



Gestión de Residuos en América Latina

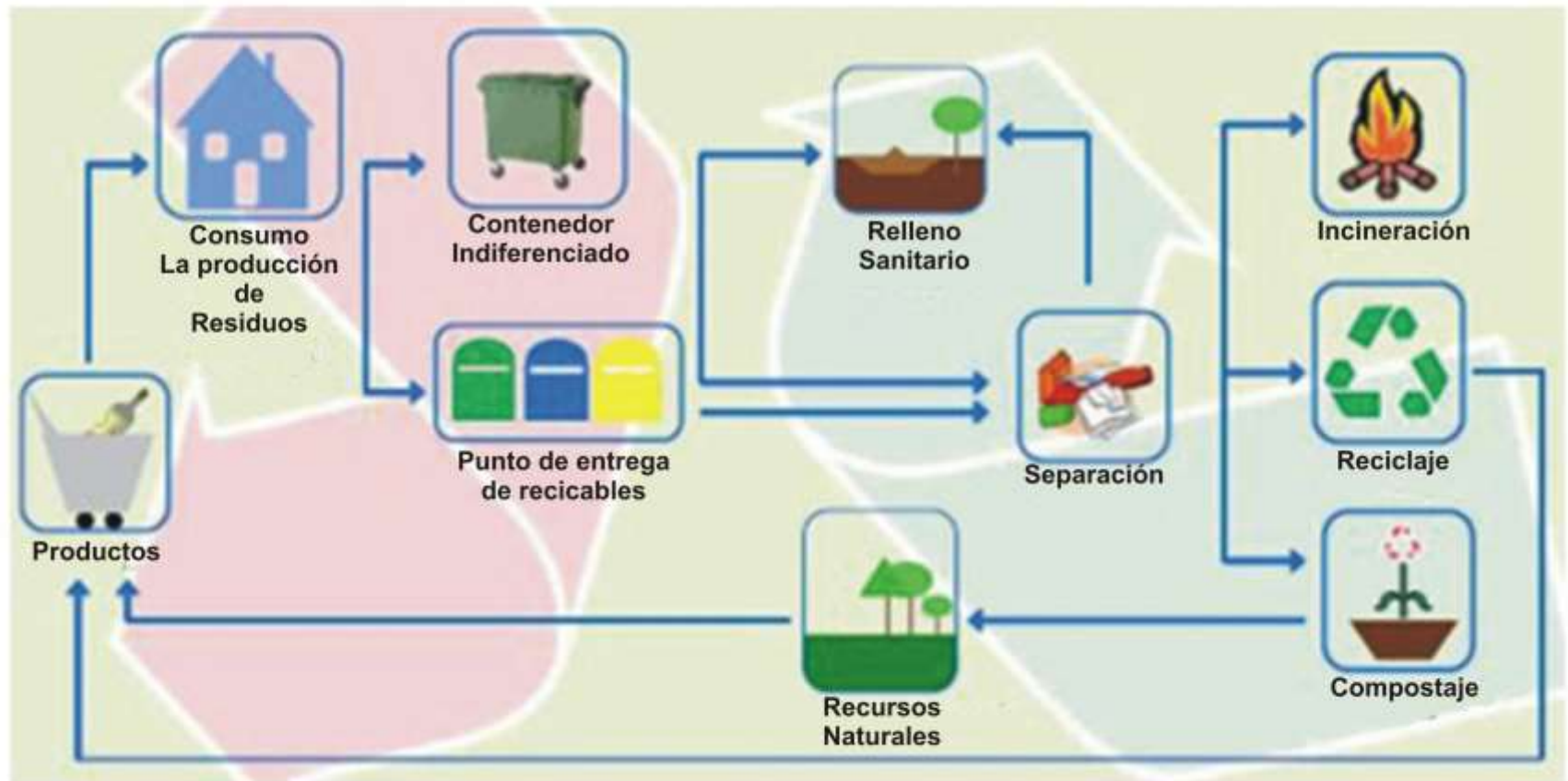
Minicurso: Diseño Técnico de rellenos sanitarios
Ing. Civil Francisco José Pereira de Oliveira



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO



DESTINACIÓN FINAL



Fuente: <http://ecoguia.cm-mirandela.pt/>

RELLENO SANITARIO SOSTENIBLE



TIPOS DE RELLENOS



Relleno de superficie



Relleno de depresión



Superior

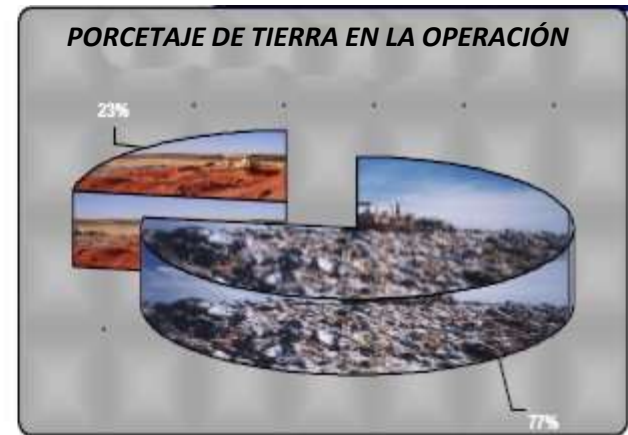


Superior



LA DISPONIBILIDAD DE SUELO

Arcilla >25%





IMPLANTACIÓN, OPERACIÓN, MONITOREO E CLAUSURA DEL RELLENOS SANITARIOS

***Forma de Destino Final Adecuado de Resíduos en el
Suelo***

Pre-Dimensionamiento para la Definición del Proyecto



- Tipos de residuos a recibir
- Generación de residuos en el municipio o en los municipios para ser servido por el relleno sanitario
 - ✓ Población a ser servida
 - ✓ Per cápita
- Volumen de residuos que serán dispuestos en relleno
- El dimensionamiento de la área: definición de área mínima
- Vida útil del relleno

Estudio de alternativas de ubicación

- la verificación de los estudios existentes de la gestión municipal y cartográfica municipal
- áreas urbanas o cercanas se descartan
- geología - agua, el suelo y las rocas
- topografía y dimensiones
- legislación ambiental - distancias que deben respetarse
- biota - supresiones y las especies en peligro de extinción
- los recursos hídricos
- distancia al centro generador - transporte - el acceso
- receptividad de la población
- legal
- consorcio

DISTANCIAS MINIMAS



Residencias



Cuerpos de agua



Nivel freático

DISTANCIAS MINIMAS



Aeropuertos e carreteras

Relleno Sanitario: actividad atractiva para las aves y puede representar riesgos de accidentes aéreos

DISTANCIAS MINIMAS



Centro Generador – Relleno Sanitario

Procesos de Elección de Áreas



- Estudios
 - Sitio de construcción
 - Movimiento de tierras y regularización de terreno
 - Drenaje de nacimiento (surgência de agua)
- Impermeabilización de base ("*Liners*")
 - Obligatorio a partir de los años 80, la incorporación de las membranas artificiales flexibles, sobre todo después de las recomendaciones de la EPA, Julio/82
 - "Prevención (a través de la membrana flexible) en lugar de minimizar (a través de sellado capa de arcilla) la migración (pluma) de lixiviado: produce mejores resultados ambientales y proporciona una mayor seguridad de que no habrá contaminación en el medio ambiente"
 - Inclinación de la base debe garantizar la libre circulación de lixiviados: Inclinación $\geq 5\%$

Restricciones y Influencias – Medio Físico



- ✓ Geología
- ✓ Geotecnia/Préstamo/Fundación
- ✓ Hidrogeología
- ✓ Geomorfología – Topografía/Relieve y Superficie Dinámica (erosión)
- ✓ Sismología
- ✓ Climatología – Balanço de agua
- ✓ Recursos de Aguas Superficial y Subterránea
- ✓ Calidad del Aire – Particulado, Olores y Ruido

Restricciones y Influencias – Medio Biótico



- ✓ Áreas protegidas y protección del medio ambiente
- ✓ Flora - Etapa inicio/medio/avanzada y supresión vegetal
- ✓ Fauna – Extinção – hábitats – espécies en peligro – avi-fauna
- ✓ Ictofauna u organismos acuáticos (Zoo/Fito-plancton y bentónico)

Restricciones y Influencias – Medio Antrópico

Directa y Indirectamente



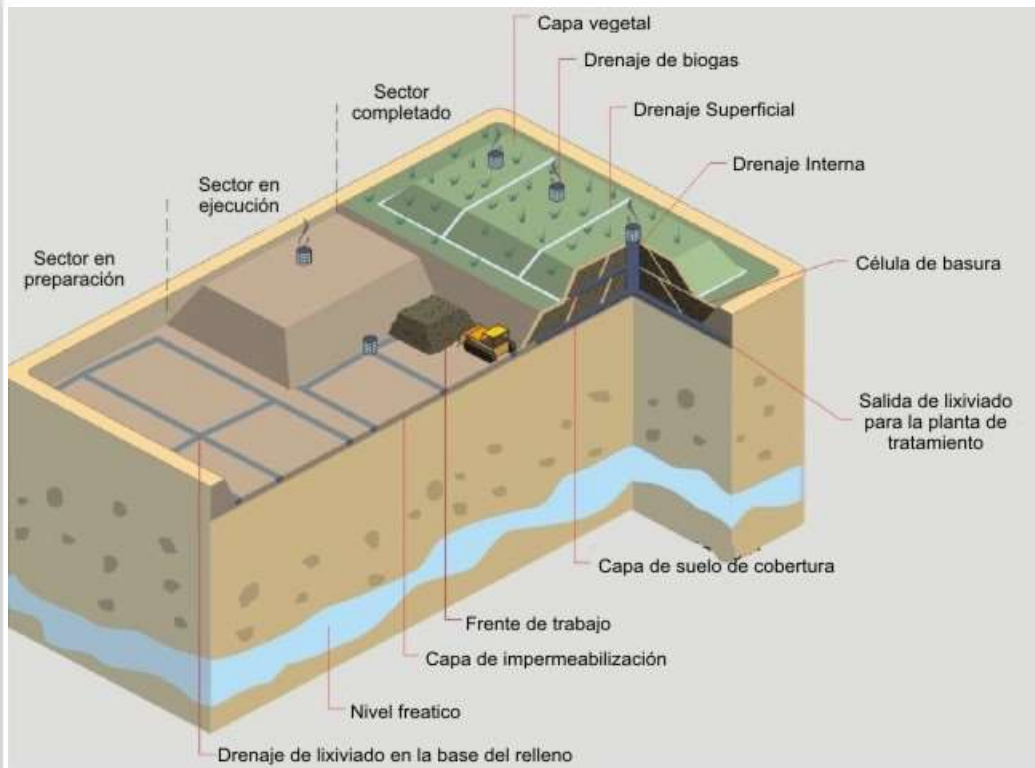
- ✓ Población que asistió - IDH
- ✓ Infraestructura local/regional y equipo/acceso/alcantarillado
- ✓ Aislamiento visual/distancias de residencias y agrupaciones
- ✓ Usos de aguas
- ✓ Capacidad técnica y financiera da la ciudad/consorcio/empresa
- ✓ Aeropuertos
- ✓ Patrimonio Histórico, Arqueológico, Artístico y Turístico
- ✓ Líneas de transmisión, red de agua y ductos, gasoductos
- ✓ Uso del suelo municipal
- ✓ Documentación de la área
- ✓ ONG (cultura y información a población)
- ✓ Alcaide x Camara - Composición política
- ✓ Concesión y licença

Concepción de las Instalaciones

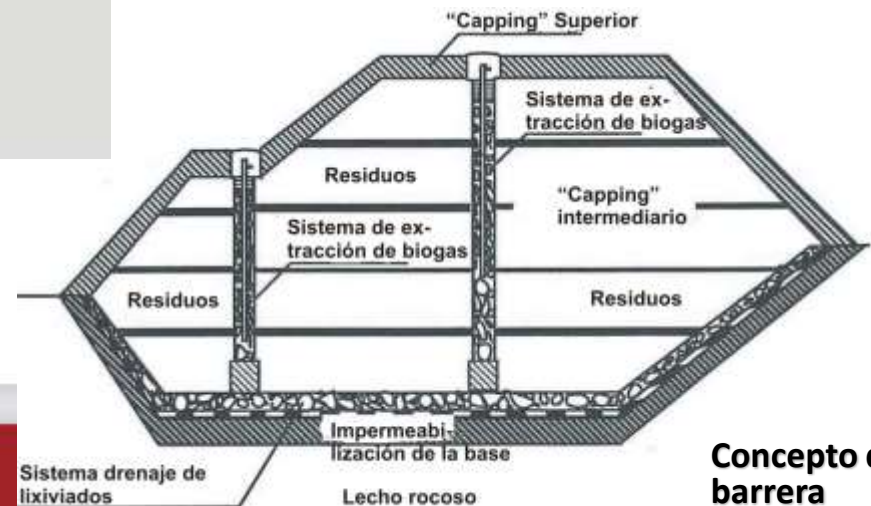


- Acceso durante toda la vida útil del relleno sanitario
- Cinturón verde
- Áreas de recepción, balanza, la administración, especiales (educación, tratamientos):
 - Portería/oficina/balanza
 - Taller de mantenimiento/depósito
 - Redes
 - ✓ Energía
 - ✓ Agua/Aseo
 - ✓ Comunicaciones
- Perímetro de los residuos en relleno
- Sistemas Sanitarios
 - Impermeabilización de base
 - Drenaje de lixiviados
 - Drenaje de fundación
 - Drenaje de célula
 - Tipología
 - Altura de celdas
 - Inclinación de rampas
 - Capas de cobertura
 - ✓ Diaria
 - ✓ Final
 - Tratamiento de lixiviado

Sección Típica de un Relleno Sanitario



Fuente: Geotech



Concepto de barrera

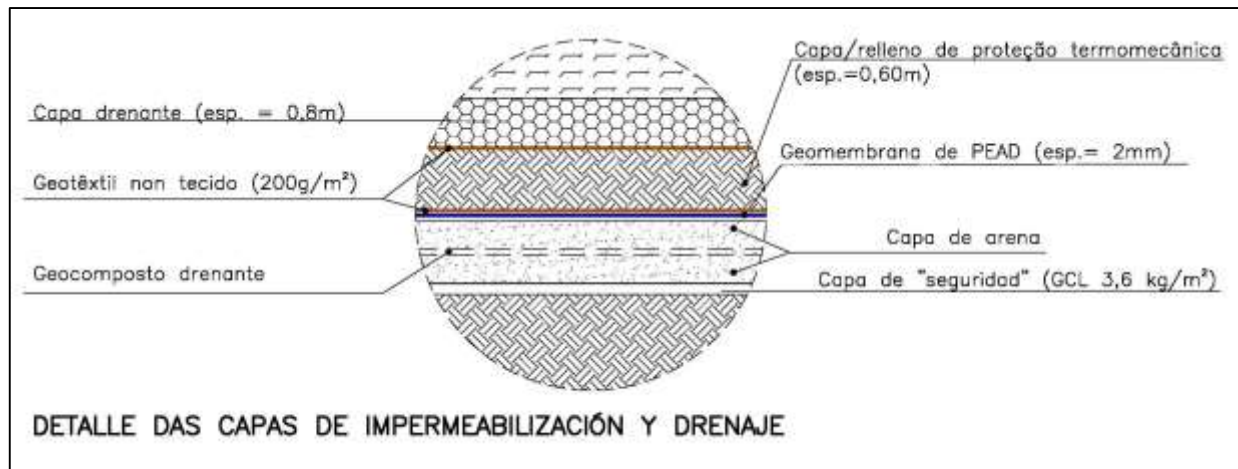
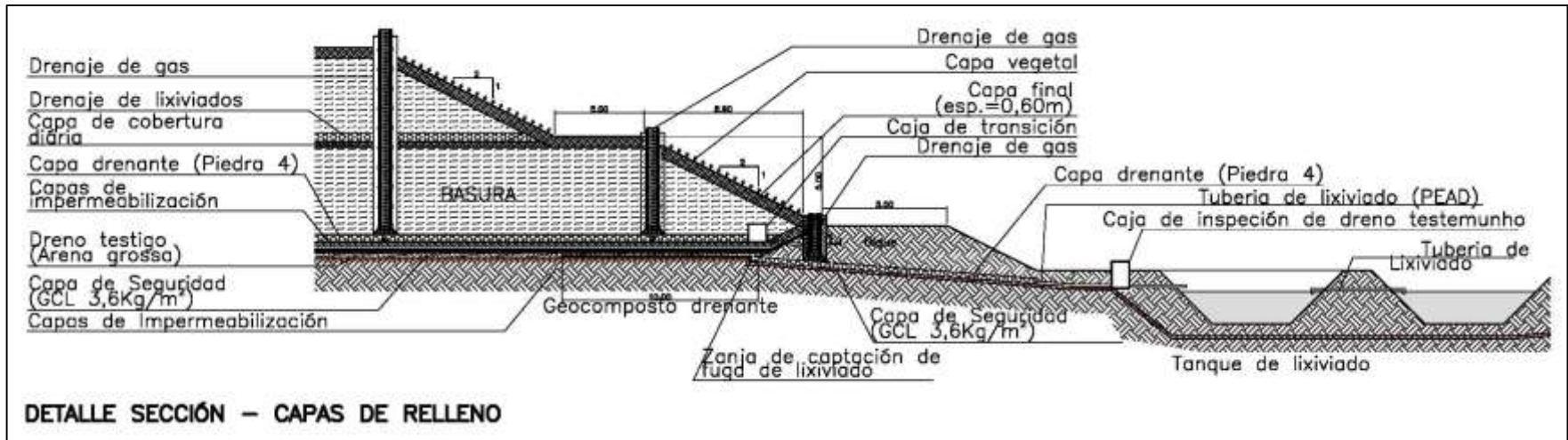
Fuente: Cossu, 1993

