



# Construcción de Nuevos Rellenos Sanitarios



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD

**SCS ENGINEERS**



**REPUBLIC**  
SERVICES, INC.



# Sistema de Recolección de Lixiviado

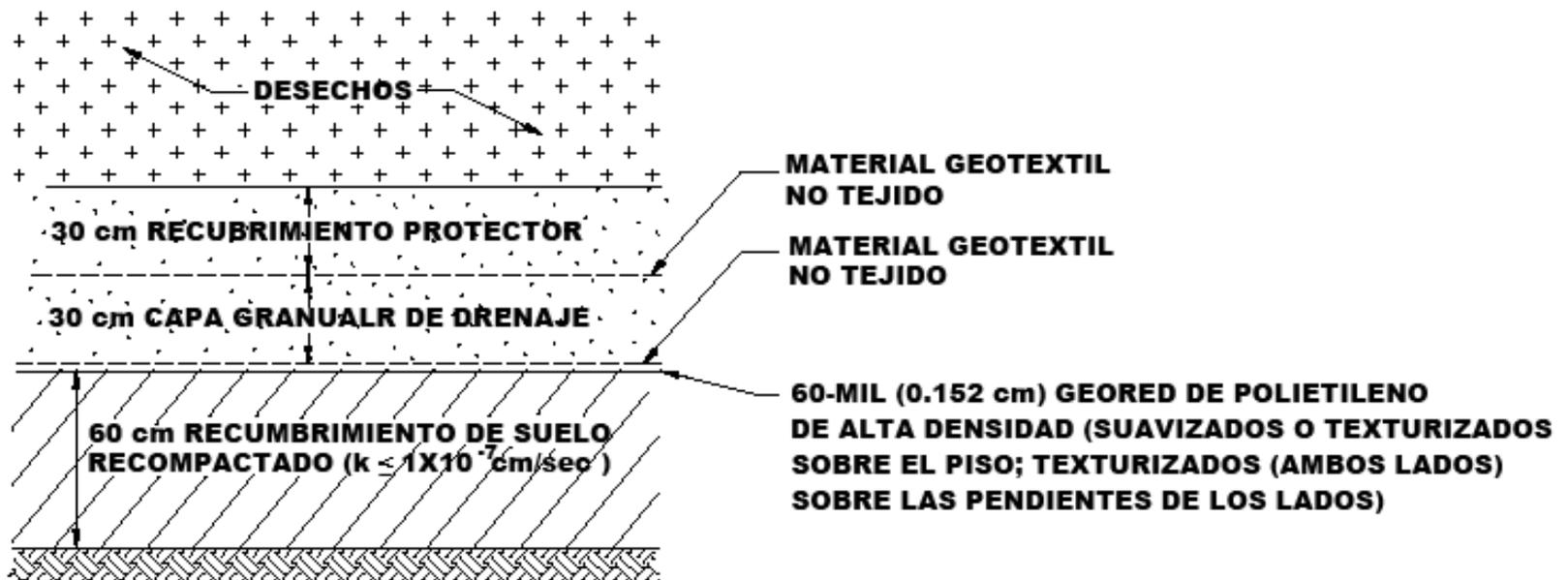




# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Propósito: Drenar y controlar el nivel de lixiviado en los residuos y sobre el recubrimiento
- Consiste de
  - Capa de drenaje
  - Tuberías de recolección
  - Cárcamos o puntos de recolección
  - Sistema de bombas y tuberías
  - Manejo de lixiviado recuperado

# Componentes del Recubrimiento



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Capa de drenaje de lixiviado
  - Instalada arriba del recubrimiento para permitir flujo por gravedad a la sanja y tuberías de recolección
  - Materiales
    - Granular (30 cm)
      - Piedra/grava
      - Arena
    - Geored y geotextil
  - Diseñado con un nivel máximo de lixiviado de 30 cm

# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Capa granular de drenaje
  - Suelo limpio
  - Permeabilidad  $\geq 1 \times 10^{-2}$  cm/sec
  - $< 5\%$  pasando la criba de 0.075 mm
  - Tamaño máximo de la partícula 1 cm (3 cm si se utiliza un geotextil como colchón sobre la geomembrana)
  - Expandir sobre la geomembrana sin compactar
  - Verificar el grosor cada 500 m<sup>2</sup>

# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Capa granular de drenaje



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Capa de drenaje de geored
  - Red tridimensional de polietileno
  - Provee un plano de flujo de líquidos
  - Alta conductividad
  - Geotextil va arriba de la geored para separa la capa de suelo de la geored
  - Debe ser desenrollada sobre la geomembrana
  - Las ataduras de la Geored se colocan cada 1.5 m
  - El geotextil es cosido

# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Capa de drenaje de Geored con ataduras



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Cosido del Geotextil



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Tubería de recolección de lixiviado
  - Materiales
    - PVC
    - Polietileno de Alta Densidad (PEAD)
  - 15 cm de diámetro o mayor
  - Perforado o rasurado
  - Con pendiente hacia el cárcamo o punto de recolección
  - Diseñado para prevenir que la tubería se colapse o se deforme
  - Colocar en zanja llenada con grava



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Cárcamo de recolección de lixiviado
  - El lixiviado es transportado a través de la capa de drenaje y las tuberías de recolección hacia el cárcamo o punto de recolección
  - Es llenado con grava
  - Recubierto con una capa extra de geotextil
  - El tamaño típico es de 3 m x 3 m x 1 m de profundidad (cuadrado en el fondo) o en "V"
  - El lixiviado es extraído del cárcamo usando bombas eléctricas o neumáticas bajadas usando una tubería

# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Cárcamo de lixiviado



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Transporte de lixiviado
  - Lixiviado del cárcamo deberá ser bombeado a:
    - Lagunas de almacenamiento o evaporación
    - Tanques de almacenamiento
    - Planta de tratamiento
    - Transportada con camión tanque a plantas de tratamiento externas al relleno sanitario
    - Recirculado en los residuos
  - El condensado de biogás puede ser combinado con lixiviado

# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Sistema de bombeo y tuberías



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Lagunas de almacenamiento y evaporación



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Tanques de almacenamiento



# Sistema de Recolección de Lixiviado

- Planta de tratamiento



# Recubrimiento Construido por Debajo del Nivel Freático

- Recubrimientos pueden ser construidos por debajo del nivel freático
- Control del agua subterránea
  - Bombeo del agua subterránea
  - Drenaje por gravedad del agua subterránea
- Resistencia al empuje a largo plazo
  - Balastro
    - Suelo
    - Residuos

# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Área de disposición antes de construcción



# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Área de disposición durante la construcción inicial



# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Sistema de bombeo por debajo del nivel freático



# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Sistema de bombeo



# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

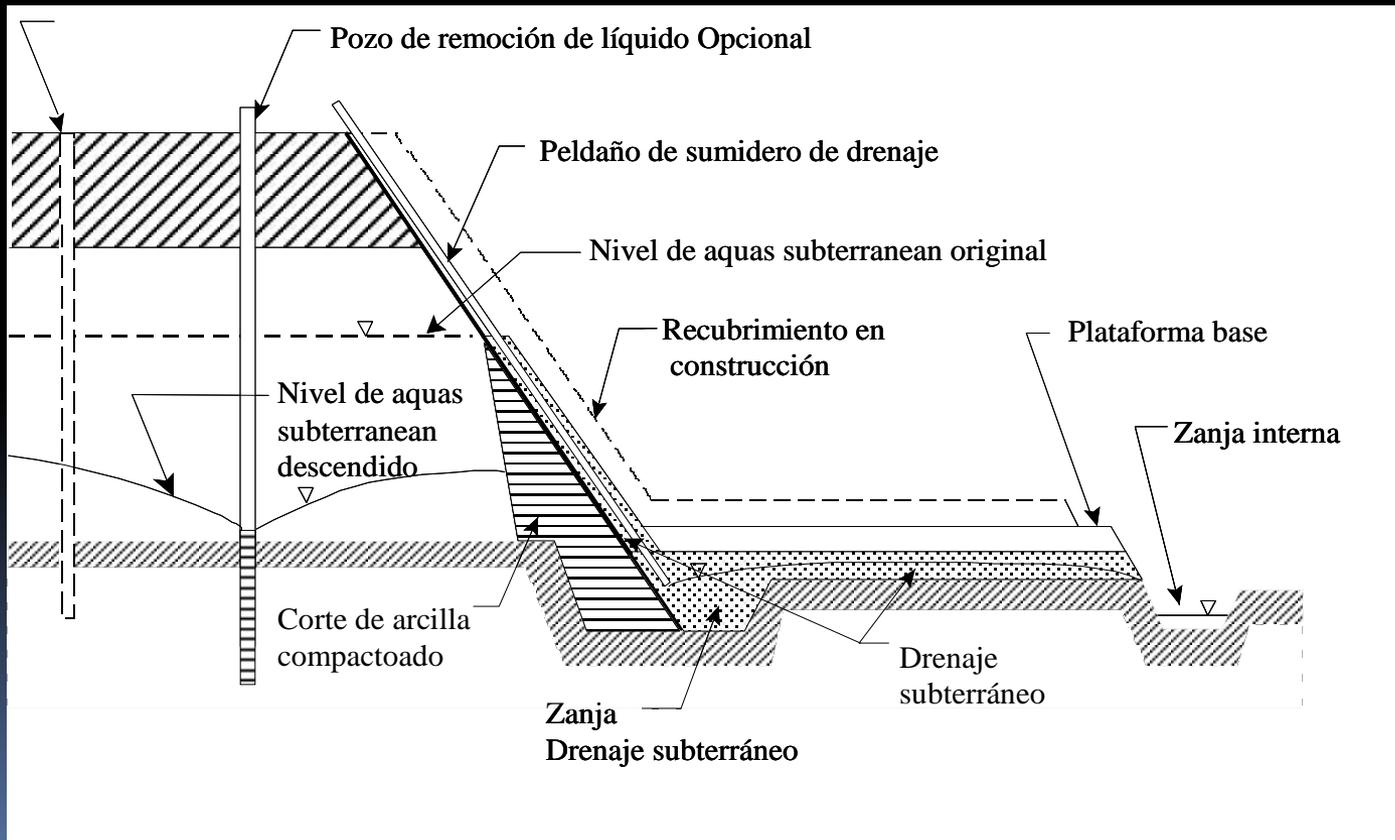
- Construcción terminada





# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Detalle de la pared con arena y grava

