había varias redes hídricas intermitentes que en tiempos de lluvia tributaban al afluente de la quebrada la Iglesia y la cañada el Carrasco, estas redes se denominaban: (2504301, 2504303, 2504302, 2504305, 250431302, 2504307, 2504309, 2504311, 250431306, 2504304, 2504306, 2504308, 2504310, 2504312, 2504314,2504316) entre otras de las que nacían en el terreno que hoy en día ya está intervenido, siendo afectado la cañada el Carrasco y la quebrada la Iglesia. Ver imagen 10

Imagen 10: Redes hidrográficas intermitentes de la zona del sitio de disposición final el Carrasco



Fuente: (CDMB. , 2019)

En el año 2005 se creó el decreto 838 que en su artículo 6 en el punto 1 hablan de las áreas donde queda prohibido la localización, construcción y operación de rellenos sanitarios siendo esta zona de nacimientos de redes hídricas intermitentes siendo este decreto incumplido, también en la proximidad en el rango de 10 kilómetros que hacen parte del cono de aproximación al aeropuerto Palonegro, ante la presencia de gallinazos han ocurrido varios incidentes aéreos como el impacto de aves con las aeronaves y hasta aterrizajes fallidos ocasionando conflicto con el punto 2 “Establecimiento de la cercanía a aeropuertos en cumplimiento de las directrices de la Aeronáutica Civil referidas a obstáculos o impedimentos a la aviación” y del 4 “Identificación del perímetro urbano, zonas de expansión urbana y centros poblados” del artículo 2.3.2.3.9 del decreto 1784 de 2017.

Por las emergencias sanitarias El Carrasco ha tenido que funcionar un periodo de 41 años siendo llamado por 7 años el botadero Mal Paso y después El Carrasco, mostrándose el registro de los periodos de funcionamiento del Carrasco y la implementación de cada celda para disponer los residuos sólidos, en la tabla 4 e imagen 1.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

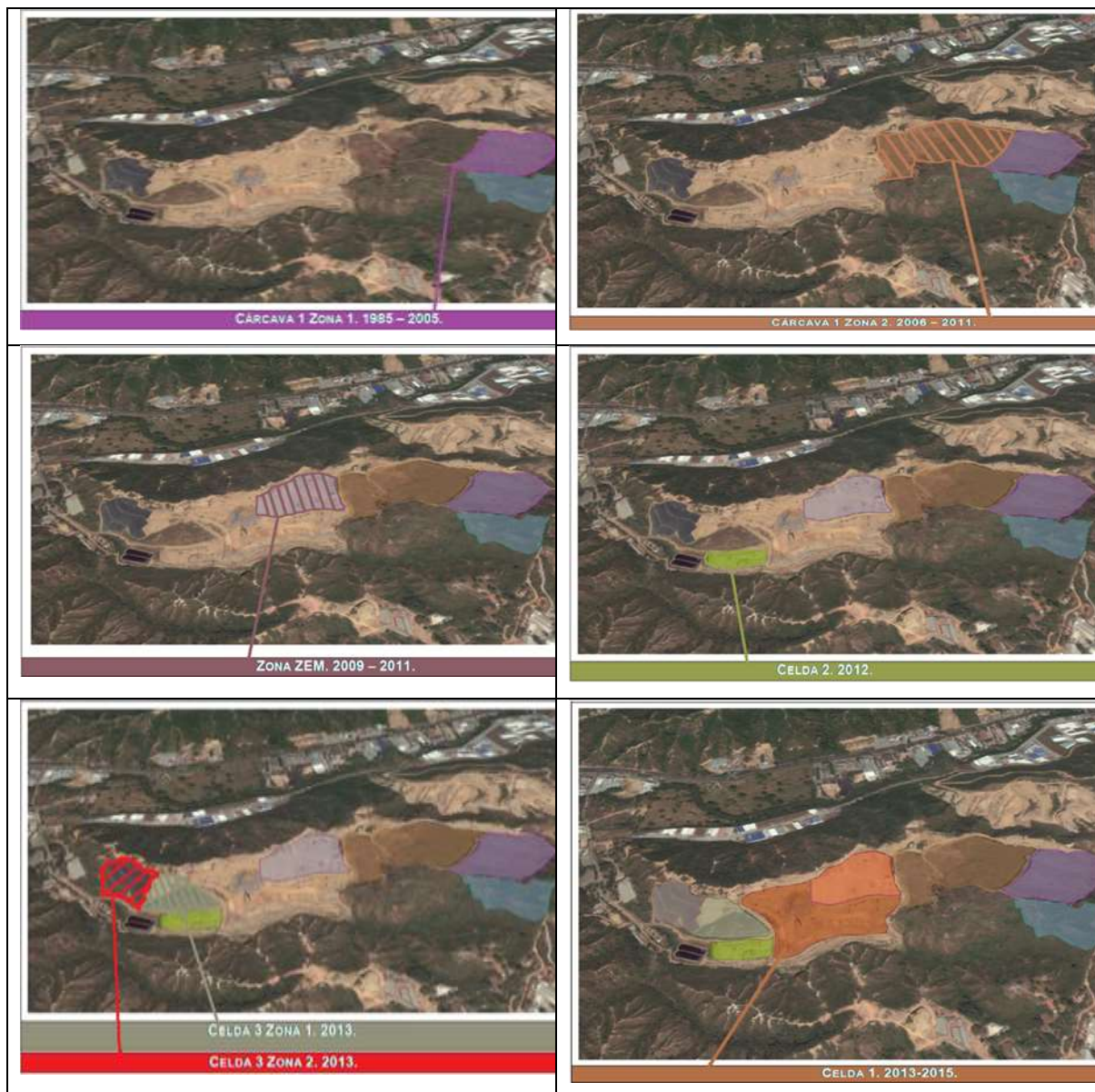
APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Tabla 4: Fechas funcionamiento cada sección sitio de disposición final El Carrasco

Zona de Disposición	Periodo de Operación
Antiguo botadero (incluye la actual Celda 4 Cárcava 2 – Fase 1)	1978 – 1985
Cárcava 1 – Zona 1	1985 – 2005
Cárcava 1 – Zona 2	2006 – 2011
Zona ZEM (Zona de Extracción de Material)	2009 – 2011
Celda 2	2012
Celda 3 – Zona 1 (Celda 3.1)	2013
Celda 3 – Zona 2 (Celda 3.2)	2013
Celda 1	2013 – 2015
Celda 1 – Domo	2016
Celda 4 – Cárcava 2 (Fase 2)	2016 – 2018
Zona de Contingencia (hace parte de la Celda 1 y contigua a la Zona ZEM)	3 de octubre de 2018 – mediados de enero de 2019
Celda de respaldo1	Mediados de enero de 2019 - actualidad

Fuente: C (CDBM. , 2019)

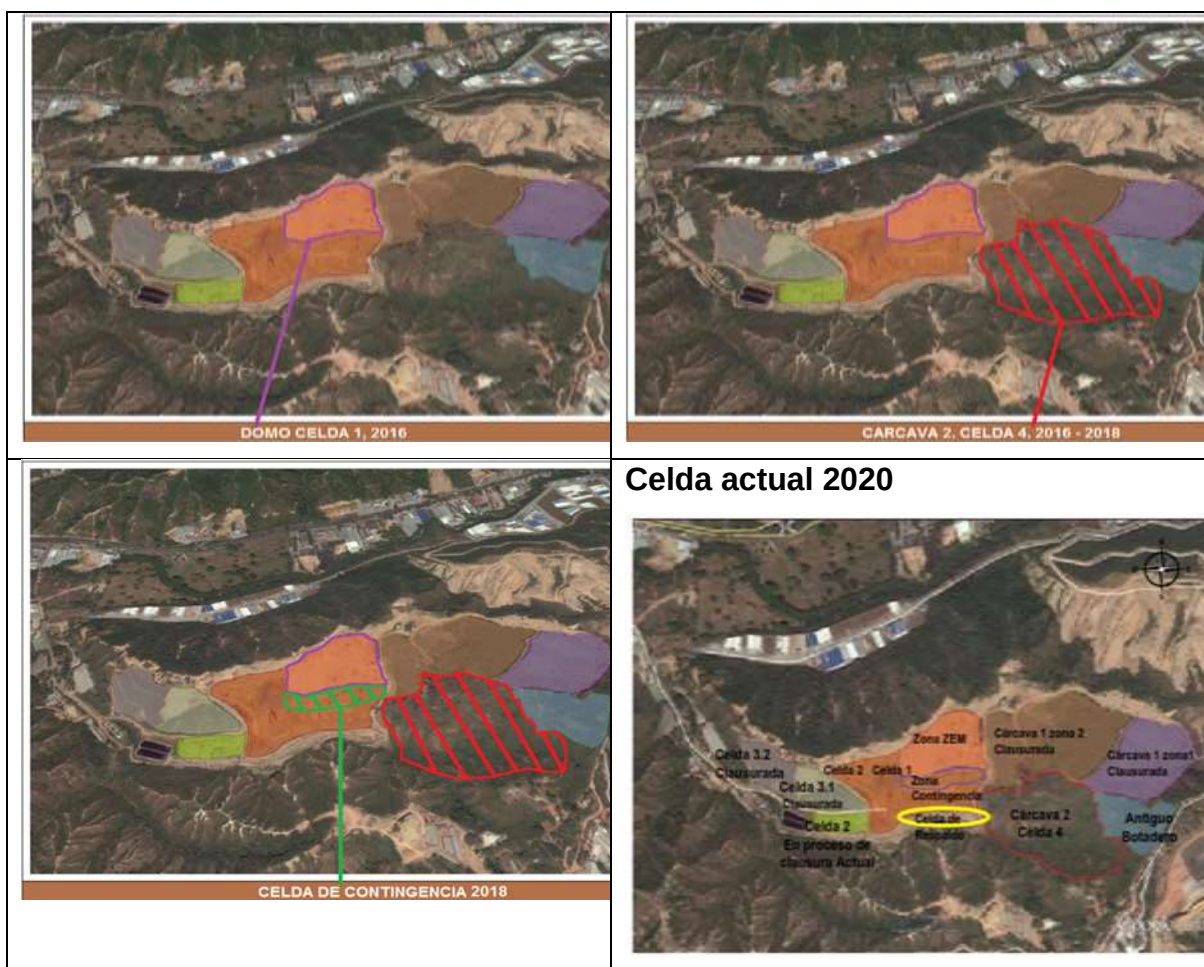
Imagen 11: Tiempo de funcionamiento de cada celda



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



Fuente: (CDBM. , 2019).