Fases de Implementación



- Primeros Trabajos
 - Sitio de construcción
 - Movimiento de tierras y regularización de terreno
 - Drenaje de nacimiento
- Impermeabilización de base ("*Liners*")
 - Obligatorio a partir de los años 80, la incorporación de las membranas artificiales flexibles, sobre todo después de las recomendaciones de la EPA, Julio/82
 - "Prevención (a través de la membrana flexible) en lugar de minimizar (a través de sellado capa de arcilla) la migración (pluma) de lixiviado: produce mejores resultados ambientales y proporciona una mayor seguridad de que no habrá contaminación en el medio ambiente"
 - Inclinación de la base debe garantizar la libre circulación de lixiviados: Inclinación $\geq 5\%$

Implantación Básica de un Proyecto de Relleno



Fases de Implementación



- Insumos disponibles
 - Topografía – Planialtimetría detallada
 - Perforación geotécnica, la permeabilidad de las fundaciones, pruebas de suelo
 - Equilibrio de agua
- Directrices de proyecto
 - Máximo volumen por unidad de área
 - Tanque de almacenamiento de lixiviados posteriores a la remisión a tratamiento
 - Concepción de impermeabilización para evitar la contaminación del suelo y el nivel freático
 - Drenaje de lixiviados
 - Drenaje de gas, recolección e quema
 - Concepción de capa final para minimizar la generación de lixiviados e conducir la salida de biogas
 - Préstamo áreas, almacenamiento de suelos e ejecución por fases
 - Acceso a las capas más altas.

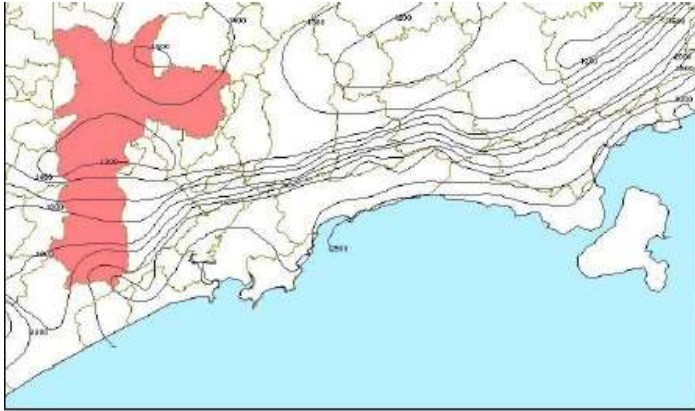
Fases de Implementación (2)



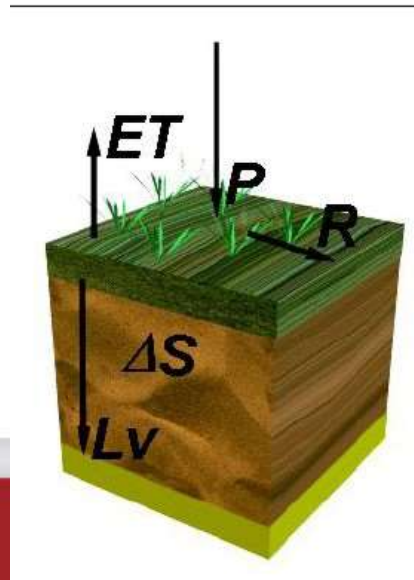
- Drenaje Superficial
 - Sistemas con canales de agua con materiales deformables, cajas de disipación de energía y retención de sólidos
- Extracción de gas, quema controlada y/o generación de energía
 - Especificaciones de materiales y inspección de implementación y operación
- Monitoreo geotécnico y ambiental
- Plan de contingencia
- Plan de cierre

Drenaje Superficial

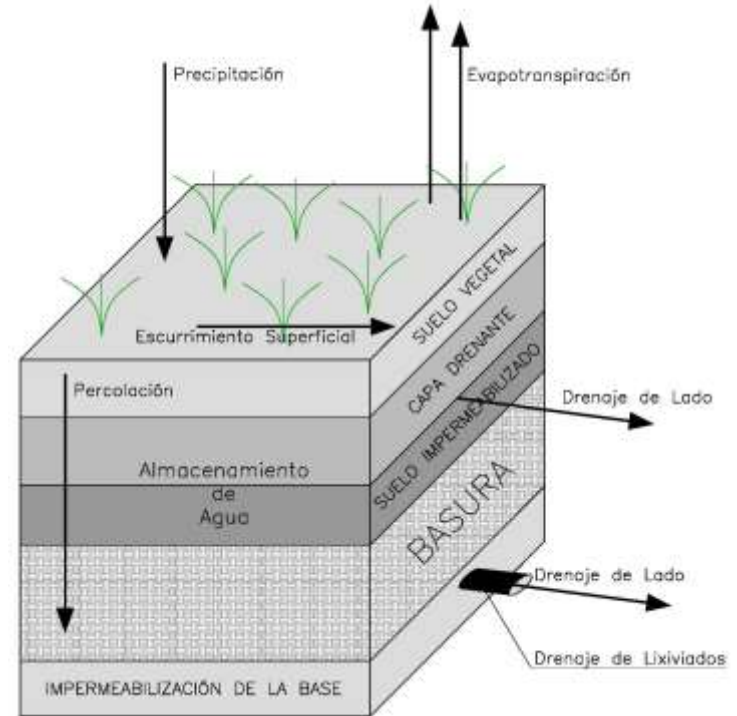
- Cantidad de lluvia



- Vientos
- Temperatura
- La humedad del aire



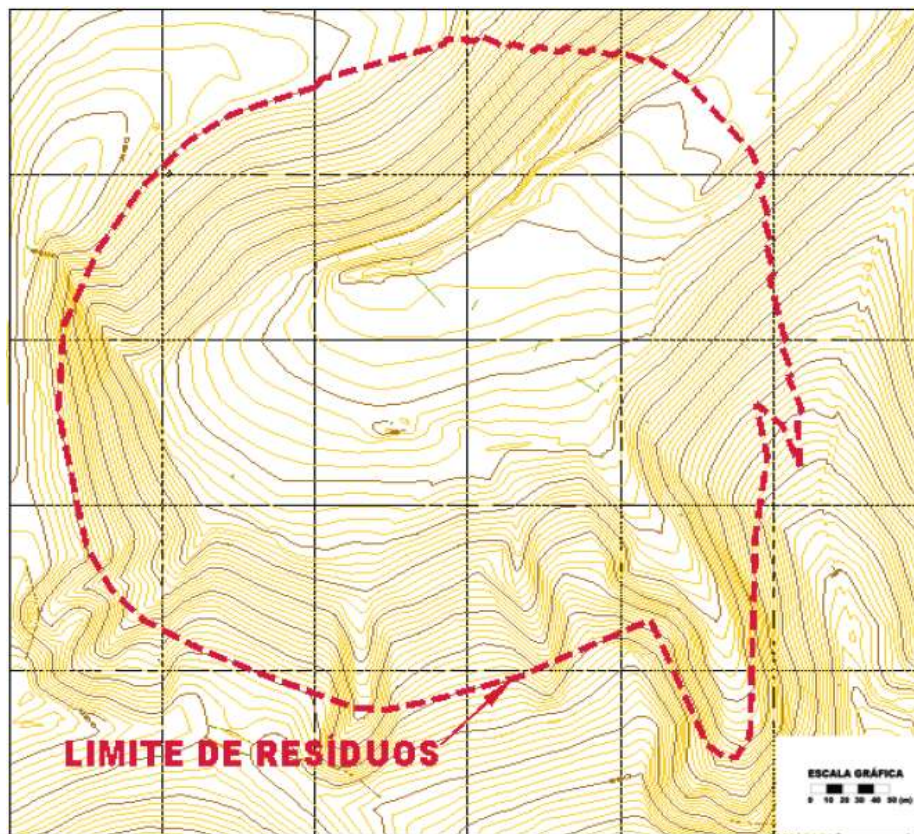
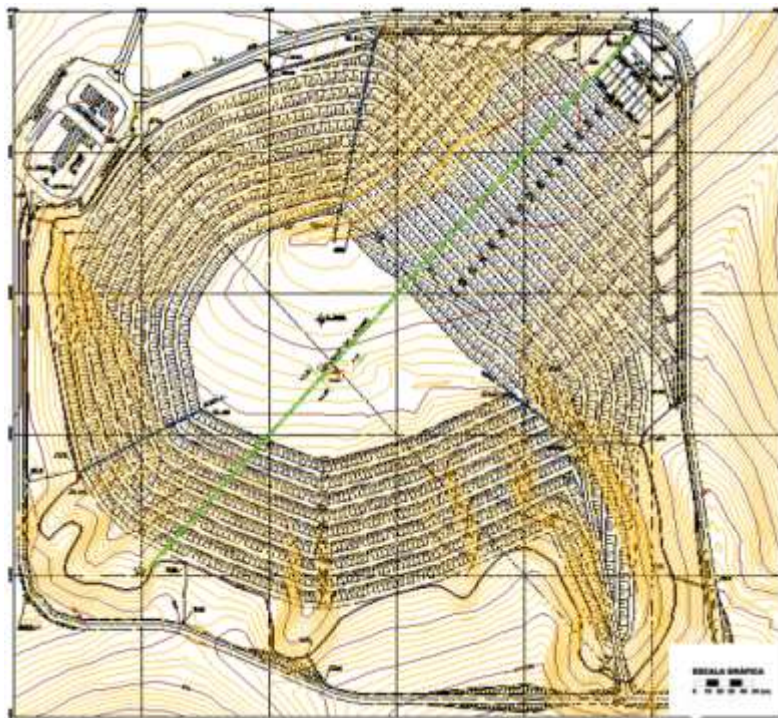
- Balance hídrico



Modelado del Relleno

- ✓ Sistema de cubierta
- ✓ Sistema de impermeabilización
- ✓ Sistema de drenaje de lixiviados

Área de Influencia



Balance Hidrico – Calcular el Volumen de Lixiviados



$$Pr = P - Rs - ET - \Delta Sw$$

Pr = cantidad de lixiviado

P = precipitación

Rs = escurrimiento superficial

ET = evapotranspiración

ΔSw = variación de almacenamiento de agua en el suelo/residuos

METODO SWISS

Q = caudal medio (l/s)

P = precipitación media anual (mm)

A = area del relleno (m²) – limite de residuos

T = numero de segundos en 1 año

K = coeficiente del grado de compactación de la basura

$$Q = \left(\frac{1}{t}\right) \cdot P \cdot A \cdot K$$

Peso Específico de los Residuos (t/m ³)	Coeficiente K
0,4 a 0,7	0,25 a 0,5
> 0,7	0,15 a 0,25



***GEOSINTÉTICOS: APLICACIONES EN
BARRERAS IMPERMEABLES DE BASE***

Impermeabilización de base



Beneficios



- Productos manufacturados
- Bajo Costo
- Facilidad y rapidez de ejecución
- Excelente rendimiento técnico
- Productos pricipales
 - Geotextil
 - Geomalla
 - Barreras Geosintéticas Poliméricas (Geomembranas)
 - Geored
 - Geomantas
 - Geocélulas



Aplicación de Geosintéticos en Protección Ambiental



- **Barreras Geosintéticas:**
 - Prevenir la migración de humedad y vapores
 - Reserva de agua y aguas residuales
 - Contención de los más variados residuos tales como residuos urbanos y residuos industriales
 - Remediación de sitios contaminados
- **Materiales utilizados:**
 - Tradicionalmente: suelo compactado, concreto, asfalto y manta impregnada con diferentes sustancias
- **Adviento de Geosintéticos: nuevos materiales**
 - Geosintéticos con función de barrera:
 - Barrera Geosintética Polimérica: Geomembranas
 - Barrera Geosintética de Arcilla: GCL