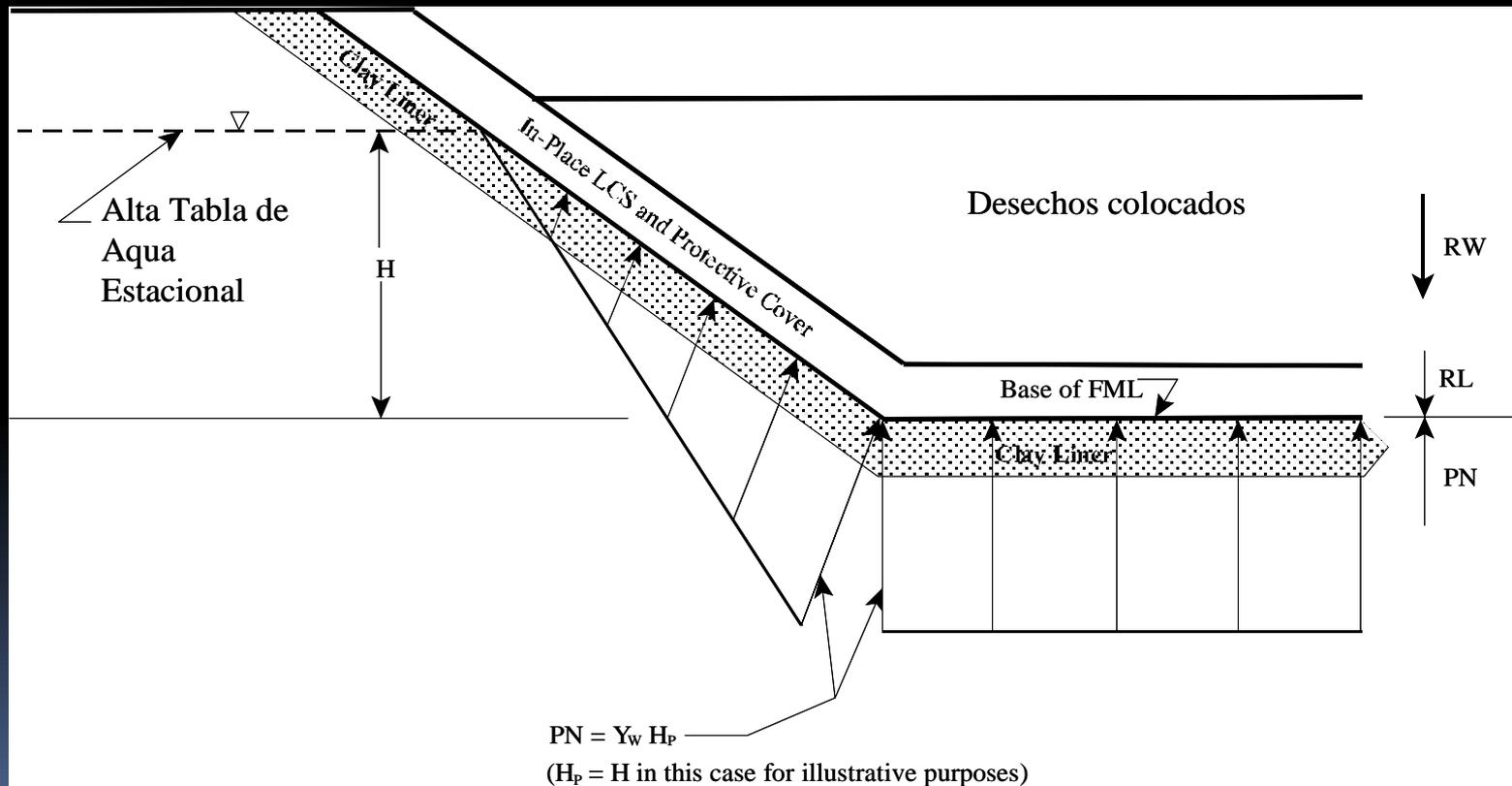


# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Después de que el recubrimiento es construido el sistema de bombeo de agua subterránea debe ser operado hasta que suficiente balastro ha sido colocado sobre el recubrimiento
- El balastro funciona como resistencia al empuje hidrostático del agua subterránea
- El sistema de bombeo y el balastro deben ser diseñados por un ingeniero

# Recubrimiento Construido Por Debajo del Nivel Freático

- Diagrama de las fuerzas hidrostáticas en el recubrimiento





# DOCUMENTACION DE CONSTRUCCION DE CELDAS, POSOS DE MONITOREO

Ingeniero J Roy Murray, SCS Engineers





# Documentación en la Construcción del Recubrimiento

- Las pruebas de control y aseguramiento de calidad deben ser documentadas en un reporte
- Este reporte debe de documentar completamente el proceso de construcción
- Para recubrimientos de rellenos sanitarios es llamada Reporte de Evaluación del Recubrimiento

# Documentación en la Construcción del Recubrimiento



El personal de Control y Aseguramiento observa y documenta todos los aspectos de la instalación del recubrimiento, pruebas, y reparaciones. La documentación incluye, pero no está limitado a:

- Colocación del Panel – registrar longitud, ubicación, número de rollo y lote para cada panel
- Datos de Prueba de Soldadura – ejemplos de soldaduras hechas con el equipo. Típicamente hechas por la mañana antes del inicio de construcción y después del almuerzo. Se requiere una serie de pruebas en combinaciones de uniones (ejemplo: lisa/lisa, texturizada/lisa, etc.) antes de ser usadas en las uniones de la geomembrana.
- Unión de panel – registrar la longitud, ubicación y técnico haciendo la unión. Longitudes acumulativas lineares de paneles unidos, determinar la cantidad de muestras de laboratorio para pruebas destructivas en las uniones.
- Información de reparación – Parches usados para cubrir hoyos, imperfecciones, fallas en uniones, o ubicación donde se tomaron muestras deben ser documentadas por ubicación, razón de la reparación, tamaño, y tipo de reparación, y técnico y equipo usado en la reparación. Toda reparación deberá ser probada con succión.
- Prueba no-destructiva – Canales de aire creados por la soldadura por fusión deben ser presurizados después de que ambos extremos sean soldados, después de 5 min si la presión se conserva dentro del rango especificado se considera que la unión es aceptable. Si no está dentro del rango, el área problema es determinada y el resto de la sección es sometida a prueba.
- Prueba destructiva – Secciones de uniones removidas del recubrimiento y enviadas a un laboratorio independiente para analizar el esfuerzo cortante y el desprendimiento de la adhesión.

