



QUERÉTARO
ESTÁ EN NOSOTROS



QUERÉTARO



SECRETARÍA
DE DESARROLLO
SUSTENTABLE



SE Ambiental
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

gral
Gestión de Residuos
en América Latina

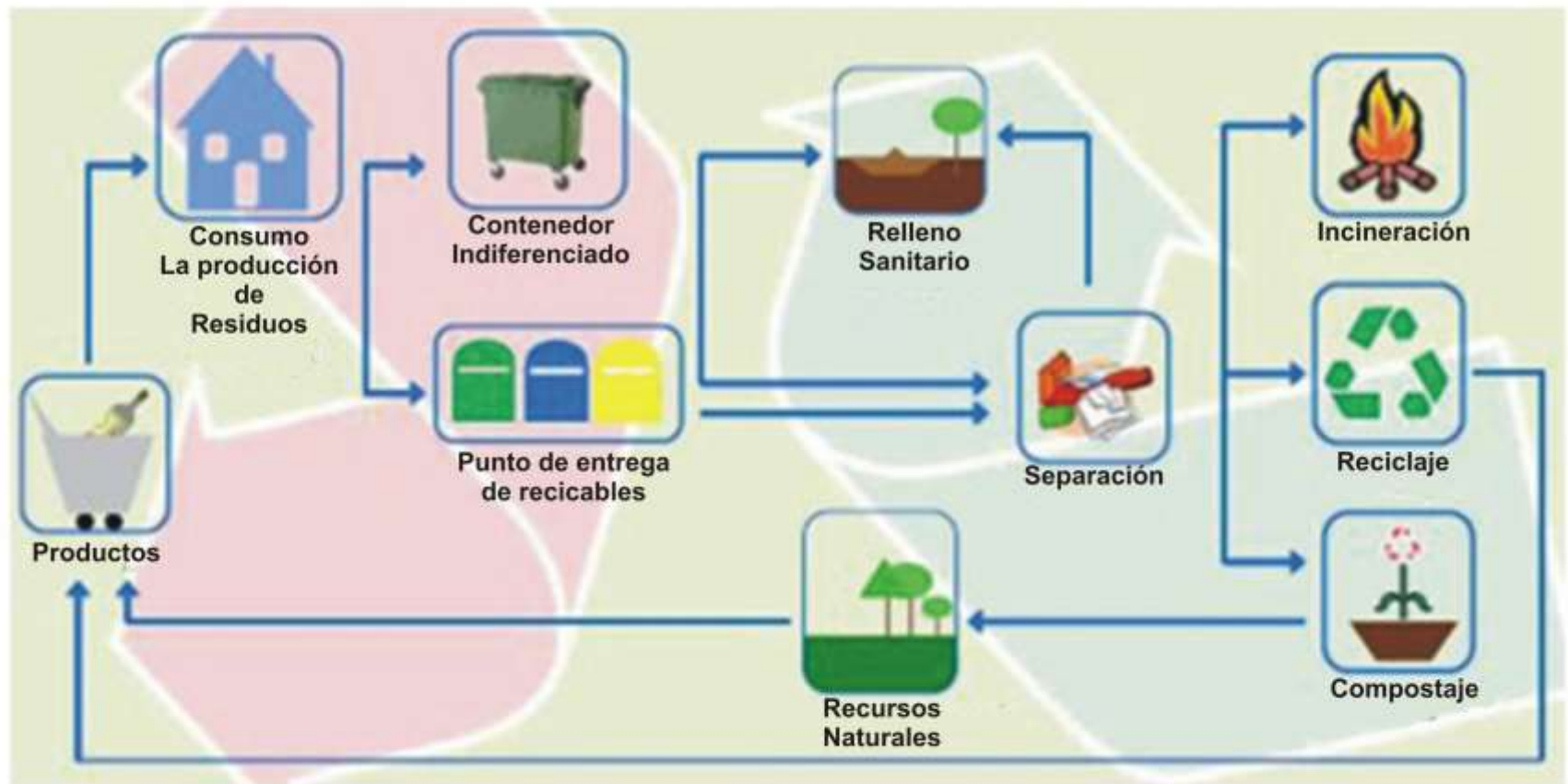
NUEVOS CONCEPTOS EN PROYECTOS DE RELLENOS SANITARIOS

