



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



INTRODUCCION

Marcos Elizondo, Director, Gerencia de Ingeniería y Ambiental,
Republic Services

REPUBLIC SERVICES es un proveedor líder de recolección de residuos sólidos, transferencia, reciclaje y disposición de residuos en los Estados Unidos y Puerto Rico.

J. Roy Murray, Vicepresidente, SCS Engineers

Jose Luis Davila, Gerente de Proyectos, SCS Engineers

SCS ENGINEERS es una empresa consultora con experiencia residuos sólidos que ha venido ofreciendo sus servicios desde 1970. Cuenta con 650 empleados en 45 oficinas en los Estado Unidos. Es considerada la empresa #1 en los Estados Unidos ofreciendo servicios de consultoría en residuos sólidos y biogás.

SCS Engineers, SCS Field Services, SCS Energy, and SCS O & M.

Propósito

- Proveer una guía técnica y sugerir el nivel mínimo de controles y pruebas necesarios en la construcción de un nuevo relleno sanitario
- Incluye
 - Recubrimientos
 - Sistema de recolección de lixiviado
 - Pozos de monitoreo de agua subterránea
 - Sondas de monitoreo de biogás

Propósito





Ubicación

- Un relleno sanitario debe considerar las restricciones de ubicación
 - Condiciones físicas y sociales
 - Estudio de impacto ambiental
- 



Ubicación

- Condiciones Físicas
 - Geología
 - Hidrogeología
 - Agua subterránea
 - Clima
 - Agua superficial (ríos, arroyos, lagos)
 - Fallas geológicas
 - Áreas sísmicas activas
 - Áreas inestables
 - Especies en peligro de extinción
- 