# Documentación de la Construcción del Recubrimiento

## Un Reporte de Evaluación de Recubrimiento Típico Incluye:

- Narrativa
  - Personal de Construcción
  - Documentos de Referencia
  - Servicios de Control/Aseguramiento de Calidad Durante la Construcción
  - Actividades de Construcción
    - Suelo
    - Geosintéticos
    - Sistema de Recolección de Lixiviado
    - Capa Protectora
  - Otra Información Pertinente
    - Bombeo de agua subterránea
    - Balastro
    - Otros
- Certificados de Instalación
  - Recubrimiento de Suelo
  - Subbase
  - Geosintéticos
- Sistema de Recolección de Lixiviado
- Capa Protectora
- Pruebas Antes de Construcción
  - Suelos
    - Recubrimiento de Suelo
    - Suelo de Capa de Drenaje y Protectora
    - Piedra/Grava de Drenaje
  - Geosintéticos (del Fabricante)
    - Geomembrana
    - Geored, Geotextil, Geocompuesto
  - Geosintéticos, Cumplimiento (de las pruebas de Control/Aseguramiento de Calidad)
    - Geomembrana
    - Geored, Geotextil, Geocompuesto
    - Inventario de todos los Geosintéticos
- Pruebas Durante la Construcción
  - Recubrimiento de Suelos
    - Densidades en Campo

# Un Reporte de Evaluación de Recubrimiento Típico Incluye: (continuación)

- Permeabilidades
- Propiedades de Suelos
- Mapas de Ubicación de Muestras
- Geosintéticos
  - Soldadura de Prueba
  - Colocación de Panel
  - Unión de Panel
  - Pruebas No-Destructivas
  - Pruebas Destructivas
  - Reparaciones
- Currículum Vitae
  - Topógrafo
  - Instalador de Geosintéticos
  - Personal de Control/Aseguramiento de Calidad durante la Construcción
- Fotografías de la Construcción
- Planos de Levantamientos Topográficos
  - Recubrimiento de Suelo
  - Recubrimiento de Geomembrana
  - Sistema de Recolección de Lixiviado
  - Capa Protectora
- Reporte de Evaluación de Balastro
  - Después de la instalación del balastro
    - Balastro de Suelo
    - Balastro de Residuos

# Pozos de Monitoreo de Agua Subterránea

- Los pozos de monitoreo de agua subterránea proveen muestras que representan las condiciones de esta en la ubicación del pozo
- La muestra de agua es analizada por indicadores de impacto ambiental
- Los pozos de agua subterránea son típicamente ubicados en el perímetro de Sitio
  - Aguas abajo espaciado 250 m
  - Aguas arriba espaciados 500 m

# Pozos de Monitoreo de Agua Subterránea

- Se obtienen 4 muestras como línea base
  - 1 muestra trimestralmente
- Monitoreo de detección
  - 1 muestra cada 6 meses
- Monitoreo de evaluación inicia si los resultados del monitoreo de detección indica impactos
  - Involucra recolección de muestras de agua y análisis de laboratorio por un rango de compuestos expandido
- Para mayor información ver:  
<http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/landfill/financial/gdwmswl.htm>  
y  
<http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/landfill/techman/subparte.pdf>