Ing. Francisco J. P. de Oliveira
Director Técnico

CONFERENCIA
GESTIÓN DE RESIDUOS
EN AMÉRICA LATINA
GRAL



DESTINACIÓN FINAL



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

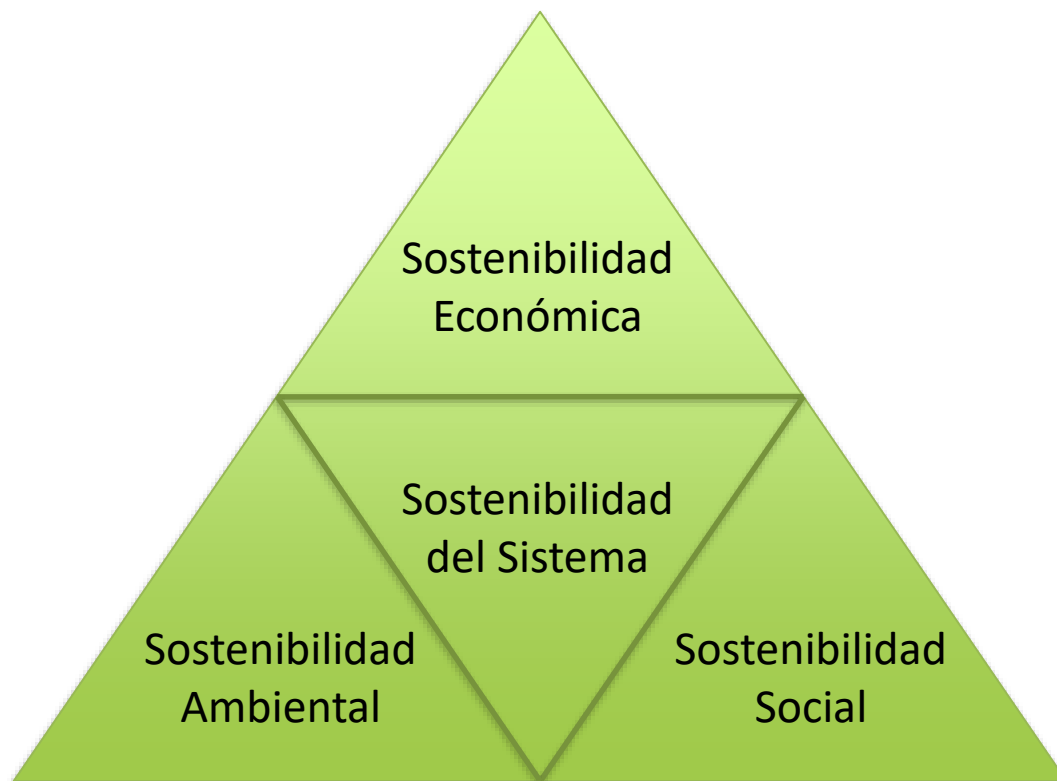


RELLENO SANITARIO SOSTENIBLE





SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA – 3P'S (PEOPLE, PLANET, PROFIT)





CONDICIONES INADECUADAS ($IQR \leq 7,0$)



VOLTA REDONDA/RJ



SINOP/MT



CONDICIONES ADECUADAS

$IQR \geq 7,1$ – Indicador de la agencia reguladora ambiental – CETESB

Factores evaluados al año



URBAM – SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP



RELLENO SANITARIO – OSASCO/SP



DISPOSICIÓN FINAL: PANORAMA BRASIL - 2015



ADECUADAS

42,57
mi/ton

59%



INADECUADAS

29,97
mi/ton

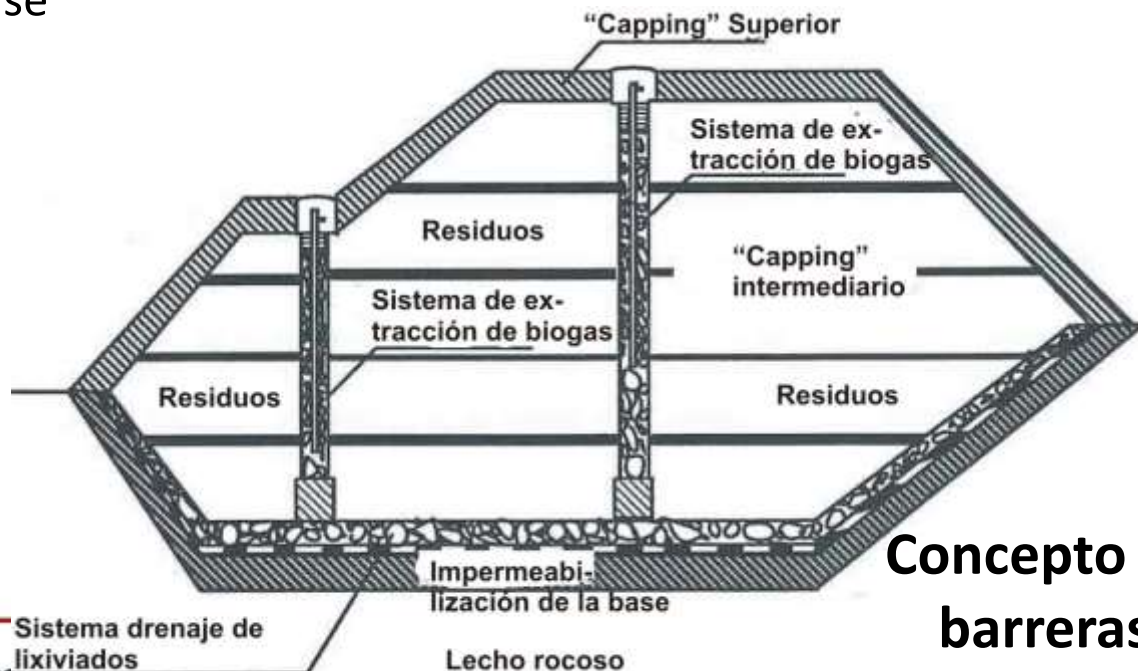
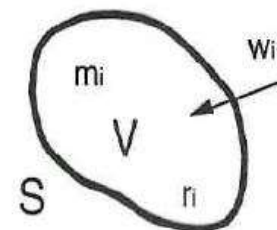
41%



CONCEPCIÓN BÁSICA DE UN PROYECTO

- Criterios de selección de el área
 - Técnico y económico
 - Ambiental
 - Geo-hidrológico
 - Geotécnico
 - Residuos a depositar - Caracterización
- Implantación
- Impermeabilización de base
- Drenaje de lixiviados
 - Drenaje de fundación
 - Drenaje de célula
- Drenaje superficial
- Tipología
 - Altura de las celdas
 - Inclinación de rampas
 - Capas de cobertura
 - ✓ Diaria
 - ✓ Final
 - Tratamiento de lixiviado