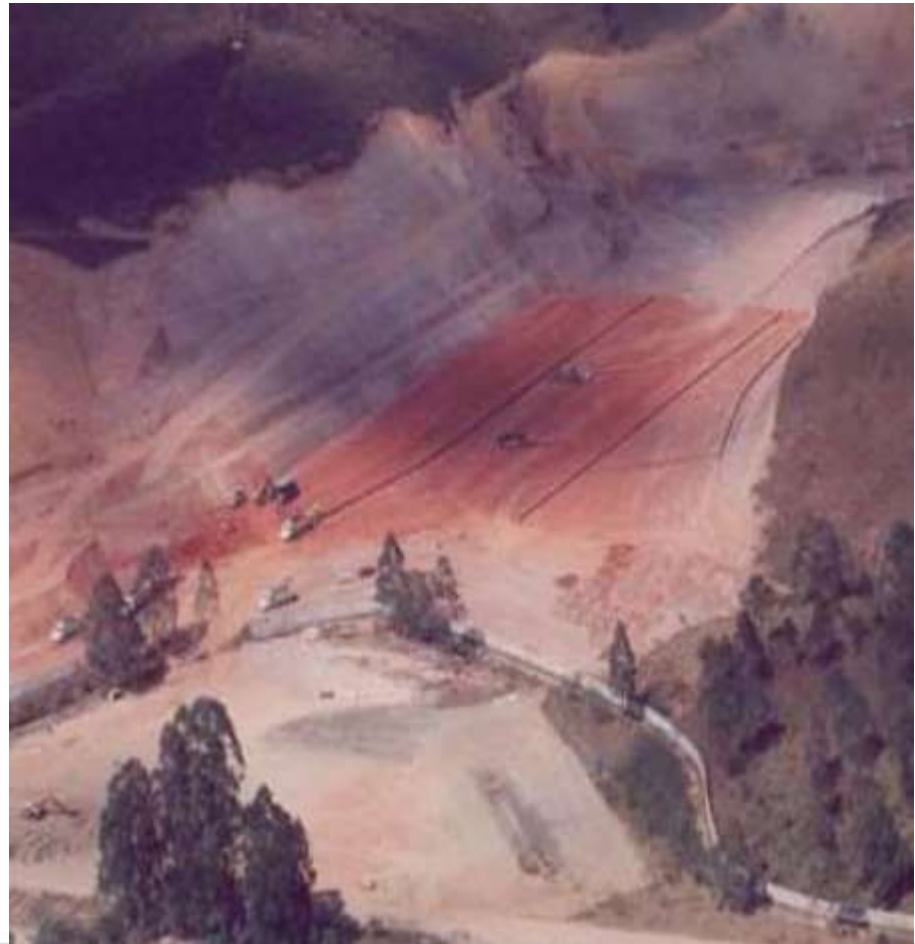
Excavación y Drenaje de Fundación



Drenaje de Sub-Base



Excavación de la tierra

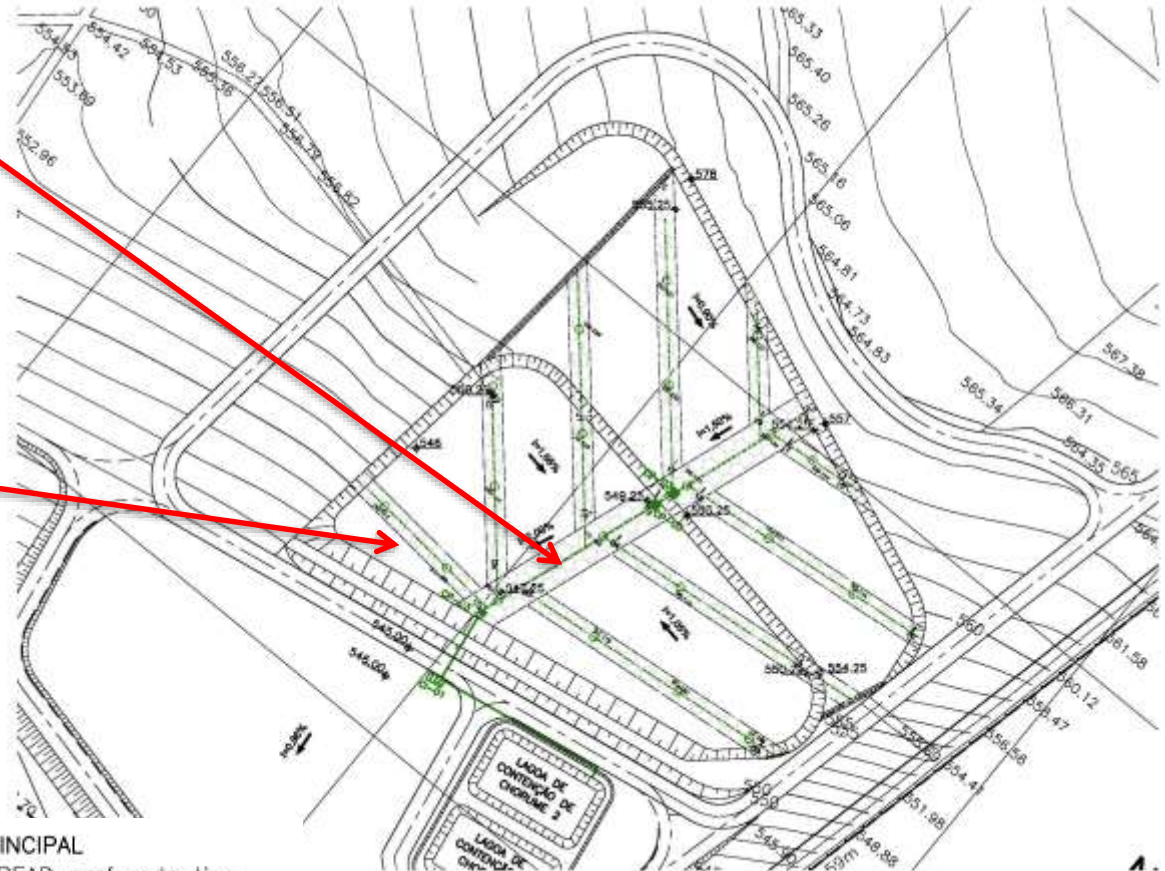


Drenaje de Lixiviados de Base



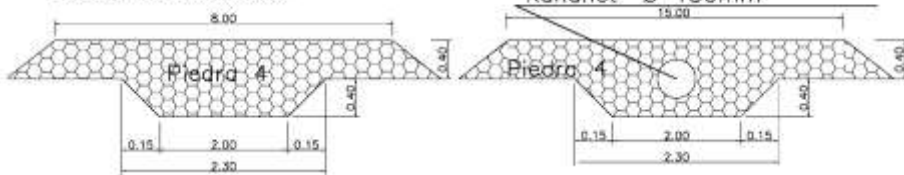
Dreno Principal

Dreno Secundário



DRENO PRINCIPAL
Tubo de PEAD perfurado tipo "Kanonet" Ø 150mm

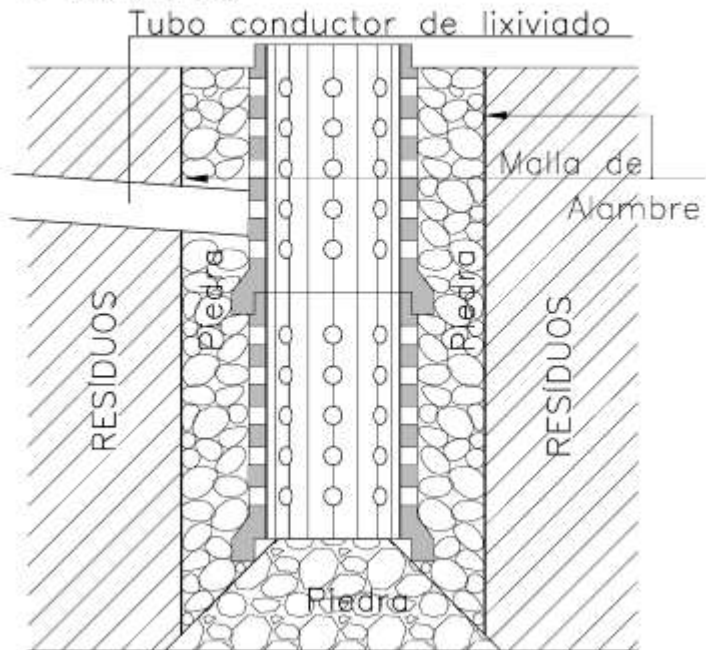
DRENO SECUNDÁRIO



Drenaje de Gás e Lixiviados



DRENAJE VERTICAL DE GAS E LIXIVIADOS

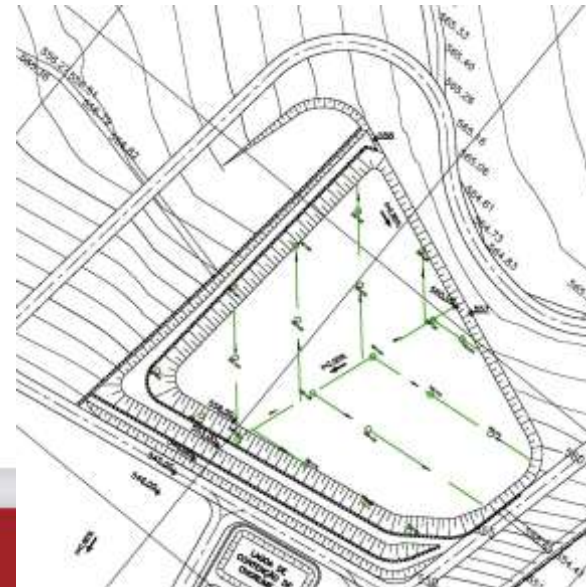


Confinamiento de Residuos y Drenaje de Lixiviados de Celda



Densidad Normal = 0,7 a 0,9 ton/m³

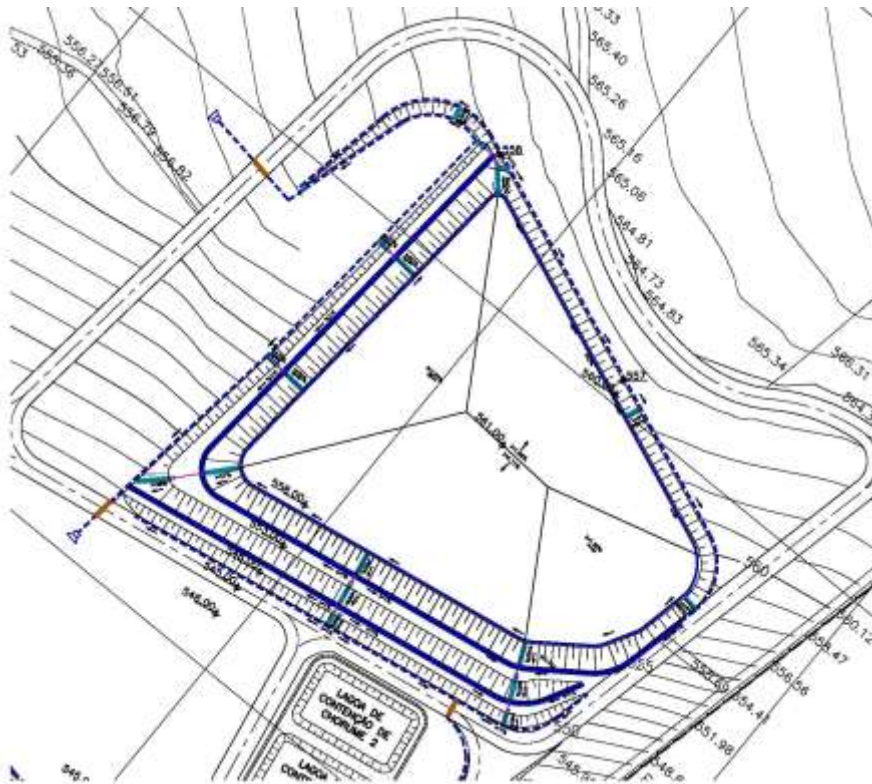
DRENAJE DE CELULA DE LIXIVIADOS



DRENO DE CÉLULA



Drenaje Superficial



CANAL DE BERMA



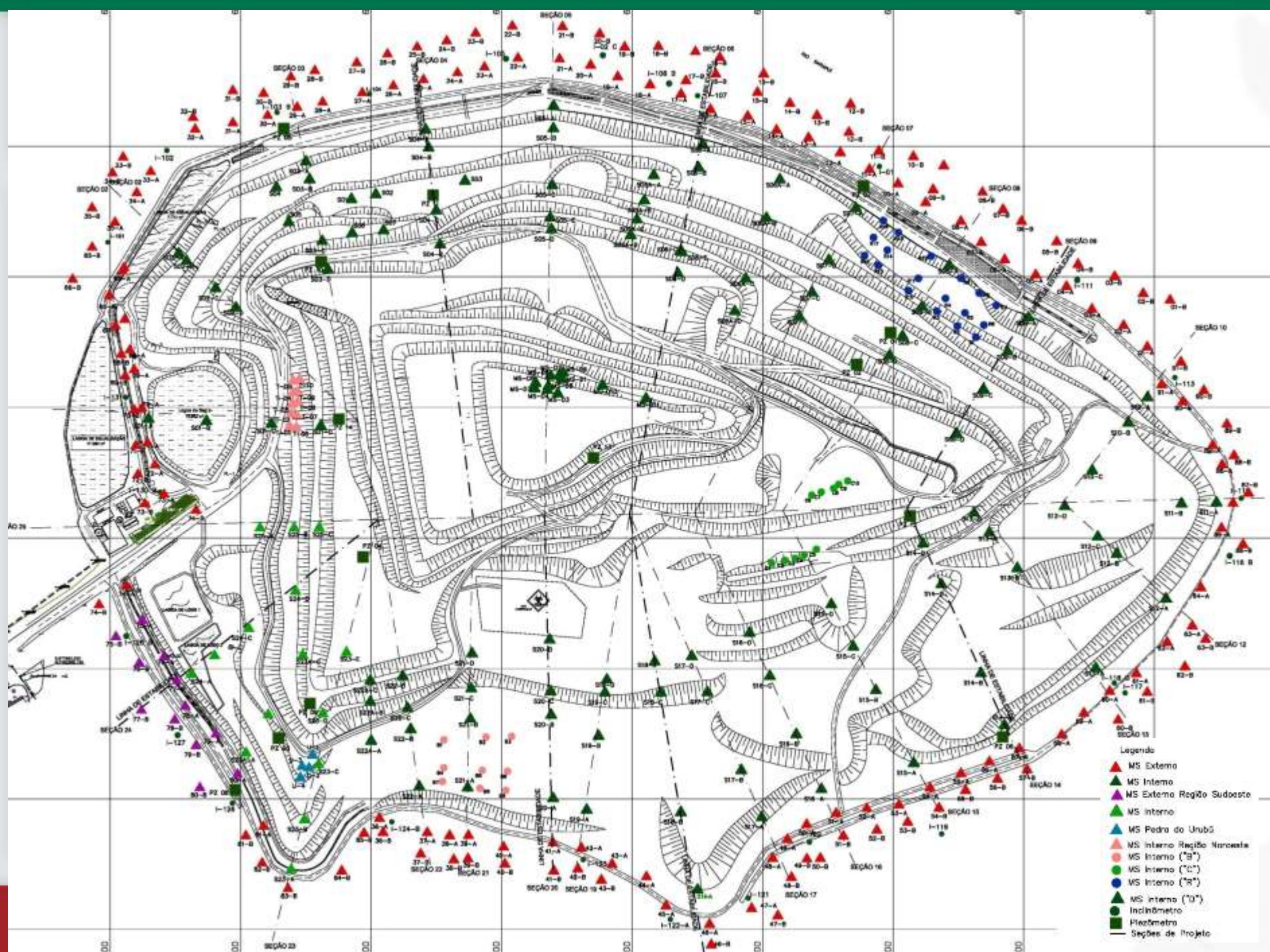
DESCIDA D'AGUA



- Efluentes
 - Gaseosos
 - Líquidos

- Instrumentación
 - Lisímetros
 - Sondas
 - Pozos
 - Sondas eléctricas
 - Sensores térmicos

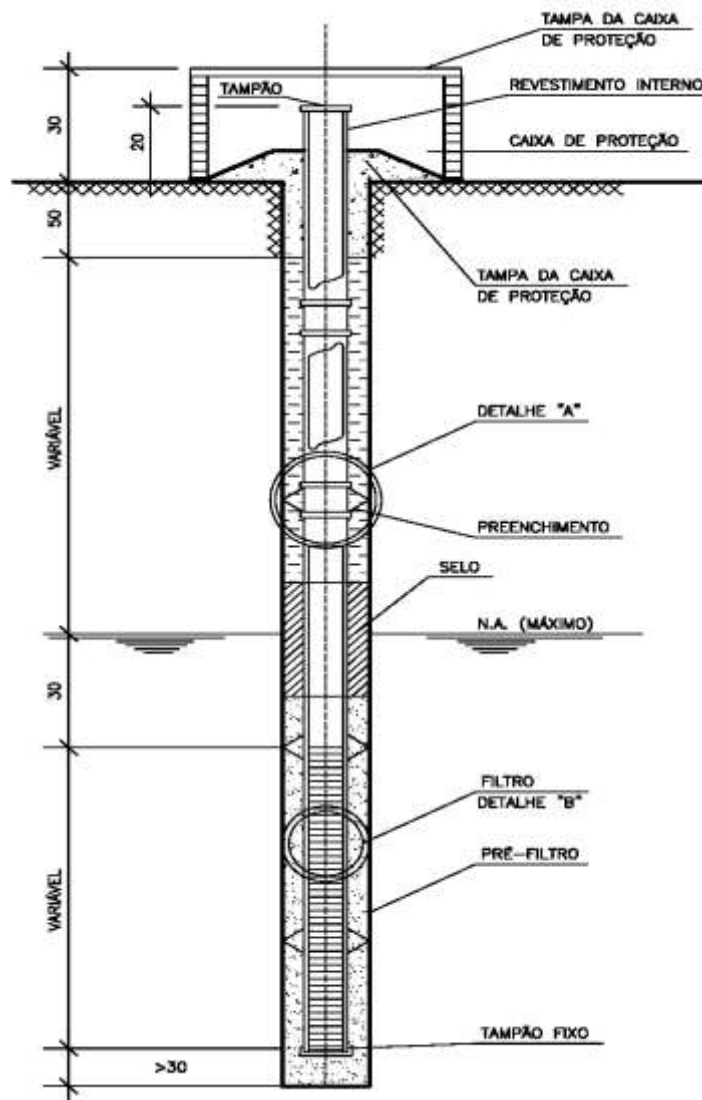
- Desplazamientos
 - Verticales
 - Horizontales
- Presiones neutras
- Estabilidad de taludes
- Instrumentación
 - Puntos de referencia
 - Piezómetros



INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA



POZO DE MONITOREO



Objetivos Principales:

- Evaluación de las condiciones de estabilidad geotécnica del macizo
- Evaluación de las posibilidades de integración vertical de las disposiciones de desecho
- Seguridad y Economía