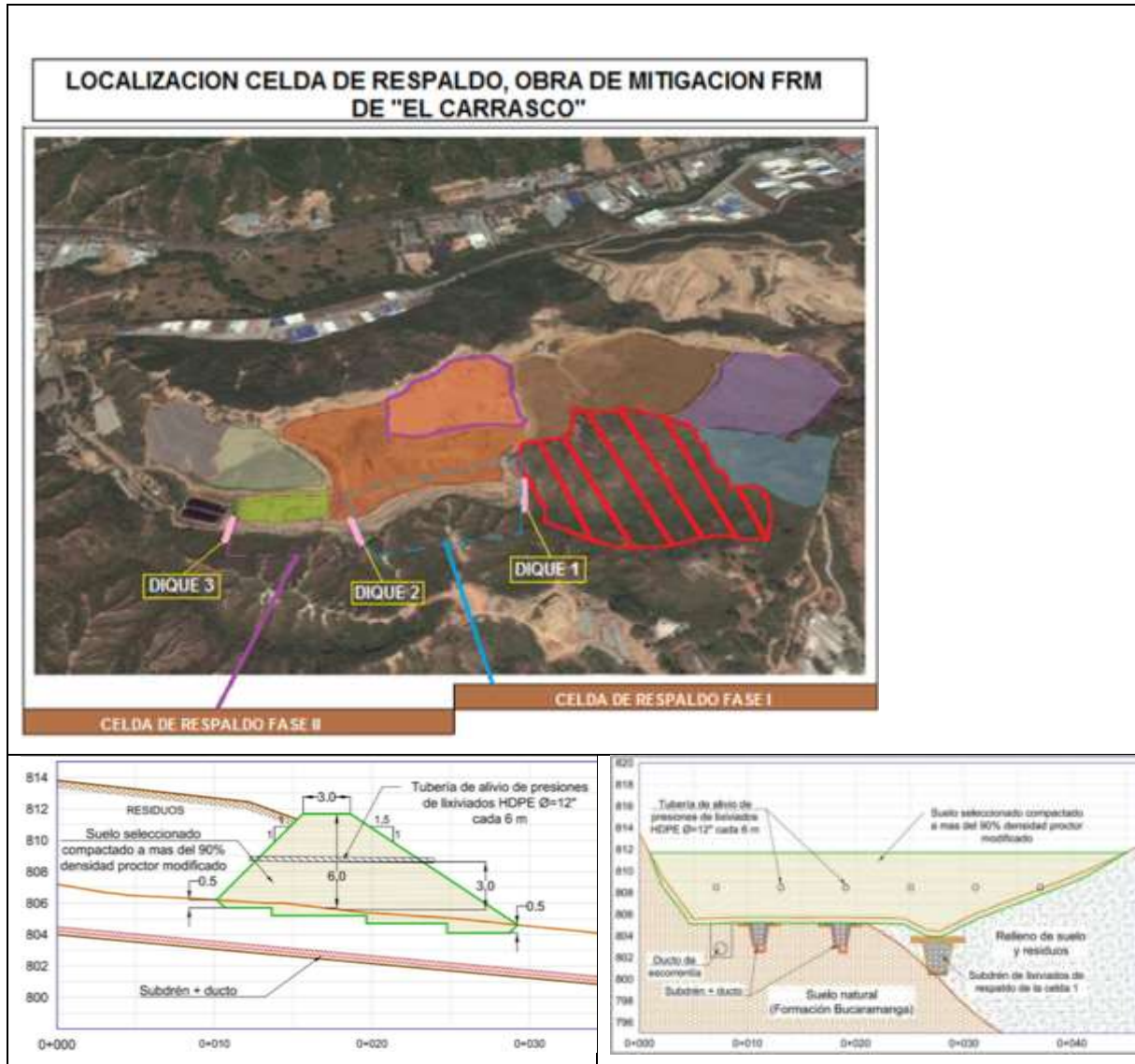
Por la cantidad de residuos sólidos que han recibido durante este tiempo hay celdas que están sobreexcedidas en su capacidad siendo inestables por la cantidad de gases y lixiviados que estos residuos han generado y que se han acumulado, pero se ha implementado para este caso la construcción de 3 diques el cual falta las adecuaciones del tercero para la mitigación del problema de estabilización y a su vez ayudan a drenar los gases y lixiviados que los residuos producen. Ver imagen 12.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Imagen 12: Ubicación y diseño celdas de respaldo



Fuente: (CDBM. , 2019)

4.1.3. Lixiviados

Uno de las problemáticas más grandes que tiene el sitio de disposición final es la acumulación de los lixiviados junto con los gases ya que desestabilizan las celdas pudiendo ocasionar desastres como lo ocurrido el 3 de octubre del 2018 en la

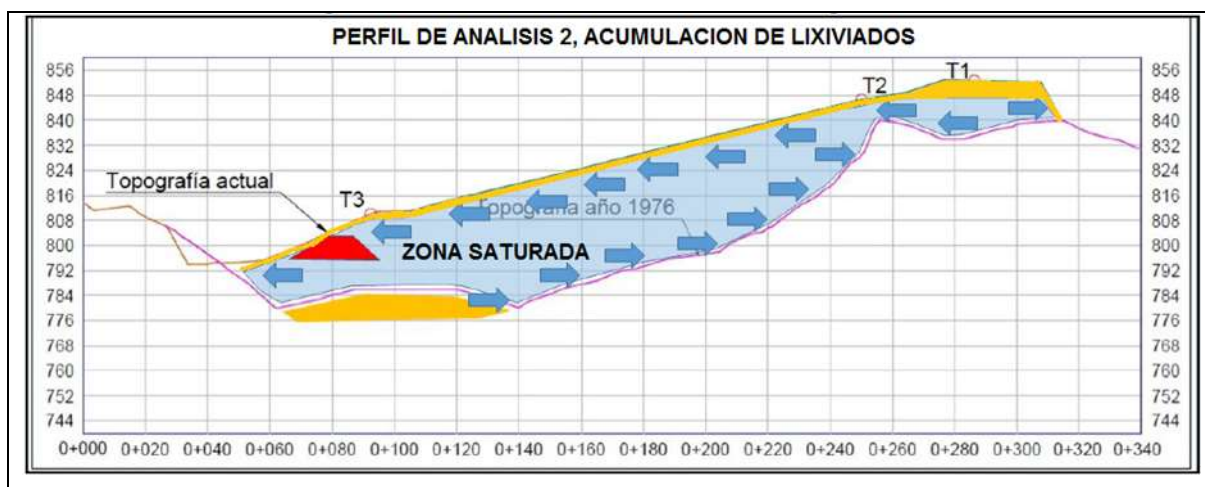
ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

celda 4, sin olvidar que el sitio de disposición final está en una zona donde en épocas de lluvia nacían redes acuíferas intermitentes provocando un aumento de los lixiviados a tratar. Ver imagen 13.

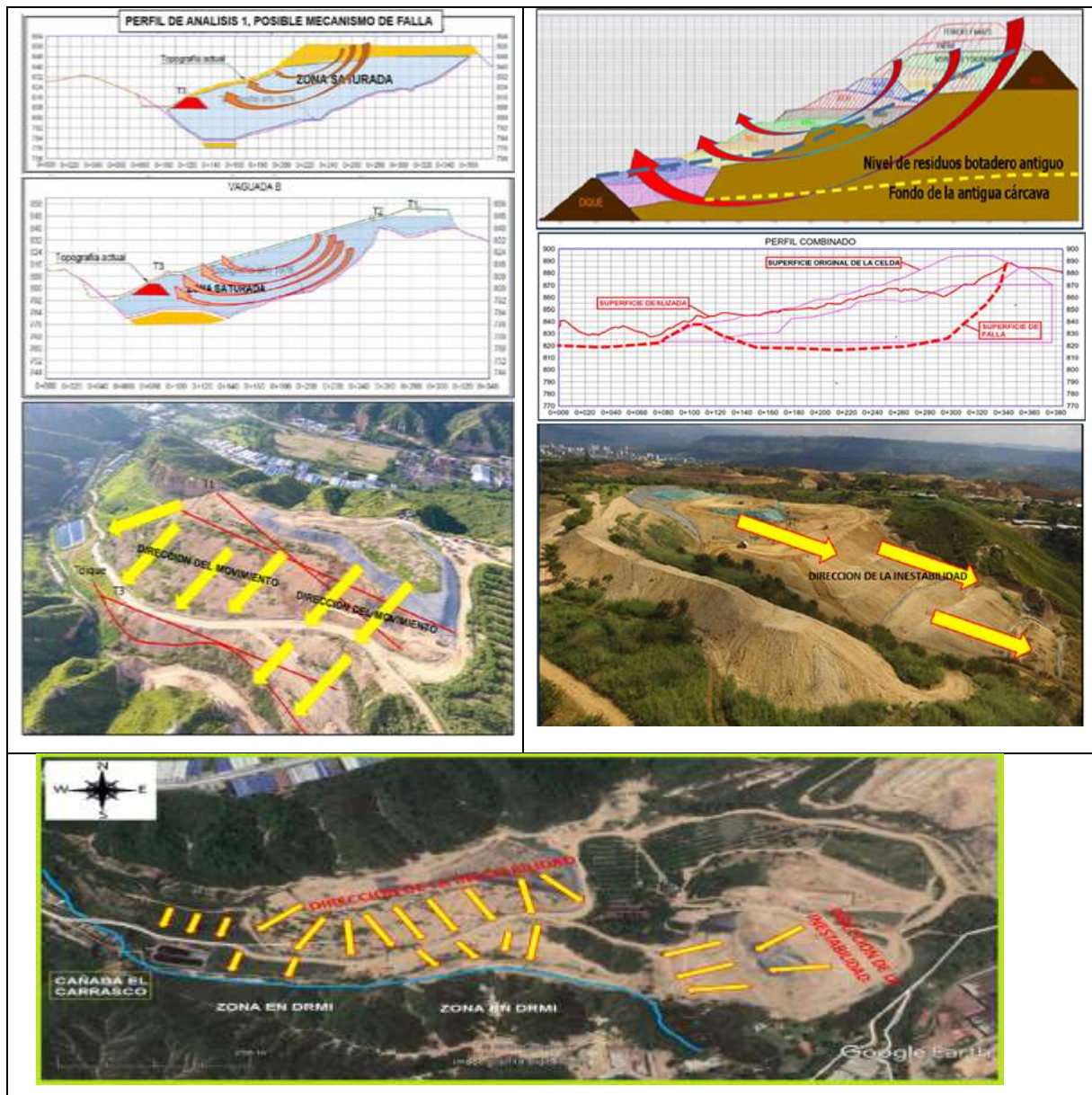
Imagen 13: Movimiento de lixiviados dentro de las celdas y dirección de la inestabilidad



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

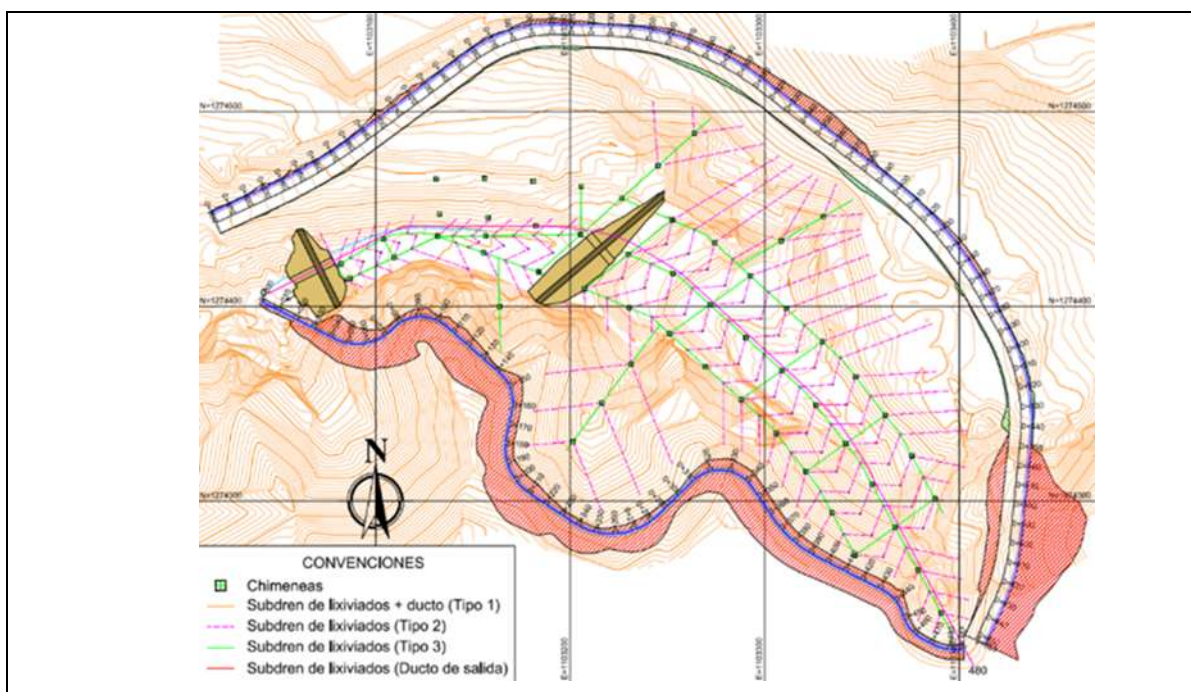
APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



(CDMB. , 2019)

Para el manejo de esta problemática se ha implementado pozos de extracción forzada para la extracción de los excesos de lixiviados y prevenir brotes de lixiviados, desestabilización de las celdas y filtración en el subsuelo siendo presentado a continuación la distribución en la siguiente ilustración: Ver tabla 5.