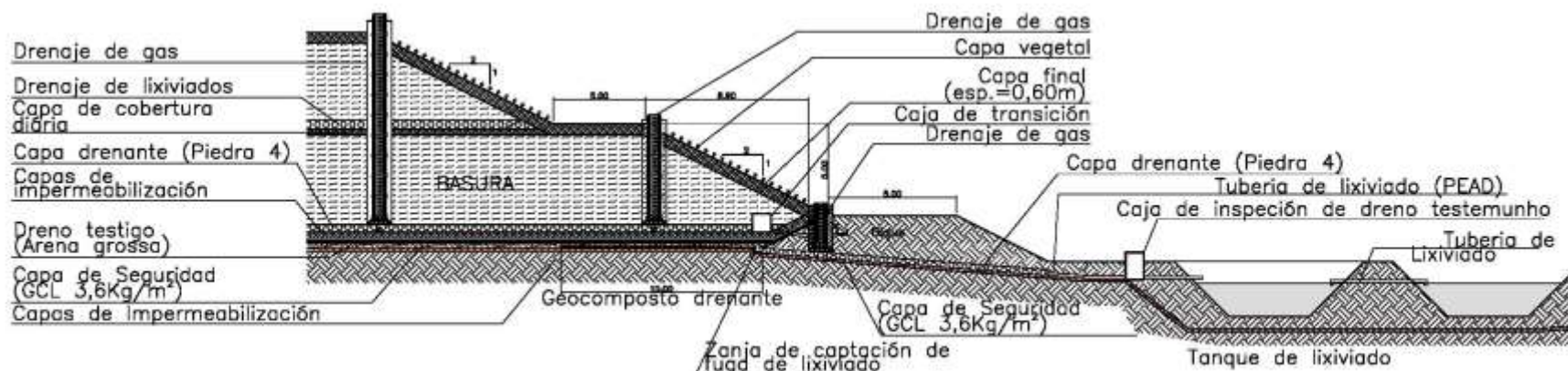
- Infraestructura
 - Portería/oficinas/balanza
 - Oficina de mantenimiento
 - Redes
 - ✓ Energía
 - ✓ Agua/Aseo
 - ✓ Comunicaciones
- Accesos