Peculiaridades:

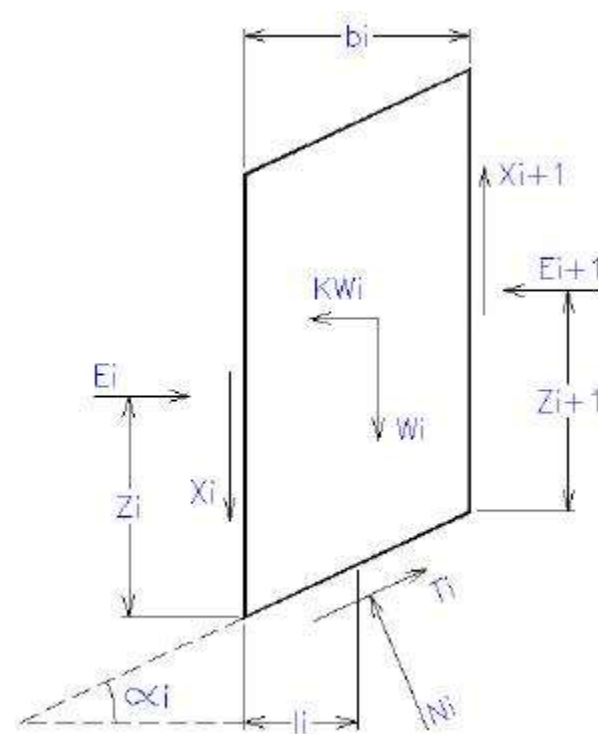
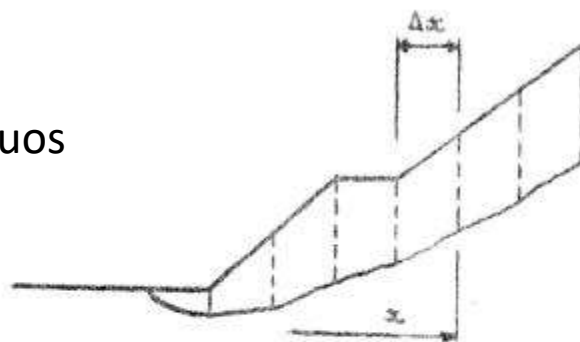
- La variabilidad de los RSU
- Descomposición Física, química y biológica de bajo la influencia de las condiciones climáticas

- Evaluación de los factores de seguridad:
 - Factor de seguridad: relación de la fuerza máxima disponible y la resistencia movilizada
 - En Brasil:
 - ABNT/NBR 11.682/2009
 - Considerando alto nivel de seguridad frente a los daños a las vidas humanas, materiales y daños al medio ambiente
 - $FS \geq 1,5$

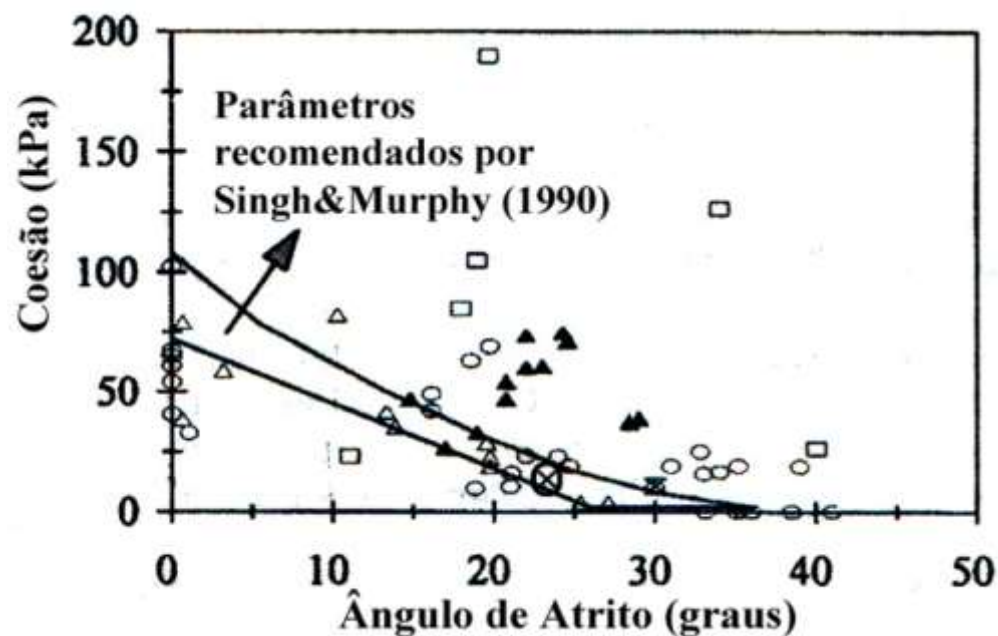
Método do Equilibrio Limite - Lamelas

Factores de intervención:

- Resistencia de los residuos
- Presiones de poro
- Densidad
- Geometría
- Tiempo y Temperatura



RESISTENCIA DE LOS RSU

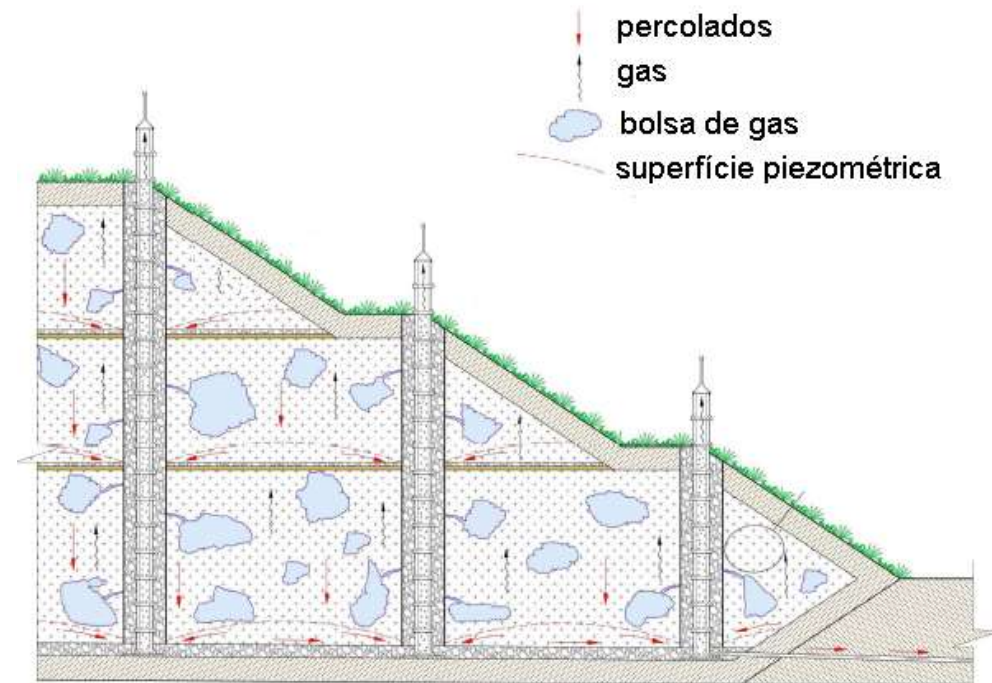


- △ Retroanálise (1)
- Ensaio Laboratório (1)
- Köing & Jessberger, 1997 (2)
- ▲ AS Bandeirantes (2)
- ⊗ Retroanálise AS Bandeirantes Benvenuto & Cunha, 1991
- ⊠ Grisolia et al, 1995 (2)

(1) Dados compilados por Singh & Murphy (1990), Gabr & Valero (1995) e Köing & Jessberger (1997)

(2) Ensaios triaxiais, 20% de deformação

- Presiones de Poro:
 - Presiones de percolados / fluidos
 - La compresión de los vacíos
 - Generación de Gas



Fuente: Geotech

Fases y Etapas do Proyecto -Ampliación



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1 – Impermeabilización con el suelo y HDPE geomembrana



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1

Capa de Protección



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1

Drenaje de lixiviados y biogás



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1

Principio de la Primera Capa



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1



Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2

Excavaciones



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2 - Etapa 2

Impermeabilización y HDPE geomembrana



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2 – Protección, Drenaje de Lixiviados e Biogás



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2

Primera Capa



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2



Fases y Etapas do Proyecto – Fase 2





RECUPERACIÓN DE VERTEDERO

MEDIDAS INMEDIATAS



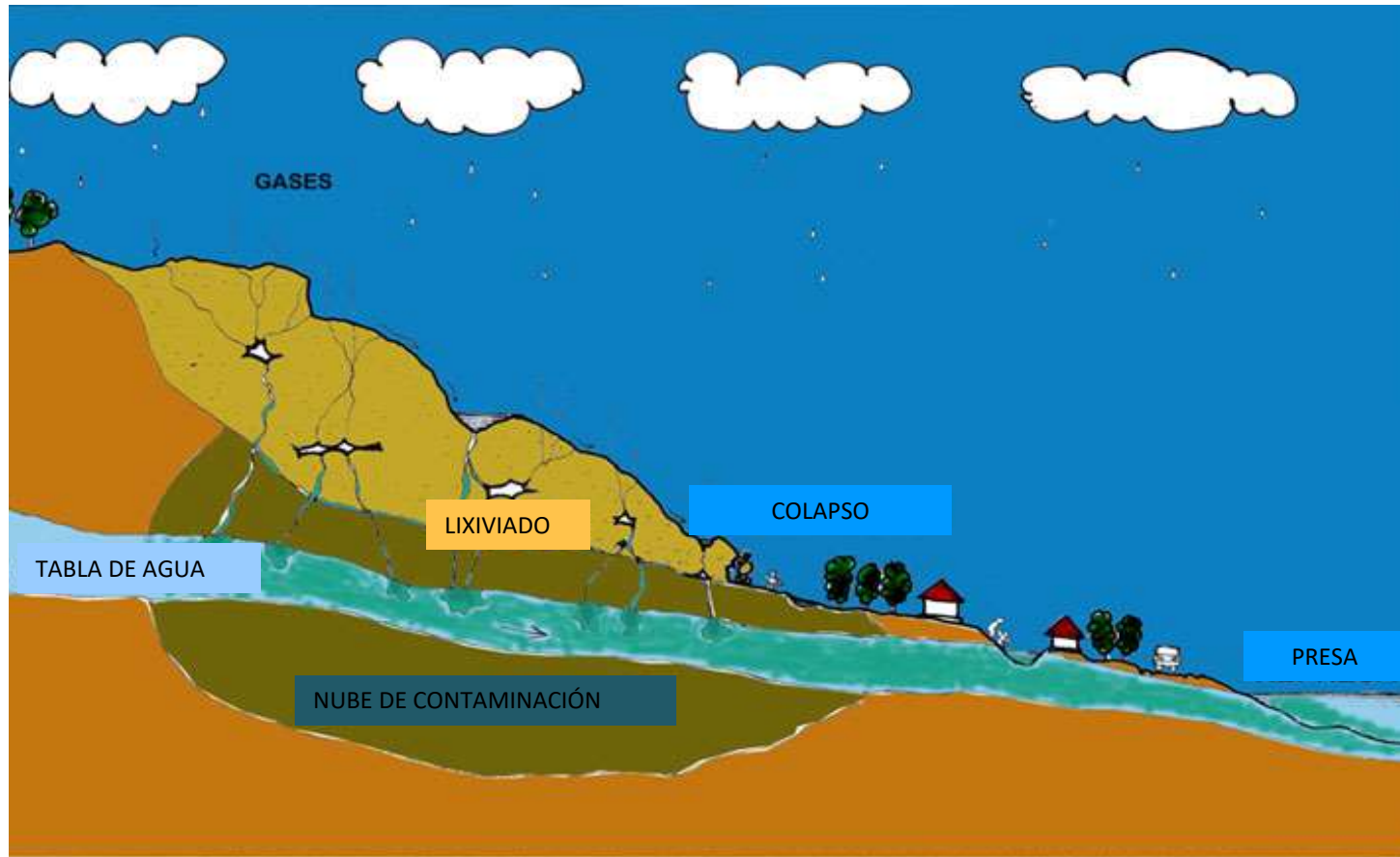
- Orientación a la población a no utilizar el agua de pozos poco profundos;
- Suspensión de actividades y registro de recicladores;
- Actualización de la topografía;
- Vigilancia de la zona; y
- El cierre de la zona.

PRINCIPALES ACCIONES A REALIZARSE EN LA ZONA DEGRADADA

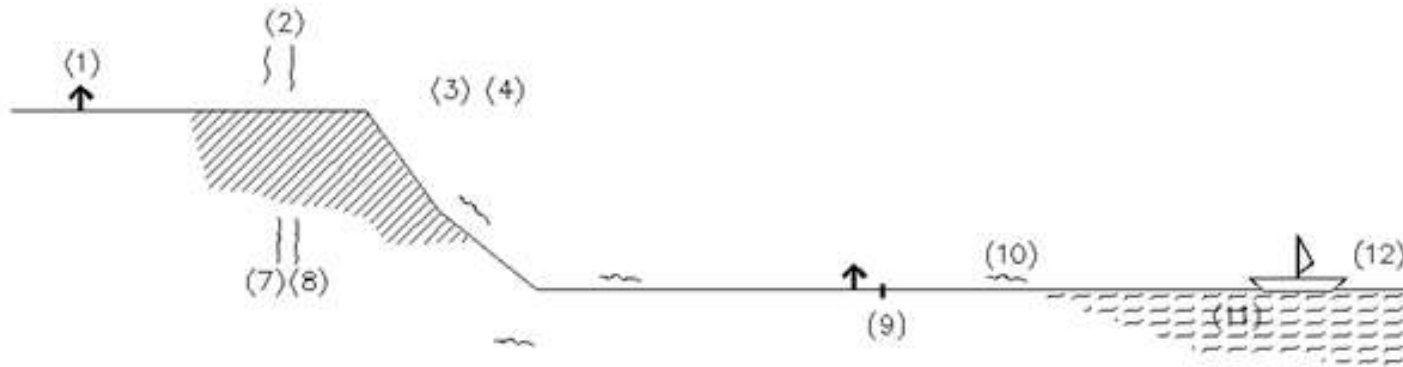


- Corregir a través de la contención de la basura;
- Drenar efluentes contaminados: lixiviados y gas;
- Garantizar la seguridad y estabilidad del macizo;
- Depuración de las aguas subterráneas contaminadas;
- Reintegrar el paisaje de la región; y
- Promover la calidad del medio ambiente.

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL



CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA



- (1) Residencias cerca de depósito de residuos/directa contaminación;
- (2) La generación de gases, humos y olores;
- (3) La presencia de macro y micro-vectores (aves necrófagas, roedores e insectos);
- (4) Aspecto agresivo y resultado estético a los residentes y usuarios de la carretera;
- (5) Erosión superficial/riesgo de deslizamiento;
- (6) La contaminación del agua de lluvia al contacto con la basura.
- (7) La contaminación del suelo;
- (8) La contaminación de las aguas subterráneas;
- (9) Uso de agua contaminada para consumo humano, animales, riego y otros usos;
- (10) La contaminación de las masas de agua superficial;
- (11) Contaminación de sedimentos profundos;
- (12) Contaminación de diversos organismos acuáticos.

POSIBILIDADES Y LÍMITES DE UTILIZACIÓN DE LA ZONA



- Uso generalizado
 - Parque público
 - Centro Deportivo
- Uso restringido
 - Puesto de investigación para la remediación ambiental y la reintegración de vertederos,
 - Centro de referencia en el reciclaje, tecnología de recuperación y educación ambiental
- Recuperación para utilizar módulos de vivienda para fines sociales
- Limitar el acceso de público: evitar equipos de recolección e impacto por el pisoteo
- Mejoras asociadas
- Controlar el acceso a la zona: limitar la atracción a la ocupación ilegal

EJEMPLO DE ÁREA DEGRADADA Y SU RECUPERACIÓN



SOLVAY – Santo André /SP

ANTES DE



DESPUÉS DE





VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS EN BRAZIL

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS EN BRASIL



- En Brasil hay distintos proyectos de extracción y explotación de biogás, que permiten su utilización o comercio.
- Las plantas termoeléctricas del Relleno Sanitario Bandeirantes y São João, producen energía para el Grupo Unibanco y también se transfiere a la red pública.
- El Relleno de Gramacho tiene una unidad de extracción de biogás para comercialización a una planta de refino de Petrobras.