# Pozos de Monitoreo de Agua Subterránea

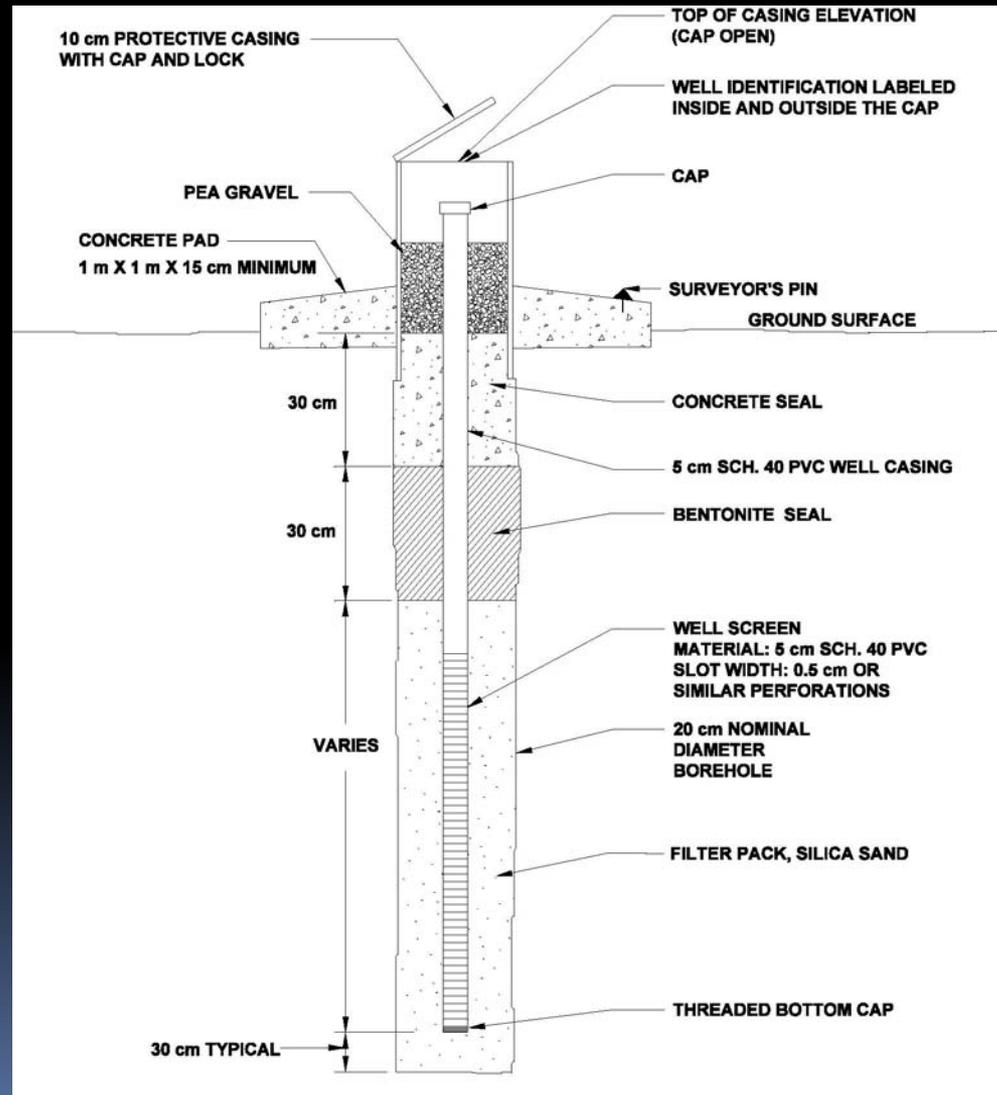
- Constricción de los pozos de agua subterránea
  - La seguridad del personal es prioridad
  - Perforar pozos puede ser peligroso
  - Es crítico usar procedimientos limpios
    - Contaminación introducida durante la construcción tiene efectos adversos por largo plazo en la calidad de las muestras de agua
    - Materiales usados en la construcción deben ser enviados con empaque protector, incluyendo:
      - Arena, bentonita, y PVC

# Pozos de Monitoreo de Agua Subterránea

## Constricción de los pozos de agua subterránea (continuación)

- Tubería de PVC
  - Atornillada
  - No se debe usar cementante o solventes
- El extremo inferior del pozo debe tener perforaciones/ranuras para permitir entrada de agua subterránea
- Las longitudes de la zona perforada/ranurada varia pero típicamente es 3 m
- Generalmente, la base del pozo debe estar a la altura de la base del relleno sanitario
- Colocado por abajo del nivel freático
- El espacio entre el pozo y la tubería del pozo debe ser relleno con arena
- Bentonita es colocada arriba de la arena para sellar el pozo del agua superficial
- Una placa de concreto debe colocarse sobre la bentonita

# Pozos de Monitoreo de Agua Subterránea



# Pozos de Monitoreo de Agua Subterránea

- Pozo de agua subterránea terminado



# Sondas de Monitoreo del Biogás

- Sondas de monitoreo de biogás provee una muestra de atmosférica para detectar la presencia de biogás
- Monitoreo de biogás asegura que la concentración de metano no exceda el limite de explosividad bajo en el perímetro del Sitio
  - El limite de explosividad bajo es 5% en volumen
  - El limite de explosividad alto es 15% en volumen



# Sondas de Monitoreo del Biogás

- Las sondas de biogás son ubicadas típicamente alrededor del perímetro del sitio a cada 300 m
  - La instalación de las sondas de biogás son muy similares a la de los pozos de agua subterránea
- 