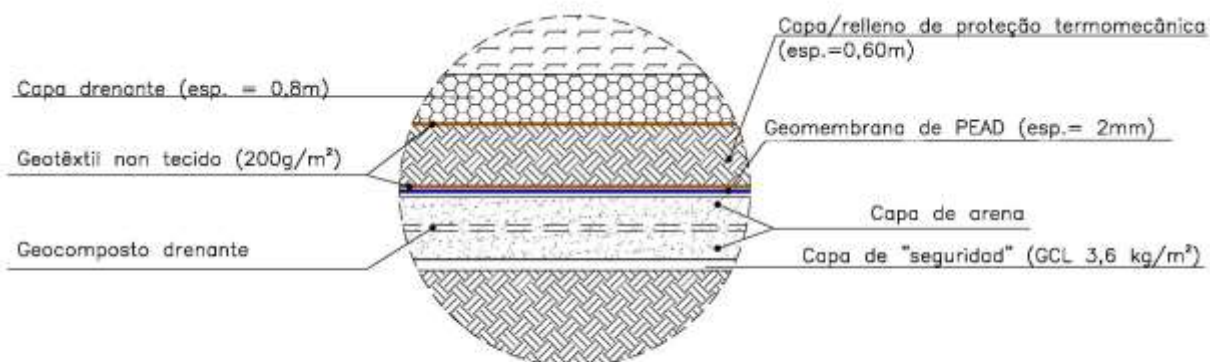
**Concepto de
barreras**



IMPLANTACIÓN BÁSICA DE UN PROYECTO DE RELLENO



DETALLE SECCIÓN – CAPAS DE RELLENO



DETALLE DAS CAPAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

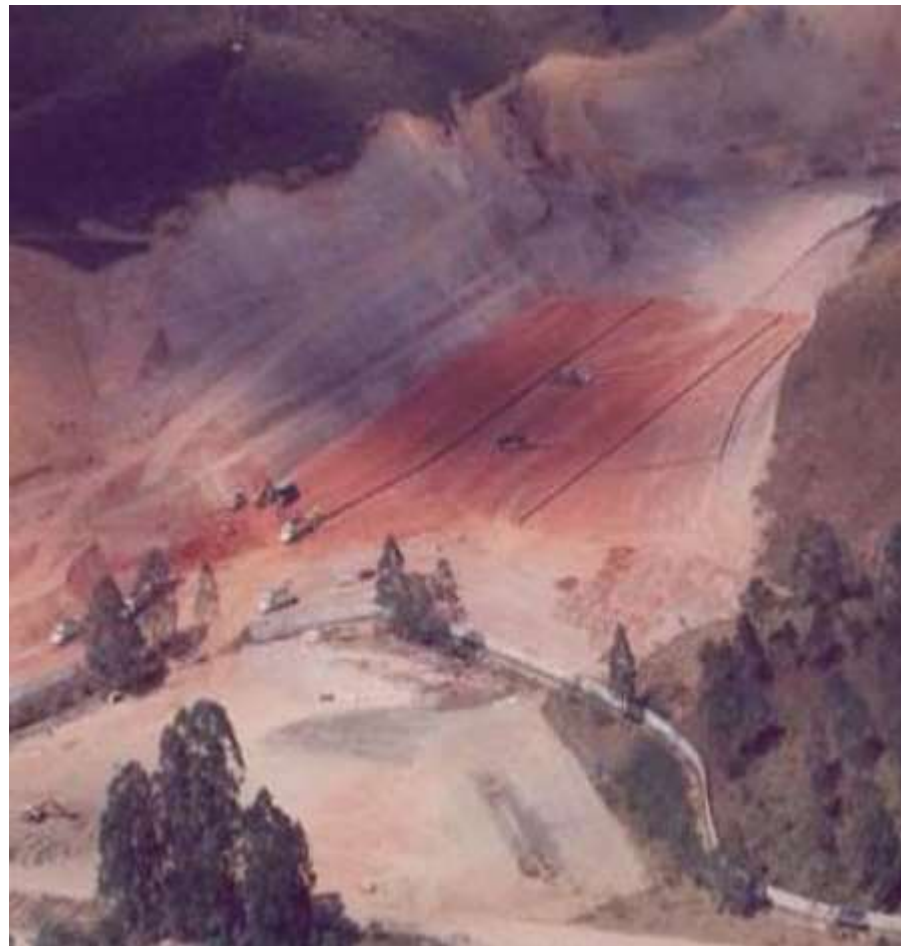


EXCAVACIÓN Y DRENAJE DE FUNDACIÓN

Drenaje de Sub-Base



Excavación de la tierra





$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Retenida}$$

$$(P + U_w) = (ES + ETR + R + G + L) + (\Delta U_w)$$

Entradas:

P - Precipitación

U_w - Humedad natural de los residuos

Salidas:

ES – ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

ETR – EVAPOTRANSPIRACIÓN

R – Agua en las reacciones químicas

G – Gases

L - Percolado

Retenida:

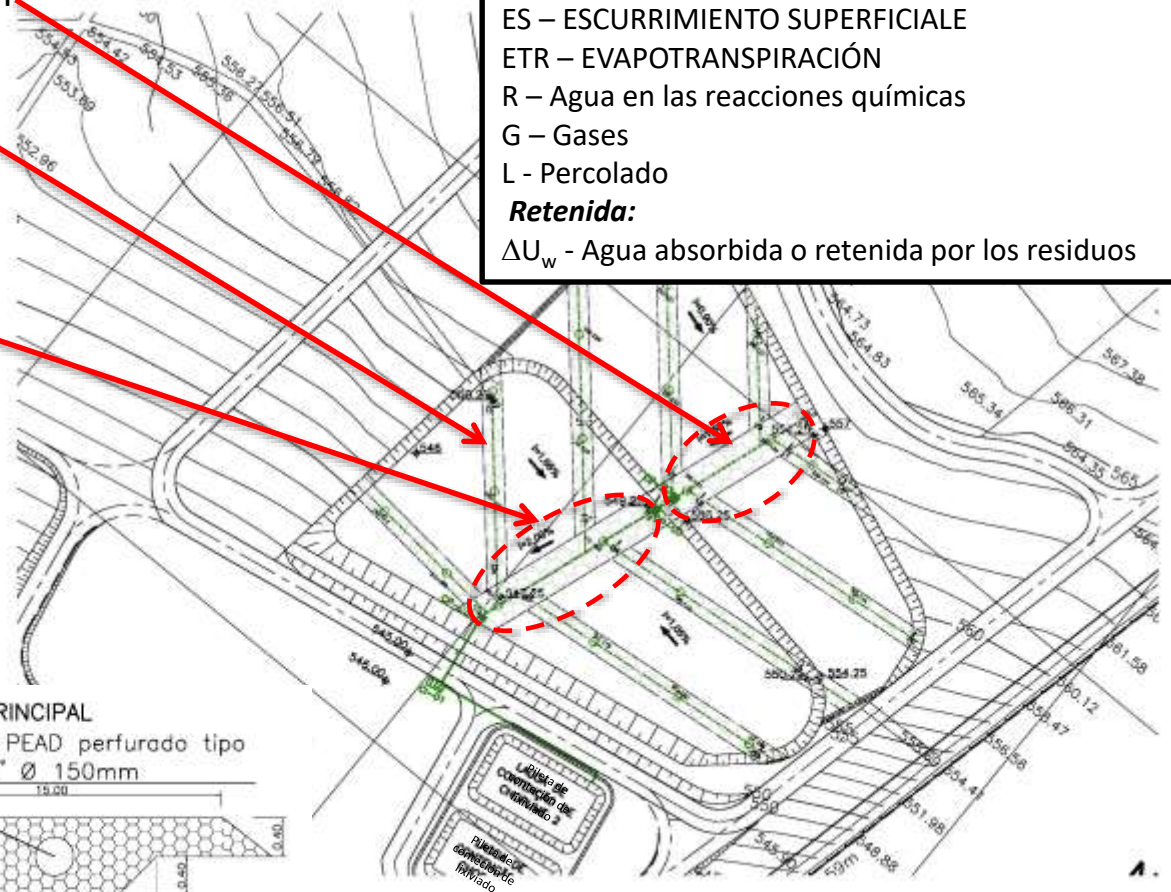
ΔU_w - Agua absorbida o retenida por los residuos