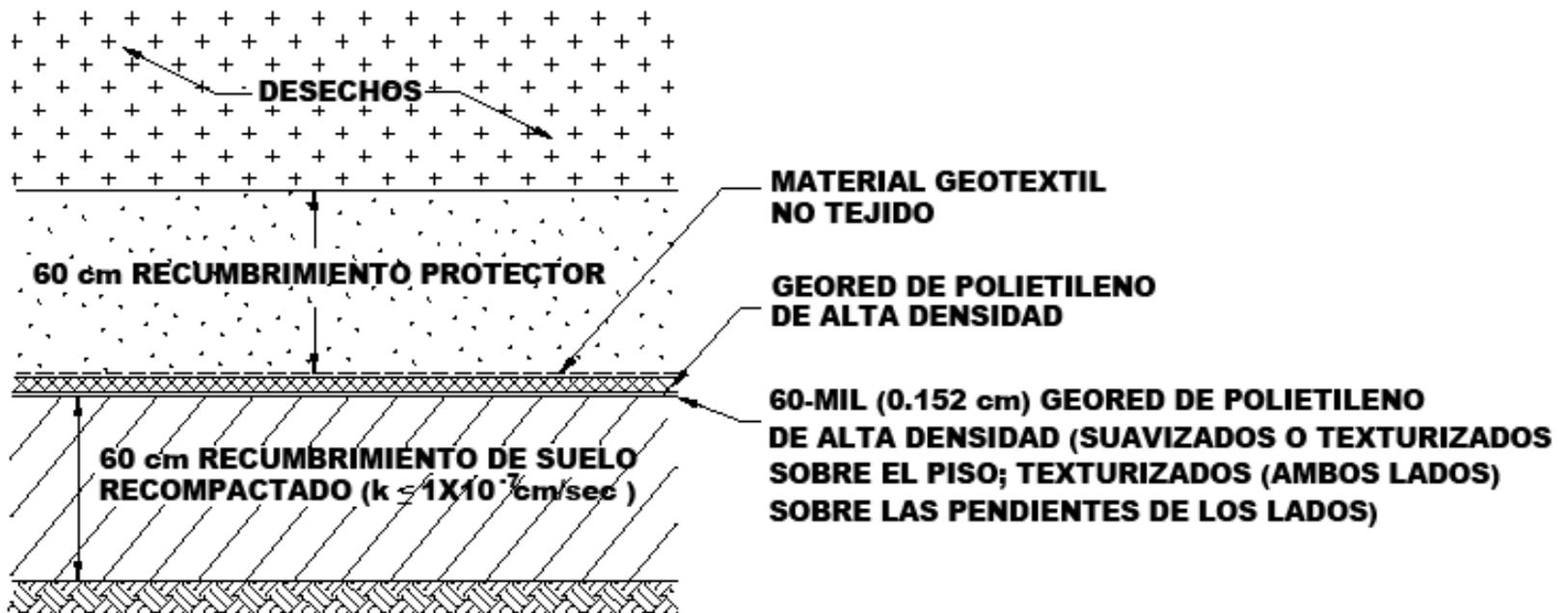
Ubicación

- Condiciones Sociales
 - Escuelas y/o guarderías
 - Iglesias
 - Hospitales
 - Cementerios
 - Desarrollos comerciales y residenciales
 - Áreas recreacionales
 - Sitios históricos
 - Sitios arqueológicos
 - Sitios con calidad estética excepcional
- Procurar la participación del gobierno y la comunidad

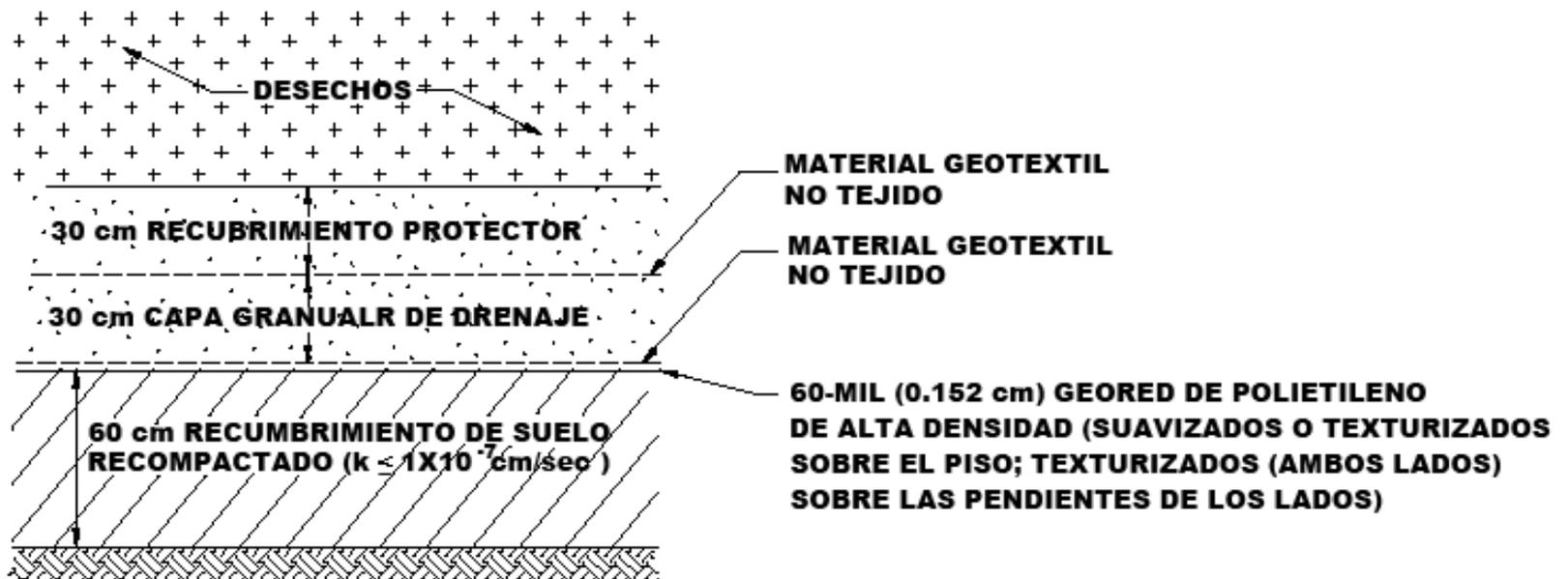
Componentes de Una Celdas

- Recubrimiento compuesto
 - 60 cm de recubrimiento de suelo recompactado
 - $k = 1 \times 10^{-7}$ cm/sec
 - 60-mil (0.152 cm) geored de polietileno de alta densidad
 - Liso o texturizados sobre el piso
 - Texturizados (ambos lados) sobre las pendientes
- Sistema de Recolección de Lixiviado

