



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS A  
TERRAPLENES”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA CIVIL - CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A:

HUGO EDUARDO SOTO ISLAS

**TUTOR:**

**ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO.**



2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** M.I. AGUSTÍN DEMÉNEGHI COLINA  
**Secretario:** M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS  
**Vocal:** ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO  
**1er. Suplente:** ING. LUIS ZARATE ROCHA  
**2do. Suplente:** ING. ERNESTO RENE MENDOZA SANCHEZ

Lugares donde se realizó la tesis:

Posgrado de Ingeniería de la UNAM.  
División de Ingenierías Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería, UNAM.

**TUTOR DE TESIS:**

**ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO**

---

**FIRMA**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Ing. Carlos M. Chavarri M.**

Por su apoyo académico y la amistad que me ha brindado. Por presionarme e insistirme en terminar esta investigación y exigirme elevar mi nivel profesional.

### **Ing. Rafael A. Soto Plata**

Por creer en mí. Por conseguirme trabajos independientes.

### **Ing. Alfredo Carrera H.**

Por darme mi primer oportunidad de trabajo y por todos los tips y recomendaciones profesionales.

### **Ing. Jesús Marinez V.**

Por apoyar mi superación profesional.

### **M.E. Damaris Garza, Gerente de EVI SA de CV.**

Gracias por la información y los detalles en esta investigación.

### **Ing. Oscar Couttolenc, Director de GMA México.**

Por apoyar esta investigación y por la disposición en seguirla.

### **Mis Padres: Rodolfo F. Soto H. y Ma del Carmen Islas R.**

### **CONACyT**

Por el apoyo económico recibido durante estos dos años y permitirme dedicarme de lleno al colegio.

### **UNAM**

Por esta gran oportunidad incomparable.

*- Por mi Raza Hablará el Espíritu -*

*A medida que pasan los días y los meses se van,*

*el tiempo no se entretiene con la gente.*

*Es por ello que por lo que los sabios no valoran*

*tanto una gran gema como un poco de tiempo.*

*El tiempo es difícil de encontrar y fácil de perder.*

*Lao Tse*

ÍNDICE . . . . .	1
INTRODUCCIÓN . . . . .	3
RESUMEN . . . . .	6
ABSTRACT . . . . .	8
I. LOS GEOSINTÉTICOS . . . . .	11
I.I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS GEOSINTÉTICOS . . . . .	11
I.II. GEOTEXTILES . . . . .	12
I.III. GEOMALLAS . . . . .	17
I.IV. GEOREDES . . . . .	22
I.V. GEOMEMBRANAS . . . . .	22
I.VI. GEOCOMPUESTOS . . . . .	23
I.VII. GEOCELDAS . . . . .	24
I.VIII. GEOMANTAS . . . . .	25
I.IX. MÉTODOS DE PRUEBA . . . . .	27
II. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN . . . . .	29
II.I. DRENAJE DE SUBSUELOS . . . . .	29
II.II. SUBRASANTE . . . . .	30
II.III. CARPETA ASFÁLTICA . . . . .	32
II.IV. REFUERZO DE TALUDES INCLINADOS CON FUNCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN . . . . .	34
II.V. DESPLANTE Y REFUERZO DE LA BASE Y CUERPO DE TERRAPLENES . . . . .	37
II.VI. CONTROL DE EROSIÓN DE TALUDES . . . . .	40
II.VII. RELLENOS SANITARIOS . . . . .	44
III. CASOS DE APLICACIÓN . . . . .	47
III.I. ESTABILIZACIÓN DE TERRAPLÉN SOBRE SUELO ARCILLOSO EXTREMADAMENTE BLANDO, PARA EL PROYECTO “BEIHEITH MILITARY ROAD” EN KUWAIT . . . . .	47
III.II. CONTROL DE EROSIÓN Y VEGETACIÓN DE UN TALUD ARTIFICIAL Y TRINCHERAS EN LENTATE (MILÁN) . . . . .	49
RECOMENDACIONES ADICIONALES . . . . .	55
CONCLUSIONES . . . . .	59
APÉNDICES Y ANEXOS . . . . .	61
III.III. FICHAS TÉCNICAS GENERALES . . . . .	61
III.IV. FORMULAS Y GRAFICAS . . . . .	64
III.V. MÉTODOS DE PRUEBA . . . . .	66
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	73



---

# INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de construcción, se refiere a diversas formas y combinaciones de cómo hacer o crear varios tipos de estructuras. La construcción, desde el punto de vista de la Ingeniería, se dirige hacia el terreno donde la mano de obra se combina con aparatos superiores, es decir, máquinas. La maquinaria que se emplea en la construcción es cada vez mejor y es elaborada con base en las necesidades actuales: capacidad de carga, velocidad, potencia, dimensiones, facilidad de transporte, etc., en otras palabras, la maquinaria tiene cada vez más tecnología. La construcción actual se complementa a un mas en la coordinación de las dimensiones, es por esto que se diseñan las estructuras y los aparatos se elaboran en una diversidad de patrones estándar, lo que disminuye los errores y las malas edificaciones en la construcción y con esto se busca disminuir los vicios ocultos que, por lo general, quedan en las construcciones.

La construcción no ha tenido cambios importantes en sus procedimientos desde hace aproximadamente 30 ó 40 años. Los cambios que ha tenido han sido debidos a las nuevas tecnologías, tanto en maquinaria como en materiales, sin embargo los procedimientos están muy lejos de ser diferentes. Quizás no se han encontrado nuevos métodos o tal vez se ha llegado a los métodos más óptimos para construir, al menos con los materiales que se utilizan actualmente.

Los índices de calidad en la construcción son muy variables y ambiguos, al menos en México. Hay empresa en México que tienen un “ISO 9001” por calidad en el procedimiento de trabajo y es que realmente sería imposible lograrlo al 100% en todas las estructuras que se construyen con los procedimientos de construcción y recursos actuales. Es decir, nada garantiza un vibrado perfecto en un colado; nada garantiza que una carpeta asfáltica no tenga desniveles tanto longitudinales como transversales en alguna sección aleatoria.

Se debe ser realista y entender que, al menos actualmente, no se conseguirán obras absolutamente perfectas. Sin embargo, se pueden mejorar. La tecnología de maquinaria y materiales, la mano de obra oportunamente capacitada y la especialización de los profesionales permiten que los errores se disminuyan.

La mano de obra capacitada ofrece buenos terminados, ensamblajes, soldaduras, juntas, vibrados, compactados, etc. Algunos de estos conceptos dependen tanto de la maquinaria como de los materiales, pero es el personal quien las maneja, así que éste debe ser o estar capacitado para que estas tareas sean bien ejecutadas.

Los Recursos y Necesidades que la Ingeniería tiene, han llevado a la investigación y a la evolución de nuevos materiales como el caso de los geosintéticos que se comenzaron a utilizar en el mundo a partir de los años 1960's. Hoy en día se siguen utilizando como refuerzo en terraplenes, estabilización de taludes, construcción de gaviones, cuentas, etc. Son los geotextiles la parte tecnológica de esta tesis y el uso de estos en los caminos.

El terreno sobre el que se desplantan las carreteras es variable a lo largo de éstas. Una misma carretera (desde el punto de vista de proyecto) puede pasar por varios tipos de suelo como: roca, gravas, arenas, suelos saturados y ríos; estas condiciones generan que un proyecto carretero tenga importantes variaciones en su construcción y en su diseño estructural a lo largo de sus cadenamientos. Por mencionar un ejemplo de lo anterior, una carretera llega pasar de un corte en roca a un terraplén en menos de 10 metros de longitud.

