

**INGEAS**  
S.A.S

INGENIEROS  
GEOTECNISTAS  
ASOCIADOS.

# ***DISEÑO DE VERTEDEROS Y RELLENOS SANITARIOS***

***Ing. MSc. Luz Marina Torrado Gómez***  
***Ing. MSc. José Alberto Rondón***

***Correos electrónicos:***  
***[luzmarina@ingeassas.com](mailto:luzmarina@ingeassas.com)***  
***[josealberto@ingeassas.com](mailto:josealberto@ingeassas.com)***

***Diapositivas de clase - <http://ingeassas.com>***

# ***RELLENO SANITARIO EL CARRASCO***



# ANTECEDENTES



- ❑ La elección de El Carrasco como área de disposición de residuos de la región, viene de un convenio suscrito en 1977, entre el municipio de Bucaramanga, Empresas Públicas de Bucaramanga y una firma consultora canadiense, que localizó y determinó la zona como apta para la realización de este proyecto.
- ❑ El sitio comenzó a funcionar hacia 1978 en una época en la que no existía norma técnica para procesos de disposición de residuos sólidos. Los vehículos simplemente ingresaban por la vía Provenza-Malpasso 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.

# ANTECEDENTES

- ❑ 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; ordenando igualmente, que no podrían iniciarse operaciones de la etapa II sin la obtención previa de la correspondiente licencia ambiental.
- ❑ 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.

# ANTECEDENTES

- ❑ Con fundamento en lo dispuesto por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la Resolución 1045 de 2003, La CDMB, expidió la Resolución 1079 del 12 de julio de 2004, por medio de la cual señaló que la EMAB no había planteado las obras de clausura, post clausura y usos futuros de la disposición final localizada en la cárcava I de El Carrasco, razón por la cual a través del citado Acto Administrativo ordenó la pre-clausura, cierre, clausura y post-clausura de dicho sitio.
- ❑ En marzo de 2005, el Gobierno Nacional expidió el Decreto 838 de 2005, el cual consagró formalmente los procedimientos, criterios, metodología, restricciones y prohibiciones para la localización de áreas para disposición final de desechos mediante la tecnología de relleno sanitario.

# ANTECEDENTES

- ❑ Mediante Resolución 1390 de 2005, el Ministerio de Ambiente estableció directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003, que no cumplan las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma otorgando 3 meses a partir de la vigencia de la resolución para construir celdas para la disposición final transitoria de sus residuos, las cuales deberán diseñarse y construirse para una capacidad de disposición equivalente a la generación de residuos sólidos para un período de hasta 36 meses, al vencimiento del cual no se podrían disponer más residuos en dichas celdas.
- ❑ Mediante Resolución 600 del 22 de junio de 2006, la CDMB le aprobó a la empresa un plan de contingencia para la disposición final de residuos en el espacio ocupado por la vía de acceso de la zona actual de operación hasta llegar a las cotas de diseño planteadas por ECODES – PARRA GÓMEZ, cuyo término no podría ser mayor al plazo de 36 meses de que trata la Resolución 1390 de 2005 del Ministerio de Ambiente.

# ANTECEDENTES

- ❑ Mediante Resolución 562 del 13 de junio de 2007, la CDMB aprobó la ampliación del Plan de Contingencia presentado por la empresa, hasta cumplir con el diseño planteado por ECODES – PARRA GÓMEZ, de conformidad con las fichas que conforman el PMA aprobado por Resolución 753 de 1998, junto con sus modificaciones y adiciones contenidas en las Resoluciones 554 de 2003, 1079 de 2005 y 600 de 2006, sin que dicha contingencia superara el término de 36 meses, de conformidad con la Resolución 1390 de 2005 del Ministerio de Ambiente, es decir hasta el año 2010.
- ❑ Mediante Resolución 1684 de 2008 el Ministerio de Ambiente amplió el plazo de la Resolución 1390 de 2005 establecido para las celdas de disposición final transitoria de residuos sólidos, siempre y cuando la autoridad ambiental, previa solicitud del interesado, hubiere verificado el cumplimiento de algunas condiciones, entre otras que la celda tuviera capacidad para continuar recibiendo residuos de manera técnicamente adecuada.