Dreno Principal

Dreno Secundario

$i = \text{Min } 5\%$

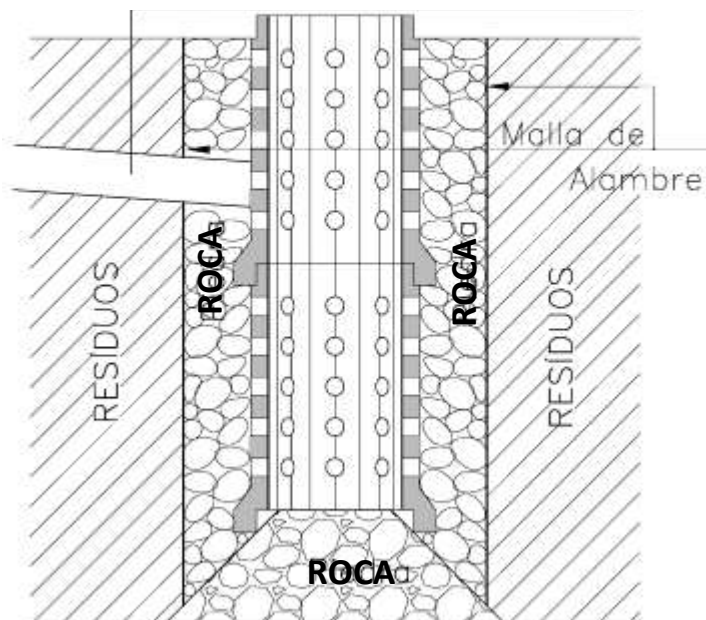
Garantizar la drenabilidad de un liquido no Newtoniano de gran viscosidad





DRENAJE VERTICAL DEL GAS Y LIXIVIADOS

Tubería o dreno conductor del lixiviado





CONFINAMIENTO DE RESIDUOS Y DRENAJE DE LIXIVIADOS DE CELDA

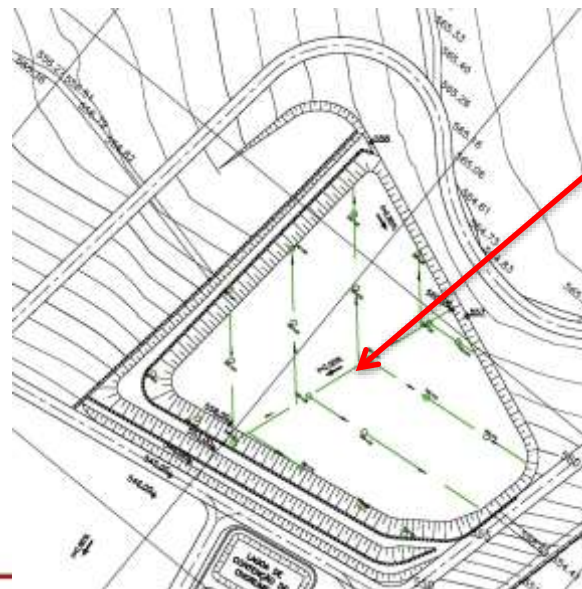
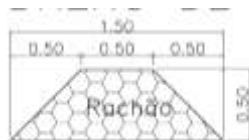


NO RECOMENDADO

Densidad = 0,7 a 0,9 tf/m³

DRENAJE DE CELDA DE LIXIVIADOS

DRENO DE CELDA





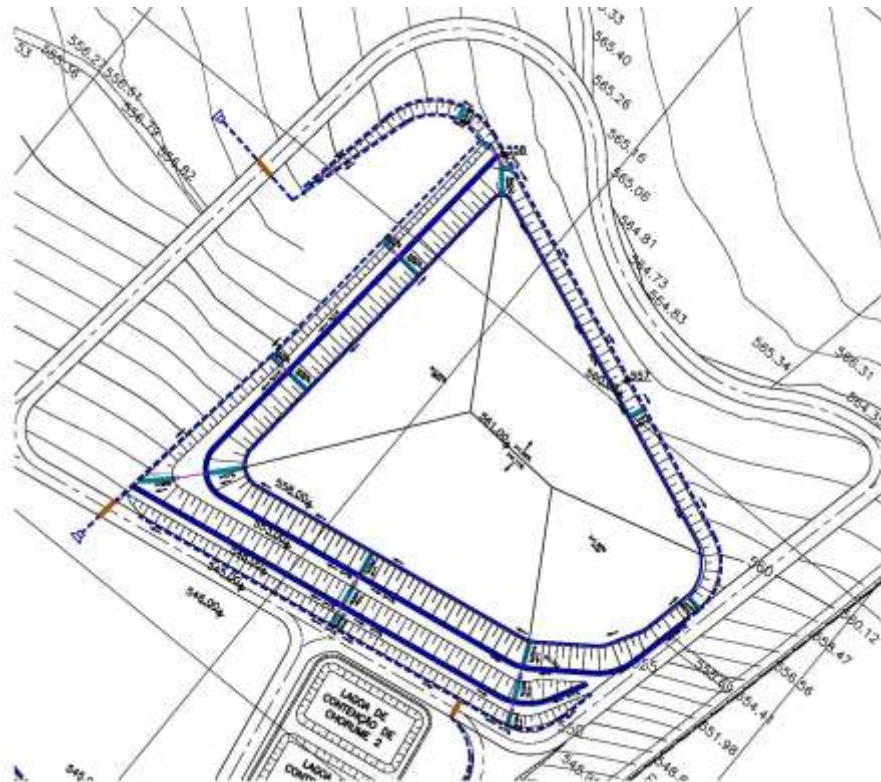
DRENAJE SUPERFICIAL



Zanja de banqueta



Canal de captación y conducción
de flujos de aguas superficiales





ASPECTOS IMPORTANTES EN LA IMPLANTACIÓN

- *Control de calidad de materiales (arenas y rocas)*
- *Control de calidad de los terraplenos*
- *Control de calidad de geosintéticos (fabricación y aplicación)*