Componentes del Recubrimiento



Componentes del Recubrimiento





Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- Líquidos que entran en los residuos se convierten en lixiviado
- El lixiviado tiende a moverse hacia el fondo del relleno sanitario
- Es colectado por el recubrimiento
- El sistema de recolección transporta el lixiviado hacia los cárcamos
- Este sistema es diseñado para controlar el nivel sobre el recubrimiento



Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- 5 componentes principales
 - Capa de drenaje
 - Tubería recolectora
 - Cárcamos o puntos de recolección
 - Tubería y Sistema de bombeo
 - Manejo del lixiviado recolectado
- 

Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- Capa de Drenaje
 - Granular
 - Arena
 - Grava
 - Geosintética
 - Geored
 - Geotextil



Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- Tubería de recolección
 - PVC
 - Polietileno de alta densidad (PEAD)



Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- Cárcamo o punto de recolección



Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- Sistema de bomba y tubería



Componentes del Sistema de Recolección de Lixiviado

- Manejo del lixiviado recuperado
 - Lagunas
 - Tanques
 - Tratamiento
 - Envió a fuera del sitio



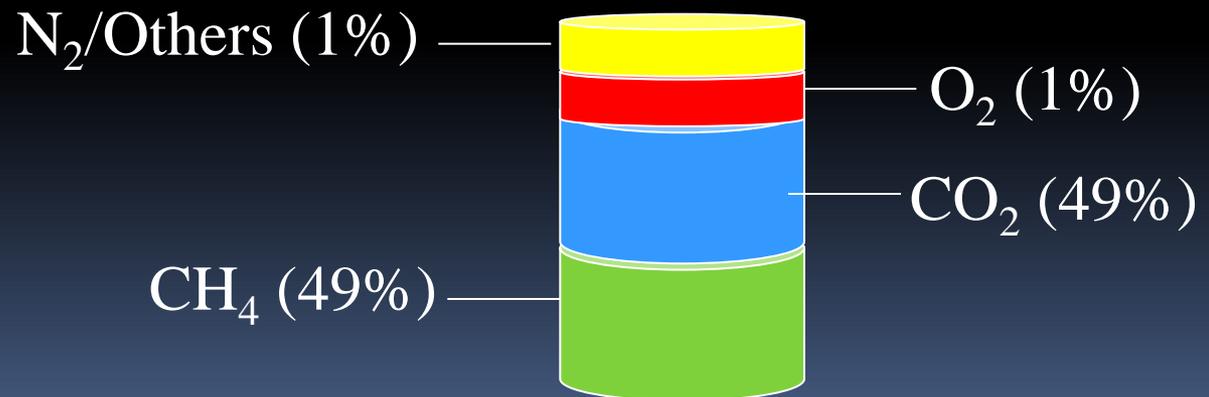
Control/Aseguramiento de Calidad Construcción

- Control/Aseguramiento de Calidad (QC/QA) incluye: monitoreo, pruebas, y recomendaciones durante el proceso de construcción. El personal debe estar familiarizado con los procedimientos, especificaciones y planos de construcción.
- El monitoreo y documentación debe ser de tiempo completo durante todas las fases de construcción del proyecto.
- Es recomendable para la mayoría de las fases de construcción en el relleno sanitario