# ANTECEDENTES

- ❑ Por Resolución 1822 de 2009, el Ministerio de Ambiente estableció que las actividades de cierre, clausura y restauración ambiental de las celdas transitorias no podrían superar el término de un año, contado a partir del 30 de septiembre de 2009.
- ❑ Posteriormente, en la Resolución 1529 de 2010, el Ministerio de Ambiente dispuso modificar el parágrafo 3 del artículo 1° de la Resolución 1684 de 2008 y dispuso que el cierre, clausura y restauración ambiental de las celdas transitorias, no pudiere superar el término de 12 meses, contado a partir del 30 de septiembre de 2010.
- ❑ Mediante Sentencia del 1° de marzo de 2009, proferida en primera instancia dentro del proceso de acción popular radicado bajo el N° 2002-2891, el Juzgado Cuarto del Circuito Administrativo de Bucaramanga ordenó el cierre de El Carrasco, en un plazo no mayor a 12 meses, contado desde la ejecutoria de la sentencia.

# ANTECEDENTES

- ❑ La operación de las celdas transitorias de disposición final de El Carrasco, Cárcava I, operaron siguiendo los lineamientos de la Resolución 1529 de 2010 y en consecuencia, mediante Resolución 1328 del 10 de noviembre de 2010, la CDMB ordenó el cierre y clausura definitiva de la celda transitoria a partir del 16 de marzo de 2011.
- ❑ Posteriormente, la CDMB, mediante Resolución 480 del 10 de marzo de 2011 amplió el plazo para el cierre definitivo de la celda transitoria, hasta el 10 de agosto de 2011.
- ❑ La sentencia antes mencionada fue apelada y en respuesta a ello, el Tribunal Administrativo de Santander en sentencia del 16 de febrero de 2011, con ponencia del Magistrado Dr. Milciades Rodríguez Quintero, Expediente 680013331004-200202891-01, determinó como plazo máximo para el cierre definitivo de El Carrasco, el 30 de septiembre de 2011.

# ANTECEDENTES

- ❑ Llegado el plazo máximo previsto por el tribunal en su sentencia, ninguno de los municipios que disponen sus residuos en El Carrasco, contaba con un sitio adecuado y licenciado por la CDMB para la disposición de los residuos, razón por la cual los municipios de Bucaramanga, Girón, California, Matanza, Charta, Tona, Suratá, Rionegro, Piedecuesta, Floridablanca, Lebrija, Zapatoca, El Playón y Santa Bárbara, procedieron en el año 2011 a declarar en sus respectivos ámbitos de jurisdicción la emergencia sanitaria, con el fin de hacer uso de la capacidad instalada remanente de la celda adyacente al sitio actual de disposición dentro del predio El Carrasco.
- ❑ En el año 2012 fue prorrogada la emergencia sanitaria por todos los municipios y el señor Alcalde de Bucaramanga autorizó que todos ellos dispusieran sus residuos sólidos en El Carrasco.

# ANTECEDENTES

- ❑ Dicha emergencia fue nuevamente prorrogada en el año 2013 por dos años más que venció el 30 de septiembre de 2015, ese mismo año la emergencia fue prorrogada 2 años más hasta el 30 de septiembre de 2017 por medio del Decreto 0158 el cual se encuentra en vigencia.
- ❑ En este orden de ideas es necesario informar que durante los últimos 10 años se ha venido realizando la operación de manejo de residuos en la zona 3 de la Cárcava 1 la cual ya cumplió su vida útil en lo relacionado a la capacidad y condiciones técnicas aceptables de operación, pero con el ánimo de no generar o suspender ni un solo día la prestación del servicio, entendiendo la crisis sanitaria que esto acarrearía no solo a Bucaramanga sino a los más de diez municipio que allí disponen , se ha venido operando en un nivel de complejidad altísimo. Actualmente se vienen desarrollando actividades de infraestructura que permitirán contar con un vaso de llenado ubicado en la Cárcava 2 (celda 4) la cual tendrá una capacidad de aproximadamente 15 meses, es de vital importancia informar que esta sería la solución a corto plazo.