RELLENO SANITARIO BANDEIRANTES



Concepción:

- *Municipio de São Paulo, Rodovia dos Bandeirantes km 26;*
- *Inició su operaciones en 1979: 8.000ton/dia;*
- *~1/4 de los residuos totales de São Paulo = 30.000.000ton depositados;*
- *~100 ha;*
- *Altura 30m a 300m.*

Sistemas de Control Ambientales

- *Parte inferior sellado;*
- *Sistema de drenaje superficial;*
- *Sistema de drenaje de gas;*
- *Sistema de drenaje y eliminación de lixiviado.*
- *Lixiviados: tratamiento en SABESP.*
- *5 área de vertedero:*
 - ✓ *AS-1 e AS-2: zonas más antiguas de vertedero y están agotadas;*
 - ✓ *AS-3 y AS-4: más recientes y también están agotadas;*
 - ✓ *AS-5: completada en 2007, la mayor parte de la red de captura de biogás*



LA TERMOELECTRICA

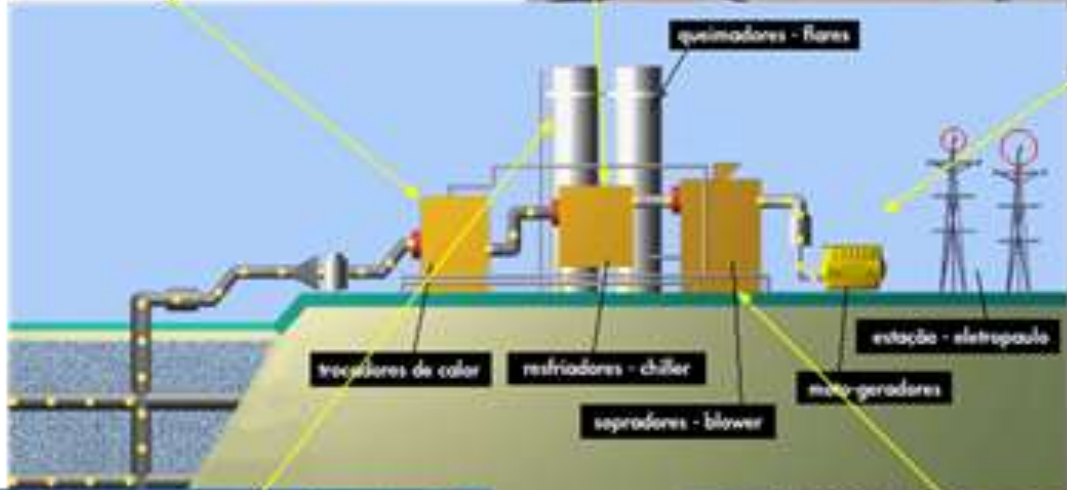


Planta da Usina de Biogás

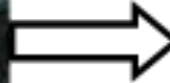
LA TERMOELECTRICA



- *Principal objetivo de la supervisión de los gases de vertedero, un proyecto de explotación de biogás para la generación de energía, es garantizar que el gas que alimentará la motogeneradores trata de planta central en un mínimo aceptable de calidad y cantidad para el correcto funcionamiento del sistema en su conjunto.*
- *El Bandeirantes (termoeléctrico) UTE fue desplegado por el consorcio ambiental de la energía de biogás, formado por los Arcadis Logos, A. S. Heleno & Fonseca Construtécnica, la Builder y la operadora de los vertederos Bandeirantes y el holandés Van Der Wiel.*
- *Hay U\$17 millones en inversión.*
- *20 MW de potencia eléctrica instalada.*
- *24 grupos de generadores de funcionamiento a plena carga.*
- *Producir 170 mil MW/hora/año, suficiente energía para alimentar una ciudad de 300 mil habitantes durante 15 años.*
- *El proyecto evita las emisiones de aproximadamente de 16,1 millones de toneladas de carbono .*
- *Capacidad para capturar 18 mil³ /m de metano de biogás por lo menos 50%.*
- *12 mil³x m/hora se consumen para generar energía y cumplir el contrato oferta cerrada con Banco Unibanco.*
- *Cuando llega su captura de gas de plena capacidad, la planta tendrá el equivalente de un millón de créditos de carbono por año.*



SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE BIOGÁS



3



4

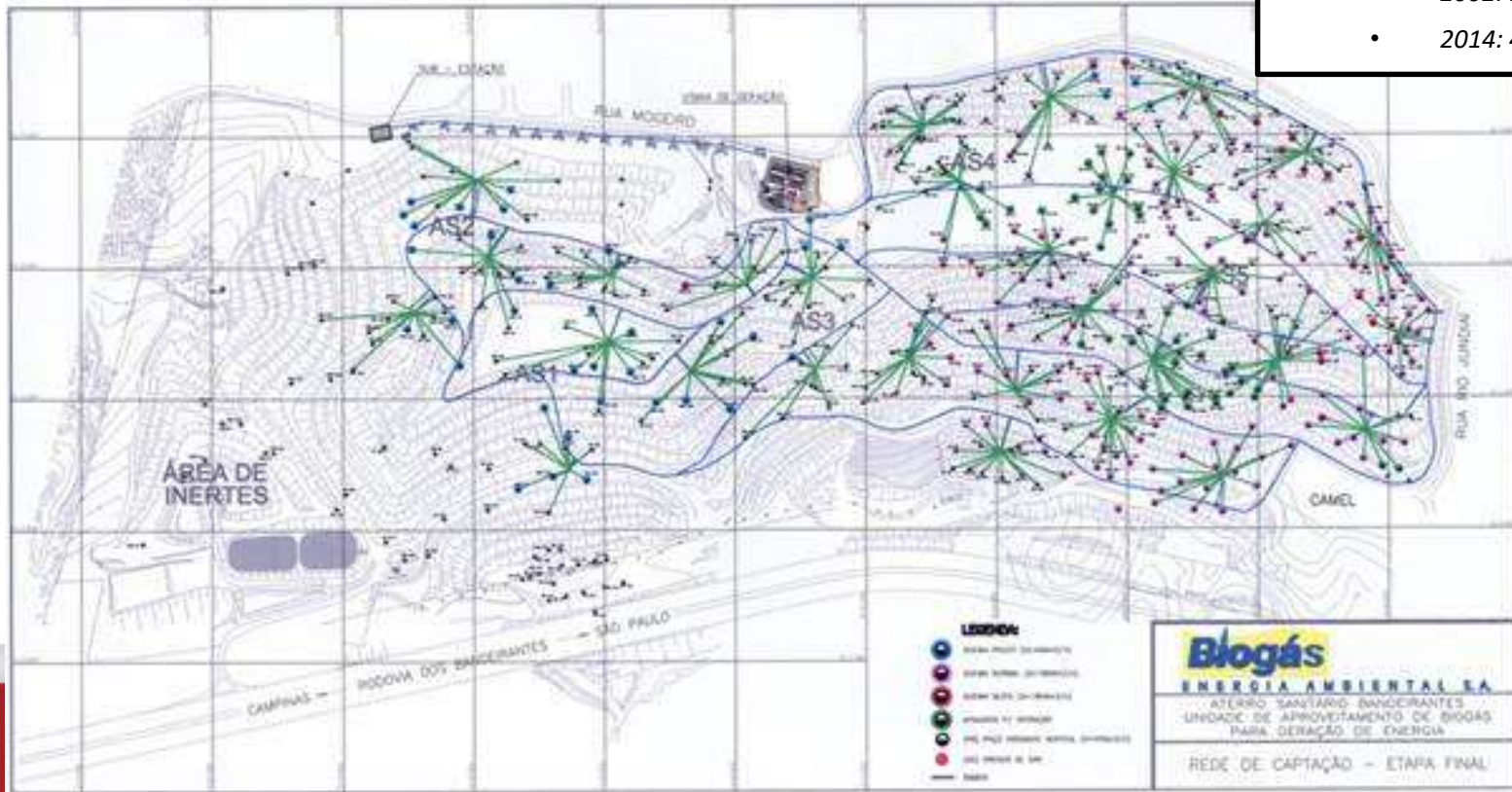


EXPLORAÇÃO DE BIOGÁS - BANDEIRANTES

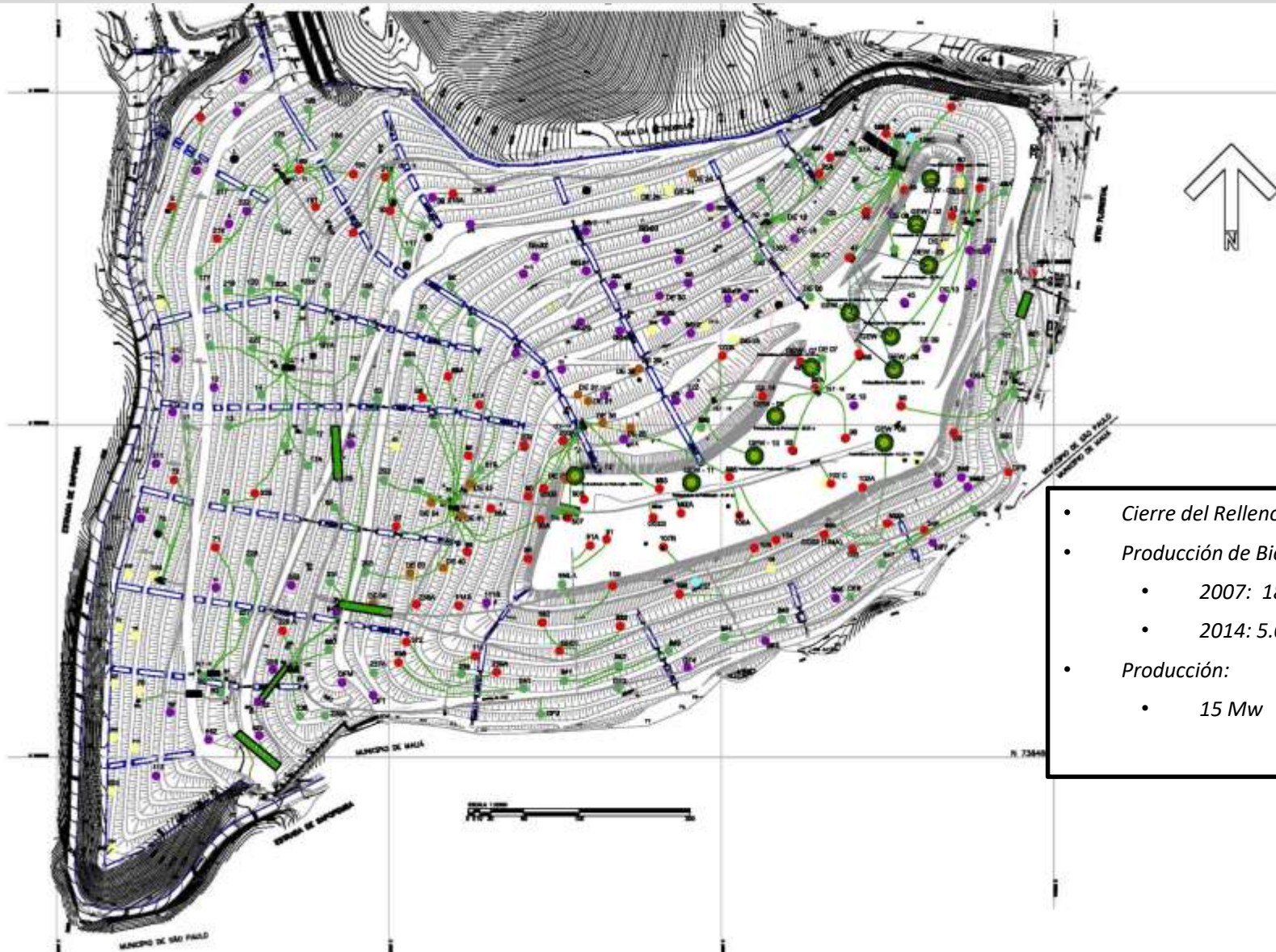


- 20 km de tuberia secundaria (pozo: selector)
- 20 km de tuberia principal (coleccionistas: centrales)
- 280 pozos en operacion
- Formando una red que cubre casi la totalidad de lo vertedor

- Cierre del Relleno: 2001
- Producción de Biogás:
 - 2002: 8.500 Nm³/h
 - 2014: 4.000 Nm³/h
- Capac. De Generación:
 - 2002: 10Mw
 - 2014: 4Mw



EXPLORACIÓN DE BIOGÁS – SÃO JOÃO



- Cierre del Relleno: 2007
- Producción de Biogás:
 - 2007: 18.000 Nm³/h
 - 2014: 5.000 Nm³/h
- Producción:
 - 15 Mw

ESTUDIO DE BIOGÁS DE VERTEDERO DE EMISIONES FUGITIVAS EM BANDEIRANTES



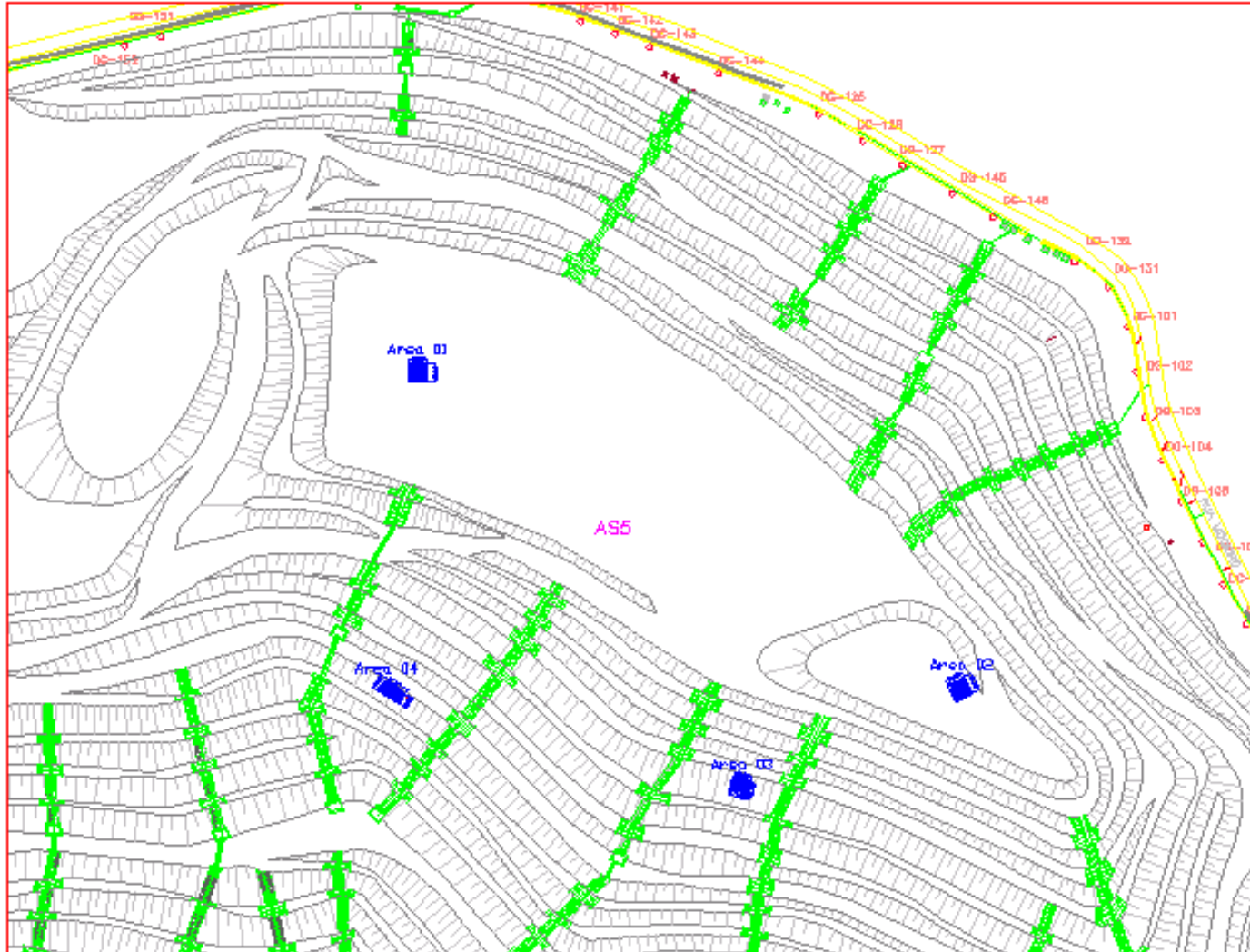
Objetivo

Para evaluar la fuga de biogás por superficie de vertedero de Bandeirantes, tanto por las laderas y la meseta, fueron escogidos al azar, cuatro áreas distintas, donde se instalaron las lonas de polietileno.