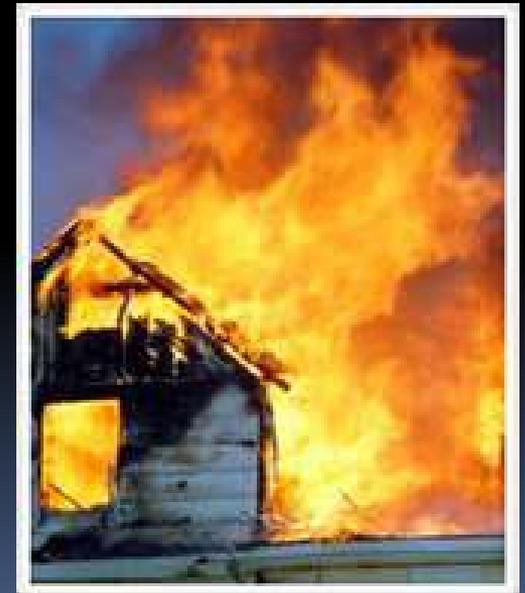
Biogás

- El biogás es generado por la degradación anaeróbica de los residuos orgánicos
- 50% metano y 50% dióxido de carbono, trazas de otros compuestos



Biogás

- Cuidados:
 - Olores
 - Explosiones
 - Fuente de Gases de Efecto Invernadero



Biogás

- Sistema de monitoreo perimetral
 - Sondas de monitoreo
 - Típicamente monitoreado cada 3 meses
 - Peligro a 5% metano por volumen



Biogás

- Sistemas de control
 - Pasivos
 - Chimeneas/Pozos de Venteo
 - Quemadores individuales
 - Activos
 - Quemadores



Receso

Operación de Nuevos Rellenos Sanitarios



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- 60 cm de suelo
- Coeficiente de permeabilidad $< 1 \times 10^{-7}$ cm/sec
- Limite Liquido > 30
- Índice de Plasticidad > 15
- Porcentaje de suelo pasando por la criba de 0.075 mm $> 30\%$
- Piedra o roca con tamaño máximo de 25 cm
- El contenido de rocas o piedras $< 10\%$

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Los suelos pueden estar disponibles in-situ siempre y cuando pasen las especificaciones
 - 1 prueba por cada 5000 m²
 - Verificación del grosor 1 por cada 500 m²

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Sistema de manejo de agua de lluvia debe ser construido para mover el agua alrededor del recubrimiento
- Minimizar el flujo de agua hacia o en el recubrimiento
- El agua de lluvia en el recubrimiento debe ser removida tan pronto como sea practico
- Si no se puede drenar por gravedad, utilizar bombas

Construcción del Recubrimiento de Suelos

- Pruebas en el suelo
 - Previo a la construcción para determinar que el suelo es adecuado para el recubrimiento
 - Humedad/densidad
 - Cribado
 - Límites de Atterberg
 - Coeficiente de permeabilidad

Construcción del Recubrimiento de Suelos

- Pruebas en el suelo
 - Durante la construcción para determinar su construcción apropiada
 - Densidad de campo
 - Cribado
 - Límites de Atterberg
 - Coeficiente de permeabilidad
 - Grosor

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Elementos clave
 - Control de calidad estricto – asegura que los materiales y la construcción sean proveídos de acuerdo con los planos, normas y permisos
 - Selección apropiada del suelo – el suelo debe cumplir con las especificaciones
 - Control de humedad – mejora la permeabilidad y controla desecación
 - Grado de compactación – asegura la compactación suficiente para conseguir los requerimientos de permeabilidad

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Elementos clave (continuación)
 - Tipos y pesos del equipo de compactación – para alcanzar densidad, unión entre capas y reducir el tamaño de los terrones
 - Grosor de la capa – penetración total del compactador a través de la capa suelta y la capa anterior
 - Tamaño del terrón – reduce vías de infiltración
 - Unión de capas – reduce vías de infiltración

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Elementos clave (continuación)
 - Protección en contra de desecación-produce grietas en el recubrimiento
 - Protección en contra el estancamiento de agua – Saturación compromete la integridad estructural del recubrimiento
 - Mantenimiento después de terminada la instalación – prevenir desecación, agrietamiento, erosión y acumulación de sedimentos