# ANTECEDENTES

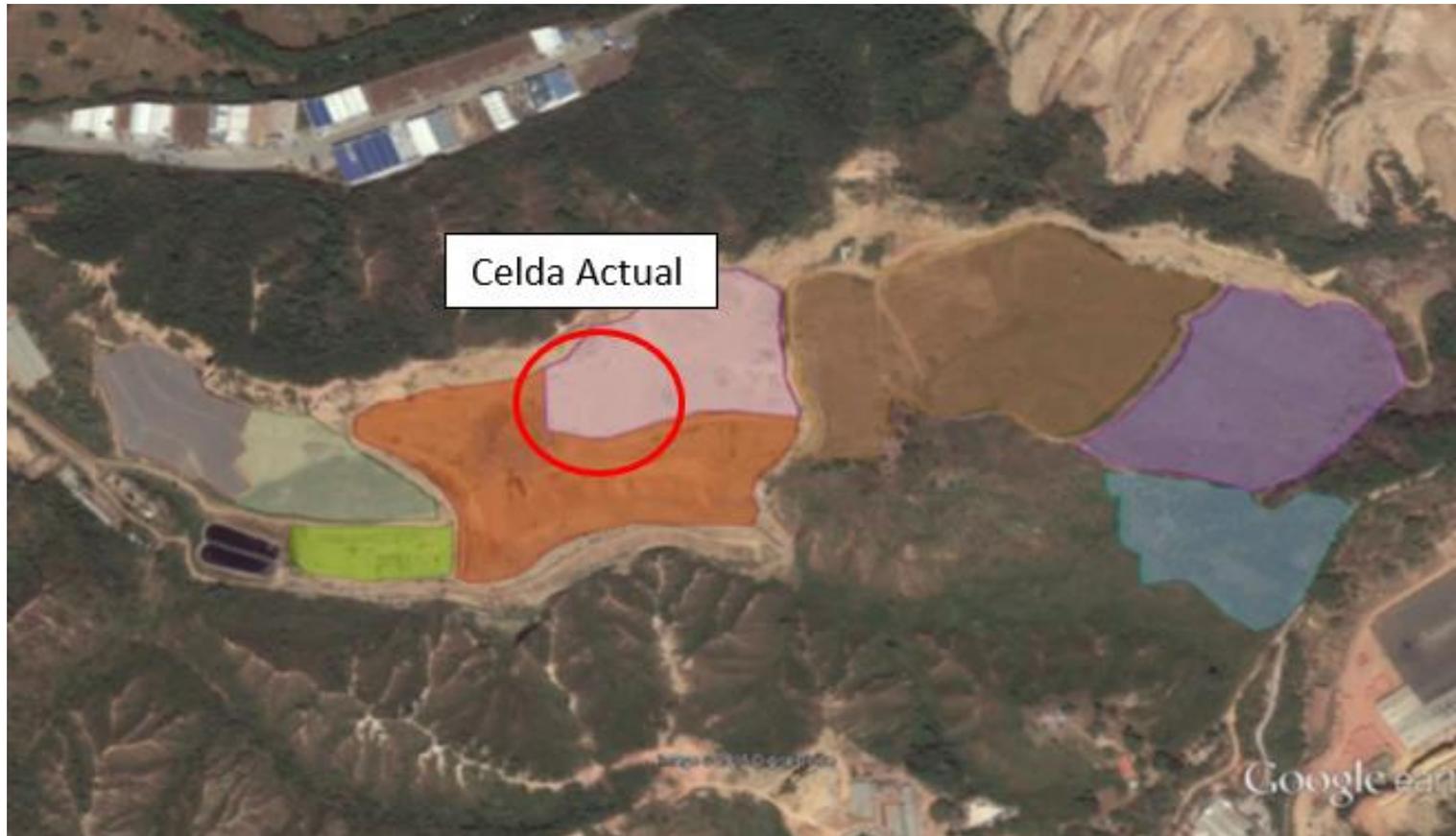
- ❑ Como solución a mediano plazo se viene adelantando un proceso que permita contar con una nueva área de disposición en predios que hacen parte del municipio de Girón y que dentro de este proceso se viene trabajando conjuntamente la EMAB S.A E.S.P, el AMB y la CDMB con el ánimo de contar con todos los permisos ya sea por sustracción de DMI y poder modificar el POT del municipio de Girón y así poder tener en un tiempo mínimo un nuevo sector que garantice la disposición de residuos del área metropolitana de Bucaramanga por 3 años.
- ❑ En cuanto a la solución a largo plazo se viene adelantando y recibiendo las propuestas de un nuevo sistema de alta tecnología que garantice y resuelva definitivamente la problemática de los residuos que ha tenido durante largo tiempo el área metropolitana de Bucaramanga, actualmente 3 de estos proyectos se encuentran ya en proceso de prefactibilidad e inscritos en el RUAPP (Registro Único Asociación Publico Privada) de este proyecto esperamos que en un tiempo menor a un año se inicie la etapa constructiva y de ejecución del nuevo sistema de tratamiento de residuos.