Tabla 5: Ubicación pozos de extracción forzada en las celdas

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Manejo de lixiviados
6 pozos de extracción forzada en celda 4 (en construcción)
4 pozos en celda 1 (construido)
1 pozo en la celda 3 (construido)
1 pozo en la celda 2 (construido)
10 pozos adicionales a construir
Repotencialización de la PTLX
Ampliación capacidad de almacenamiento

Fuente: (CDMB. , 2019)

4.1.3.1 Situaciones presentadas con lixiviado en el año 2019

Durante el año 2019 se han presentado algunos problemas que han influido en la eficiencia del sistema de transporte de lixiviado y su tratamiento como sería la ruptura y deterioro de la geomembrana de la canaleta media de la celda 4 que facilito la infiltración de agua y lavado de material de cobertura suceso que paso el 21 de febrero, rebosamiento de lixiviados en la celda de respaldo 1 y celda 4 en diferentes periodos de tiempo por colmatación en el filtro y desprendimiento del tubo de conexión de la caja de inspección permitiendo fugas de lixiviados.

En las canaletas de agua lluvia como se registra el 1 de noviembre de 2019 en celda 4 se colmato de sedimentos provocando una ineficiencia en su función siendo probable un rebosamiento haciendo llegar el agua lluvia a las celdas y en los pondajes el 25 de octubre de 2019 se registró una fuga de lixiviados en estos canales que desembocaba directo a la quebrada la Iglesia. En los pondajes se registra anomalías como el del 25 y 29 de abril del 2019 el cual el volumen de lixiviado que descendió no corresponde al volumen que la PTLX puede tratar, en algunos casos como el del 13 de marzo de 2019 la PTLX se encontraba sin suministro de energía y el nivel de pondaje había disminuido 40 cm, se registra dos válvulas conectadas a un ducto de 26,5cm de diámetro que se encontraba realizando vertimiento de un líquido de color y olor similar a los lixiviados de los pondajes sobre la Cañada del Carrasco y de este mismo modo se encontraron rastros de un líquido negro similar al lixiviado en las fechas de inspección y denuncias anónimas.

El manejo de lixiviados incumple el decreto 1784 de 2017 ARTÍCULO 2.3.2.3.11
Requisitos mínimos para el diseño de nuevos rellenos sanitarios o ampliación de

existentes. En el punto 5 “Manejo de Lixiviados: Se deberá dimensionar conforme con las condiciones meteorológicas de la zona y el tipo de residuos sólidos, el sistema de manejo de lixiviado que garantice el drenaje, la conducción y almacenamiento, incluyendo el análisis de la recirculación de lixiviados cuando técnicamente sea viable” ya que tiene muchas conducciones erradas que no van a las piscinas de lixiviados como lo registrado el 14 de marzo de 2019 en el punto de vertimiento con coordenadas N: 7° 04’38” E: 73° 8’54”. Sobre la Cañada El Carrasco de Código 25043, los funcionarios apreciaron un tubo, válvulas y acumulación de agua de color negro y olor fuerte característico a lixiviados. Ver imagen 14.

Imagen 14: Incidentes con lixiviados, canaletas y aguas lluvias



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



Fuente: (CDBM. , 2019)

4.1.4. Análisis de la capacidad lagunas de lixiviados

En el Manual de operaciones y mantenimiento de la PTLX en la página 10 registran un caudal de lixiviados generado en el relleno que oscila en un rango de 1,6 l/s en verano a 2,5 l/s en época de lluvias, la PTLX tiene una capacidad de tratamiento de 2,6 l/s según en el informe presentado por el ANLA con el radica 2019005172-2-000 el 22 de enero de 2019, siendo calculado el tiempo de saturación de una laguna de 17 días en época de lluvia y 26 días en época de verano, la saturación totalidad de la capacidad de ambas lagunas siendo incluido la del pozo de recepción en época de lluvia seria en 33 días y en época seca en 51 días, para poder tratar este flujo de lixiviados que recibe la PTLX con su capacidad actual en época de verano debería trabajar 14 horas con 47 minutos diarios y en época de lluvia debería trabajar 23 horas con 5 minutos diarios. Ver tabla 6.

Tabla 6: Análisis de generación y tratamiento de lixiviados

23	Horas	5	Minutos	14	Horas	47	minutos
215280	l/s.	780	l/s.	131040	l/s	7.332	l/s
Lix.a tratar epo. Lluvia		216000	l/s.dia	Lix.a tratar epo. Verano		138.240	l/s.dia
Lix. tratado epo Lluvia		216060	l/s.dia	Lix. tratado epo verano		138.372	l/s.dia
Deficit por dia		-60	l/s.dia	Deficit por dia		- 132	l/s.dia

Caudal de lixiviados en epocas de lluvia	2,5	L/sg
Caudal de lixiviados en epocas secas	1,6	L/sg
Capacidad de tratamiento de la PTLX	2,6	L/sg
1 dia =	86.400	sg
Aumento capacidad de tratameinto recomendado	5	L/sg
Aumento capacidad de tratameinto recomendado	8	L/sg

1000 L =	1 m3
Lixiviados a tratar en epoca seca	138.240 L/sg.dia
Lixiviados a tratar en epoca de lluvia	216.000 L/sg.dia
Lixiviado que puede tratar la PTLX	224.640 L/sg.dia
Tratamiento tratado recomendada	432.000 L/sg.dia
Tratamiento tratado recomendada	216.000 L/sg.(1/2dia)
Tratamiento capacidad recomendada	230.400 L/sg.8horas

Capacidad laguna individual	3.500.000 L	Tiempo estipulado	17 dia	Tiempo estipulado	26 dia
Pozo de recepcion	4.600 L	Llenado laguna individual epoca seca	2.350.080	Llenado laguna individual epoca seca	3.594.240
		Llenado laguna individual epoca lluvia	3.672.000	Llenado laguna individual epoca lluvia	5.616.000
Capacidad almacen. total de lagunas	7.000.000 L	Tiempo estipulado	33 dia	Tiempo estipulado	51 dia
Capacidad total de almacenamiento	7.004.600 L	Llenado total capacidad epoca lluvia	7.128.000	Llenado total capacidad epoca lluvia	11.016.000
		Llenado total capacidad epoca seca	4.561.920	Llenado total capacidad epoca seca	7.050.240

Estimacion Lix. tratado PTLX en epoca	Estimacion Lix. tratado PTLX en epoca	Estimacion Lix. tratado PTLX en epoca	Estimacion Lix. tratado PTLX en epoca
Lix. Tratado 74.880 L/sg.8horas	Lix. Tratado 112.320 L/sg.(1/2dia)	Lix. Tratado 168480 L/sg.18horas	Lix. Tratado 215.280 L/sg.23horas
Deficit(luvia) 141.120 L/sg.dia	Deficit(luvia) 103.680 L/sg.dia	Deficit(luvia) 47520 L/sg.dia	Deficit(luvia) 720 L/sg.dia
Deficit(Seca) 63.360 L/sg.dia	Deficit(Seca) 25.920 L/sg.dia	Deficit(Seca) -30240 L/sg.dia	Deficit(Seca) -77040 L/sg.dia

Fuente: (CDBM. , 2019)

4.1.5. Zona de disposición de lixiviados

Se debe mantener el uso por parte de los operarios de los camiones recolectores de residuos en la zona de descarga de lixiviados, los operarios de estos vehículos son los encargados del vertimiento de los líquidos mencionados. Los lixiviados son vertidos en la caja receptora que a su vez por medio de una tubería son transportados a los pondajes que se encuentran en la planta de tratamiento de lixiviados.

4.1.6. Manejo de residuos sólidos

Para el manejo de los residuos sólidos se hizo una tabulación donde se verificaba visualmente la elaboración de los procesos en la disposición de los residuos sólidos y en comunicación directa con funcionarios de la CDBM, EMAB y ANLA para verificación en frente de operación, licencias ambientales, criterios de operación, estudios preliminares, diagnostico, monitoreo, seguimiento y control de las celdas de disposición final siendo cumplidos lo estipulado en el decreto 1784 de 2017 en los artículos 2.3.2.3.14 donde se estipula los criterios de operación, 2.3.2.3.15 donde se dice sobre el reglamento operativo y 2.3.2.3.16 donde se

habla sobre el monitoreo, seguimiento y control a la operación de las actividades de disposición final.

Imagen 15: Listas de chequeo

Lista de chequeo refase sanitario El Carrasco									
Frontes ambientales				Estudios preliminares					
Tramites	Si	No	N.A.	Observaciones	Estudios	Si	No	N.A.	Observaciones
Uso del suelo	X				Estudio topográfico	X			
concesión de aguas		X			Estudio geológico y geomorfológico	X			
Permisos de vertimiento	X				Exploración del subsuelo	X			
Licencia ambiental		X			Estudio hidrogeológico	X			
Permisos de emisiones atmosféricas		X			Estudio hidrológico	X			
Permisos de aprovechamiento forestal		X			Estudio Geotécnico	X			
Ubicación: Áreas protegidas, zona de rehabilitación ecológica, reserva forestal		X			Análisis de estabilidad	X			
Monitoreo, Seguimiento y Control					Análisis de riesgo	X			
Monitoreo de cobertura tierra	X				Diagnostico				
Monitoreo a la calidad de lodos	X				Drenaje de lodos, o líquidos percolados	X			
Monitoreo de aguas superficiales	X				Sistema de tratamiento de lodos	X			
Monitoreo de biogas	X				Cuenta con cunetas perimetrales para el manejo de las aguas lluvias, incluso en la base de la plataforma de feriado	X			

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Actividad de planeación		Actividad de ejecución		Actividad de evaluación	
Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción
1	Definición del problema de investigación	1	Definición del problema de investigación	1	Definición del problema de investigación
2	Definición de los objetivos de la investigación	2	Definición de los objetivos de la investigación	2	Definición de los objetivos de la investigación
3	Definición de la metodología de la investigación	3	Definición de la metodología de la investigación	3	Definición de la metodología de la investigación
4	Definición de la muestra de la investigación	4	Definición de la muestra de la investigación	4	Definición de la muestra de la investigación
5	Definición de la hipótesis de la investigación	5	Definición de la hipótesis de la investigación	5	Definición de la hipótesis de la investigación
6	Definición de la variable independiente de la investigación	6	Definición de la variable independiente de la investigación	6	Definición de la variable independiente de la investigación
7	Definición de la variable dependiente de la investigación	7	Definición de la variable dependiente de la investigación	7	Definición de la variable dependiente de la investigación
8	Definición de la hipótesis alternativa de la investigación	8	Definición de la hipótesis alternativa de la investigación	8	Definición de la hipótesis alternativa de la investigación
9	Definición de la hipótesis nula de la investigación	9	Definición de la hipótesis nula de la investigación	9	Definición de la hipótesis nula de la investigación
10	Definición de la hipótesis de la investigación	10	Definición de la hipótesis de la investigación	10	Definición de la hipótesis de la investigación
11	Definición de la hipótesis de la investigación	11	Definición de la hipótesis de la investigación	11	Definición de la hipótesis de la investigación
12	Definición de la hipótesis de la investigación	12	Definición de la hipótesis de la investigación	12	Definición de la hipótesis de la investigación
13	Definición de la hipótesis de la investigación	13	Definición de la hipótesis de la investigación	13	Definición de la hipótesis de la investigación
14	Definición de la hipótesis de la investigación	14	Definición de la hipótesis de la investigación	14	Definición de la hipótesis de la investigación
15	Definición de la hipótesis de la investigación	15	Definición de la hipótesis de la investigación	15	Definición de la hipótesis de la investigación
16	Definición de la hipótesis de la investigación	16	Definición de la hipótesis de la investigación	16	Definición de la hipótesis de la investigación
17	Definición de la hipótesis de la investigación	17	Definición de la hipótesis de la investigación	17	Definición de la hipótesis de la investigación
18	Definición de la hipótesis de la investigación	18	Definición de la hipótesis de la investigación	18	Definición de la hipótesis de la investigación
19	Definición de la hipótesis de la investigación	19	Definición de la hipótesis de la investigación	19	Definición de la hipótesis de la investigación
20	Definición de la hipótesis de la investigación	20	Definición de la hipótesis de la investigación	20	Definición de la hipótesis de la investigación