Construcción del Recubrimiento de Suelos

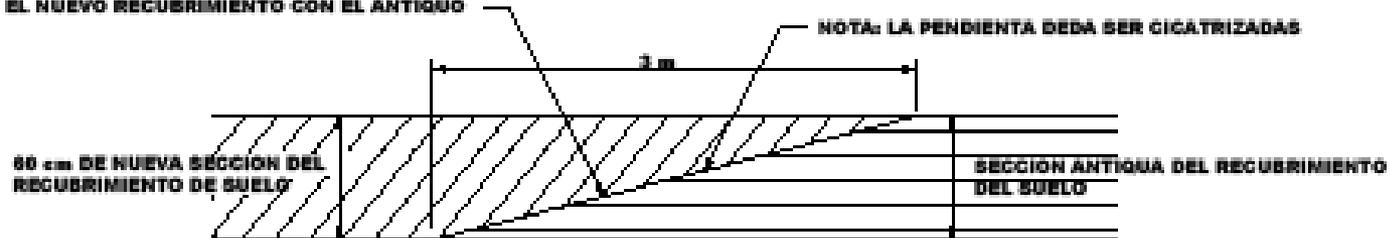
- Raspar la subbase
- La parte superior de cada capa debe ser raspada
- Las capas sueltas no debe ser mas gruesas que los dientes del compactador
- Para paredes con pendientes mayores de 3:0, construir en capas horizontales
suficientemente anchas para el equipo de construcción
- Alisar la superficie antes de colocar la geomembrana o cuando esta expuesto mas de 24 horas



Construcción del Recubrimiento de Suelo

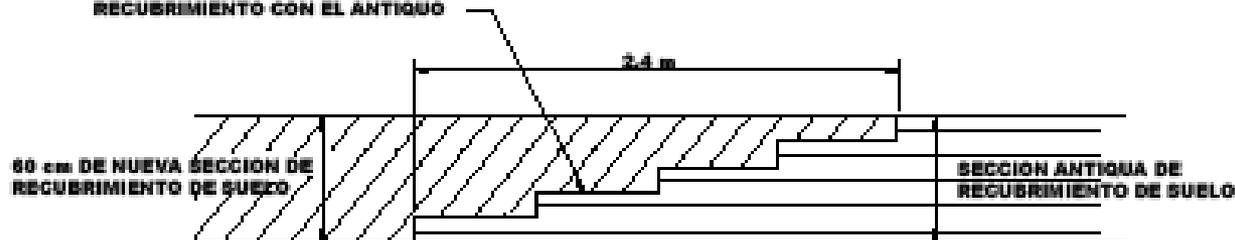
- Unión de recubrimientos de suelo

PENDIENTE DE 5:1 DE TRANSICIÓN REALIZADA EN LA SECCION ANTIGUA DEL RECUBRIMIENTO PARA VINCULAR EL NUEVO RECUBRIMIENTO CON EL ANTIGUO



VINCULAMIENTO DE LA PENDIENTE

ESCALERA HECHA EN LA SECCION ANTIGUA DE RECUBRIMIENTO PARA VINCULAR EL NUEVO RECUBRIMIENTO CON EL ANTIGUO



VINCULAMIENTO DE LA ESCALERA

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Hidratación del recubrimiento
 - Muy importante
 - Requerido para la compactación
 - Agregar agua durante la mezcla del suelo
 - El agua debe ser limpio no lixiviado



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Tamaño de terrones y rocas
 - Terrones deben ser reducidos para alcanzar la permeabilidad
 - No rocas o piedras mayores de 25 cm



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Esfuerzo de compactación
 - El suelo del recubrimiento debe ser compactado con un pata de cabra o un compactador plano
 - Se debe controlar el grosor de la capa para permitir la penetración en estas capas
 - 8 pases como mínimo

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Compactación del suelo



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Plasticidad del suelo
 - Importante en la selección del material
 - Los límites de Atterberg y el cribado deben ser revisados continuamente para detectar cualquier cambio en las propiedades físicas
 - El límite líquido o índice de plasticidad no debe cambiar más de 10 puntos