# LOCALIZACIÓN

El relleno sanitario El Carrasco, está ubicado en la parte sur - occidental de la ciudad de Bucaramanga, en una depresión o cañada natural dentro de los depósitos aluviales de la terraza de Bucaramanga, en el sector central de la zona del Distrito de Manejo Integrado (DMI) de la Corporación de la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB) en Malpaso, limitando con el barrio El Porvenir hacia el oriente, se tiene un acceso a la zona sobre la margen derecha de la carretera que conduce de Girón a Bucaramanga, aproximadamente a quince minutos en automóvil, tomando el carreteable al oriente de las instalaciones del centro de ferias de Bucaramanga (Cenfer).



# DISTRIBUCIÓN DE LAS CELDAS



# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA

- ❑ Actualmente la disposición de los residuos se lleva a cabo en la cárcava 1, (celdas 1 y 2), ejecutando las acciones para continuar con la disposición final de novecientas (900) toneladas/día promedio que debe recibir el sitio de disposición final.
- ❑ El procedimiento empleado para la operación en la celda de disposición consta de extender los residuos en un área aproximada de 800 metros cuadrados a una altura promedio de 5 metros por sección, que con el tránsito continuo de vehículos de carga y maquinaria de trabajo disminuye a 4 metros; cada sección de la celda se construye con una pendiente longitudinal aproximada de 2%, esto para orientar la descarga de los lixiviados a los sitios donde se han colocado los filtros colectores.



# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA

Diariamente se depositan capas de 0,5 metros de material arcilloso en la zona proximal de la celda #1 a la vía de acceso esto se realiza para agilizar los trabajos de volteo y extensión de residuos, de esta manera mantener el área de volteo libre para la continua llegada de vehículos cargados



# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA

Es de vital importancia la compactación y disgregación de los residuos, estas actividades se están llevando a cabo con la ayuda de un buldózer D8N con el fin de cumplir con lo establecido en el PMA respecto a la densidad con valores superiores a  $0,9 \text{ Ton/m}^3$ .



# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA

Posteriormente se realiza la cobertura de los residuos con material arcilloso o con lona negro-verde para una cobertura temporal. En caso de recubrir los residuos con tierra se pretende mantener un espesor de 0,3 a 0,5 m de altura, la finalidad de cubrir los residuos es reducir la cantidad de gallinazo en el área de trabajo y de reducir los malos olores.



# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA

La utilización del material de cobertura tiene como finalidad aislar los residuos de su entorno, ya sea impidiendo la salida indiscriminada de flujos de lixiviados y gases hacia el exterior los cuales se captan y conducen a través de drenes y chimeneas y a su vez cortando la infiltración de agua de escorrentía hacia el cuerpo del residuo y actuando como barrera ante la posible acción de aves de carroña y vectores como insectos y roedores; de la misma forma es importante en la prevención de incendios y vital en el mejoramiento del aspecto paisajístico del sitio de disposición final.

# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA

En el desarrollo de la actividad se procede a hacer el cubrimiento diario y continuo de los residuos con lona impermeable verde negro de manera temporal, para posteriormente con los Bulldozer realizar el cubrimiento definitivo con tierra arcillosa como material de cobertura, que tiene como finalidad aislar los residuos de su entorno, y evitar la infiltración de agua de escorrentía, que incrementa el caudal de lixiviados, en promedio mensualmente se utilizan entre 2000 y 3200 m<sup>3</sup> de material arcillo, para las labores de cobertura.



# OPERACIÓN

## DESCARGUE EN LA CELDA



# ANTES – DESPUÉS



# SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA DE 20 mls

Después de las tareas de suministro e instalación del material de cobertura, se procede a iniciar con el suministro de la geomembrana de 20 mls, antes de iniciar estas tareas se realizan ensayos de destrucción y pegado a la geomembrana, para evidenciar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del contrato.

Una vez aprobados los ensayos de pegado y ensayos de destrucción de la geomembrana y cumpliendo con las especificaciones de elongación y resistencia de pegado, se inicia con la instalación y termosellado de los pliegues que unen las tramos de geomembrana cortados, se ejecutaron las acciones para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de captación y conducción de gases e instrumentación geotécnica (piezómetros e inclinómetros) presentes en el área



# SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA DE 20 mls



# SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA DE 20 mls



# MANEJO SUPERFICIAL DE TALUDES- POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD



# COBERTURA VEGETAL – PRADO BRACHIARIA Y TRES ESTRELLAS



# COBERTURA VEGETAL – PRADO BRACHIARIA Y TRES ESTRELLAS



# MANTENIMIENTO DE VÍAS

Durante la ejecución se realiza el riego continuo por medio de un carro-tanque con capacidad de 3000 Galones, este tipo de vehículo realiza cinco veces al día el riego sobre las vías y el agua con la que ejecuta el riego es producto del tratamiento del lixiviado que se efectúa en la Planta de tratamiento de lixiviados PTLX, esta actividad busca reducir los riesgos a los problemas respiratorios en los trabajadores que están propensos a sufrirlos