Fuente: (CDBM. , 2019)

El principal problema que generan parte de los residuos sólidos es que su cantidad excede la capacidad de almacenamiento siendo modificado varias veces su infraestructura para poder atender las emergencias sanitarias y seguir recibiendo los residuos sólidos generados por los municipios Santandereanos siendo Bucaramanga, Floridablanca, Girón Piedecuesta, Lebrija, Rionegro, Playón, Charta, Surata, Betulia, Santa Bárbara, California, Matanza, los Santos, Toná y Zapatoca. Se muestra la cantidad que aportan los municipios desde el año 2011 hasta el 2018 como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Residuos sólidos generados por año

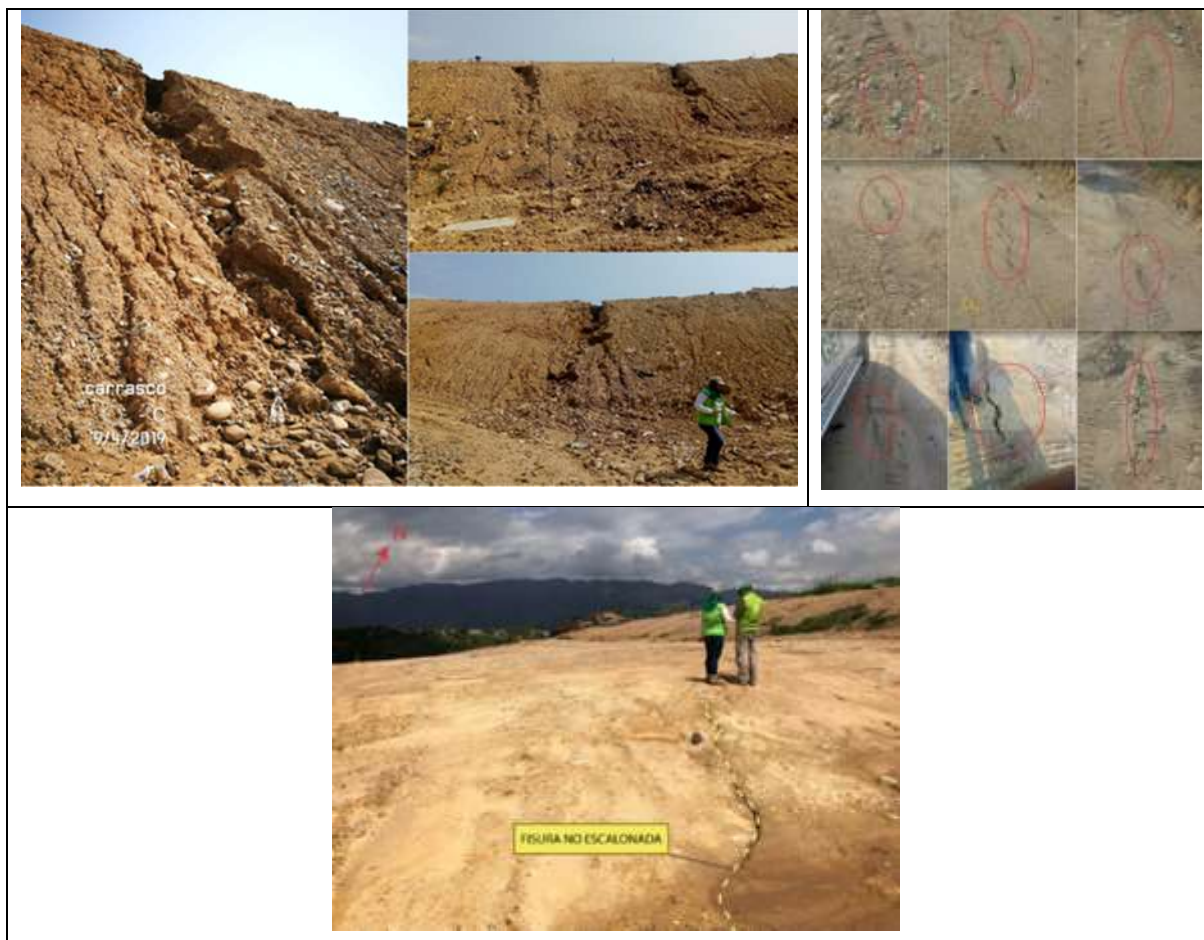
AÑO	TON RSU	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRÓN	PIEDRECUESTA	OTROS
2011	300.365,310	58,42%	19,88%	10,79%	7,96%	2,95%
2012	287.889,655	54,61%	21,25%	11,63%	9,03%	3,48%
2013	226.822,480	40,40%	27,54%	15,47%	11,83%	4,77%
2014	241.569,240	40,33%	27,14%	16,04%	12,05%	4,48%
2015	341.946,490	55,30%	20,36%	11,99%	9,18%	3,18%
2016	343.503,010	54,97%	19,83%	12,55%	9,47%	3,18%
2017	357.893,480	54,79%	19,83%	12,05%	9,65%	3,68%
2018	358.359,843	54,38%	19,96%	12,37%	9,30%	3,99%
PROMEDIO		51,65%	21,97%	12,86%	9,81%	3,71%

Fuente: (EMAB, 2019)

Nota: Dentro de la categoría Otros se incluyen los siguientes municipios: Lebrija, Rionegro, Playón, Charta, Surata, Betulia, Santa Bárbara, California, Matanza, Los Santos, Toná y Zapatoca.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que en el año 2019 se han presentado procesos de erosión como se presentó en el dique construido para la Contención de la celda de respaldo 1 entre el 13 y 20 de noviembre del 2019 por las lluvias, grietas de asentamiento presentada en la coordenada N: 1274594 - E: 1103171 el 25 de febrero del 2019 y grieta escalonada de una longitud aproximada de 20 metros siendo evidenciado por funcionarios en una visita hecha el 31 de mayo de 2019 en las coordenadas N 7°4'35'' O 73°8'26'.

Imagen 16: Erosión y agrietamientos en celdas



Fuente: (CDBM. , 2019)

4.2. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó una matriz de impacto ambiental con el método de Conesa para evaluar los impactos ocasionados por la actividad que se realiza en el sitio de disposición final El Carrasco dándose la siguiente valoración mostrada en la tabla 8.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Tabla 8: Matriz de evaluación de impacto ambiental

MATRIZ METODO CONESA													
IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	IMPACTO
IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE HABILITACION													
alteración del componente suelo	NEGATIVO (-)	12	8	1	4	4	4	4	4	4	8	85	
Intercepción y desviación de aguas lluvias superficiales	NEGATIVO (-)	8	8	4	4	4	4	4	4	4	8	76	
Alteración paisaje	NEGATIVO (-)	12	1	1	4	4	4	4	4	4	8	71	
contaminación atmosférica ruido, polvo, tránsito, movimiento de maquinaria pesada.	NEGATIVO (-)	12	8	2	4	4	4	4	4	4	1	79	
Impactos ambientales en la etapa de operación y construcción del relleno													
Contaminación atmosférica; olores, biogás, CO ₂ , CH ₄ ,	NEGATIVO (-)	12	8	2	4	4	4	4	4	4	8	86	
Contaminación de aguas; líquidos percolados	NEGATIVO (-)	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68	
Contaminación y alteración del suelo	NEGATIVO (-)	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	88	
Impacto paisajístico; cambio en la topografía del terreno, modificación en la actividad normal del área	NEGATIVO (-)	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	88	
Impacto social; fuente de trabajo	POSITIVO(+)	8	8	4	4	4	4	4	4	4	8	76	
Impactos ambientales en la etapa de clausura													
Impacto paisajístico; recuperación vegetación, recuperación fauna	POSITIVO(+)	8	4	2	4	4	4	4	4	4	8	66	
Impacto social; integración de áreas a la comunidad, disminuye fuente de trabajo	NEGATIVO (-)	8	4	2	4	4	4	4	4	4	8	66	
I= (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)													

	Inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente
	Entre 25y 50 son impactos moderados.
	Entre 50 y 75 son severos
	Superiores a 75 son críticos

Fuente: (CDBM. , 2019)

4.2.1. Etapa de habilitación del relleno sanitario

Alteración del recurso suelo: [REDACTED]

- En la actividad de remoción de la capa superficial de la tierra para disponer el terreno y así adecuar la celda diaria de disposición final de residuos, se generan aspectos como compactación del suelo al paso de maquinaria, destrucción de los componentes del suelo, al remover el terreno, tiene un grado de destrucción muy alto, un plazo de manifestación inmediato ya que

al alterar la composición química y física del suelo este tiende a perder su cobertura vegetal y hay desplazamiento de especies.

- En la actividad de Permeabilidad del terreno: Para disponer los residuos en la celda diaria se debe acondicionar el terreno con una geo membrana para evitar el paso de los lixiviados al terreno tiene una extensión puntual del impacto, un plazo de manifestación medio, se impermeabiliza el terreno por lo tanto se pierde la capa superficial terrestre se pierden los minerales del suelo ya que se deja de infiltrar el agua , se acaba la fauna y la flora terrestre
- Actividad de desviación de aguas lluvias para un correcto funcionamiento del relleno sanitario es necesario desviar y acondicionar canaletas para desplazar el agua lluvia fuera de la celda diaria; para evitar empozamientos y generar vectores como zancudos, moscos entre otros , tiene un grado de destrucción del recurso suelo alto , una extensión puntual en el proyecto, una manifestación inmediata ya que se pierde composición normal del suelo y es irreversible su alteración

Contaminación atmosférica: ruido, polvo, transito de maquinaria pesada: [REDACTED]

Se necesita de maquinaria pesada, retro excavadoras para remover el suelo, con objeto de adecuar la celda diaria, para allí disponer los residuos sólidos provenientes de las actividades diarias de la población bumanguesa y su área metropolitana, en esta actividad de remoción de capa superficial se generan aspectos ambientales tales como ruido y material particulado estos 2 parámetros trae consigo una serie de efectos negativos para el medio ambiente un grado de destrucción muy alto , una extensión total por toda el área del proyecto , la manifestación de dicho impacto es inmediata , y tiene una recuperabilidad a mediano plazo ya que después de ejecutada la actividad de excavación el ruido y el material particulado disminuyen su presencia.

4.2.2. Etapa de construcción y operación del relleno

Contaminación atmosférica: CH_4 , CO_2 [REDACTED]

Después de disponer los residuos en la celda diaria estos proceden a descomponerse en diferentes etapas las cuales son:

ETAPA 1: etapa aeróbica.

Esta es inmediatamente después de depositados los residuos en la celda diaria, aquellos residuos de fácil descomposición como las cascara de frutas, verduras y todos aquellos desechos provenientes de la cocina se comienzan a degradar a partir de su contacto con el oxígeno del aire.

ETAPA 2: etapa transición

En esta etapa también hay presencia de oxígeno, en la cual aún no se experimentan condiciones anaeróbicas, Ocurre un proceso de fermentación, donde se desarrollan ácidos en los líquidos percolador y se produce una caída importante en el pH.

ETAPA 3: Fase ácida

En esta fase se acelera la actividad microbiana iniciada en la fase anterior con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas de hidrógeno

Este recurso en la operación del relleno sanitario es el que ,más se afecta debido a que Las chimeneas no funcionan la generación de gases y vapores por la degradación de los residuos sólidos produce alteración en la composición química del aire, con esto se generan lluvias acidas, los cuales producen daños en cultivos, y enfermedades en la población trabajadora.

4.2.3. Contaminación del recurso agua

Debido al desbordamiento de canaletas se mezcla lixiviados con agua lluvia y se vierte esta mezcla a un cuerpo de agua debido a que la piscinas no cuentan capacidad del da para hacer el proceso de lixiviados, y esto altera la composición química y física normal de los acuíferos respecto la normatividad ambiental vigente, al pasar esto está agua no se puede consumir, se afecta la fauna y flora acuática.