La construcción de terraplenes es generalmente sobre desniveles y sobre suelos inestables como los suelos blandos (lacustres o pantanosos). La estabilidad de terraplenes desplantados sobre suelos blandos es muy baja debido a la baja capacidad de carga de estos suelos, por lo que los terraplenes sufren importantes deformaciones debidas a las cargas excesivas que el terraplén ejerce sobre el suelo. El costo de mantenimiento es alto debido a que debe ser constante o en otro caso, las reparaciones son costosas ya que se deben hacer en gran escala lo cual lleva mucho tiempo.

Los fabricantes de geosintéticos han desarrollado distintos tipos de estos para usos específicos y desempeños más óptimos. Los geosintéticos más importantes en el área de estabilización de terraplenes son las geomallas, los geocompuestos y las geomembranas; más adelantes se explican detalles del funcionamiento de estas y se determina cuales son los usos para los que se recomiendan.



---

*“A partir de los años 60’s y explorando más y más sus aplicaciones durante los años 70’s, los geotextiles se establecieron firmemente como materiales prácticos y económicos para la construcción y edificación subterránea. Sin embargo, en los años ochenta hubo un crecimiento dinámico en esta industria empujado por varios factores correlacionados. Entre ellos:*

- Una identificación y competencia fuerte entre muchos tipos de geotextiles normales*
- Una influencia de parte de no-geotextiles, pero productos geosintéticos correlacionados; como son las mallas para refuerzo, redes para drenaje y un gran número de compuestos para usos finales específicos.*
- El establecimiento de normas mínimas de comportamiento provenientes de muchas agencias federales y estatales para usos finales más comunes*
- Actividad entre grupos que formulan las normas y la industria en la redacción de métodos de prueba, procedimientos y valores recomendados.*

*Sin embargo se cree que los geotextiles y otros materiales geosintéticos relacionados apenas han comenzado a establecer su posición legítima en la construcción relacionada con lo subterráneo. Muchos ingenieros, arquitectos y proyectistas en ejercicio de su profesión, han oído raramente acerca de estos productos, mucho menos los han usado. Solamente algunas de universidades tratan el tema en forma abierta y concienzuda. Particularmente hace falta la confianza de comparar una propiedad geosintética medida con la propiedad requerida que le corresponde. Este tipo de comparación tan común en la construcción con concreto, acero o madera actualmente se maneja con cautela, si es que se considera. Tal enfoque requiere confianza, la cual se crea con el conocimiento. La familiaridad se puede crear con el uso, conocimiento o una combinación de ambos.”*

**El objetivo** de esta investigación es en esencia es divulgar y promover los geosintéticos así como sus usos y beneficios a través de una descripción sencilla, técnica y concreta de éstos. Ofrecer de alguna manera una bibliografía de consulta en español de estos productos. Independientemente de los usos que se muestran en esta investigación se le recuerda al lector que pueden ser utilizados con toda libertad para otros usos. El uso limitado o ilimitado de los geosintéticos depende del usuario y de sus habilidades y conocimientos para aprovecharlos de la forma más adecuada.

---

## RESUMEN

Los geosintéticos incluyen una variedad de materiales de polímeros sintéticos especialmente fabricados para uso en aplicaciones de tipo geotécnico, geoambiental, hidráulico y de ingeniería de transporte. Es conveniente identificar la función primaria de un geosintético, pudiendo ser de: separación, filtración, drenaje, refuerzo, contención de fluidos o control de erosión. En algunos casos los geosintéticos pueden tener más de una función.

Separan dos capas de suelo que tienen diferente distribución de partículas. Los geotextiles son usados para prevenir que materiales de base de carreteras penetren suelos blandos de estratos subyacentes, manteniendo el espesor de diseño y la integridad de la vía.

Actúan en forma similar a un filtro de arena permitiendo el movimiento de agua a través del suelo y reteniendo las partículas arrastradas por el flujo. Los geotextiles son usados para prevenir la migración de agregados de los suelos o la formación de canales cuando se tiene drenaje en el sistema.

Trabajan como drenes para conducir el flujo a través de suelos menos permeables. Los geotextiles son usados para disipar las presiones de poro en la base de terraplenes. Para grandes flujos fueron desarrollados drenes de geocompuestos. Estos materiales han sido usados como drenes de orillas en pavimentos, drenes de interceptación en taludes, y drenes de contrafuertes y muros de contención. Drenes verticales prefabricados han sido usados para acelerar la consolidación de fundaciones con suelos blandos cohesivos debajo de terraplenes y rellenos previamente cargados.

Funcionan como un elemento de refuerzo dentro de la masa de suelo o en combinación con el propio suelo para producir un compuesto que mejore las propiedades de resistencia y deformación. Algunos geotextiles y geomallas son usados para adicionar resistencia a tracción a la masa de suelo y posibilitar paredes de suelo reforzado verticales o casi verticales.

Los refuerzos permiten la construcción de terraplenes al borde de taludes con mayores ángulos que los posibles con suelo no reforzado. Las geomallas han sido usadas para cubrir cavidades que se pueden generar debajo de capas granulares sometidas a cargas (carreteras y vías de ferrocarril) o debajo de sistemas de cubierta en rellenos sanitarios.

Como una barrera impermeable para fluidos y gases. Geomembranas, películas finas de geotextil, revestimientos de arcilla geosintética (GCL's) y geotextiles revestidos son usados como barreras que impiden el flujo de líquidos o gases. Esta función es usada también en pavimentos, encapsulación de suelos expansivos y contenedores de desperdicios.

Reducen la erosión del suelo causada por el impacto de lluvias y escurrimiento de agua en la superficie. Mantas temporales de geosintéticos y tapetes livianos permanentes de geosintéticos son colocados sobre los taludes evitando la exposición del suelo. Barreras de geotextil son usados en la retención de partículas traídas por el escurrimiento superficial.

Los geotextiles son usados también en otras aplicaciones. Son usados en pavimentos de asfalto reforzado y en estratos de amortiguación para prevenir punción en geomembranas por piedras en el suelo adyacente, desechos o agregado durante la instalación y servicio. Los geosintéticos han sido usados como cubiertas en la superficie de rellenos sanitarios para prevenir la dispersión de desechos sueltos debido al viento o a aves. Los geotextiles también han sido usados en cimbras flexibles de concreto y en la composición de costales de arena. Geotubos cilíndricos son manufacturados de dos capas de geotextil que son llenados con relleno hidráulico para crear terraplenes costeros o para desecación de lodo.

---

**ABSTRACT**

Geosynthetics include a variety of synthetic polymer materials that are specially fabricated to be used in geotechnical, geoenvironmental, hydraulic and transportation engineering applications. It is convenient to identify the primary function of a geosynthetic as being one of: separation, filtration, drainage, reinforcement, fluids containment, or erosion control. In some cases the geosynthetic may serve dual functions.

They separate two layers of soil that have different particle size distributions. Geotextiles are used to prevent road base materials from penetrating into soft underlying soft subgrade soils, thus maintaining design thickness and roadway integrity.

They act similar to a sand filter by allowing water to move through the soil while retaining all upstream soil particles. Geotextiles are used to prevent soils from migrating into drainage aggregate or pipes while maintaining flow through the system.