# CONSTRUCCIÓN DE CANALES DE AGUAS LLUVÍAS



# 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.

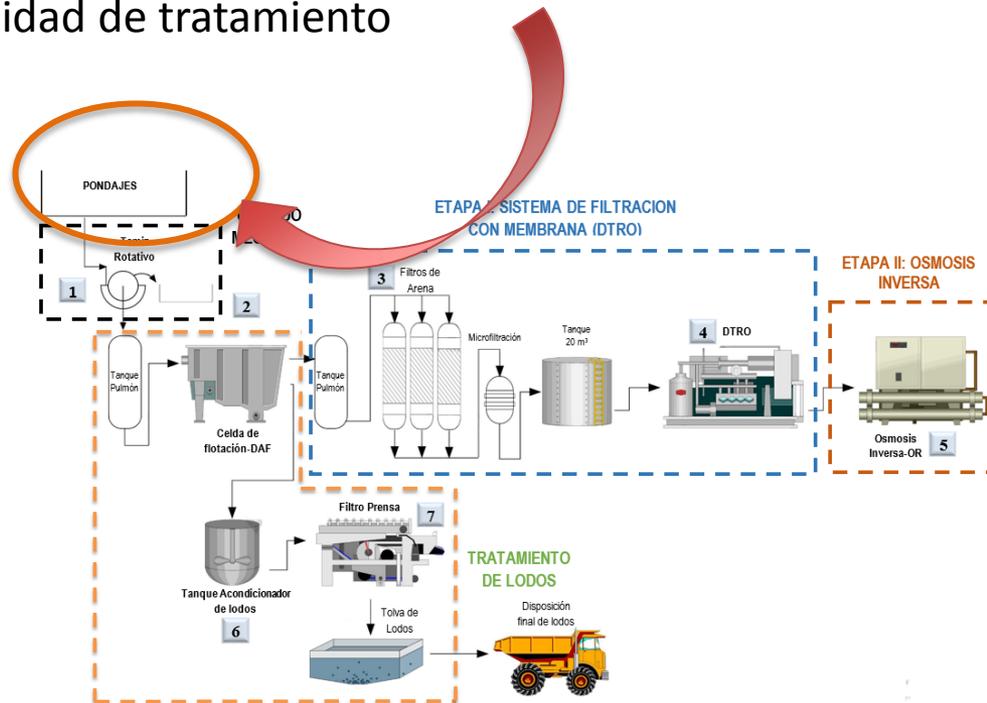


# ESQUEMA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PTLX



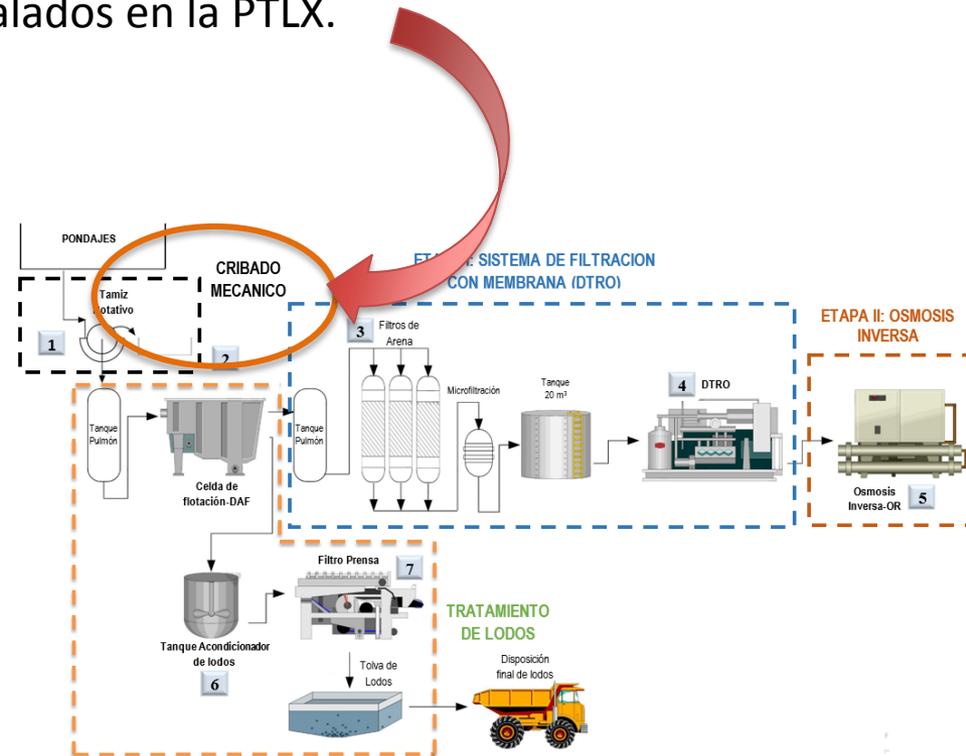
# PONDAJE

Se cuentan con dos lagunas de aproximadamente 3500 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> el cual sirve de “pulmón” y trasiego a la primera unidad de tratamiento