Recurso suelo:

En la operación del relleno sanitario este recurso se afecta debido a que su capacidad perca pita de residuos llevo a su límite y se han tenido que pasar las fronteras y han violado el terreno de recuperación para poder extender la capacidad de recibir residuos

Impacto social:

Este medio es el más afectado en la operación del relleno sanitario de la ciudad de Bucaramanga, ya que debido al mal funcionamiento del carrasco se ha tenido problemas con la comunidad cercana a él , puesto a que los malos olores , y los gallinazos están afectando a los barrios y las industrias de cercanas.

4.2.4. Impactos ambientales y Medidas de Mitigación

En la tabla 9, se plantean las medidas de mitigación que permiten aminorar los impactos ambientales que se generan en el relleno sanitario el Carrasco.

Tabla 9: Medidas de mitigación

IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Contaminación de recurso aire	
Olores	Utilización de pantallas vegetales (árboles, arbustos). Tratamiento de los líquidos percolados. Quema del biogás cuando hay metano suficiente
Ruidos	Pantallas vegetales. Utilizar equipos de baja emisión de ruidos.
Material particulado	Riego de camino y de la tierra acumulada para el recubrimiento. Pantallas vegetales en el perímetro del relleno.
Biogás	Extracción con fines de utilización. Quema controlada.
Control de vectores	Mantener aislado sanitariamente el recinto mediante la formación de un cordón sanitario que impida la infestación del relleno por roedores y el paso de especies animales desde y hacia el recinto. Realizar fumigaciones y desratizaciones como mínimo, cada 6 meses. Los elementos químicos que se empleen en esta actividad, deben estar acordes con la legislación.
Alteración del recurso suelo	
	Adecuada impermeabilización del relleno sanitario, para evitar filtraciones. Vegetación para evitar erosión relleno para evitar nivelar zonas con asentamiento diferencial o pendientes fuertes.
	Configurar barreras para evitar que el viento incida sobre el frente de trabajo. Utilizar mallas interceptoras. Desprender residuos de camiones antes que abandonen el relleno.
Líquidos percolados	Extracción con fines de utilización. Quema controlada.

Fuente: (CDBM. , 2019)

4.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PTLX

En la imagen 17, se formula un esquema del Proceso de tratamiento de lixiviados de la nueva PTLX

Imagen 17: Esquema del Proceso de tratamiento de lixiviados de la nueva PTLX



Fuente: (EMAB, 2019)

Zona de disposición de lixiviados

Se mantiene el uso por parte de los operarios de los camiones recolectores de residuos en la zona de descarga de lixiviados, los operarios de estos vehículos son los encargados del vertimiento de los líquidos mencionados. Los lixiviados son vertidos en la caja receptora que a su vez por medio de una tubería son transportados a los pondajes que se encuentran en la planta de tratamiento de lixiviados.

Pondaje.

Se cuentan con dos lagunas de aproximadamente 3500 m³ de capacidad de almacenamiento en las cuales el lixiviado proveniente de las diferentes celdas del relleno es homogenizado y almacenado. El lixiviado proveniente de los pondajes es conducido por gravedad hasta un pozo de recepción ubicado en la planta, con capacidad de almacenamiento de aproximadamente 4,6 m³ el cual sirve de

“pulmón” y trasiego a la primera unidad de tratamiento. Ver imagen 18 e imagen 19..

Imagen 18: Imagen de los Pondajes para recepción del lixiviado generado en El Carrasco.



Fuente: (EMAB, 2019)

Imagen 19: Pozo de recepción del lixiviado efluente de los pondajes.



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.1. Identificación de tuberías

Las tuberías deben ser identificadas teniendo en cuenta r diferentes colores dependiendo del nivel de tratamiento del lixiviado que conduce como se especifica a continuación, en la imagen 20.

Imagen 20: Identificación de las tuberías según el nivel de tratamiento del lixiviado



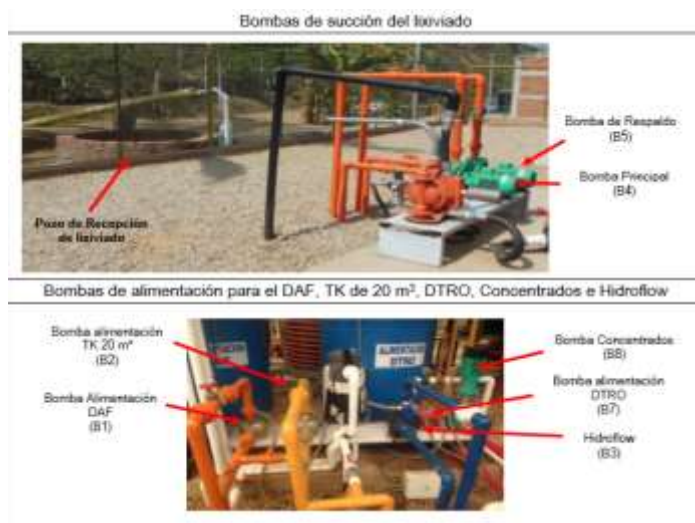
Fuente: (EMAB, 2019)

- Naranja: Conducción de lixiviado crudo
- Ocre: Lixiviado con una etapa de tratamiento (proveniente del DAF)
- Verde: Agua con alto nivel de tratamiento (procedente de la DTRO)
- Rojo: Agua proveniente de los concentrados de la DTRO
- Amarilla: Agua proveniente de los reboses y procesos de limpieza de los equipos
- Negro: Conducción de lodos
- Azul: Conducción agua completamente tratada (efluente de la OR)

4.3.2. Bombas

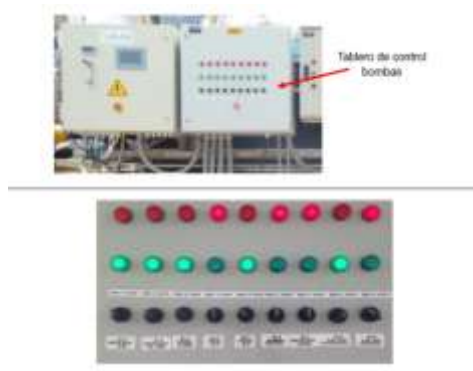
Dos bombas fueron instaladas para la succión del lixiviado que llega al pozo de recepción en la planta. Una bomba (B4) estará en continuo funcionamiento para alimentar a la planta; la segunda (B5) trabajaría como bomba de respaldo en caso de avería de la bomba principal. Igualmente se instalaron bombas para la alimentación del DAF, TK de 20 m3, Concentrados y DTRO. El hidroflo (B3) es una bomba que utiliza el agua permeada de la OR para servicios generales de la planta. (EMAB, 2019, pág. 7)

Imagen 21: Implementación de bombas para succión y conducción del lixiviado



Fuente: (EMAB, 2019)

Imagen 22: Tablero de Control instalado desde el cual es posible manejar todas las bombas identificadas anteriormente



Fuente: (EMAB, 2019)

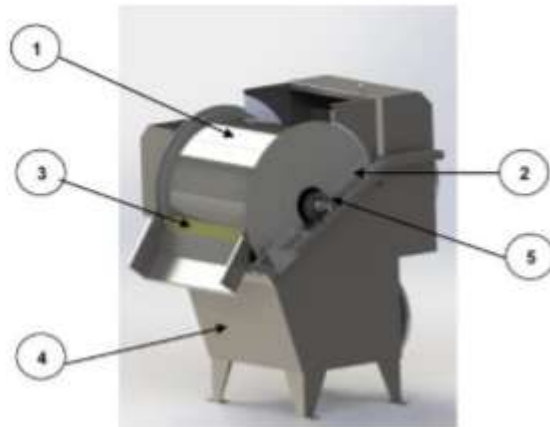
Criba mecánica

El primer proceso al cual es sometido el lixiviado, proveniente de los pondajes, es el cribado mecánico el cual es realizado a través de un tamiz rotativo. En esta etapa es posible separar los sólidos gruesos y/o flotantes con diámetro mayor a 0,75 mm, de esta forma se evitarían daños en los equipos de funcionamiento neumático e hidráulico que fueron instalados en la PTLX.

Tamiz rotativo

El tamiz rotativo es un filtro de alta capacidad con un tamaño más pequeño que los otros tamices para la separación sólido-líquido. La separación de los sólidos de gran tamaño se realiza con el objetivo de evitar obstrucciones y problemas mecánicos en las instalaciones. (EMAB, 2019, pág. 11)

Imagen 23: Descripción de las principales partes del equipo



Fuente: (EMAB, 2019)

1. Tambor Filtrante.
2. Carcaza.
3. Cuchilla de limpieza (remueve los sólidos depositados en la superficie del tambor).
4. Tanque de recepción del lixiviado tamizado.
5. Tubo de limpieza.

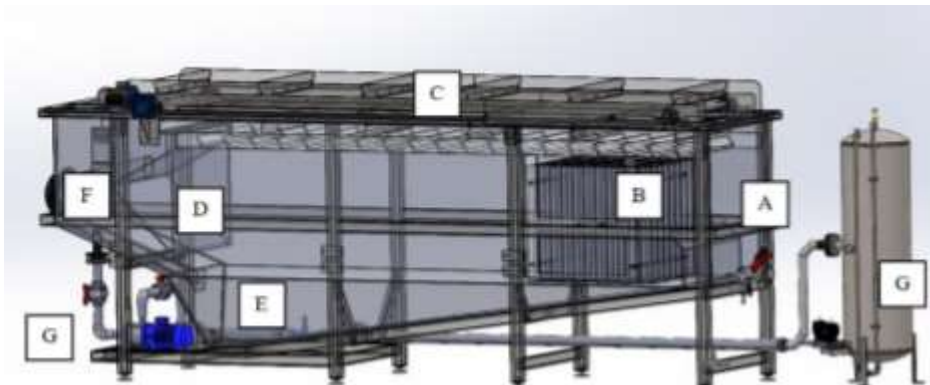
4.3.3. Celda de flotación por aire disuelto (DAF)

Una condición para un óptimo desempeño de la unidad es un flujo de entrada continuo y una composición continua del agua de entrada. Esto quiere decir que la cantidad de lixiviado estipulada por minuto/hora no debería ser excedida ya que puede resultar en una reducción de la calidad del efluente. (EMAB, 2019, pág. 12)

4.3.4. Descripción del proceso

El lixiviado es almacenado en el tanque “alimentación DAF”, donde es bombeado al tubo floculador, en el cual es adicionado el tratamiento químico establecido en la pruebas de jarras para lograr buenos resultados de clarificación. La bomba de recirculación suministra agua recirculada tratada a la entrada del separador. El agua recirculada es presurizada (aproximadamente 5-6 bar) y saturada con aire. Bajo estas condiciones de presurización el aire se disuelve en el agua. En el separador, la despresurización del agua recirculada se lleva a cabo; como resultado son formadas burbujas de aire finas de 30-60 micrómetros. Estas pequeñas burbujas se adhieren fácilmente a los flóculos y le dan flotabilidad a estos. Estas pequeñas burbujas son esenciales para la eficiencia de la unidad de flotación. (EMAB, 2019, pág. 12)

Imagen 24: Principales componentes de la celda de flotación



Fuente: (EMAB, 2019)

- A. Entrada de agua cruda
- B. Separador laminar
- C. Sistema de rasquetas
- D. Tolva de recolección del lodo flotado

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

- E. Zona de sedimentación
- F. Zona de agua clarificada y salida
- G. Calderin (sistema de presurización).

4.3.5. Procedimiento de encendido de la unidad de flotación

El panel de control del equipo presenta cuatro opciones: 1. Flotación; 2. Fangos; 3. Químicos y 4. F.P:S:A, esta opción no se encuentra configurada en el sistema. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 13) .

Imagen 25: Panel de control del DAF



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.5.1 Flotación

Al seleccionar la opción flotación se muestra la información que se presenta en la Imagen 26. Desde esta ubicación es posible encender el equipo y verificar la presión de la bomba de recirculación. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 29) .