Características de las Zonas:

- Zona 1
 - Dimensiones: $10\text{m} \times 10\text{m} = 100\text{m}^2$;
 - Promedio del espesor de cobertura: 27 cm;
 - Área en la meseta;
 - Presencia de fisuras.
- Zona 2
 - Dimensiones: $10\text{m} \times 10\text{m} = 100\text{m}^2$;
 - Promedio del espesor de cobertura: 48 cm;
 - Área en la meseta;
 - Poca presencia de fisuras.
- Zona 3
 - Dimensiones: $10\text{m} \times 10\text{m} = 100\text{m}^2$;
 - Promedio del espesor de cobertura: 40cm;
 - Área de pendiente;
 - Presencia de fisuras;
 - Signos aguas abajo;
 - Cubrir muertos.
- Zona 4
 - Dimensiones: $11\text{m} \times 6\text{m} = 100\text{m}^2$;
 - Promedio del espesor de cobertura: 46 cm;
 - Área de pendiente;
 - Poca presencia de fisuras;
 - Signos aguas abajo;
 - Cubrir muertos.

LA UBICACIÓN DE LAS ZONAS



METODOLOGÍA



Zona 1



Zona 2



Zona 3



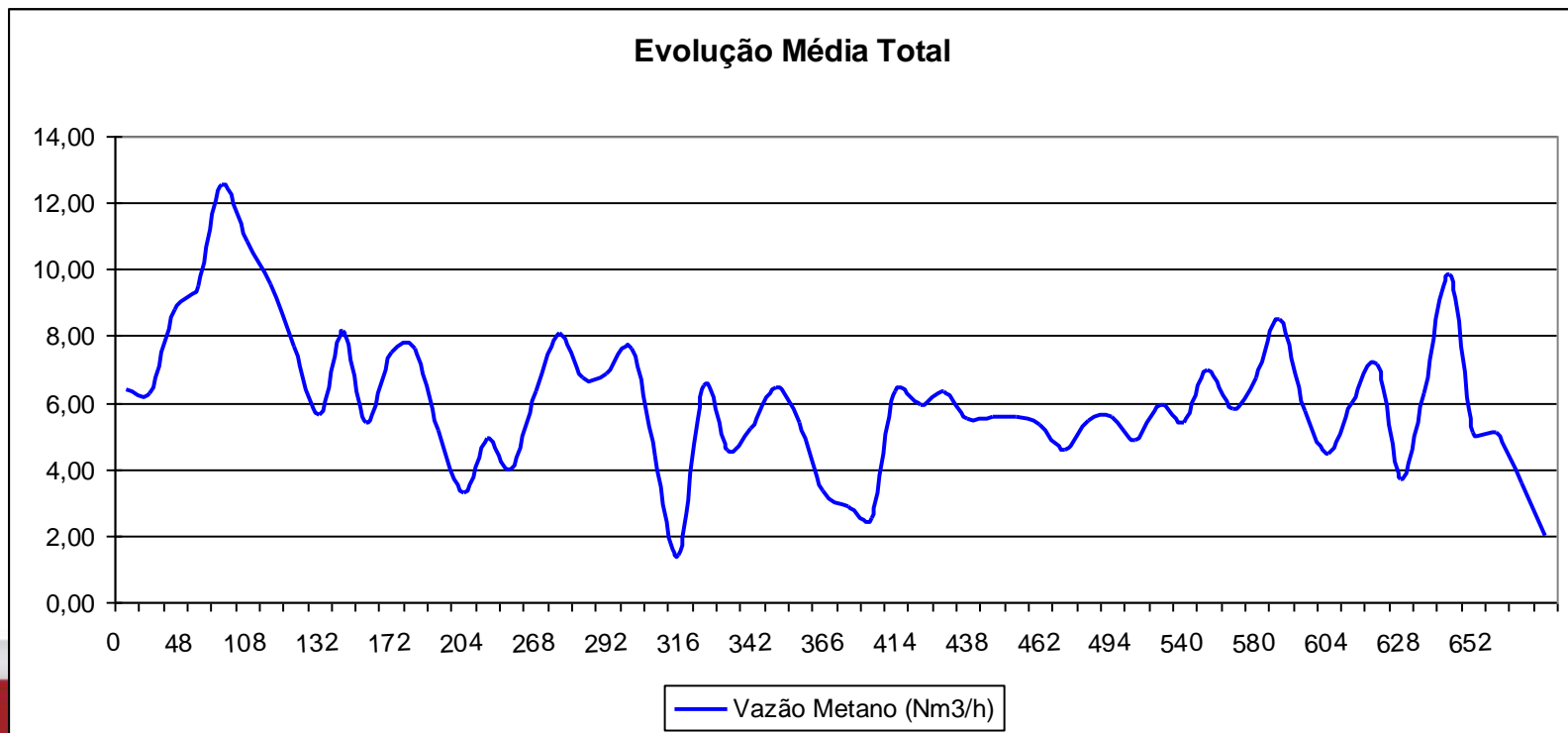
Zona 4

RESULTADOS



Las mediciones se realizaron en un período de 30 (treinta) días en 2006, con la excepción de la zona 2, que, debido a la promoción de la eliminación de los residuos, estaba fuera de 7 (siete) días antes. Fueron capturados los niveles de metano (CH₄), oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂).

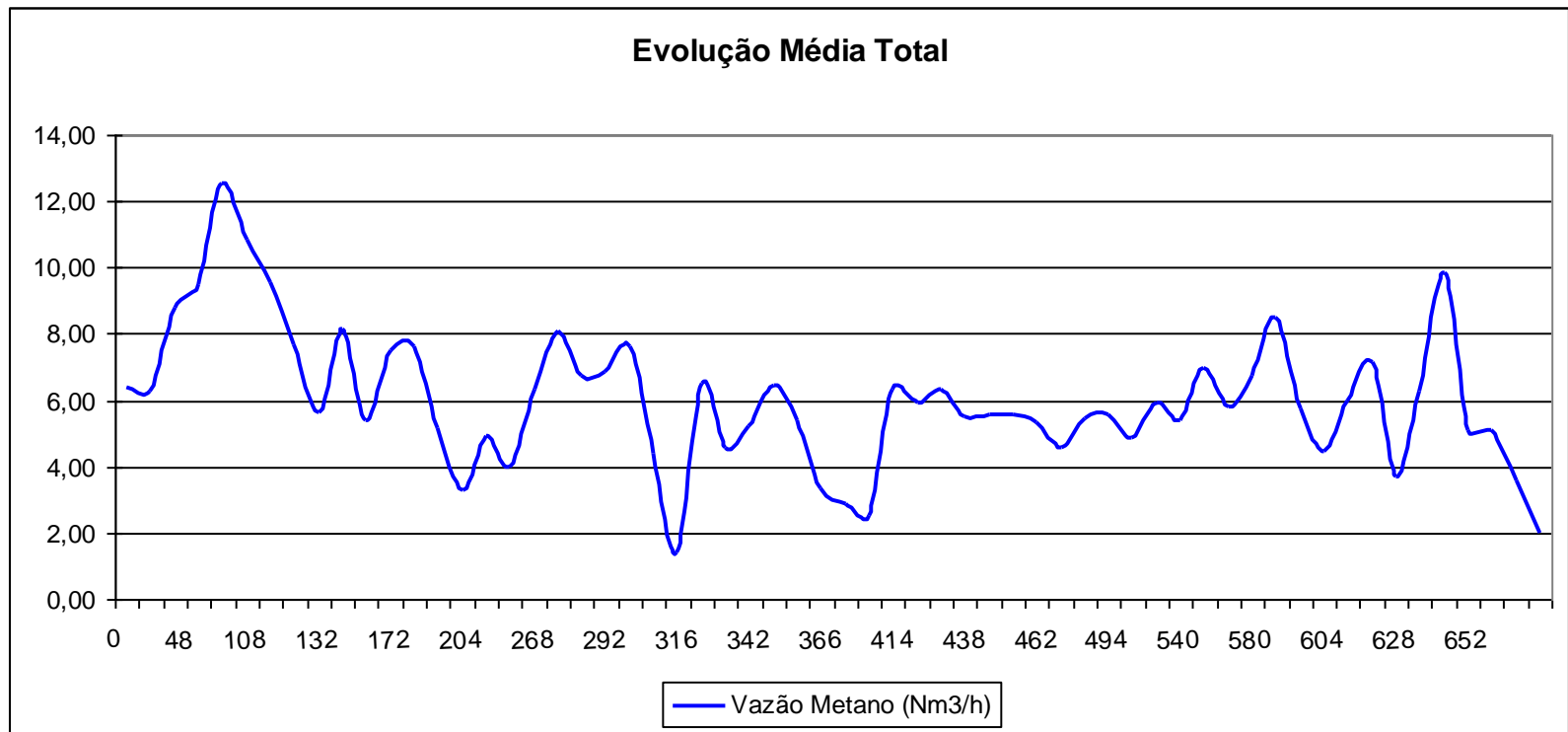
Caudal de metano = 6,01Nm³/h y 0,061Nm³/h.m²o 1,464N.m³/día m²

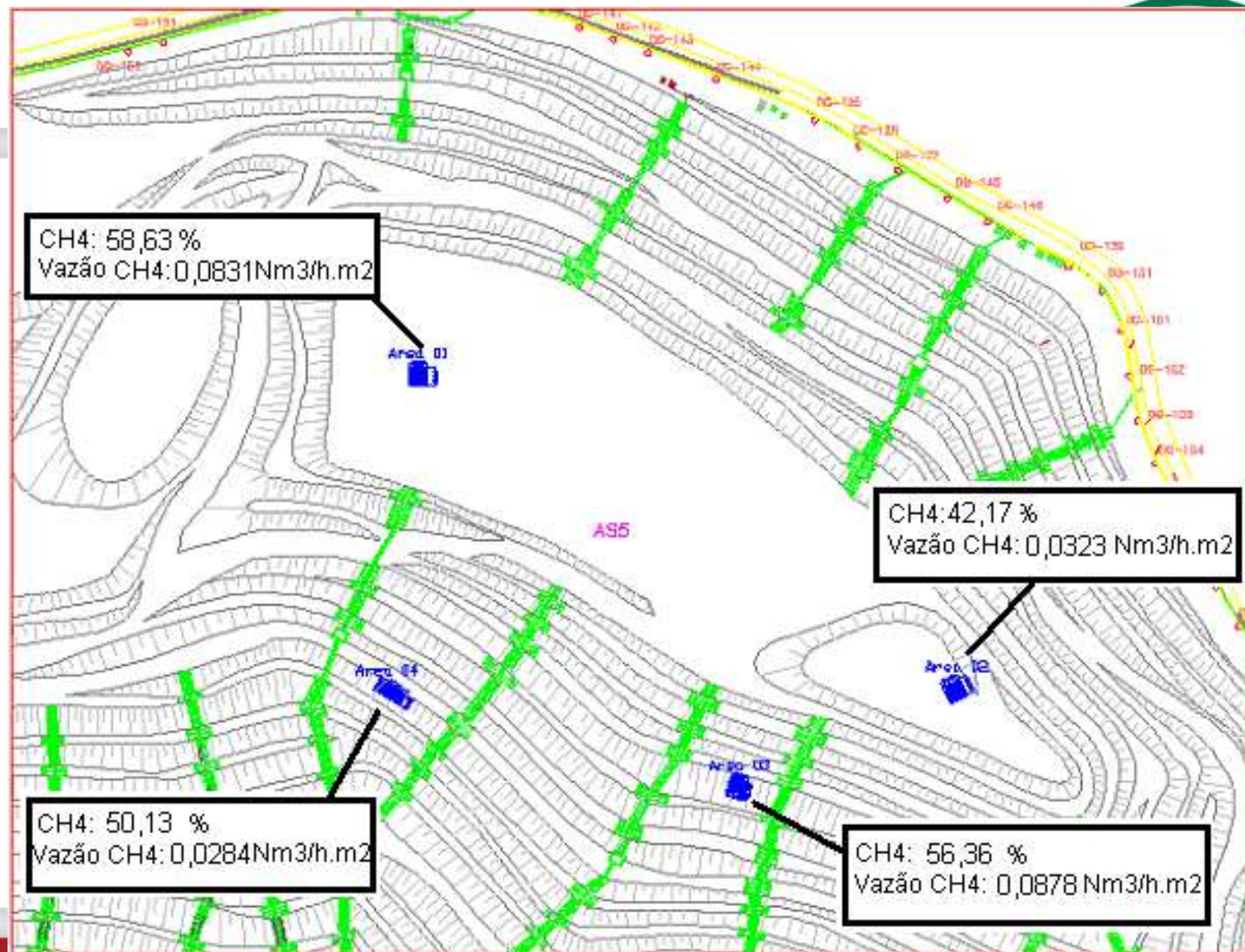


TODAS LAS ZONAS



Caudal de metano = $6,01\text{Nm}^3/\text{h}$ y $0,061\text{Nm}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ o $1,464\text{N}\cdot\text{m}^3/\text{día m}^2$







***DIEZ PROYECTOS BRASILEÑOS
LA GENERACIÓN DE INGRESOS
EN LOS RELLENOS***

Agente	Local	Expectativa de la operación	Niveles de reducción	Actividad	Período de acreditación
Proyecto 0008 Brasil Nova Gerar Landfill Gas to Energy Project Ecosecurities Ltda.	Rellenos da Marambaia e Adrianópolis (RJ)	21 anos	670.000 ton m equiv CO ₂	gran	1º jul 2004 - 30 jun 2011 (renovables)
Proyecto 0052 Salvador, Bahia Landfill Gas Management Project Shell Trading International Ltda. (JK)	Relleno Municipal do Centro - Salvador (BA)	20 anos	664.674 ton m equiv CO ₂	gran	1º jan 2004 - 31 dez 2010 (renovables)
Proyecto 0373 São João Landfill Gas to Energy Project (SP) Biogás Energia Ambiental	Relleno Sanitario São João - São Paulo (SP)	21 anos	816.940 ton m equiv CO ₂	gran	30 jun 2006 - 29 jun 2013 (renovables)
Proyecto 0091 Landfill Gas to Energy Project at Lara Landfill, Mauá Lara Co-Geração e Comércio de Energia Ltda.	Relleno Sanitario Lara - Mauá (SP)	20 anos	751.148 ton m equiv CO ₂	gran	1º abr 2006 - 31 mar 2013 (renovables)
Proyecto 0171 Caieiras Landfill Gas Emission Reduction Essencis Soluções Ambientais S.A.	CTR Caieiras - Caieiras (SP)	20 anos	770.932 ton m equiv CO ₂	gran	31 mar 2006 - 30 mar 2013 (renovables)
Proyecto 0165 Estre's Paulínia Landfill Gas Project (EPLGP) Estre e Econergy Brasil	CGR Paulínia - Paulínia (SP)	20 anos	212.558 ton m equiv CO ₂	gran	1º mai 2006 - 30 abr 2013 (renovables)

Agente	Local	Expectativa de la operación	Niveles de reducción	Actividad	Período de acreditación
Proyecto 0164 Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project (BLFGE) Biogás Energia Ambiental S.A.	Relleno Bandeirantes - São Paulo (SP)	30 anos	1.070.649 ton m equiv CO ₂	gran	23 dez 2003 - 22 dez 2010 (renovables)
Proyecto 0137 Brazil MARCA Landfill Gas to Energy Project Ecosecurities Ltda.	Relleno Marca - Cariacica (ES)	21 anos	231.405 ton m equiv CO ₂	gran	1º jul 2004 - 30 jun 2011 (renovables)
Proyecto 0027 Onyx Landfill Gas Recovery Project - Tremembé - Brazil Onyx de France	Relleno SASA - Tremembé (SP)	21 anos	70.063 ton m equiv CO ₂	gran	1º jan 2003 - 31 dez 2012 (renovables)
0076/2006 Proyecto de Gás de Aterro Sanitário Canabrava - Salvador (BA) Conestoga - Rovers e Assoc Engenharia S.A.	Relleno Sanitario de Canabrava - Salvador (BA)	10 anos	2.143.052 ton m equiv CO ₂	gran	no determinado
Proyecto 0164 Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project (BLFGE) Biogás Energia Ambiental S.A.	Relleno Bandeirantes - São Paulo (SP)	30 anos	1.070.649 ton m equiv CO ₂	gran	23 dez 2003 - 22 dez 2010 (renovables)
Proyecto 0137 Brazil MARCA Landfill Gas to Energy Project Ecosecurities Ltda.	Relleno Marca - Cariacica (ES)	21 anos	231.405 ton m equiv CO ₂	gran	1º jul 2004 - 30 jun 2011 (renovables)



EJERCICIOS PRÁCTICO

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 1A: ¿Cuál es el volumen total de los residuos domésticos que ser eliminados para una vida útil de 20 años?