They work as a drain to carry fluid flows through less permeable soils. Geotextiles are used to dissipate pore water pressures at the base of roadway embankments. For higher flows, geocomposite drains have been developed. These materials have been used as pavement edge drains, slope interceptor drains, and abutment and retaining wall drains. Prefabricated vertical drains (PVD's) have been used to accelerate consolidation of soft cohesive foundation soils below embankments and preload fills.

They work as a reinforcement element within a soil mass or in combination with the soil to produce a composite that has improved strength and deformation properties over the unreinforced soil. Some geotextiles and geogrids are used to add tensile strength to a soil mass in order to create vertical or near-vertical changes in grade.

Reinforcement enables embankments to be constructed over very soft foundations and to build embankment side slopes at steeper angles than would be possible with unreinforced soil. Geogrids have also been used to bridge over voids that may develop below load bearing granular layers (roads and railways) or below cover systems in landfill applications.

Like a relatively impermeable barrier to fluids or gases. Geomembranes, thin film geotextile composites, geosynthetic clay liners (GCL's) and field-coated geotextiles are used as fluid barriers to impede flow of liquid or gas. This function is also used in asphalt pavement overlays, encapsulation of swelling soils and waste containment.

They reduce soil erosion caused by rainfall impact and surface water runoff. Temporary geosynthetic blankets and permanent lightweight geosynthetic mats are placed

over the otherwise exposed soil surface on slopes. Geotextile silt fences are used to remove suspended particles from sediment-laden runoff water.

Geotextiles are also used in other applications. They are used for asphalt pavement reinforcement and as cushion layers to prevent puncture of geomembranes from stones in the adjacent soil, waste or drainage aggregate during installation and while in service. Geotextiles have been used as daily covers to prevent dispersal of loose waste by wind or birds at the working surface of municipal solid waste landfills. Geotextiles have also been used for flexible concrete formworks and for sandbags. Cylindrical geotubes (geopipes) are manufactured from double layers of geotextiles that are filled with hydraulic fill to create shoreline embankments or to dewater sludge.



## CAPITULO I.

# LOS GEOSINTÉTICOS

Los geosintéticos, en general, son elementos sintéticos planares resistentes, que al integrarse en el suelo interactúan con éste formando un sistema mejorado de mayor capacidad y menor deformabilidad.

El objetivo de este capítulo es proveer un conocimiento general e información a cerca de geotextiles y productos relacionados. Se ofrece para que le sirva al lector como escalón de apoyo para comprender el desempeño de los materiales en su aplicación en el Capítulo III.

### I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los materiales geosintéticos están disponibles en una variedad de geometrías y composición de polímeros para satisfacer un amplio rango de aplicaciones. Es importante que todos los materiales que constituyen un geotextil sean resistentes, durables, inertes químicamente que sean altamente resistentes a los efectos de las condiciones del terreno, clima y paso del tiempo. En instalaciones permanentes, el comportamiento a largo plazo de la estructura depende de la durabilidad del geosintético. Dependiendo de la aplicación, los geosintéticos podrían tener



FIG. 2.1 DIVERSOS GEOSINTÉTICOS

requerimientos específicos son resistencia a la fluencia, a la temperatura o su exposición

a la luz ultravioleta. Todos los factores pertinentes deben considerarse cuando se haga la selección.

Los geosintéticos evitan la sustitución de suelos cuyas propiedades mecánicas los hace inadecuados para cumplir la función que requiere una nueva obra, ya sea por deformaciones excesivas o por resistencias insuficientes. Permiten procesos constructivos más rápidos y eficientes.

Para el caso de caminos, pueden reducir el espesor de la estructura de un pavimento diseñado por métodos tradicionales, manteniendo los niveles requeridos de seguridad y servicio. Reducen los asentamientos diferenciales del camino, lo cual permite mantener un buen estado de servicio.

Reducen los costos de mantenimiento y prolongan la vida útil de las obras. Son fáciles de colocar, pues se adaptan al sitio. Algunos productos pueden combinar por sí mismos varias funciones a la vez (refuerzo + separación, refuerzo + filtración, refuerzo + separación + drenaje, etc.), sin requerir obras adicionales.

Los geosintéticos pueden ser ampliamente clasificados en categorías según el método de manufactura.

## II. GEOTEXTILES

La telas para las aplicaciones con geotextil se pueden producir a partir de fibras tejidas mediante procesos de tejido o entrelazado, o pueden formar parte de los materiales llamados no tejidos. La selección de la tela óptima depende de los requerimientos funcionales de la instalación. En general, las telas tejidas son resistentes a la tensión, tienen un módulo elevado de elasticidad y elongación baja. En cambio, las telas no tejidas generalmente poseen alta permeabilidad y deformabilidad debido a su alto índice de elongación. Telas de punto de agujas, como los tejidos con fibras entrelazadas, ofrecen propiedades únicas diferentes de las que ofrecen las telas tejidas y no tejidas.



FIG. 2.2 ROLLO DE GEOTEXTIL



✓ TEJIDOS

Varios tipos de fibras se utilizan para variar los patrones de tejido en las telas geotextiles. Una fibra de multifilamentos finos, continuos que se unen al torcer o mezclar las hebras. Un monofilamento es una hebra única. Una fibra de película cortada es una hebras plana, tipo cinta que se obtiene al cortar una película polimérica extruída. Cintas fibriladas se obtienen al separa y torcer las películas extruídas.

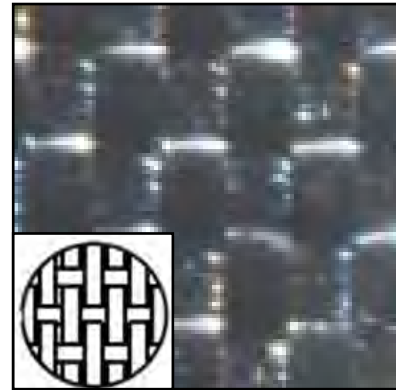


FIG. 2.3 ESTRUCTURA DEL GEOTEXTIL TEJIDO

✓ NO TEJIDOS

Las telas no tejidas se fabrican a partir de una variedad de procesos. Los geotextiles se producen, frecuentemente, mediante la combinación de dos tipos de procesos diferentes. El primero es la formación de la fibra de donde se obtiene, o un filamento continuo o una fibra principal (corta). Las hebras se unen mediante el agujado, calandrado térmico u otros procesos o combinaciones.

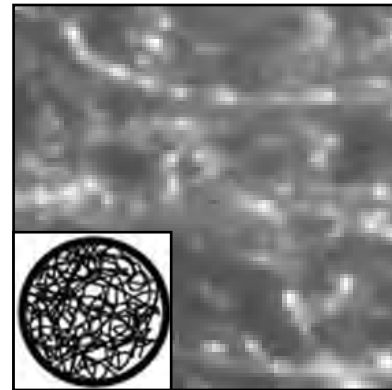


FIG. 2.4 ESTRUCTURA DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO

APLICACIONES

✓ DRENAJE DE SUBSUELOS

Se usan en sistemas de drenaje de subsuelos como separadores permeables para mantener el suelo del sistema, pero permitiendo que el agua pase libremente. Aguas subterráneas sin control pueden ser destructivas, por lo que se necesita un drenaje de subsuelos debajo de autopistas, estacionamientos, líneas costeras, muros, campos atléticos, campos de golf, pistas de carreras, jardines y otras áreas.