Imagen 26: Panel de control del DAF: Opción “Flotación”



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.5.2 Fangos

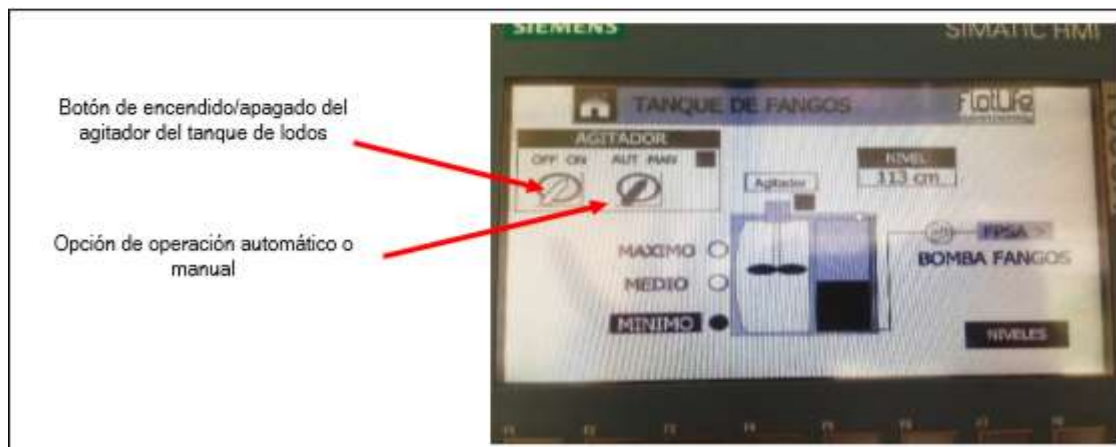
Al seleccionar la opción fangos se tiene la opción de encender o apagar el agitador del tanque de lodos, y seleccionar el modo de operación:

Auto: en este modo agitador funcionan de acuerdo a los tiempos configurados”.

Manual: en este modo el agitador funciona continuamente si hay nivel mínimo de fangos.

Ver imagen 27.

Imagen 27: Panel de control del DAF: Opción “Fangos”



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.5.3 Químicos

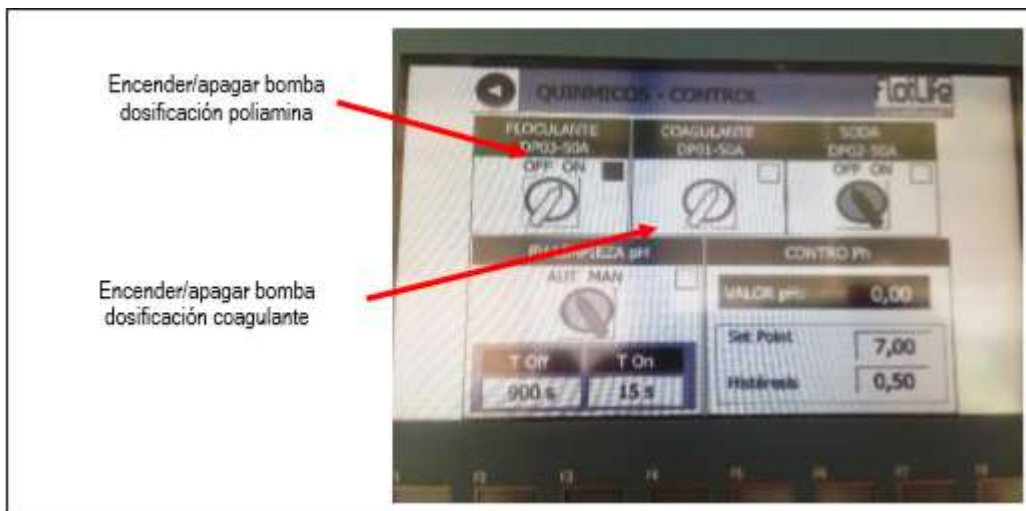
Al seleccionar la opción “químicos” se despliega la información que se muestra en la imagen 28; al seleccionar el botón “Control” se despliega la información que se muestra en la imagen 29. Desde esta ubicación es posible encender o apagar las bombas dosificadoras. (EMAB, 2019, pág. 15)

Imagen 28: Panel de control del DAF: Opción “Químicos”).



Fuente: (EMAB, 2019)

Imagen 29: Panel de control del DAF: Opción “Químicos/Control”



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.5.4 Procedimiento de arranque de la unidad de flotación

Una vez encendida la unidad, el control de nivel presente en la zona de agua clarificada censa si hay un nivel bajo o nivel alto en la celda. Si se alcanza el nivel alto en la celda, se da una señal que da inicio al programa electrónico de funcionamiento descrito a continuación:

1. Inicia la bomba de recirculación.
2. Se inicia al mismo tiempo, el sistema de rasquetas (el sistema de rasquetas permanece en movimiento siempre que la bomba de recirculación esté operando)
3. Después que la bomba de recirculación ha iniciado (tiempo establecido en el PLC), se abre la válvula de suministro de aire.
4. Válvulas de liberación de presión inicia la secuencia de limpieza y operación.
5. La unidad de flotación empieza a ser aireada y lista para recibir y tratar el lixiviado.
6. Una vez las bombas dosificadoras se ponen en marcha, se da arranque a la bomba de alimentación de lixiviado al DAF.
7. Durante el proceso de tratamiento se verifica constantemente la presión y la cantidad de l/h de aire requerido para hacer un correcto proceso de flotación del lodo generado en la reacción química del coagulante.

4.3.5.5 Procedimiento de parada de la unidad de flotación

Si se detecta un nivel bajo en la celda, se genera el siguiente procedimiento:

1. La bomba de alimentación se detiene inmediatamente
2. Las bombas de dosificación de químicos se detienen.
3. El ciclo de purga de sedimentos se detiene.
4. Empieza un ciclo de auto-limpieza de las válvulas de liberación de presión del calderín.
5. Las válvulas de inyección de aire se cierran (después de un tiempo establecido en el programa de control).
6. El calderín realiza un proceso de auto-limpieza (purga).
7. La bomba de recirculación y el sistema de rasquetas se detiene.

4.3.6. Sistema de filtración y microfiltración

El lixiviado clarificado procedente del DAF entra a una etapa de acondicionamiento al pasar por un sistema convencional de filtros de arena y grava y una microfiltración de talega con tamaño de poro de 10 μ , en la cual se realiza una remoción de sólidos en suspensión y lodos flotantes que pudieran ser arrastrados en el DAF. De esta forma se garantiza una mejor calidad de agua clarificada para

alimentar la DTRO prolongando de esta forma la vida útil tanto de los cartuchos de microfiltración instalada dentro de la unidad, como de las membranas propias del equipo. El relleno en los filtros está distribuido de la siguiente forma en orden ascendente: primer tramo: grava de 1/2", segundo tramo: grava de 3/8", tercer tramo: grava de 1/4", cuarto tramo: arena estándar y finalmente arena torpedo.

Imagen 30: Filtros de arena y microfiltración de talega



(EMAB, 2019)

Durante el tiempo de operación, se verifica periódicamente la caída de presión a través de los lechos de arena, una vez alcanzada una presión mayor a 24 psi a la entrada del filtro, se procede a realizar el retrolavado y rinse de estos. Esta limpieza se realiza manipulando las válvulas de los filtros que cuentan con tres posiciones: filter (filtrado), backwash (retrolavado) y fast rinse (rinse rápido). Al posicionar la válvula en el modo retrolavado, el clarificado proveniente del DAF

ingresa en sentido ascendente a través de los lechos para remover los sólidos depositados; este proceso tiene una duración de aproximadamente 10 minutos. Una vez cumplidas 12 horas de operación, se realiza un retrolavado con agua limpia procedente de la OR. Los residuos generados en este proceso son conducidos al tanque de estabilización de concentrados.

Si se presentan constantes caídas de presión a través del lecho se recomienda verificar el estado de ensuciamiento del material de relleno. Debe procederse a realizar una limpieza química; en caso de no obtener buenos resultados, debe procederse al cambio total del lecho filtrante. (EMAB, 2019, pág. 19)

Imagen 31: Filtros de Arena y grava



Fuente: (EMAB, 2019)

La talega de microfiltración permite la remoción de sólidos en suspensión que no son atrapados por el filtro de arena, proporcionando un ajuste final a la calidad del lixiviado clarificado que ingresa a la DTRO. El mantenimiento de este equipo se realiza diariamente verificando la caída de presión a través de la talega, una vez se alcance un $\Delta P \geq 10$ psi se procede a cambiarla, para su limpieza en solución alcalina. (EMAB, 2019, pág. 19)

Imagen 32: Mantenimiento realizado a la unidad de microfiltración



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.1 Etapa 1. Sistema de filtración por membranas DTRO

El Sistema de módulos en un mecanismo de membranas diseñado para asegurar la separación molecular e iónica de todo el espectro de contaminantes en todo ambiente acuoso; desde materia suspendida hasta los más pequeños iones, incluyendo coloides, bacterias, virus y materia orgánica. (EMAB, 2019, pág. 20)

Antes de ingresar al equipo, el clarificado es almacenado en un tanque pulmón (20 m³) el cual permite garantizar flujo continuo al sistema. El lixiviado clarificado que ingresa al tanque de alimentación de la DTRO se le debe realizar un ajuste de pH con el fin de controlar el incrustamiento en la membrana y aumentar la remoción de NH₄-N. Antes de ingresar a las membranas, este pasa a través de un filtro de arena y el filtro de seguridad para remover partículas de gran tamaño y de esta forma proteger los émbolos de las bombas y las membranas. Una vez el clarificado es alimentado en los módulos de las membranas de la DTRO, éste es tratado mediante osmosis inversa con discos tubulares generando el permeado. (EMAB, 2019, pág. 20)

Imagen 33: Sistema de Filtración por Membranas (DTRO)



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:



(EMAB, 2019)

Esta unidad trabaja por baches de acuerdo al tiempo de llenado del tanque de 20 m³, variable que está directamente relacionada con el caudal efluente del DAF. Cada vez que el tanque pulmón alcanza su máximo nivel la DTRO inicia su proceso de operación. Como agente dispersante de los sólidos disueltos en el afluente a la DTRO se aplica un acondicionador de pH a razón de 4 ml/s para llegar a un valor de pH bajo y evitar taponamientos prematuros en las membranas de filtración. (EMAB, 2019, pág. 22)

4.3.6.1.1 Nomenclatura usada para los dispositivos de la DTRO

Ver tabla 10.

Tabla 10: Nomenclatura utilizada para designar medidores y dispositivos de control en la DTRO.