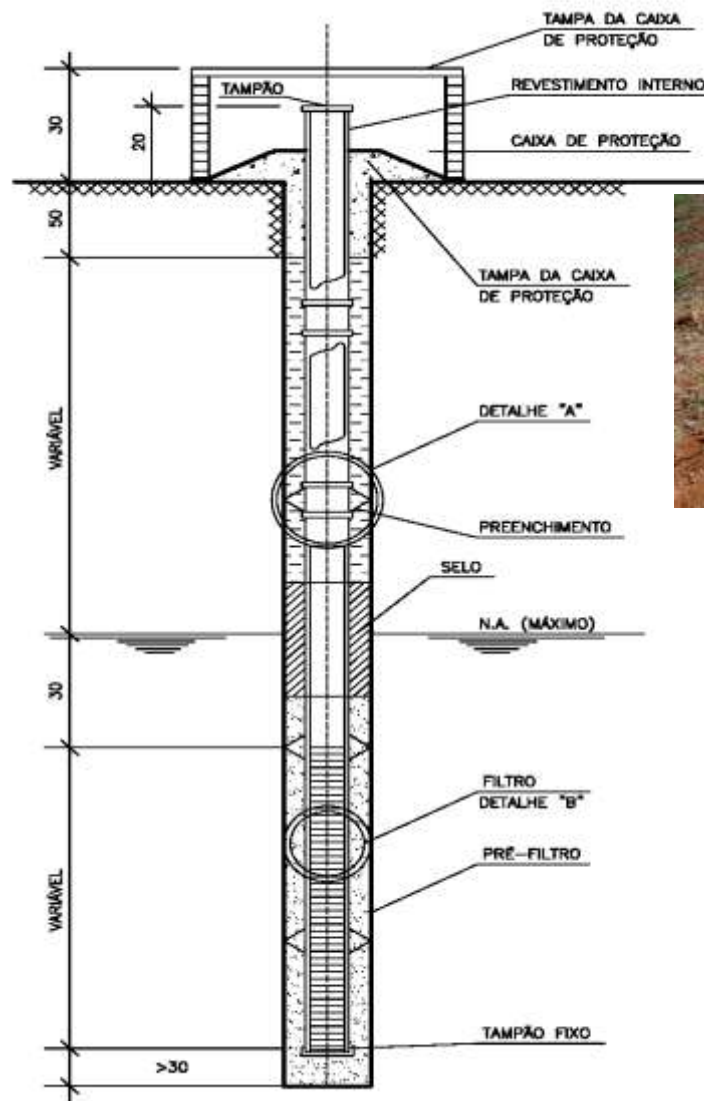
➤ GEOMEMBRANAS PEAD – GRI GM13





- Efluentes
 - ✓ Gaseosos
 - ✓ Líquidos
- Instrumentación
 - ✓ Lisímetros
 - ✓ Pozos
 - ✓ Sensores eléctricos
 - ✓ Sensores térmicos
 - ✓ Sensores Gaseosos (GEM)

Pozo de monitoreo





- Desplazamientos
 - ✓ Verticales
 - ✓ Horizontales
- Presiones de poro
 - ✓ Fase líquida: lixiviado
 - ✓ Fase gaseosa: Biogás
- Estabilidad de taludes
- Instrumentación
 - ✓ Marcos superficiales
 - ✓ Piezómetros



Piezómetro



Marcos
superficiales



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*
 - *$FS \geq 1,5$*

Estabilidad Geotécnica

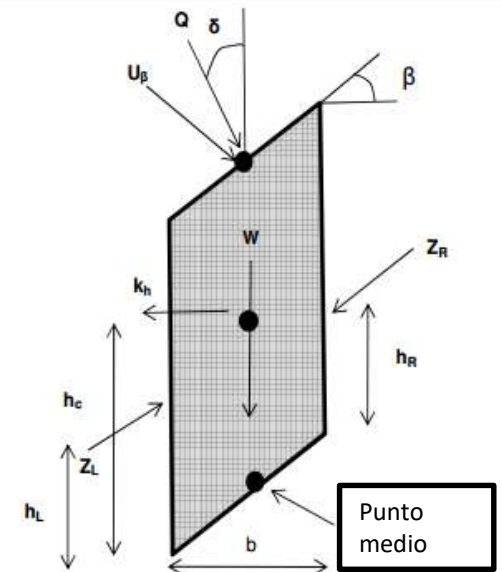
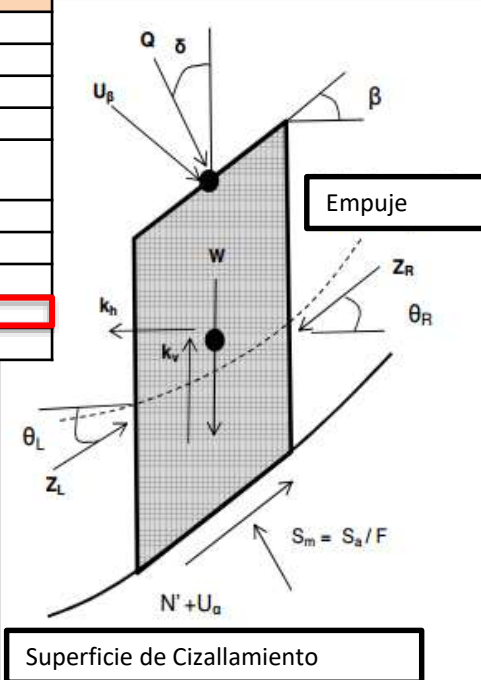
Equilibrio Limite Lamelas