La permeabilidad o flujo y la porosidad son características críticas. Las telas no tejidas se usan comúnmente debido a su capacidad de flujo alto y

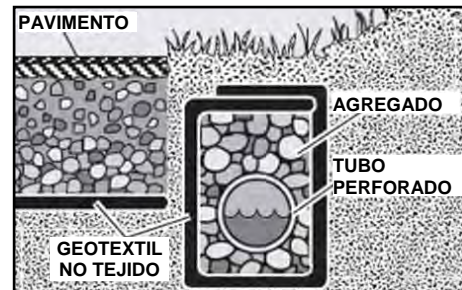


FIG. 2.5 DREN INTERCEPTOR A LO LARGO DE UNA CARRTERERA

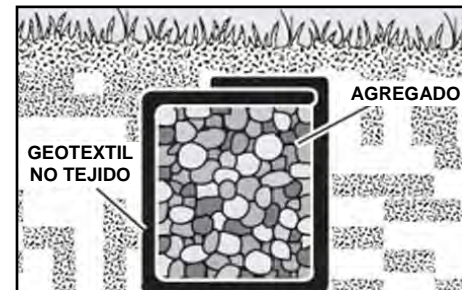


FIG. 2.6 DREN FRANCES SIN TUBO

tamaño de abertura pequeña. En la mayoría de las aplicaciones de drenaje de subsuelos, la resistencia del material no constituye la consideración principal. Esta es solamente crítica durante la instalación. Siempre debe trabajarse con mucho cuidado para asegurar una instalación efectiva.

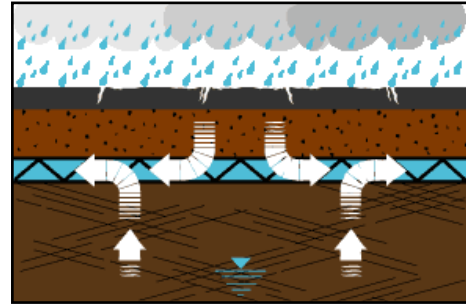


FIG. 2.7 FUNCIONAMIENTO DEL DREN

✓ ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE

Un geotextil puede mejorar la capacidad de carga y reducir la excavación cuando se construyen carreteras sobre caminos blandos. El geosintético proporciona una barrera para prevenir que el relleno se mezcle con la subrasante bajo el tráfico de la construcción. La subrasante puede, de esta manera, desarrollar su máxima capacidad de soporte y el relleno puede distribuir mejor las cargas debidas al tráfico. Las propiedades de los geotextiles dependen de la capacidad de soporte de la subrasante y de las cargas aplicadas durante la construcción. Los geotextiles también pueden proveer funciones de filtración y drenaje, si se requiere. Las técnicas de instalación varían de acuerdo a la aplicación, pero en general, estos se colocan directamente sobre la subrasante seguido de la colocación y compactación de un espesor adecuado de agregado. Los geosintéticos usados bajo las vías del ferrocarril proporcionan filtración adicional a la base estructural, permeabilidad planar (lateral), mejoramiento de la resistencia y modulo así como separación entre la subrasante y el balasto.

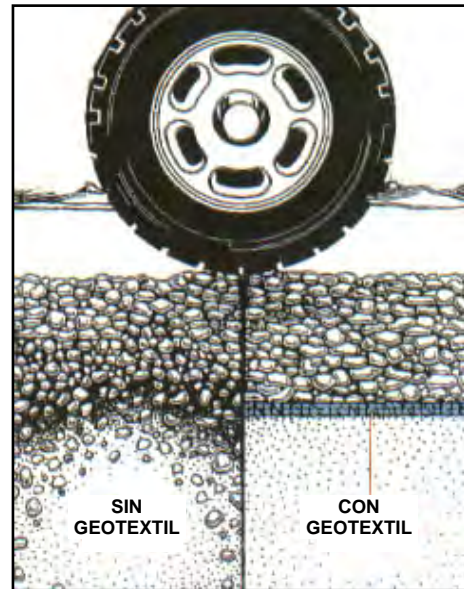


FIG. 2.8 COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE

✓ VÍAS NO PAVIMENTADAS

Los geosintéticos pueden ser utilizados de forma eficaz en el refuerzo de vías no pavimentadas y plataformas de trabajo sobre suelos blandos. Cuando son especificados apropiadamente, los geosintéticos pueden tener una o más de las

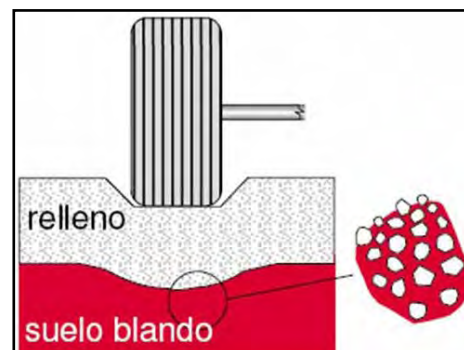


FIG. 2.9 MECANISMO DEL SUELO NO REFORZADO

siguientes funciones: separación, refuerzo y drenaje. Los geotextiles y las geomallas son los materiales más comúnmente usados en esos tipos de obras.

Cuando son aplicados como refuerzo en vías no pavimentadas, los geosintéticos pueden proveer los siguientes beneficios, respecto de las vías no reforzadas:

- Reducción del espesor de relleno;
- Separación entre agregados y suelos de baja resistencia, en caso se use geotextil;
- Aumento de la capacidad de soporte de suelos de baja resistencia;
- Reducción de la deformación lateral de rellenos;
- Generación de una distribución de esfuerzos más favorable;
- Ensancha la distribución de los incrementos de esfuerzos verticales;
- Reducción de la deformación vertical debido

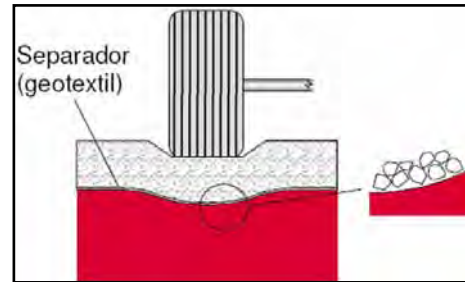


FIG. 2.10 MEJOR DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES

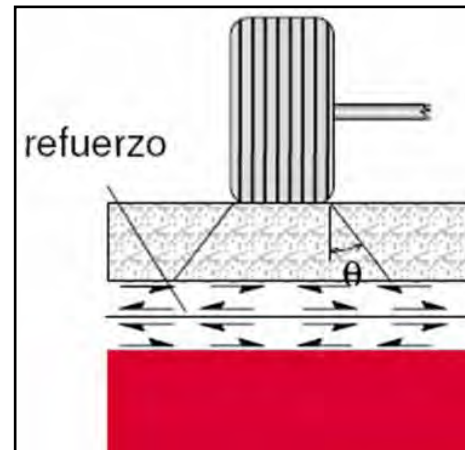


FIG. 2.11 SEPARACIÓN

al efecto membrana;

- Incremento del tiempo de vida de la vía;
- Reducción del mantenimiento periódico;
- Reducción de los costos de construcción y operación de la vía.

Cuando la profundidad del ahuellamiento aumenta, la forma deformada del geosintético provee mayor refuerzo debido al efecto de membrana. La componente vertical de las fuerzas de tensión en el refuerzo, reduce posteriores deformaciones verticales en el terraplén.