Comparación de nomenclaturas usadas para los dispositivos de la DTRO		
	DIN 28004	Simplificado
Monitor y transmisor de pH	YIR, YIRC, YIRCA	YT
Monitor y medidor de conductividad	NIR, NIRZA	CT
Flujómetro	FI	FI
Transmisor de flujo	FIRC, FIRCA	FT
Manómetro de flujo	FIRQ, FIQSH	FQ
Termómetro de resistencia	TIR, TIRCZA	TT
Monitor de temperatura	TI	TI
Transmisor de presión	PIR, PIRZA	PT
Manómetro de presión	PI	PI
Sensores y transmisores de nivel	LS, LSZA, NT	LS, NT
Transmisor de nivel UV	YIT	UT

(EMAB, 2019)

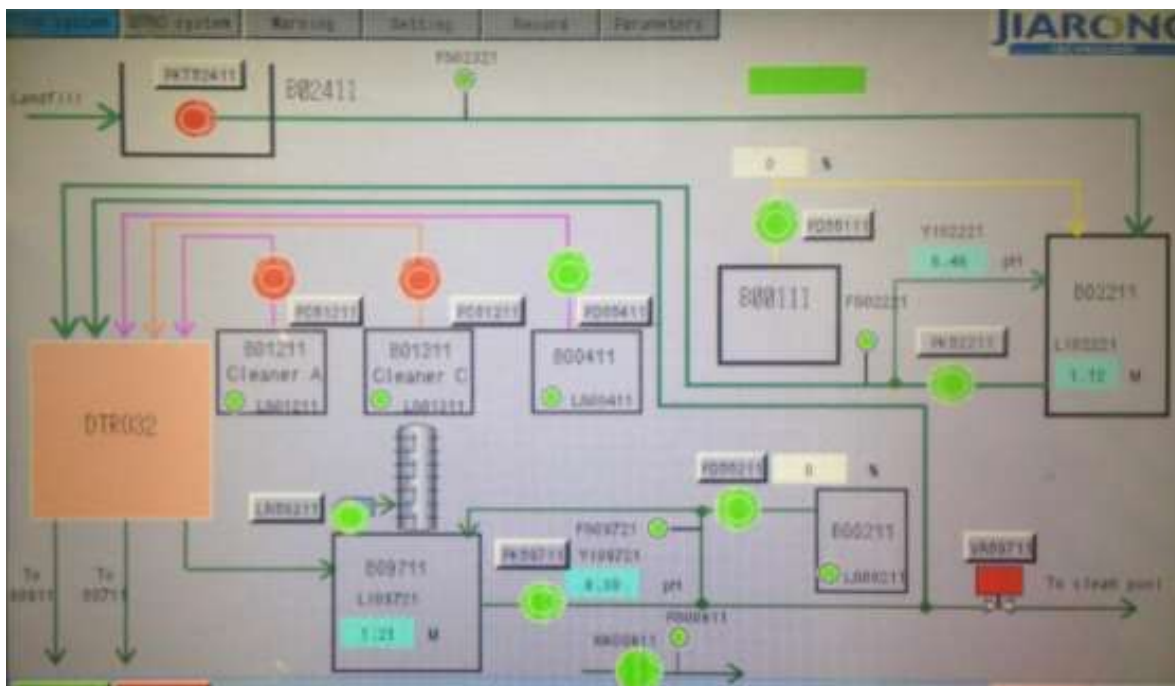
4.3.6.1.2 Configuración del Sistema

El sistema fue diseñado para el tratamiento de lixiviado y está compuesto por un Sistema de Tanques (pre- y pos tratamiento, almacenamiento químico) y sistema DTRO (etapa de tratamiento del lixiviado)".

4.3.6.1.3 Sistema de tanques

El sistema de Tanques reúne todos los tanques necesarios para alimentar la unidad con lixiviado, químicos, etc; o almacenar concentrado antes de la descarga. Este sistema está diseñado como un sistema cerrado y equipado con detectores de fugas en todas las secciones críticas de la unidad. (EMAB, 2019, pág. 24)

Imagen 34: Sistema de Tanques visto desde el panel de control de la DTRO



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.1.4 Inyección de Ácido

El pH del lixiviado debe ser ajustado a un valor cercano a 6.5 antes de iniciar su tratamiento en la unidad para evitar precipitación prematura de iones. El ajuste de pH es realizado por la bomba PD122 en el tanque de almacenamiento de lixiviado (Feed Tank) abreviado B02211 y monitoreado por el transmisor de pH YI02221. (EMAB, 2019, pág. 24)

Tabla 11: Tanque y estaciones de llenado

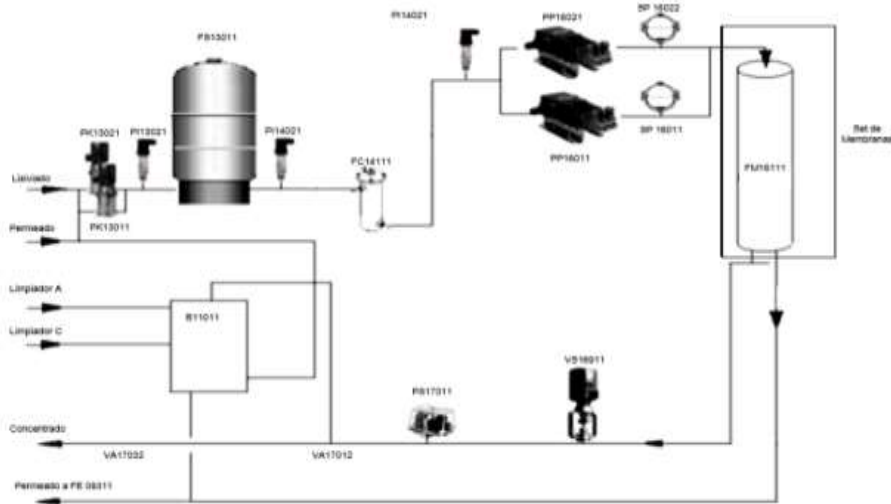
Tanques y estaciones de llenado dentro de la Unidad	
ABREVIACIÓN	FUNCIÓN
B01211	Tanque para limpieza (A)
B01131	Tanque para limpieza (C)
B00411	Tanque de almacenamiento de antiincrustante
B02211	Tanque de almacenamiento de lixiviado (Feed Tank)
B00111	Tanque de almacenamiento para el reductor de pH
B11011	Tanque de limpieza insitu (CIP Tank)
B09711	Tanque de permeado (permeate tank)
LR09311	desgasificador

Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.1.5 Sistema DTRO (Etapa de tratamiento del lixiviado)

El lixiviado que va a ser tratado fluye a la etapa de tratamiento de lixiviado y es pre-filtrado en el filtro de arena FS13011, después pasa por los filtros de cartucho FC1411. En los módulos de membrana (DT) el proceso de osmosis inversa se lleva a cabo produciendo el permeado. (EMAB, 2019, pág. 25)

Imagen 35: Diagrama de Flujo del Sistema DTRO



Fuente: (EMAB, 2019)

Tabla 12: Componentes

BREVE DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES	
	La unidad es controlada por la unidad del PLC (Telemecanique) "TSX-Micro". El programa de control es guardado en un microchip llamado "WWPROM". Cuando el interruptor de encendido de la planta se enciende, el procesador carga automáticamente el programa del EEPROM a su memoria de acceso.
	El ventilador RK 13811 suministra el aire requerido para rinse de aire del filtro de arena
	El lixiviado que entra a la unidad pasa a través del filtro de arena FS11311-12, el cual esta relleno de arena de diferentes tamaños. Tierra y materia en suspensión son filtrados en este. Después de un periodo de operación el filtro se tapa, indicado por una pérdida de presión. Cuando el delta de presión se encuentra en el rango de 2 a 2.5 bar, el transmisor lo reconoce y genera una alarma, indicando que es necesario realizar el retrolavado. Los sólidos acumulados en el lecho primero son evacuados por aire y después son lavados con agua limpia.
	Dentro de los filtros de cartuchos FC14111 partículas de 10 µm y mayores en tamaño son retenidas dentro de los elementos filtrantes. Gradualmente los filtros se van saturando causando perdida de presión a través de este. Cuando el delta de presión sea mayor igual a 2.5 bar, el transmisor lo reconoce y una alarma será generada informando que es necesario proceder al cambio de cartuchos. Si no se realiza este cambio, un código de error se generará y la unidad se apagará.
	Bomba centrífuga PK13011 la bomba entrega el flujo de alimentación a una presión mayor a 2 bar a través del filtro de cartuchos y de ahí a la bomba de alta presión PP16011.
	Bomba centrífuga PK02211 la bomba entrega el lixiviado del sistema de tanque a la unidad.
	Bomba centrífuga PK09711 la bomba entrega el permeado del sistema de tanques al almacenamiento externo.
	La bomba de alta presión PP16021 es una bomba de desplazamiento positivo. Esta bomba entrega el lixiviado a los modulos de membrana DT a una presión por encima de 70 bar. (nota: la presión es controlada por PT16011 y PT 16021). La presión mínima para esta bomba es 0.5 bar.

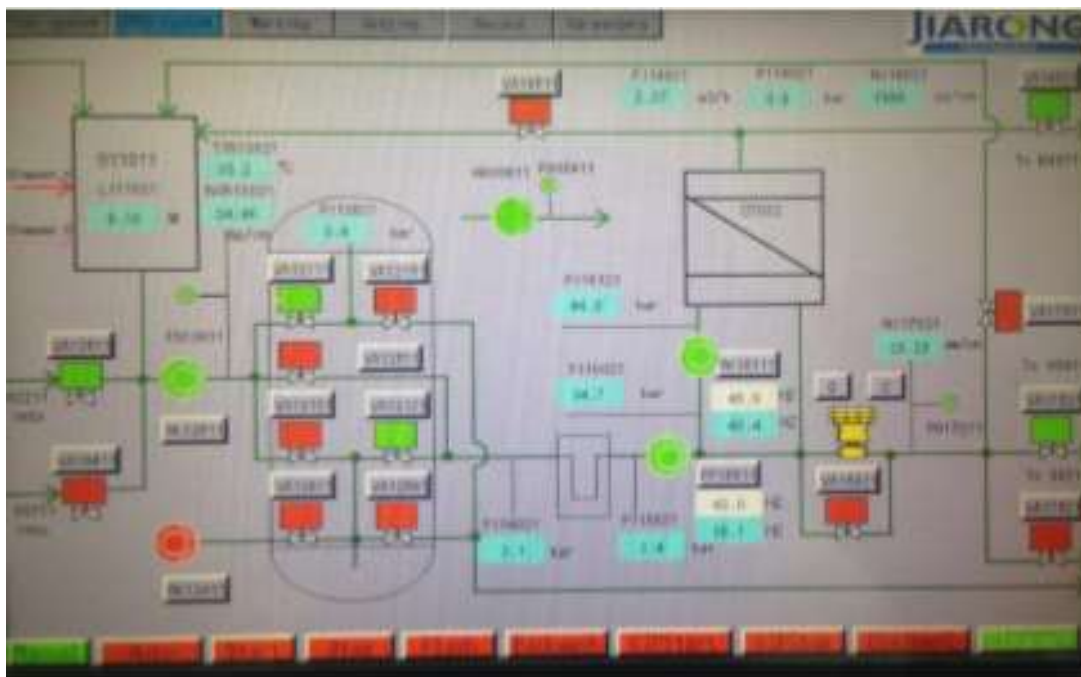
Fuente: (EMAB, 2019)

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Imagen 36: Sistema DTRO visto desde el panel de control disponible en la Unidad



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.2 Etapa 2. Osmosis Inversa

El proceso de osmosis consiste en el pasaje de agua a través de una membrana para igualar las concentraciones de las partículas disueltas en ella, el fluido que se moverá a través de la membrana será el de menor concentración hacia el fluido de mayor concentración. La membrana permite que el agua fluya a través de esta e impide el pasaje de moléculas mayores que el agua, por ejemplo, minerales, sales y bacterias. En la osmosis inversa se produce el efecto contrario, para que esto ocurra es aplicada una alta presión al agua para forzarla a pasar a través de la membrana evitando así que se forme un equilibrio como normalmente ocurriría. Cuanto mayor sea la presión aplicada, mayor será el flujo de permeado a través de la membrana. El proceso de osmosis después de la DTRO permite remover contaminantes orgánicos e inorgánicos (hasta en un 99% en retención de sales disueltas) así como el color. (EMAB, 2019, pág. 32)

Imagen 37: Ósmosis Inversa



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.2.1 Deshidratación de lodos (Tanque acondicionador de lodos y Filtro Prensa)

El lodo generado en el tratamiento fisicoquímico del DAF es almacenado en un tanque de 4,5 m³ en el cual se acondiciona con cal para evitar la proliferación de microorganismos, estabilizarlo y espesarlo; igualmente se adiciona un polímero aniónico el cual facilita su deshidratación al momento del prensado. El clarificado efluente del filtro prensa es almacenado en un tanque para ser conducido posteriormente al sistema de filtración con arena y ser procesado finalmente en la DTRO y OR. El lodo previamente acondicionado pasa al filtro prensa donde se realiza su deshidratación obteniéndose una torta compacta con altas concentraciones de sólidos en condiciones aptas para su disposición final. (EMAB, 2019, pág. 34)

Imagen 38: Tanque Acondicionador de Lodos y Filtro Prensa



Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.2.2 Tanque de lodos

En el PLC del DAF se puede visualizar el estado actual del depósito de fangos, ver imagen 39.