# 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.



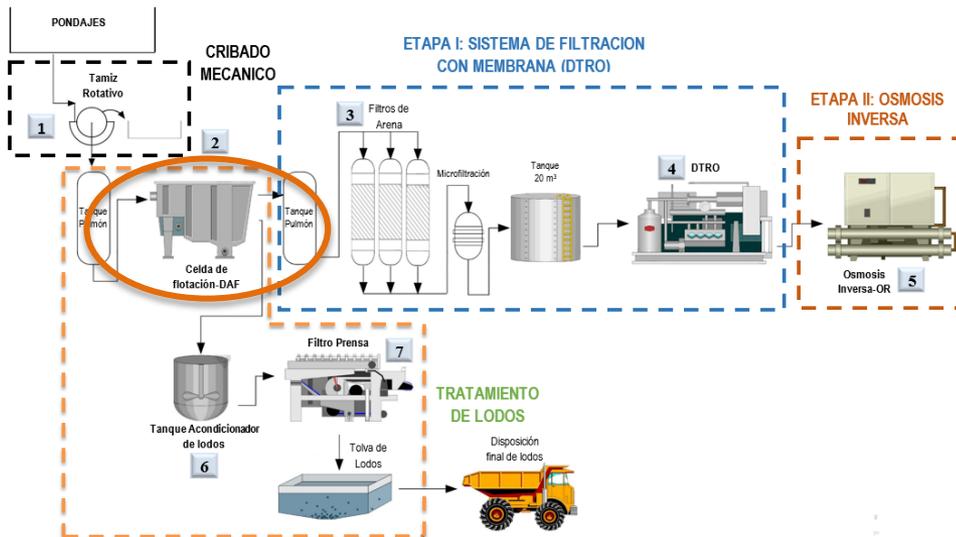
# CRIBA MECÁNICA

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.



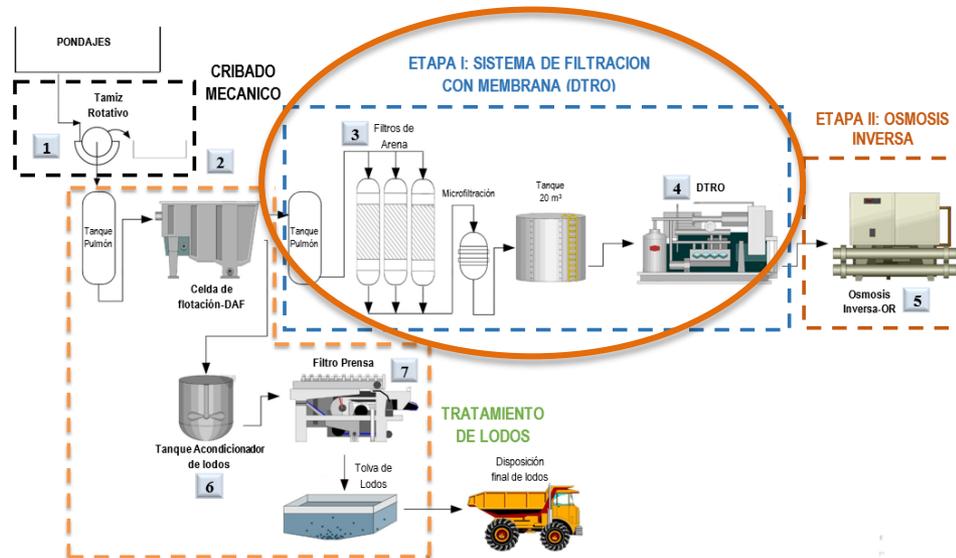
# CELDA DE FLOTACIÓN POR AIRE DISPUESTO - DAF

El lixiviado tamizado, libre de partículas y sólidos de gran tamaño es conducido hacia la celda de flotación por aire disuelto, en el cual se realiza la remoción de sólidos en suspensión, sólidos sedimentables y sustancias flotantes como las grasas y los aceites. En este equipo se realiza la adición de coagulante y coadyudante de clarificación que facilita el espesamiento de lodos, la flotación de sólidos y la clarificación del lixiviado respectivamente, esta última gracias a la acción de microburbujas generadas por la inyección de aire a altas presiones, las cuales arrastran los lodos floculados en su ascenso.



# 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  $10\mu$ , en la cual se complementa la remoción de sólidos en suspensión y lodos flotantes que pudieran ser arrastrados en el clarificado del DAF.