Método	Equilibrio de fuerza		Equilibrio de momento
	X	Y	
Ordinario del lamelas	No	No	Si
Bishop Simplificado	Si	No	Si
Janbu Simplificado	Si	Si	No
Lowe & Karafiath	Si	Si	No
US Corps of Engineers	Si	Si	No
Spencer	Si	Si	Si
Bishop riguroso	Si	Si	Si
Janbu generalizado	Si	Si	No
Sarma	Si	Si	Si
Morgenstern & Price	Si	Si	Si



Factores de intervención:

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



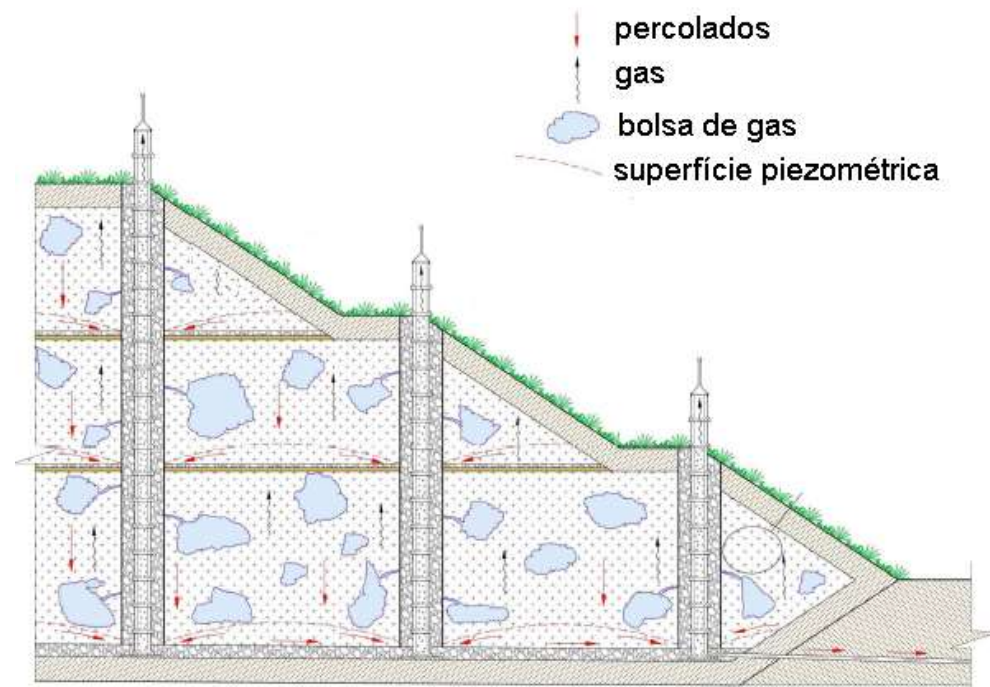
FS / F : Factor de seguridad
 S_a : Resistencia a cizallamiento
 $= c + N' \tan \phi$
 S_m : Fuerza actuante
 "slices"
 U_α : Fuerza debido a presiones de poro
 U_β : Factor generado por la superficie del agua
 W : Peso del lamela o "slice"
 N' : Fuerza efectiva normal
 Q : Carga externa
 K_v : Coeficiente vertical sísmico
 K_h : Coeficiente horizontal sísmico

Z_L : Fuerza izquierda entre lamela o "slices"
 Z_R : Fuerza derecha entre lamela o "slices"
 θ_L : ángulo izquierdo de la fuerza entre lamela o "slices"
 θ_R : ángulo derecho de la fuerza entre lamela o "slices"
 h_L : altura de la fuerza Z_L
 h_R : altura de la fuerza Z_R
 α : inclinación de la base del lamela o "slice"
 β : inclinación del top del lamela o "slice"
 b : ancho del lamela o "slice"
 h : altura media de las lamelas o "slices"
 h_c : altura del centroide del lamela o "slice"