Varias investigaciones en la literatura han

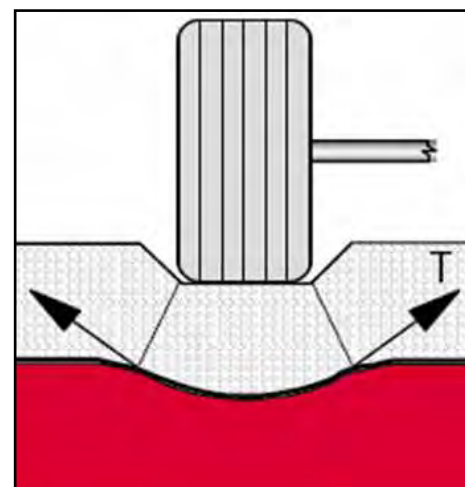


FIG. 2.12 EFECTO MEMBRANA

mostrado que en una vía reforzada se alcanzará una determinada profundidad de ahuellamiento para un número de repeticiones de carga (intensidad de tráfico), mayor que en el caso no reforzado. Esto conduce a un mayor tiempo de vida y a un menor mantenimiento periódico de la superficie.

Un material de refuerzo drenante, también acelerará la consolidación de un suelo blando, aumentando su resistencia. Es posible lograr el drenaje de suelos blandos mediante el uso de geotextiles con agregados, geotextiles y geomallas como refuerzo o geocompuestos de drenaje. La estabilización de la parte superior del suelo de fundación blando será benéfica si la vía será pavimentada en el futuro, reduciendo costos de construcción y disminuyendo las deformaciones del pavimento.

Existen métodos de diseño disponibles en la literatura, incluyendo métodos simples basados en el uso de gráficos para análisis preliminares. Estos métodos requieren de parámetros convencionales del suelo y parámetros del refuerzo para el diseño en condiciones de rutina. Algunos gráficos de diseño han sido también desarrollados por fabricantes de geosintéticos especialmente para el dimensionamiento preliminar usando sus productos.

✓ CARPETA ASFÁLTICA

El exceso de humedad en la base de la carretera es la causa principal de su deterioro prematuro. Nueve de cada diez problemas de humedad en la subrasante y la base se deben a la lluvia que penetra la carretera a través de su superficie. Cargas debidas a vehículos pesados, pueden causar daños graves a los caminos especialmente cuando la base está húmeda y reblandecida.

Cuando se instala entre las capas de asfalto vieja y nueva, el geotextil ayuda a retardar el agrietamiento y mejora la vida útil de la carpeta. El geotextil absorbe la liga de riego asfáltico rociado sobre la superficie del pavimento viejo, convirtiéndose en una barrera impermeable

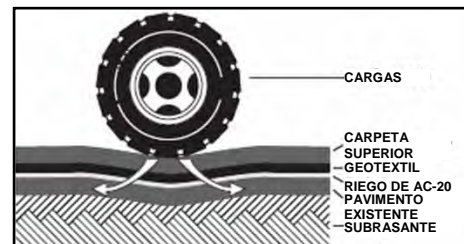


FIG. 2.13 REDUCCIÓN DEL DESGASTE DE LA CARPETA SUPERIOR

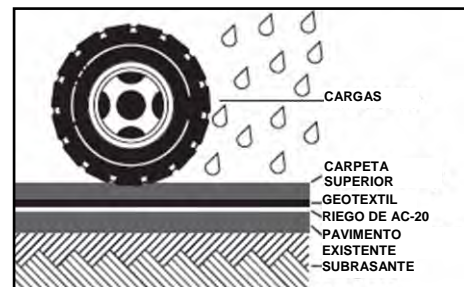


FIG. 2.14 BARRERA PROTECTORA IMPERMEABLE PARA LA SUBRASANTE



permanente contra humedad.

Esta barrera, creada por el geosintético, protege la subrasante de la penetración del agua y de la pérdida de resistencia. La vida útil del pavimento se extiende, los costos de mantenimiento se reducen y una costosa repavimentación se ve pospuesta por unos cuantos años más de lo normal en caso de haber usado técnicas de repavimentación convencionales. También retarda el desarrollo del agrietamiento en la carpeta al proporcionar una capa flexible liberadora de esfuerzo entre el pavimento existente y la carpeta asfáltica.

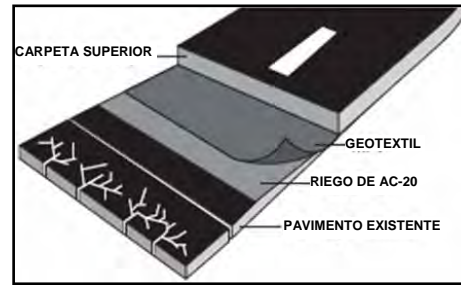


FIG. 2.15 REDUCE LA REFLEXIÓN DE GRIETAS EN LA CAPA NUEVA

El geotextil que más se usa en aplicaciones de repavimentación es uno no tejido liviano. Un equipo de instalación apropiado y técnicas de construcción son factores importantes en la calidad de instalación.

### III. GEOMALLAS

Las geomallas se caracterizan por su tamaño de abertura grande. Algunas se fabrican a partir de láminas perforadas que se sacan para alinear las moléculas poliméricas. Otras se forman uniendo filamentos en una dirección o tejiendo o enlazando las hebras y revistiéndolas para formar la configuración de malla.



FIG. 2.16 GEOMALLA

#### ✓ MONO-ORIENTADAS

Son estructuras bidimensionales, realizadas con polímeros de alta densidad. Son químicamente inertes y de elevada resistencia a la tracción, están específicamente realizadas para el refuerzo de terreno. La estructura compuesta terreno-geomalla, se comporta como si tuviese resistencia a la tracción intrínseca, es decir, que la introducción de la geomalla produce una especie de cohesión en

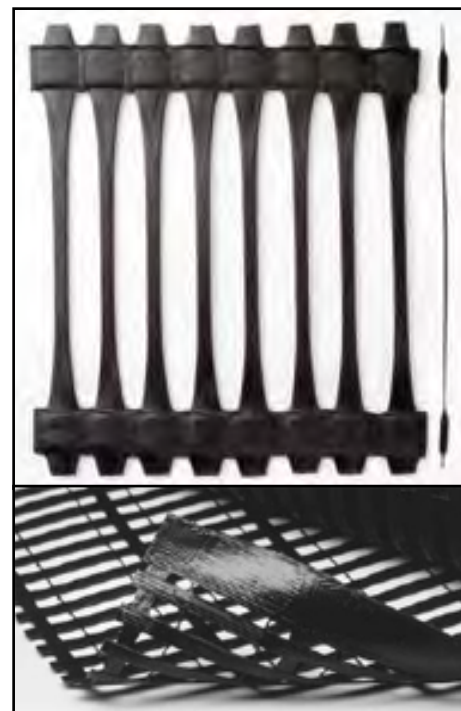


FIG. 2.17 GEOMALLAS MONO-ORIENTADAS VARIAN EN SU ASPECTO DEPENDIENDO DEL FABRICANTE

materiales no cohesivos de por sí. La capacidad de la malla de recibir los esfuerzos y de redistribuirlos en un plano, contribuye posteriormente al mejoramiento de la característica de resistencia a las cargas estáticas y dinámicas.

Permiten realizar pendientes de inclinaciones elevadas no realizables con base a la resistencia sola del terreno; Dan la posibilidad de construir carreteras sobre terrenos normalmente no transitables por vehículos pesados; Aumentan el tiempo de duración en obras sometidas a fuerzas concentradas y a las rápidas variaciones de carga.