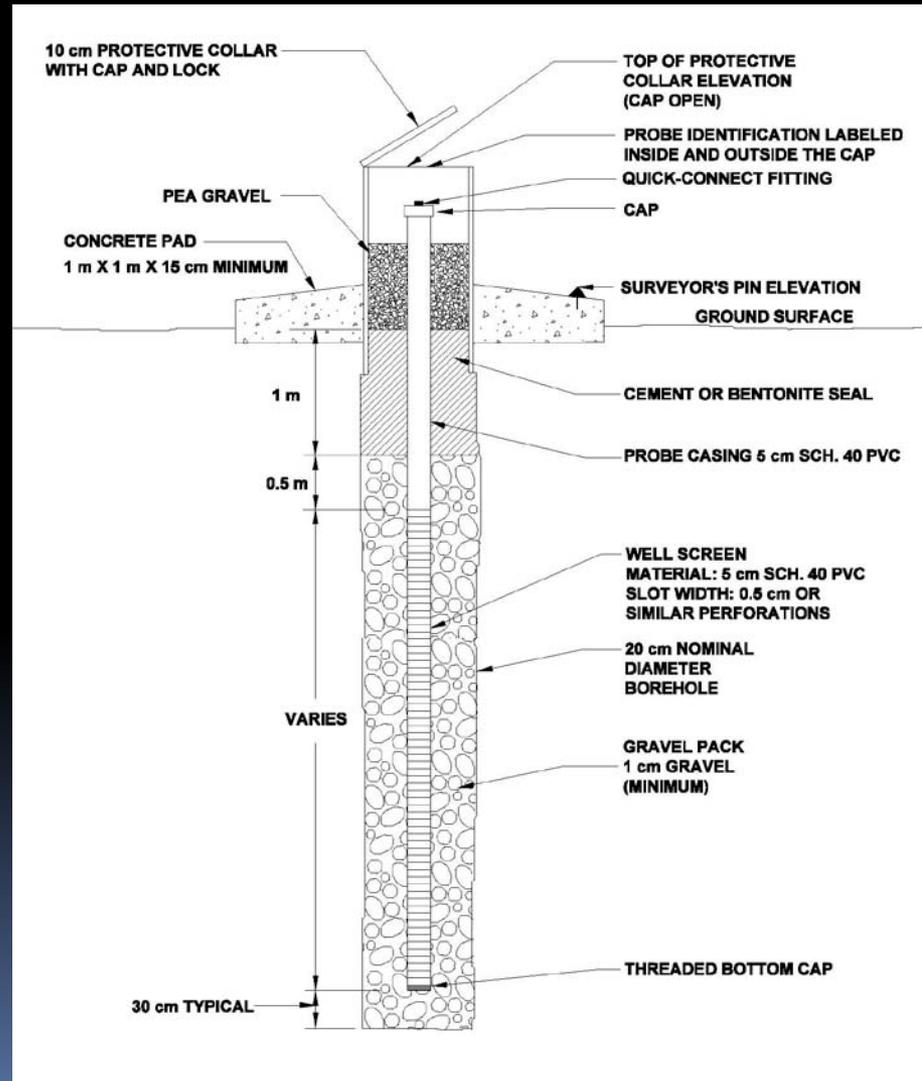
# Sondas de Monitoreo del Biogás

- Construcción de sonda de biogás
  - La seguridad del personal es prioridad
  - Perforar pozos puede ser peligroso
  - Es crítico usar procedimientos limpios
    - Materiales usados en la construcción deben ser enviados con empaque protector, incluyendo:
      - Arena, bentonita, y PVC
  - Tubería de PVC
  - El extremo inferior del pozo debe tener perforaciones/ranuras para permitir entrada de biogás

# Sondas de Monitoreo del Biogás

- Construcción de Sonda de Biogás (continuación)
  - La tubería consiste de una sección solida de 1 m arriba del terreno natural y 1.5 m abajo del terreno natural
  - Generalmente, la base de la sonda debe estar 2 m por debajo del nivel freático o la base del relleno sanitario, el que sea mas alto.
  - El espacio entre la tubería y la perforación debe ser llenado con grava
  - Se coloca bentonita arriba de la grava para proveer un sello y evitar que agua superficial entre al pozo
  - Se coloca una placa de concreto sobre la bentonita.
  - Se usa un tapón enroscado para sellar la sonda y se coloca una válvula tipo “quick connect”

# Sondas de Monitoreo del Biogás



# Sondas de Monitoreo del Biogás

- Sonda de biogás terminada



# Preguntas y Respuestas



# Receso

## Construcción de Nuevos Rellenos Sanitarios