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

Presiones de Poro



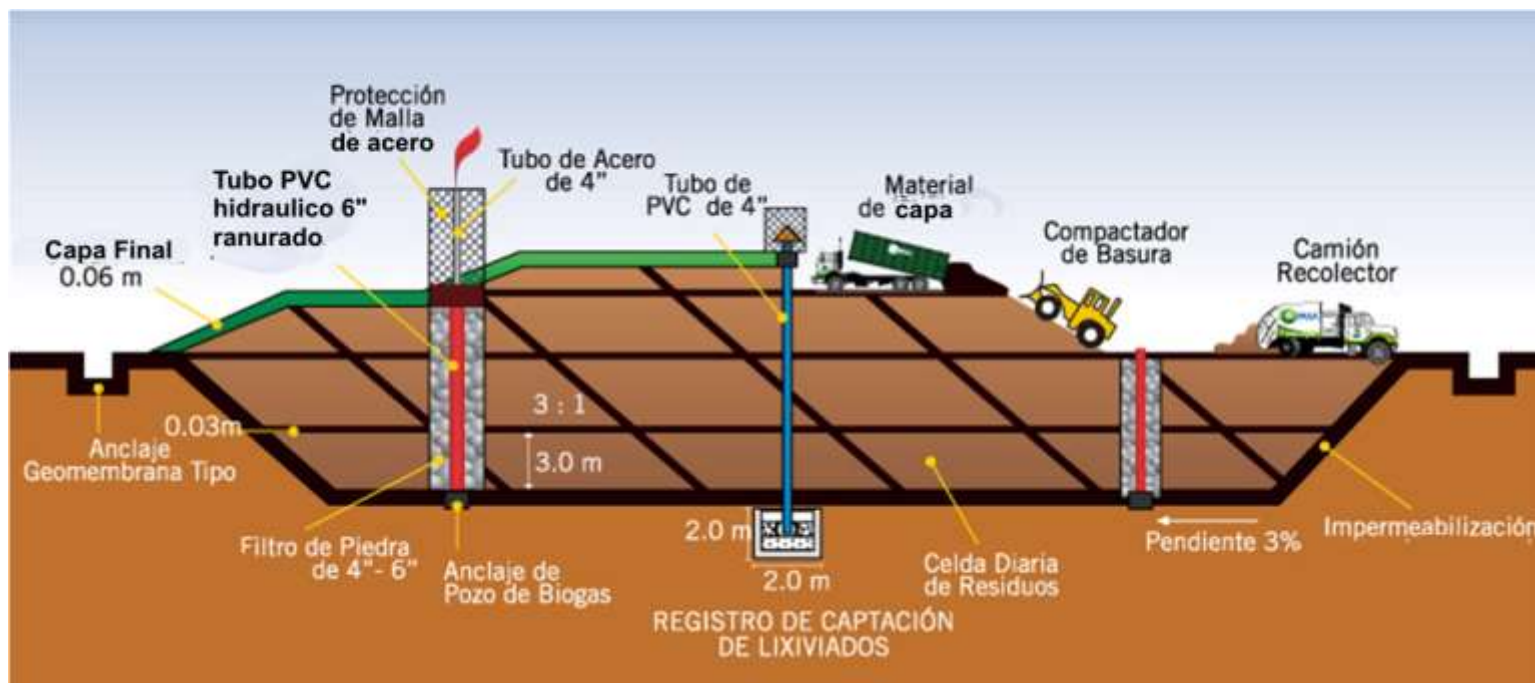
Fuente: Geotech



BIOGÁS

Biogás, resultado de procesos físicos, químicos y microbiológicos en el interior de los residuos.

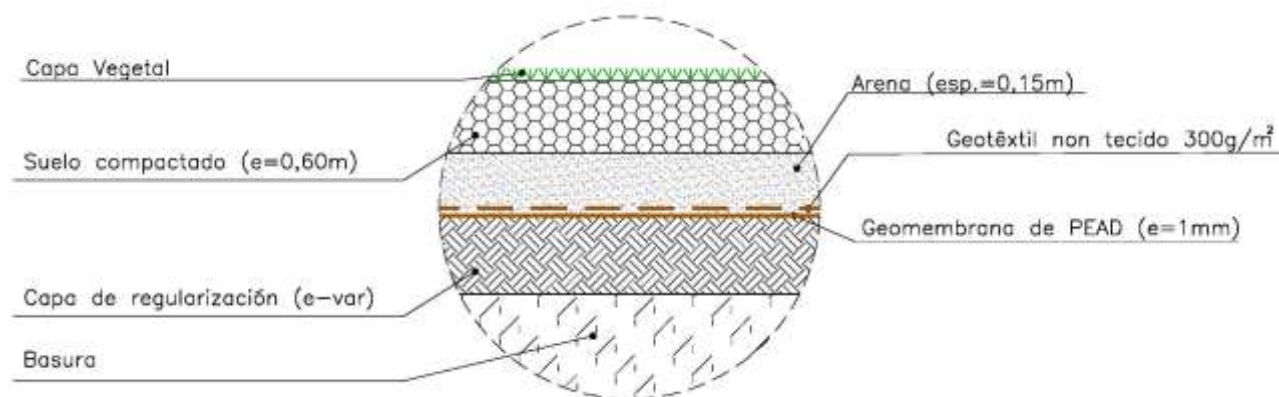
A calidad depende de el sistema microbiológico que conduce el proceso de generación del gas, dada la naturaleza orgánica de la mayor parte de los residuos.





“CAPPING”

- Es la ejecución de la capa de la superficie final de el relleno
- Reducir el flujo de biogás fugitivo
- Aislamiento de la superficie de relleno
- Impermeabilización del relleno del agua de lluvia



Elemento	Función
Capa de regularización	Hacer el área a impermeabilizar con regularidad, para conducir agua de lluvia en el sistema de drenaje
GCL	Impermeabilización de la área
Barrera Capilar	
Geotêxtil non tejido	Drenar y conducir las aguas al sistema de drenaje
Capa de arena (e=15cm)	Drenar y conducir las aguas al sistema de drenaje
Capa de suelo compactado (e=60cm)	Suporte para la capa vegetal



FACTORES QUE AFECTAN LA CUALIDAD OPERACIONAL DEL SISTEMA

- *Falta de Inversiones;*
- *Falta de Gestión Financiera y Económica;*
- *Falta de Gestión de la Formación Técnica y Operación;*
- *Falta de mantenimiento de equipos y instalaciones;*
- *Descontinuación Política; y*
- *La falta de motivación administrativa, pública, política y social.*



APRENDIENDO CON DESASTRES



Relleno Sanitario Sítio São João

- Localización: São Paulo/SP
- Ruptura: Agosto/2007
- Causas probables:
 - Biogás Exploración
 - Verticalización del Relleno Sanitario

Aterro Sanitário Sítio São João – SP
2007 - Antes e Depois da ruptura



Antes → 30/julio/2007

Después → 13/agosto/2007



Relleno Sanitario Sítio São João
2007 – Después de la ruptura



Cantidad ~ 300.000 ton



Relleno Sanitario Pajoan 2 Rupturas (2000 y 2010)



Ruptura



Después de la
Ruptura



Relleno Sanitario Pajoan Ruptura de 2010

Antes de la Ruptura



Después de la Ruptura





GRACIAS!!!

Ing. Civil Francisco José Pereira de Oliveira

franciscojpoliveira@fralconsultoria.com.br