Son recomendadas para

- construcción de muros de contención, retención y sostenimiento.
- Barreras verdes fotoprotectoras.
- Ensanchamiento de la cresta de una pendiente

✓ BI-ORIENTADAS

Son químicamente inertes con características mecánicas homogéneas y uniformes. Son realizadas con polipropileno, mediante un proceso de extrusión: primero en dirección longitudinal y después en dirección transversal.

Un método antiguo y eficaz para aumentar la capacidad de carga del terreno consiste en el refuerzo del terreno por medio de estructuras que tiene función de zuncho respecto a los gránulos del terreno y que pueden soportar esfuerzos de tracción mayores que los soportados por el terreno por sí solo. La estructura de la geomalla bi-orientada es una estructura que trabaja como zuncho, gracias a los gránulos de terreno o de conglomerado que se

encastran en las aberturas rectangulares, y transmite con continuidad fuerzas elevadas de tracción a través de los hilos y de los nudos. Por lo tanto es posible obtener mejorías significativas en la capacidad de carga del terreno, aplicando la geomalla a más capas, que permita distribuir las

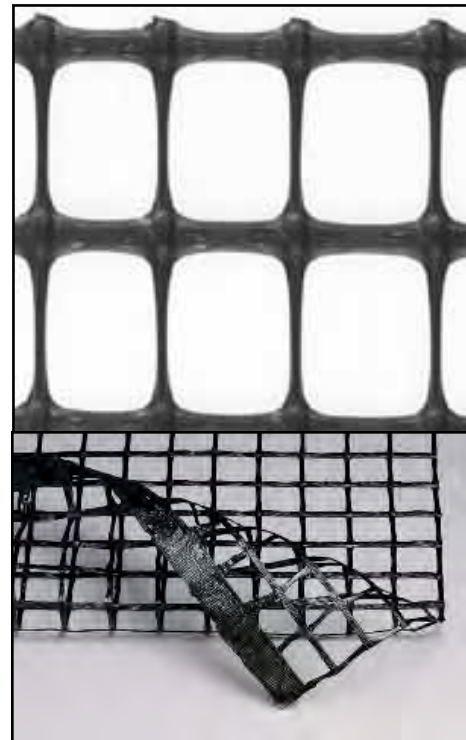


FIG. 2.18 GEOMALLAS BI-ORIENTADAS VARIAN EN SU ASPECTO DEPENDIENDO DEL FABRICANTE



FIG. 2.19 ENCASTRADO DE LOS GRANULOS EN LAS ABERTURAS DE LA GEOMALLA

cargas sobre una base más amplia, disminuyendo y uniformizando así el refuerzo aplicado y el hundimiento consecuente.

En el caso de terrenos sometidos a cargas dinámicas, como carreteras, las geomallas bi-orientadas permiten reducir notablemente la fluencia lateral de los gránulos a causa del ciclo continuo de presiones y descompresiones.

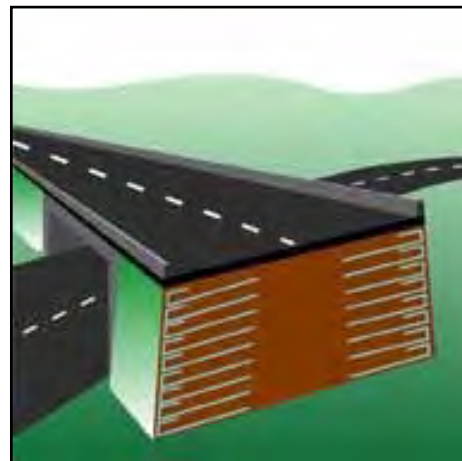
Son recomendadas para:

- Refuerzo de base en carreteras
  - Pavimento
  - Cuerpo de terraplén
  - Terracerías
- Refuerzo de pavimentos asfálticos
- Refuerzo de la base de terraplenes
- Aumento en la capacidad para cimentaciones superficiales
- Estabilización de áreas sujetas a cargas permanentes
- Refuerzo secundario en concreto lanzado y de cunetas

## APLICACIONES

### ✓ REFUERZO INTERNO

Las geomallas usadas como refuerzo interno de muros de tierra, permiten el refuerzo del suelo, creando un área de relleno estable detrás de la superficie del muro. Esta medida reduce el peligro de desplazamiento lateral del muro como consecuencia de las cargas verticales, las cuales son transformadas en presiones horizontales contra la parte trasera del muro. Esta aplicación es una alternativa para los muros de retención de gravedad o voladizos que se usan en muchas estructuras de ingeniería civil.



**FIG. 2.20 MURO REFORZADO CON GEOMALLAS MONO-ORIENTADAS**

El uso de geosintéticos permite una reducción significativa en la cantidad de concreto requerida, disminuye el costo de la construcción del muro y reduce los requerimientos de soporte de carga del pavimento, lo que resulta en un ahorro de material y tiempo.

Los sistemas reforzados con geosintéticos son resistentes a los suelos corrosivos y ácidos, lo que permite en muchas ocasiones, que se puedan usar rellenos de la misma obra menos costosos.

✓ REFUERZO DE TALUDES INCLINADOS

Las geomallas permiten la construcción de taludes con mayor grado de inclinación que el permitido por el ángulo de reposo natural del suelo. Esto ayuda al uso más eficiente del terreno. En proyectos privados, la cantidad de terreno útil dentro de un predio dado, se incrementa sin costo adicional para la construcción de un muro de contención. En la construcción de autopistas, las vías pueden ser ampliadas sin incrementar el derecho de vía reemplazando un talud plano convencional por uno inclinado reforzado.



FIG. 2.21 TALUD CON PENDIENTE MUY PRONUNCIADA REFORZADO CON GEOMALLAS MONO-ORIENTADAS

La separación vertical y la longitud de empotramiento del refuerzo son condiciones críticas para obtener una masa del suelo reforzado estable.

✓ TERRAPLENES REFORZADOS SOBRE SUELOS BLANDOS

Terraplenes reforzados con geosintéticos causan un ahorro considerable en comparación con los métodos convencionales de construcción, los que incluyen desplazamiento de suelos y bermas estabilizadoras. En este tipo de aplicación, los suelos de cimentación subyacentes son muy blandos para permitir la construcción de un terraplén con la altura requerida y/o no permiten un factor de seguridad adecuado contra fallas sin esfuerzos de tensión.

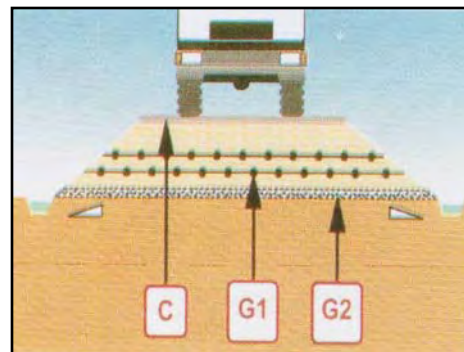


FIG. 2.22 ESQUEMA DEL REFUERZO DE UN RETTAPLÉN. C: PAVIMENTO; G1: GEOMALLA BI-ORIENTADA; G2: GEOCOMPUESTO

Técnicas de análisis convencionales de mecánica de suelos se usan para evaluar las condiciones del suelo y la geometría del terraplén. A partir de este análisis, se genera un diseño que ofrece la resistencia de refuerzo requerida del geosintético.

El geosintético se coloca sobre el suelo de cimentación, generalmente con una mínima alteración de los materiales existentes. Luego se construye el terraplén usando



equipo convencional de construcción hasta alcanzar la altura requerida. Unas o más capas de geosintéticos pueden ser usadas para proveer el refuerzo necesario para asegurar la estabilidad del terraplén.