# SISTEMA DE FILTRACIÓN Y MICROFILTRACIÓN

Filtros de Arena (izq.); distribución de los tramos de grava en los filtros (der.)



Microfiltración de talega



# ETAPA 1. SISTEMA DE FILTRACION POR MEMBRANAS DTRO

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. El efluente de este proceso se caracteriza por tener bajas concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , DQO, sólidos totales suspendidos, amonio y metales pesados.



## ETAPA 2. OSMOSIS INVERSA

El efluente de la DTRO pasa a la última etapa de tratamiento realizada en la unidad de osmosis inversa (OR). 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. El efluente obtenido con esta tecnología es agua de alta calidad que podría luego verterse, sin contaminar, a la corriente receptora o el suelo, cumpliendo las exigencias de la norma de vertimientos



# DESHIDRATACIÓN DE LODOS

El lodo generado en el tratamiento fisicoquímico del DAF es almacenado en un tanque de 4,5 m<sup>3</sup>, el cual es acondicionado 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 (concentración de sólidos > 25%) en condiciones aptas para su disposición final.



# CHIMENEAS DE GAS

Para controlar la evacuación de los gases producto de la descomposición de los residuos sólidos, se construyen y prolongan las chimeneas necesarias que se encuentran distribuidas en diferentes sectores de la celda #1.

Las chimeneas se han conformado de acuerdo a los diseños que se encuentran en los planos y dando continuidad a las chimeneas basales según las exigencias del PMA, esto tiene como propósito la conducción de los gases, producto de la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos, hacia el exterior del relleno, evitando de esta manera la acumulación peligrosa de dichos gases, minimizando el riesgo de explosión.



INGENIEROS  
GEOTECNISTAS  
SOCIAADOS.



# CHIMENEAS DE GAS



# MANEJO DE LIXIVIADOS CON FILTROS

Se excavan zanjas y se lleva a cabo el llenado con bolo de un filtro longitudinal para la recolección de lixiviados provenientes de la descomposición de los residuos en la celda 1, este filtro se construye a lo largo de una vía de acceso que ya no se encuentra en funcionamiento, este tipo de filtros están conformados por piedra de 4 a 8 pulgadas y se encuentran recubiertos por geotextil.



# MANEJO DE LIXIVIADOS CON FILTROS



# CONTROL DE GALLINAZOS

Se está realizando el control de gallinazos con la quema de ocho docenas diarias de voladores de lunes a sábado entre las seis de la mañana y las seis de la tarde, esto permite que los gallinazos no se establezcan sobre las áreas de trabajo, proporcionando un mal aspecto a la celda de disposición, esta actividad además reduce el riesgo de que estas aves tengan contacto con los conos de vuelo de los aviones que pasan cerca del lugar.



# FUMIGACIÓN

Se realiza la fumigación en todas las áreas de trabajo que comprenden el relleno sanitario, desde las oficinas administrativas hasta la zona de disposición de residuos sólidos, cabe mencionar que también se fumiga las maquinas encargadas de la operación del relleno para reducir el riesgo de enfermedades hacia los operarios. Esta fumigación se está realizando todos los sábados en horas de la mañana y alternando los plaguicidas debido a que es necesario evitar la resistencia genética que se puede generar en los microorganismos provocando ser inmunes al químico suministrado, la empresa encargada de esta actividad es CONCORD.



# CUBRIMIENTO DE RESIDUOS

La cobertura diaria de los residuos se realiza con material arcilloso, esta se empieza a realizar cuando la masa de residuos cumple con una altura de 5 metros y una longitud de 15 metros, esto se realiza con el fin de reducir la cantidad de vectores, gallinazos y olores ofensivos de la celda de disposición.

La cobertura de los residuos se realiza con ayuda de un buldózer o una retroexcavadora buscándose conservar un espesor de cobertura de 0,3 metros. Otra forma de cubrir los residuos es por medio de lonas, que permiten el cubrimiento temporal de los mismos.



# GRACIAS