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Cobertura protectora de suelo
 - 60 cm mínima entre la geomembrana y los residuos
 - 30 cm mínima entre el sistema de recolección de lixiviado y los residuos
 - Debe permitir que el lixiviado fluya hacia la capa de drenaje
 - La permeabilidad debe ser $> 1 \times 10^{-4}$ cm/sec o proveer vías para mover el lixiviado a través de otros suelos o tuberías

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Capa protectora de suelo



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Pruebas para Aseguramiento de Calidad
- Densidad en campo
 - 95% de la densidad seca máxima (ASTM D 698)
 - => del contenido óptimo de humedad
 -
 - 90% de la densidad seca máxima (ASTM D 1557)
 - => 1% del contenido óptimo de humedad

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Pruebas para Aseguramiento de Calidad
- Densidad en campo
 - Una prueba cada 750 m² de superficie por capa (por lo menos 3 pruebas por capa)
 - Secciones del recubrimiento que no pasen las pruebas no debe ser reinstalado y las pruebas deben de hacerse de nuevo

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Pruebas de Aseguramiento de Calidad
- Densidad de campo
 - Dispositivo nuclear - costo aproximado \$8,000
 - Existen métodos manuales - costo aproximado del equipo \$200



Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Pruebas de Aseguramiento de Calidad
- Análisis de cribado, límites de Atterberg y Coeficiente de permeabilidad
 - Una prueba por cada hectárea por capa (no menos de 1 por capa)
- Verificación del Grosor
 - Mediante levantamientos topográficos
 - Una verificación por cada 500 m² de superficie

Construcción del Recubrimiento de Suelo

- Verificación de materiales in-situ
 - La base y los lados de la excavación deberá ser inspeccionada visualmente por el profesional de Aseguramiento de Calidad
 - Determinar las áreas que no cumplen con los requerimientos del recubrimiento de suelo
 - Se probaran los primeros 60 cm del material in-situ
 - Material que no cumple debe ser removido y remplazado
 - Los primeros cm deben ser raspados, recomcompactados y alisados

Receso

Operación de Nuevos Rellenos Sanitarios



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Geomembrana – Polietileno de Alta Densidad (PEAD) recubrimiento flexible
 - Grosor de 60 mils (0.152 cm)
 - Recubrimiento instalado sobre suelos



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Fabricado de materiales crudos
- Enviado en rollos
- Inspeccionado al ser recibido por señales de daños o defectos
- Proteger de suelos suaves, húmedos, rocosos o desnivelados
- No almacenarlos en a mas de 5 rollos de altura



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Preparación de la base



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Instalación de la geomembrana
 - Evitar daños a la base y la geomembrana



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Instalación de la geomembrana
 - No instalar durante climas inclementes
 - Lluvia
 - Vientos fuertes
 - Durante periodos de vientos fuertes, detener construcción y asegurar la geomembrana con suelo, neumáticos, rollos del material geosintético, bolsas de arena u otro material pesado que no cause daños a la geomembrana

Construcción de Recubrimiento de Geomembrana



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Equipo sobre la geomembrana
 - Solo si equipo que produzca baja presión sobre el suelo como:
 - Carritos de golf
 - Vehículos todo terreno pequeños
 - Otros equipos con neumáticos de caucho que produzcan presiones menores 35 kPa con un peso total de 340 kg incluyendo su carga.