Año	Número de habitantes	Residuos Domésticos Recogidos (ton/año)	Volumen de residuos (m ³)	Solo de Cobertura (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
1	75.000	16.425			
2	75.450	16.524			
3	75.903	16.623			
4	76.358	16.722			
5	76.816	16.823			
6	77.277	16.924			
7	77.741	17.025			
8	78.207	17.127			
9	78.677	17.230			
10	79.149	17.334			
11	79.623	17.438			
12	80.101	17.542			
13	80.582	17.647			
14	81.065	17.753			
15	81.552	17.860			
16	82.041	17.967			
17	82.533	18.075			
18	83.028	18.183			
19	83.527	18.292			
20	84.028	18.402			

Ejercicio Práctico

$$\gamma = 0,9 \text{ t/m}^3$$



RESPUESTA 1A: ¿Cuál es el volumen total de los residuos domésticos que ser eliminados para una vida útil de 20 años?

Año	Número de habitantes	Residuos Domésticos Recogidos (ton/año)	Volumen de residuos (m ³)	Solo de Cobertura (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
1	75.000	16.425	18.250		
2	75.450	16.524	18.360		
3	75.903	16.623	18.470		
4	76.358	16.722	18.580		
5	76.816	16.823	18.692		
6	77.277	16.924	18.804		
7	77.741	17.025	18.917		
8	78.207	17.127	19.030		
9	78.677	17.230	19.144		
10	79.149	17.334	19.260		
11	79.623	17.438	19.376		
12	80.101	17.542	19.491		
13	80.582	17.647	19.608		
14	81.065	17.753	19.726		
15	81.552	17.860	19.844		
16	82.041	17.967	19.963		
17	82.533	18.075	20.083		
18	83.028	18.183	20.203		
19	83.527	18.292	20.324		
20	84.028	18.402	20.447		
			386.573		

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 1B: ¿Cuál es el volumen total de suelo cobertura a una vida útil de 20 años?



Año	Número de habitantes	Residuos Domésticos Recogidos (ton/año)	Volumen de residuos (m ³)	Solo de Cobertura (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
1	75.000	16.425	18.250		
2	75.450	16.524	18.360		
3	75.903	16.623	18.470		
4	76.358	16.722	18.580		
5	76.816	16.823	18.692		
6	77.277	16.924	18.804		
7	77.741	17.025	18.917		
8	78.207	17.127	19.030		
9	78.677	17.230	19.144		
10	79.149	17.334	19.260		
11	79.623	17.438	19.376		
12	80.101	17.542	19.491		
13	80.582	17.647	19.608		
14	81.065	17.753	19.726		
15	81.552	17.860	19.844		
16	82.041	17.967	19.963		
17	82.533	18.075	20.083		
18	83.028	18.183	20.203		
19	83.527	18.292	20.324		
20	84.028	18.402	20.447		
			386.573		

Ejercicio Práctico

Tx Vol. Cobert. \approx 13%



RESPUESTA 1B: ¿Cuál es el volumen total de suelo cobertura a una vida útil de 20 años?

Año	Número de habitantes	Residuos Domésticos Recogidos (ton/año)	Volumen de residuos (m ³)	Solo de Cobertura (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
1	75.000	16.425	18.250	2.373	
2	75.450	16.524	18.360	2.387	
3	75.903	16.623	18.470	2.401	
4	76.358	16.722	18.580	2.415	
5	76.816	16.823	18.692	2.430	
6	77.277	16.924	18.804	2.445	
7	77.741	17.025	18.917	2.459	
8	78.207	17.127	19.030	2.474	
9	78.677	17.230	19.144	2.489	
10	79.149	17.334	19.260	2.504	
11	79.623	17.438	19.376	2.519	
12	80.101	17.542	19.491	2.534	
13	80.582	17.647	19.608	2.549	
14	81.065	17.753	19.726	2.564	
15	81.552	17.860	19.844	2.580	
16	82.041	17.967	19.963	2.595	
17	82.533	18.075	20.083	2.611	
18	83.028	18.183	20.203	2.626	
19	83.527	18.292	20.324	2.642	
20	84.028	18.402	20.447	2.658	
			386.573	50.255	

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 1C: ¿Cuál es el volumen total del relleno (residuos + suelo de cobertura)?



Año	Número de habitantes	Residuos Domésticos Recogidos (ton/año)	Volumen de residuos (m ³)	Suelo de Cobertura (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
1	75.000	16.425	18.250	2.373	
2	75.450	16.524	18.360	2.387	
3	75.903	16.623	18.470	2.401	
4	76.358	16.722	18.580	2.415	
5	76.816	16.823	18.692	2.430	
6	77.277	16.924	18.804	2.445	
7	77.741	17.025	18.917	2.459	
8	78.207	17.127	19.030	2.474	
9	78.677	17.230	19.144	2.489	
10	79.149	17.334	19.260	2.504	
11	79.623	17.438	19.376	2.519	
12	80.101	17.542	19.491	2.534	
13	80.582	17.647	19.608	2.549	
14	81.065	17.753	19.726	2.564	
15	81.552	17.860	19.844	2.580	
16	82.041	17.967	19.963	2.595	
17	82.533	18.075	20.083	2.611	
18	83.028	18.183	20.203	2.626	
19	83.527	18.292	20.324	2.642	
20	84.028	18.402	20.447	2.658	
			386.573	50.255	

Ejercicio Práctico

RESPUESTA 1C: ¿Cuál es el volumen total del relleno (residuos+suleo de cobertura)?



Año	Número de habitantes	Residuos Domésticos Recogidos (ton/año)	Volumen de residuos (m ³)	Solo de Cobertura (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
1	75.000	16.425	18.250	2.373	20.623
2	75.450	16.524	18.360	2.387	20.747
3	75.903	16.623	18.470	2.401	20.871
4	76.358	16.722	18.580	2.415	20.995
5	76.816	16.823	18.692	2.430	21.122
6	77.277	16.924	18.804	2.445	21.249
7	77.741	17.025	18.917	2.459	21.376
8	78.207	17.127	19.030	2.474	21.504
9	78.677	17.230	19.144	2.489	21.633
10	79.149	17.334	19.260	2.504	21.764
11	79.623	17.438	19.376	2.519	21.895
12	80.101	17.542	19.491	2.534	22.025
13	80.582	17.647	19.608	2.549	22.157
14	81.065	17.753	19.726	2.564	22.290
15	81.552	17.860	19.844	2.580	22.424
16	82.041	17.967	19.963	2.595	22.558
17	82.533	18.075	20.083	2.611	22.694
18	83.028	18.183	20.203	2.626	22.829
19	83.527	18.292	20.324	2.642	22.966
20	84.028	18.402	20.447	2.658	23.105
			386.573	50.255	436.828



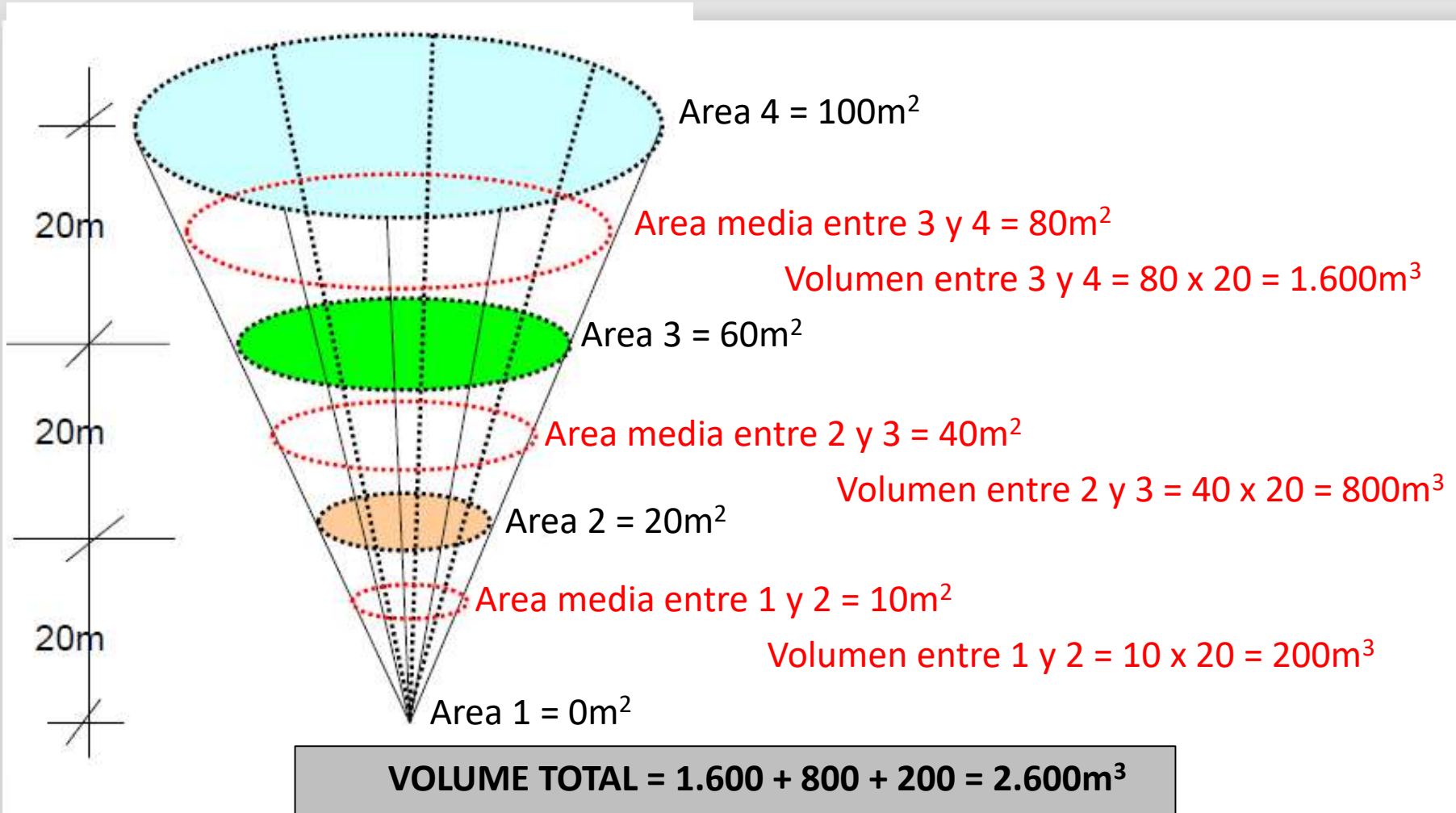
Donde se extraído este suelo de cobertura?

**El área del relleno sanitario, con
excavaciones**

Ejercicio Práctico

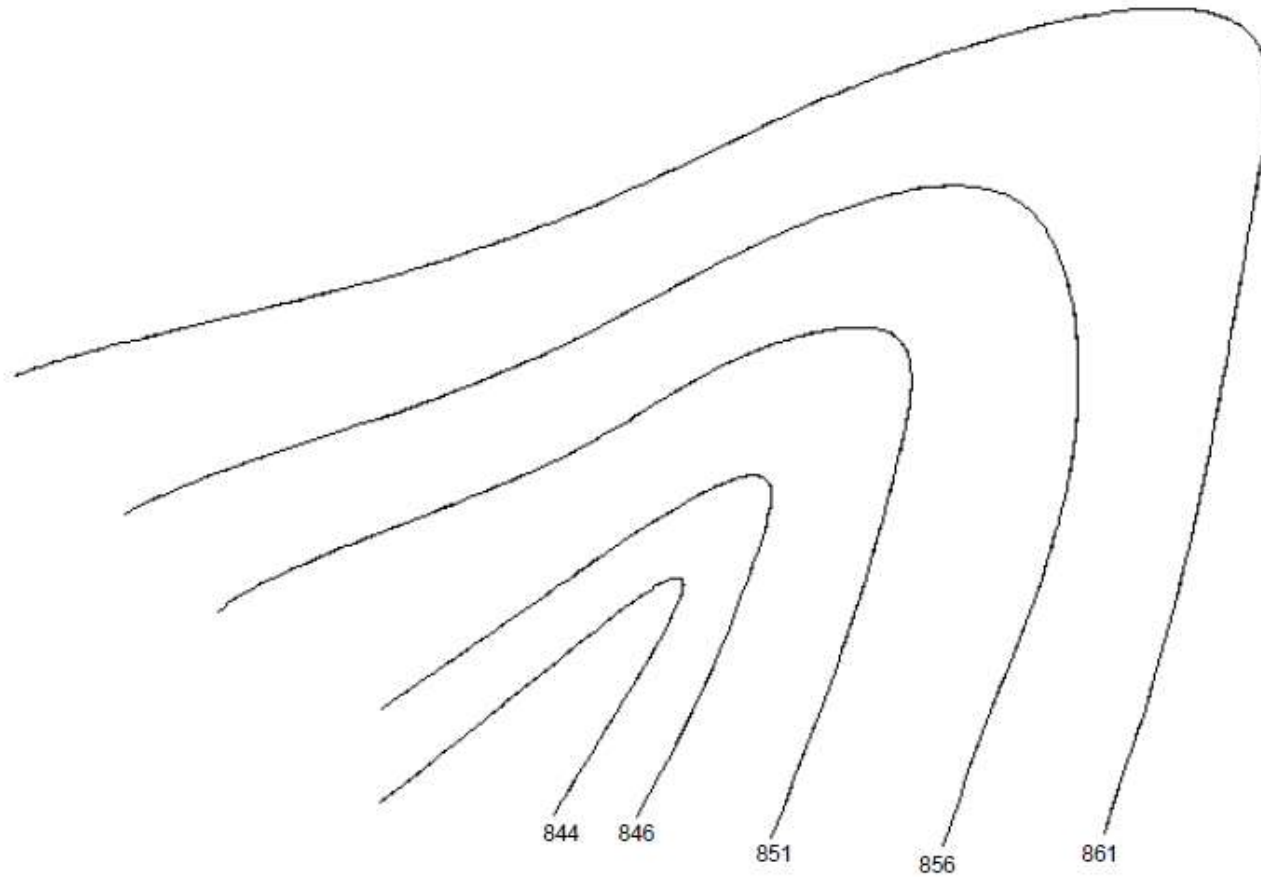


Cálculo del volumen de una figura



Ejercicio Práctico

Cálculo del volumen de terreno



Ejercicio Práctico

Cálculo del volumen de terreno



$$\text{VOLUME}_{\text{cota 844 a 846}} = (2.432+840)/2 * (846-842) = 3.272\text{m}^3$$