Imagen 39: Tanque



Fuente: EM (EMAB, 2019)

Cuando el agitador se opera en modo automático se ejecutan las señales que se observan en la tabla 13.

Tabla 13: Señales de nivel del tanque de lodos

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR ESTANDAR
Nivel Máximo	Nivel Máximo del deposito (Este nivel detiene el funcionamiento del DAF)	250 cm
Nivel Maniobra	Nivel intermedio	150 cm
Nivel Mínimo	Nivel mínimo Este nivel detiene el bombeo al filtro prensa (deposito vacío)	80 cm
Intervalos Agitador	Tiempo de intervalo duración del funcionamiento del agitador	150 seg

Fuente: (EMAB, 2019)

4.3.6.2.3 Ciclo filtro prensa

El proceso de filtro-prensado se inicia activando la bomba neumática, para ello se debe tener lista la preparación química del lodo y cal en el tanque de acondicionamiento de lodos y desactivando la alimentación neumática a la bomba de lodos se detiene el ciclo en proceso”.

El CICLO de funcionamiento del FILTRO PRENSA (FP) es el siguiente:

1. Cierre del FP. El ciclo empieza con el cierre del filtro prensa. Hay que activar la bomba hidráulica por medio del gobernador hidráulico del FP, con la válvula manual en posición cerrar. Una vez alcanzado el valor de presión máximo (aproximadamente 170 Bares), mostrada en el manómetro contiguo a la bomba hidráulica, se debe verificar que las celdas del FP estén ordenadas para proceder al siguiente estado.
2. Bombeo lodos. Una vez el filtro prensa está cerrado, se da inicio a el bombeo de lodos hasta alcanzar la “presión máxima” (6 bares).
3. Escurrido inicial. Durante este estado, se detiene el bombeo y el filtro permanece cerrado para realizar el primer escurrido. Se realiza un escurrido sin aplicar presión, durante un tiempo establecido (aprox. 30 min).
5. Soplado. Durante esta etapa se abre la válvula de aire para realizar el soplado de las tortas durante aprox. 20 min. Una vez que haya pasado este tiempo, el ciclo avanza.
6. Escurrido final. Después del soplado se realiza un escurrido final de las tortas y se debe esperar a que la presión en la alimentación del filtroprensa baje a un valor de 0 bares antes de proceder a la apertura del filtro.
7. Apertura FP. La apertura de la prensa se hace desde el gobernador hidráulico, en el caso de existir válvula de liberación de la presión hidráulica se abrirá antes de empezar a abrir el Filtro Prensa. A continuación se abre el filtro prensa.
8. Limpieza de tortas. Se procede a vaciar las tortas que se quedan pegadas en las placas del filtro prensa.
- 9 Una vez realizada la descarga y limpieza del FP se procede a cerrar las placas para dar inicio a un nuevo ciclo de prensado.

Monitoreo de drenes y tratamiento de lixiviados.

Durante la etapa de operación es importante que se realice un control a los canales pluviales o zanjas de coronamiento del relleno sanitario, de forma de

garantizar su limpieza y funcionamiento, para evitar que ingrese agua de lluvia por procesos de escorrentía superficial al área del relleno sanitario. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 57) .

Para evitar posibles problemas, se debe realizar controles de fisuras en los canales o drenes de captación y conducción de los lixiviados, de forma de verificar su limpieza y libre circulación de los lixiviados para su tratamiento. Igualmente se debe verificar que se construyan adecuadamente los drenes internos para lixiviados en las nuevas celdas y que no se dañen o se coloquen obstrucciones en celda en operación.

Otro aspecto fundamental es que se deben realizar controles periódicos del sistema de tratamiento de lixiviados, así:

- Realizar un control de la infraestructura de forma de verificar que no existan fugas o agrietamientos que puedan ocasionar derrames en lo futuro.
- Verificar niveles de sedimentos en las piscinas de tratamiento.
- Verificar nivel de altura de los lixiviados antes de la época de lluvia de forma de estar preparados contra contingencias.

Calculo de la generación de lixiviado debido a la precipitación Pluvial:

Para el caso de la precipitación pluvial utilizaremos el método suizo, que permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o líquido percolado mediante la siguiente ecuación”:

$$Q = \frac{1}{t} P \times A \times k$$

Q = Caudal medio de lixiviado o liquido percolado (lt/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m2) (área con disposición de residuos sólidos, celdas)

t = Numero de segundos en un año. (31.536.000 Seg/año)

k = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes en (m/mm). (Ministerio de medio ambiente, 2010, pág. 25)

Para rellenos débilmente compactados (manuales) con peso específico de 0,4 a 0,6 Tn/m3, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (k = 0,25 a 0,50)

de precipitación media anual correspondiente al área del relleno. (Ministerio de medio ambiente y agua, 2010, pág. 25) .

5. CONCLUSIONES

- Se hace seguimiento con el fin de dar cumplimiento al plan de cierre del Carrasco orden dada por el juez 15 administrativo de Bucaramanga, debe mejorarse algunas condiciones que la corporación ha determinado en los informes.
- Se debe dar importancia a la optimización de la repontecialización de la PTLX indicado por la CDMB con el fin de mejorar la cantidad de lixiviados que tratan y concluir la construcción de los canales de agua lluvia para la disminución de su volumen.
- Necesita implementar una fuente de energía de respaldo ya que según lo registrado por los funcionarios en informes de la CDMB han presenciado problemas con su fuente de energía principal siendo detenido el tratamiento de lixiviados en la PTLX.
- El manejo que la EMAB está dado a los residuos sólidos ha ido en constante evolución mejorando cada vez más los procesos y las fisuras son presentadas por asentamiento o movimiento de la masa por influencia del exceso de los gases y lixiviados siendo resueltos con método mecanizado.

6. RECOMENDACIONES

- Implementar plan de acción en el cual se formule tiempos donde se harán mantenimiento a los filtros, inspección del estado de las tuberías de transporte y conexiones de las cajas de recolección para el buen funcionamiento del sistema, para el cumplimiento de todos los programas que no se están cumpliendo dentro del plan de manejo ambiental.
- Acciones que mejoren las actividades del plan de manejo ambiental.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

(s.f.).

Alcaldía de Acacias. (2019). *PBOT*. Recuperado el 22 de Enero de 2020, de [www.acacias.gov.co: https://www.acacias.gov.co/publicaciones/4531/plan-basico-de-ordenamiento-territorial/](https://www.acacias.gov.co/publicaciones/4531/plan-basico-de-ordenamiento-territorial/)

Blu Radio. (2018). *www.bluradio.com*. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de <https://www.bluradio.com/bucaramanga/operador-de-relleno-el-carrasco-seria-sancionado-por-fallas-en-manejo-de-basuras-194749-ie3509886>

BOGOTÁ, A. M. (24 de MARZO de 2010). *SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE*. Obtenido de Red de calidad de aire: <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire#sthash.oqlpizBv.dpuf>

BUCARAMANGA, C. (N.D de N.M de N.A). *Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire*. Obtenido de ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE: <http://caracoli.cdmb.gov.co/cai/cai2/estaciones.html>

CABARCA RAMIREZ, M. (2016). *ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE*. BUCARAMANGA: UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER.

CDMB. . (2019). *Informe de visita técnica para la gestión de riesgo*. Recuperado el 18 de Enero de 2020, de CDMB: [file:///D:/CDMB/A.%205%20Comunicados%20e%20Informes%20ANLA/NO VIEMBRE%202019/28-11-2019/INF%2028-11-2019%20DEF%20PLANOS.pdf](file:///D:/CDMB/A.%205%20Comunicados%20e%20Informes%20ANLA/NO%20VIEMBRE%202019/28-11-2019/INF%2028-11-2019%20DEF%20PLANOS.pdf)

Definición De. (2014). *Cartografía*. Recuperado el 19 de Enero de 2020, de [definición.de: https://definicion.de/cartografia/](https://definicion.de/cartografia/)

Departamento administrativo de la función pública. (2011). *Decreto 3573 de 2011*. Recuperado el 16 de Enero de 2020, de ANLA: http://portal.anla.gov.co/documentos/institucional/dec_3573_270911.pdf

EMAB. (2019). *Manuel de operaciones y mantenimiento PTLX*. Bucaramanga.

Fresina. (s.f.). *Capa Freática*. Recuperado el 20 de Enero de 19, de [mendoza.conicet.gov.ar: https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/CapaFreat.htm](https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/CapaFreat.htm)

Función Pública. (2017). *Decreto 1784*. Recuperado el 22 de Enero de 2020, de [funcionpublica: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=84140](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=84140)

- Gelvez Uribe, I. (2 de AGOSTO de 2011). *Monitoreo, análisis y prospectiva tecnológica*. Obtenido de análisis y prospectiva tecnológica: <http://idg81.blogspot.com.co/2011/08/monitoreo-analisis-y-prospectiva.html>
- Geoproductos. Es. (16 de Noviembre de 2017). *Geoproductos. Es.* Obtenido de <https://geoproductos.es/el-piezometro-la-importancia-de-su-uso/>
- Goicochea, J. (2017). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/odqh5oa2ssyq/percolacion-lixiviacion-y-filtracion/>
- Hidroar S.A. (2015). *ambiente.Chubut*. Obtenido de <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>
- Hidroar.S.A. (2015). *ambiente.Chubut*. Obtenido de <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>
- Hitomex. (26 de Noviembre de 2015). *Hitomex*. Obtenido de <http://www.hitomex.com.mx/blog/que-es-la-topografia/>
- IsoTools. (2020). *Qué es un checklist y cómo se debe utiliza*. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de IsoTools: <https://www.isotools.org/2018/03/08/que-es-un-checklist-y-como-se-debe-utilizar/>
- LSB. (2011). *laseda.es*. Obtenido de http://www.laseda.es/index2.php?lang=es&ID_cat=&PID_cat=&SID_cat=338&SSID_cat=343
- Ministerio de medio ambiente y agua. (2010). *Guía para la implementación, operación y cierre de rellenos sanitarios*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de anesapa: <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf>
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2017). *Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2017). Decreto 1784 “Capítulo 3. Disposición final”. Recuperapresidencia.gov.co/*. Recuperado el 7 de Enero de 2020, de Decreto 1784 : <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201784%20DEL%2002%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202017.pdf>
- NATURALES, S. D. (2005). *GUIA DE ELABORACION Y USOS DE INVENTARIOS DE EMISIONES*. MEXICO: N.A.

- Nuestra esfera. (2014). *¿Cómo se clasifican los residuos?*. Recuperado el 16 de Enero de 2020, de nuestraesfera: <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>
- RCN. (2018). *Durante 15 años se ha perdido el cierre del relleno sanitario El Carrasco*. Bogotá: RCN.
- SOLIS SEGURA, L., & LOPEZ ARRIAGA, J. (ND de NM de 2003). *PRINCIPIOS BASICOS DE CONTAMINACION AMBIENTAL*. Obtenido de TEMA 9. ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE ATMOSFERICO: http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema9.pdf
- Vásquez. (1994.). *tesis.uson.mx*. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de Relleno sanitario: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20523/capitulo3.pdf>
- VIDA, C. A. (1 de MARZO de 2011). *Red de monitoreo de calidad de aire del área metropolitana de Bucaramanga*. . Obtenido de PRIMER INFORME DE CALIDAD DEL AIRE: www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/centro-de-descargas/609-informe-enero-marzo-2011-1/file.
- Vidal de los Santos, E. & Franco López, J. (2009). *Impacto ambiental: Una herramienta para el desarrollo sustentable*. México: Agt Editor. Recuperado el 17 de Enero de 2020, de Vidal de los Santos, E. y J. Franco López (2009), Impacto ambiental: Una herramienta para el desarrollo sustentable, México, agt Editor
- ZAPATA SANCHEZ, C., QUIJANO HURTADO, R., MOLINA VASQUEZ, E., & HERNANDEZ, R. (2008). *FORTALECIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN EL VALLE DE ABURRA CON MEDIDORES PASIVOS GESTION Y AMBIENTE* (Vol. 11). MEDELLIN - COLOMBIA: NE.