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Construcción en pendientes verticales o casi vertical
 - Pendientes mayores de 1:1
 - Usar geomembrana texturizada en ambos lados de PEAD de 60 con una capa de drenaje geocompuesta
 - Construirse en segmentos de 3 m verticales
 - Asegurar la parte alta con una anclaje de zanja diseñado para soportar el peso de la geomembrana y la capa de drenaje compuesto
 - Construir segmentos verticales adicionales con 1 m de traslape con el segmento inferior
 - El ultimo traslape no es necesario que sea fusionado
 - La capa protectora debe ser instalada en incrementos a como vaya progresando la disposición hacia arriba de la pendiente proveyendo un mínimo de 60 cm de grosor

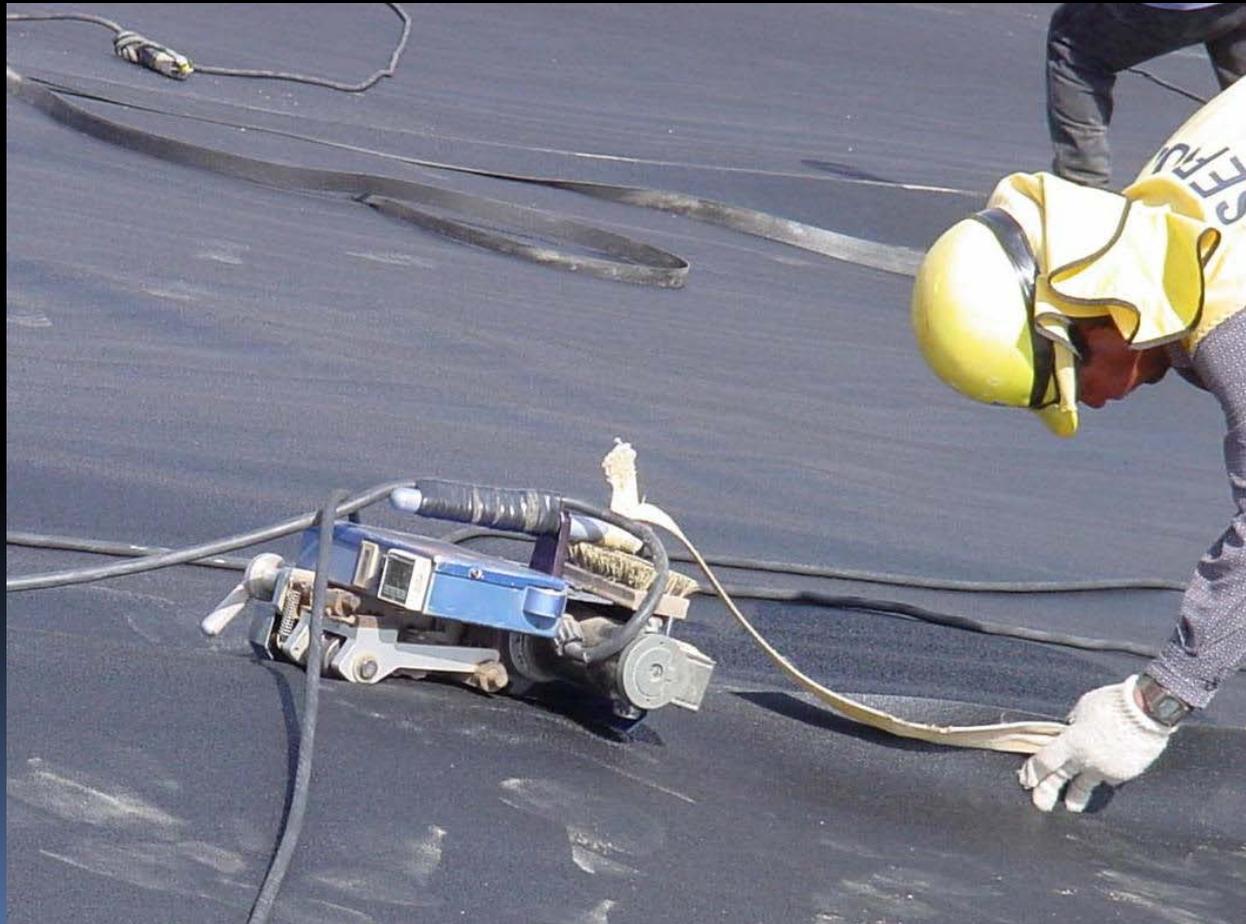
Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