Los geosintéticos de refuerzo o estabilizadores interactúan con el suelo por medio de mecanismos de fricción o trabazón dependiendo del tipo de geosintético, proporcionando resistencia a la tensión y una baja deformación, lo que resulta en una deformación de los espesores del agregado pétreo y en menores deformaciones verticales. Los geosintéticos de refuerzo, al interactuar con el subsuelo y la capa de agregados pétreos, ayudan a mantener en su lugar a la capa de agregado. Esta acción confinante mantiene el espesor y por lo tanto la capacidad de carga del agregado y contribuye a distribuir mejor las cargas aplicadas.

Para el caso de los geotextiles, estos también actúan como separadores y filtros para mantener la base íntegra y evitar que los suelos blandos se mezclen con la base hidráulica de buena calidad, disminuyendo su capacidad de carga; además, su gran permeabilidad elimina dentro del cuerpo del pavimento evitando reblandecimientos y aumentos en la presión hidrostática dentro del suelo. En terraplenes, los geosintéticos pueden ser efectivamente usados para:

1. Reducir desplazamientos en suelos de baja resistencia debido a bajas capacidades portantes;

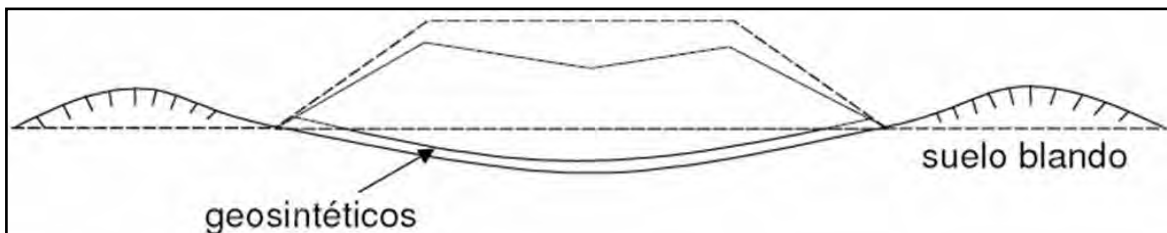


FIG. 2.23 COMPORTAMIENTO DEL SUELO BLANDO AL RECIBIR LA CARGA DEL TERRAPLÉN, EL GEOSINTÉTICO DISTRIBUYE MEJOR LAS CARGAS EN LA BASE DEL TERRAPLÉN

2. Prevenir la falla global del terraplén y del suelo de fundación blando; y

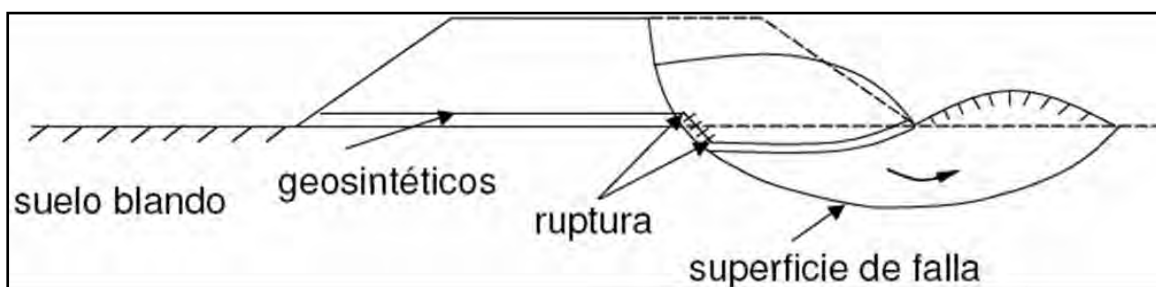


FIG. 2.24 ACCIÓN DEL GEOSINTÉTICO PARA PREVENIR LA FALLA TOTAL DEL TERRAPLÉN

- Prevenir la falla por deslizamiento a lo largo de la superficie de los geosintéticos.

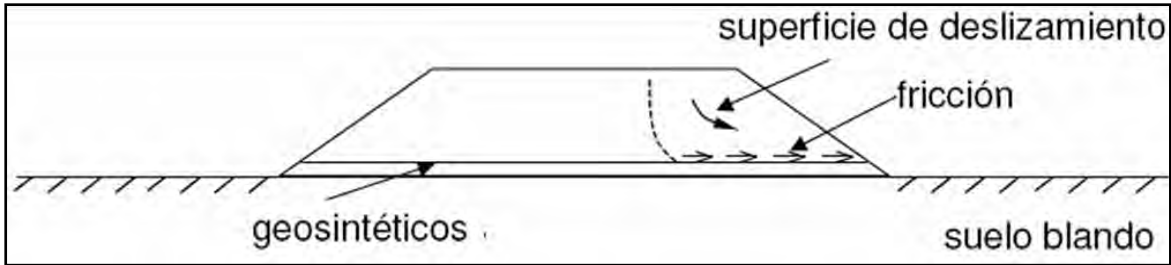


FIG. 2.25 LA TRABAZÓN DE LOS GRANULOS DEL MATERIAL CON EL GEOSINTÉTICO PREVIENEN Y MITIGAN EL DESLIZAMIENTO TRANSVERSAR Y LONGITUDINAL DEL TERRAPLÉN

#### IV. GEOREDES

Son materiales tipo malla abierta formados por dos conjuntos de hebras poliméricas gruesas y paralelas interactuando en un ángulo constante. La malla forma una manta con cierta porosidad que es usada para llevar relativamente grandes cantidades de fluido o gases internamente.

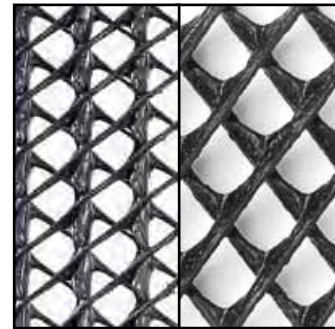


FIG. 2.26 GEORED TRIPLANAR (IZQ);  
GEORED SENCILLA (DER)

#### V. GEOMEMBRANAS

Son láminas continuas y flexibles elaboradas de uno o más materiales sintéticos. Estos son relativamente impermeables y son usados como revestimientos de contenedores de fluidos y gases y barreras de vapor, para la impermeabilización de suelos y confinamiento de soluciones químicas como lixiviados y residuos. Existen Geomembranas lisas, texturizadas y estructurales en polietileno de baja y alta densidad. Las estructurales combinan las propiedades de una membrana texturizada o lisa con una Geored en un solo producto.

#### APLICACIONES

- ✓ Bordos
- ✓ Ollas de Agua
- ✓ Canales de Riego
- ✓ Cisternas
- ✓ Piscinas

- ✓ Azoteas
- ✓ Lagunas de Oxidación
- ✓ Fosas de Almacenamiento de Aguas Tratadas
- ✓ Impermeabilización Primaria y Secundaria de Rellenos Sanitarios así como su Clausura

## VI. GEOCOMPUESTOS

Son geosintéticos hechos de una combinación de dos o más tipos de estos. Algunos ejemplos son: geotextil-geored; geotextil-geomalla; geored-geomembrana; o un revestimiento geosintético de arcilla (GCL's). Drenes prefabricados de geocompuestos o drenes verticales prefabricados (PVD's) son formados por un núcleo plástico drenante rodeado de un filtro de geotextil.