Ejercicio Práctico

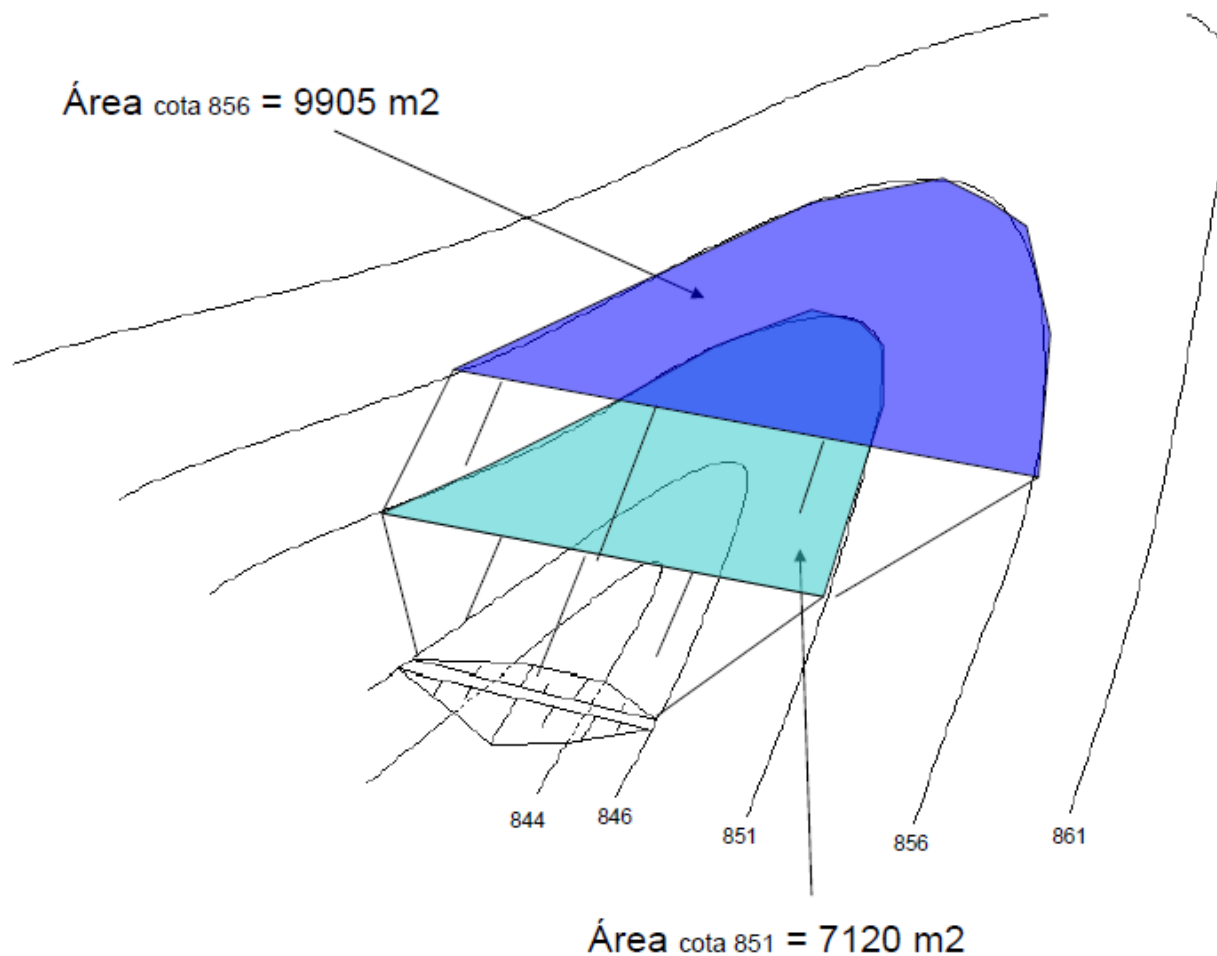
Cálculo del volumen de terreno



$$\text{VOLUME}_{\text{cota 846 a 851}} = (7.120 + 2.432) / 2 * (851 - 846) = 23.880 \text{ m}^3$$

Ejercicio Práctico

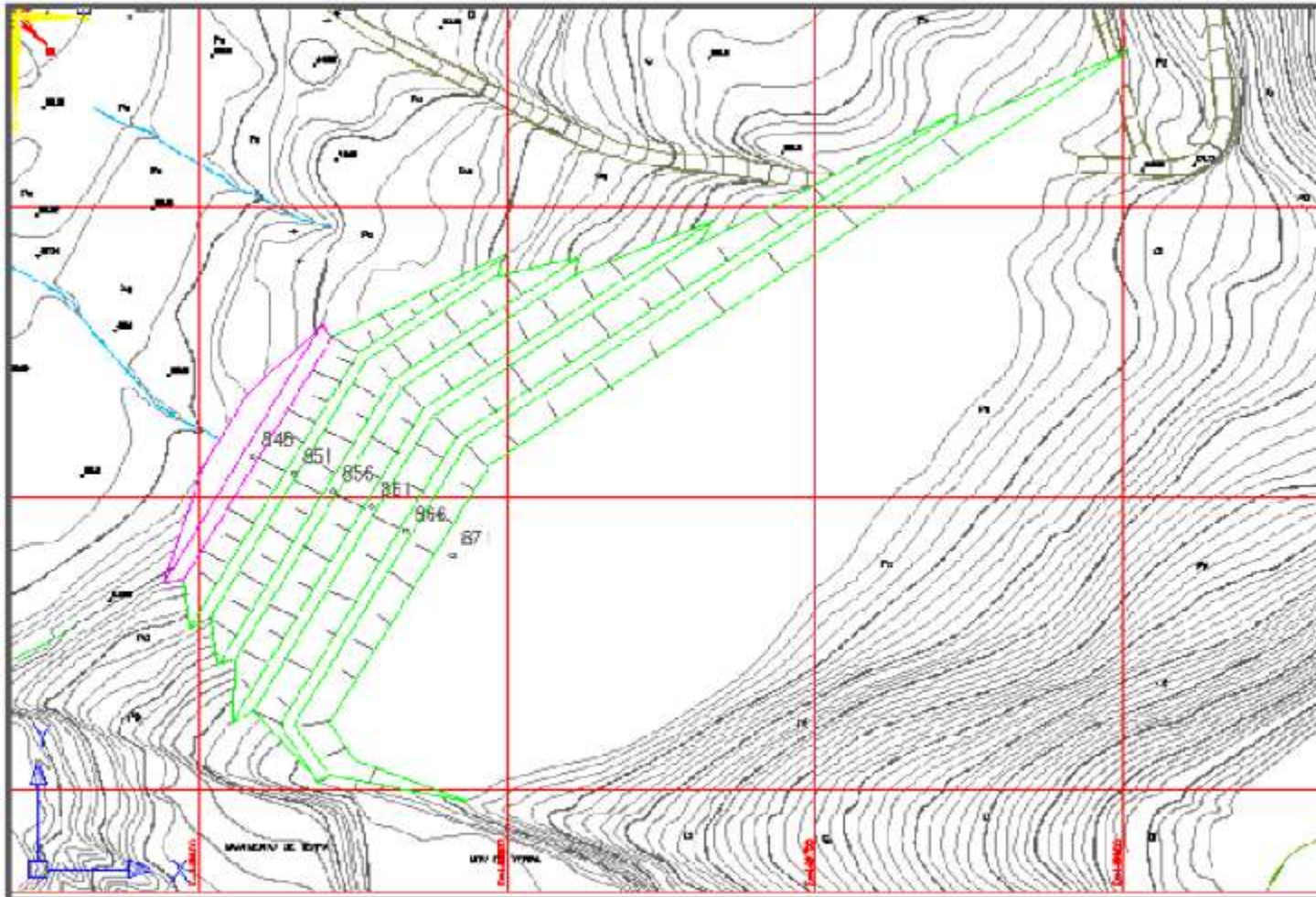
Cálculo del volumen de terreno



$$\text{VOLUME}_{\text{cota 851 a 856}} = (9.905 + 7.120) / 2 * (856 - 851) = 42.563 \text{ m}^3$$

Ejercicio Práctico

Cálculo del volumen de terreno



Ejercicio Práctico

PREGUNTA 2:



¿Cuál es el volumen total del relleno proyectado?

Este relleno sanitario tiene la capacidad de recibir todos los residuos de la ciudad durante 20 años?

cota	area total do aterro (m2)	area na cota (m2)	area media (m2)	altura (m)	volumen (m3)	volumen acumulado (m3)
844 (base do aterro)	840	840				
			1.636	2	3.272	3.272
846 (crista do dique)	3.500	2.432				
			4.776	5	23.880	27.152
851 (1a berma)	12.000	7.120				
			8.513	5	42.563	69.715
856 (2a. Berma)	22.500	9.905				
			11.389	5	56.945	126.660
861(3a berma)	33.600	12.873				
			17.997	5	89.983	216.642
866 (4a berma)	54.200	23.120				
			24.339	5	121.693	338.335
871 (topo do aterro)	65.000	25.557				

Volumen do relleno proyectado (a cota 871m) es de **338.335m³**

MENOS QUE LO NECESARIO, 436.828m³

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 2:



En el caso negativo, ¿qué se puede hacer para aumentar este volumen?

Podemos obtener el volumen necesario de dos maneras:

Alternativa 1: AUMENTAR EL RELLENO SANITARIO EN OTRO NIVEL DE LA CUOTA 876

Alternativa 2: DE EXCAVACIÓN MÁS A ÁREA

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 2:



¿Cuál es la mejor alternativa?

Alternativa 1: AUMENTAR EL RELLENO SANITARIO EN OTRO NIVEL DE LA CUOTA 876

cota	área (m2)	área media (m2)	altura (m)	volumen (m3)	volumen acumulado (m3)
844 (base do aterro)	840				
		1.636	2	3.272	3.272
846 (crista do dique)	2.432				
		4.776	5	23.880	27.152
851 (1a berma)	7.120				
		8.513	5	42.563	69.715
856 (2a. Berma)	9.905				
		11.389	5	56.945	126.660
861 (3a berma)	12.873				
		17.997	5	89.983	216.642
866 (4a berma)	23.120				
		24.339	5	121.693	338.335
871 (5a berma)	25.557				
		26.829	5	134.143	472.477
876 (cota final)	28.100				

Volume do relleno elevado (a cota 876m) es de **472.477m³**

Suficiente para lo volumen necesario, 436.828m³

COSTO DE ESTA ALTERNATIVA = U\$5,95 x 3.500 = U\$28.825,00

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 2:



¿Cuál es la mejor alternativa?

Alternativa 2: DE EXCAVACIÓN MÁS A ÁREA

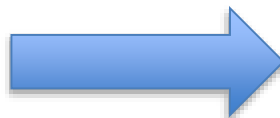
Volumen necesario	436.828m ³
Volumen proyectado sem excavación	338.335m ³
Diferencia de volumen que se obtiene con la excavación	98.493m ³

Suelo a ser utilizado en cobertura de residuos: 50.255m³

Solo excedente que se tomarán para otra area: $98.493 - 50.255 = 48.238\text{m}^3$

COSTO DE ALTERNATIVA 2 = U\$2,51 x 48.238 = U\$120.973,00

MEJOR ALTERNATIVA



ALTERNATIVA 1

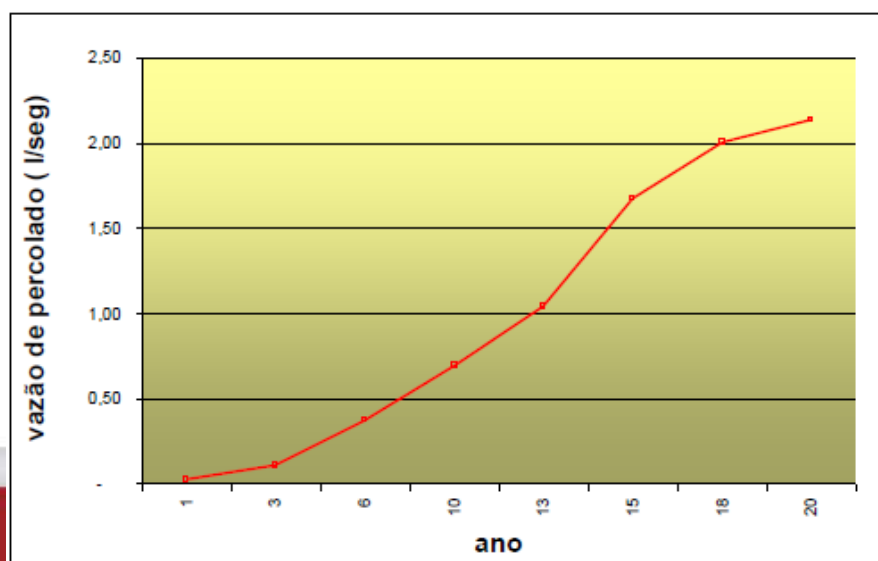
Ejercicio Práctico

PREGUNTA 3:



Generación de lixiviados del relleno sanitario

cota	área (m2)	ano em que o aterro estará completo nessa cota (ANO)	calculo da vazão de percolado (l/seg)
844	840	1	0,03
846	3.500	3	0,11
851	12.000	6	0,37
856	22.500	10	0,69
861	33.600	13	1,04
866	54.200	15	1,67
871	65.000	18	2,01
876	69.200	20	2,14



Ejercicio Práctico

PREGUNTA 4:



El volumen de grava 4 para ser utilizado en la ejecución de la capa integral de drenaje de base de relleno

$$V_{\text{grava}} = A_{\text{base}} \times 0,40\text{m} = 840\text{m}^2 \times 0,40\text{m} = 336\text{m}^3$$

Número de drenajes verticales que el vertedero tendrá su conformación definitiva

$$\text{Nº drenajes verticales} = \text{Area total de relleno (hectáreas)} \times 4 = 6,92 \times 4 = 27,6$$

28 unidades

Altura media del relleno (=Volumen total/area total)

$$\text{Espesor medio del relleno} = 472.477\text{m}^3 / 69.200\text{m}^2 = 6,83\text{m}$$

Longitud total drenajes verticales en el vertedero (=número de drenajes x altura media)

$$\text{Longitud de drenajes verticales} = 28 \text{ unid} \times 6,83\text{m} = 191,24\text{m}$$

Número de niveles de drenajes horizontales

$$\text{Número} = \text{altura media} / 5\text{m} = 6,83\text{m} / 5 = 1,36\text{m}$$

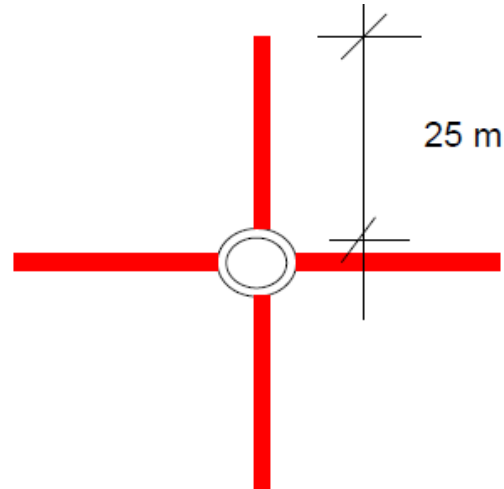
2 niveles

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 4:



Longitud total de drenajes horizontales en el relleno



Logitud de drenajes horizontales = 100m x 2 niveles x 28 drenajes = 5.600m

Volumen de grava 4 para ser utilizado en la ejecución de drenajes horizontales de lixiviados en relleno

Volumen de grava 4 = 5.600m x 1m³/m = 5.600m³

Ejercicio Práctico

PREGUNTA 5:



Cual la cantidad mensual necesaria de horas de tractor D6 durante el período de operación de relleno sanitario?

ano	residuos domiciliars aterrados (t/ano)	numero de horas trabalhadas no dia (h/dia)
1	16.425	1,5
2	16.524	1,5
3	16.623	1,5
4	16.722	1,5
5	16.823	1,5
6	16.924	1,5
7	17.025	1,6
8	17.127	1,6
9	17.230	1,6
10	17.334	1,6
11	17.438	1,6
12	17.542	1,6
13	17.647	1,6
14	17.753	1,6
15	17.860	1,6
16	17.967	1,6
17	18.075	1,7
18	18.183	1,7
19	18.292	1,7
20	18.402	1,7

¿Cuál es la conclusión alcanzada en el uso de lo equipo?

**Generalmente, los contratos de arrendamiento de equipos son mensuales.
Equipo sub utilizado generando una creciente en los costos de operación.**



GRACIAS!!!

Eng^o Francisco Oliveira

franciscojpoliveira@fralconsultoria.com.br