■ Unión

- Los paneles de geomembrana deben ser unidos para prevenir fugas de líquidos
- Dos tipos de unión
 - Soldado por fusión
 - Soldado por extrusión
- Remover arrugas lo mayor posible antes de hacer la unión
- Todo polvo, agua, aceite o cualquier material ajeno debe ser removido antes de la unión
- Traslape de paneles de 8 cm
- Uniones en las pendientes debe ser paralelas a la pendiente no perpendiculares
- No se debe de unir geomembrana si las temperaturas son mayores de 40°C o menores de 0°C

Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Soldadura por Fusión



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Soldadura por Extrusión



Pruebas en el PEAD

PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	METODO	FRECUENCIA
Resina	Densidad	D 1505	Por cada lote de resina
	Índice de Derretimiento	D 1238 (90/2.16 y 190/21.6)	
Control de Calidad del Fabricante	Prueba usando el Estándar GM13 ^A		
Pruebas por un laboratorio independiente	Grosor	D 5199 (PEAD liso) o D 5994 (PEAD texturizado)	1 /9,000 m ² o 1/lote el mayor
	Gravedad Especifica/ Densidad	D 1505/D 792	1/9,000 m ² o 1/lote el mayor
	Contenido de Carbón	D 1603	
	Dispersión de Carbón	D 5596	
	Prop. de Tensión	D 638 ^B Type IV	
Prueba destructiva de campo en uniones	Corte	D 4437	varia
Prueba no-destructiva de campo en uniones	Presión	GM6	En todas las uniones por fusión
	Succión	D 5641	Todas las uniones cuando sea posible

Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

PRUEBAS EN PEAD INCLUYE:

- **Control de Calidad del Fabricante**

- Resina
 - Densidad
 - Índice de Derretimiento
- Geomembrana
 - Grosor
 - Densidad
 - Contenido de carbón
 - Dispersión de carbón
 - Propiedades de tensión
 - Resistencia al corte
 - Resistencia a penetración
 - Tiempo de inducción de oxidación
 - Horno de envejecimiento
 - Resistencia a agrietamientos
 - Altura de aspersion (para PEAD texturizado)

Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- PRUEBAS EN PEAD INCLUYE (continuación):
 - Pruebas para confirmar el control de calidad del fabricante
 - Todos los ítems probados por el fabricante
 - Uniones
 - Pruebas de uniones preliminares
 - Antes de comenzar las uniones en campo
 - Verificar que las condiciones son adecuadas
 - Pruebas no-destructivas
 - Pruebas de presión en soldaduras por fusión
 - Succión en soldaduras por extrusión

Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- PRUEBAS EN PEAD INCLUYE (continuación):
 - Prueba de presión en soldadura por fusión



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- PRUEBAS EN PEAD INCLUYE (continuación):
 - Succión en soldadura por extrusión



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- PRUEBAS EN PEAD INCLUYE (continuación):
 - Prueba destructiva en uniones



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Reparaciones y prueba
 - Inspección visual continua para detectar hoyos, perforaciones, roturas o quebraduras
 - Reparación usando parches de material adicional soldados por fusión en el área dañada
 - Todas las uniones en la reparación deben ser probadas



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Zanja y relleno para el anclaje
 - La zanja de anclaje en todas las porciones del al geomembrana donde la orilla no será usada en el futuro para unirse a la próxima celda



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Zanja y relleno para el anclaje
 - La zanja de anclaje debe ser rellena con suelo compactado



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Materiales para la capa protectora y drenaje
 - La capa protectora y drenaje de 60 cm
 - Colocar en las horas mas frescas del día
 - Instalar con dedos para controlar y minimizar arrugas
 - Instalar hacia arriba en las pendientes
 - Instalar con equipo ligero como buldócer de baja presión
 - Se recomienda supervisión continua por el profesional de aseguramiento de calidad durante la construcción

Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Capa protectora y capa granular de drenaje



Construcción de Recubrimiento de Geomembrana

- Capa protectora instalada en dedos



Preguntas y Respuestas



Almuerzo

Construcción de Nuevos Rellenos Sanitarios