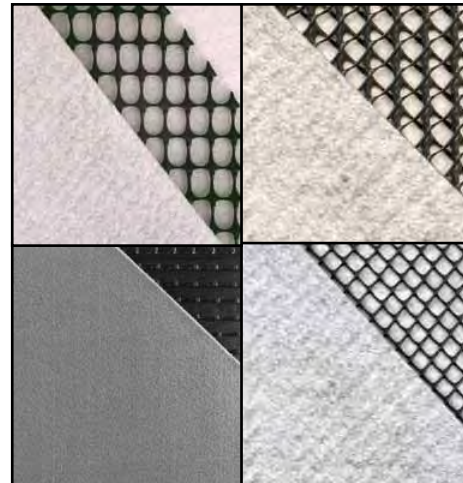


FIG. 2.27 DIVERSOS GEOCOMPUESTOS

Tienen elevadas capacidades filtrantes y drenantes, realizadas mediante al acoplamiento de geotextiles no tejidos y geomembranas con geored. El acoplamiento del geotextil con la acción filtrante de la geomembrana de cualidades impermeabilizantes y la geored con capacidad drenante y distribuidora de cargas, permite la realización de un sistema completo “filtro-dren-protección” extremadamente compacto y de simple uso.

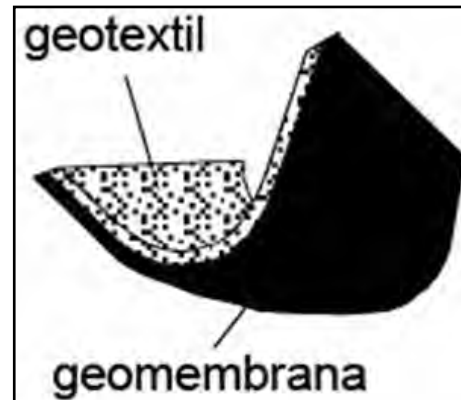


FIG. 2.28 ESQUEMA EJEMPLO DE UN GEOCOMPUESTO

## APLICACIONES

- Descargas de agua controladas
- Drenaje vertical en sótanos y semisótanos
- Drenaje de bases en carreteras
- Plazas y parques
- Jardines y campos deportivos
- Balasto en ferrovías

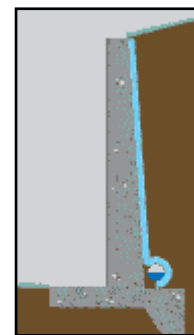


FIG. 2.29 FUNCIÓN DEL GEOCOMPUESTO COMO ENCOFRADO PERDIDO Y DREN

- Drenaje en muros de contención
- Drenaje en túneles
- Encofrado perdido

✓ REVESTIMIENTO GEOSINTÉTICO DE ARCILLA (GCL'S)

Son geocompuestos prefabricados con una capa de arcilla bentonita típicamente incorporada entre una camada superior e inferior de geotextil o limitado por una geomembrana o una simple camada de geotextil. Son frecuentemente cocidos a través del núcleo de bentonita para incrementar internamente la resistencia al corte. Cuando están hidratadas presentan barreras efectivas de fluido y gases y son comúnmente usadas en aplicaciones de revestimiento de rellenos sanitarios muchas veces conjuntamente con una geomembrana.

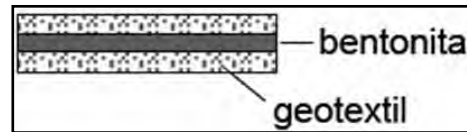


FIG. 2.30 ESQUEMA DE UN GCL's

✓ GEOTUBOS (GEOPIPES)

Son tubos poliméricos perforados o de pared sólida usados para drenaje de líquidos o gases, incluyendo aguas lixiviadas o colecta de gas en aplicaciones de rellenos sanitarios. En algunos casos, el tubo perforado es cubierto con filtro de geotextil.

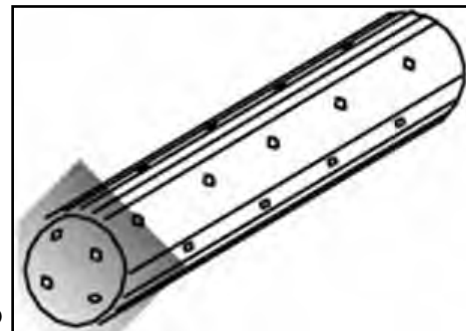


FIG. 2.31 ESQUEMA DE UN GEOTUBO

VII. GEOCELDAS

Son estructuras tridimensionales con forma de nido de abeja, realizada de polietileno mediante extrusión en continuo, sin soldaduras excesivas. Son estructuras monolíticas, muy resistentes a la tracción. Dependiendo del fabricante, algunas se pueden abrir como un acordeón formando así una serie de celdas hexagonales unidas todas entre sí, por ello, pueden ser transportadas y almacenadas en condiciones de mínimo estorbo.

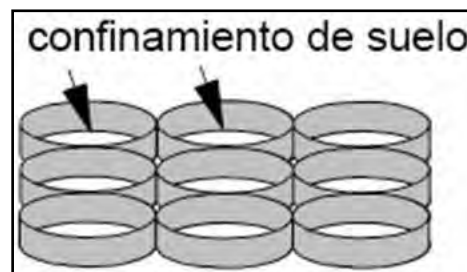


FIG. 2.32 ESQUEMA EJEMPLO DE GEOCELDAS

Permite conservar el material introducido en cada una de las celdas, además conserva el terreno e impide el movimiento, incluso en pendientes muy inclinadas o durante fuerzas de tracción como aquellas producidas por una corriente hidráulica. La estructura compuesta geocelda-terreno permite los movimientos de filtración entre las diversas celdas, por lo tanto la permeabilidad es buena, facilitando la absorción de agua durante las precipitaciones, disminuyendo el flujo superficial y consecuentemente la erosión meteórica. Por lo mismo, el terreno envuelto por geoceldas se vuelve muy resistente a las cargas distribuidas y a la acción de punzonamiento de cargas concentradas.



FIG. 2.33 GEOELDAS COMPACTABLES

#### APLICACIONES

- Control de la erosión sobre pendientes y elevaciones
- Control de erosión de riberas, flujos de agua y lagos
- Realización de orillas en pequeñas corrientes y lagos
- Estabilización de base en carreteras, pasos peatonales, senderos y parques.
- Cruce de corrientes de agua de pequeña profundidad.

#### VIII. GEOMANTAS

Son tridimensionales y están diseñadas para la protección y vegetación de taludes sujetos a erosión superficial y cuando existe un estrato de suelo vegetal. Tienen un espesor aproximado de 20mm y son fabricadas al juntar diversas mallas bi-orientadas y extruídas de polipropileno. El proceso molecular de estirado, tanto en la dirección longitudinal como transversal, aumenta las propiedades mecánicas de la base de polímeros



FIG. 2.34 GEOMANTA

obteniéndose alta resistencia a la tensión (8kN/m como mínimo). Estas geomantas están compuestas por 2 capas de geomalla arriba y abajo, y una geomalla central mecánicamente doblada para darle espesor a la geomanta y hacerla tridimensional. Las 2 geomallas planas suministran una alta resistencia a la tensión y permiten un mínimo de elongación. El denso doblado de la capa central limita la deformación de la geomanta cuando se llena con suelo vegetal obteniéndose un elemento de gran resistencia. Las capas son ensambladas en el proceso de manufactura tejiéndolas entre ellas con hilos de polipropileno altamente resistentes.

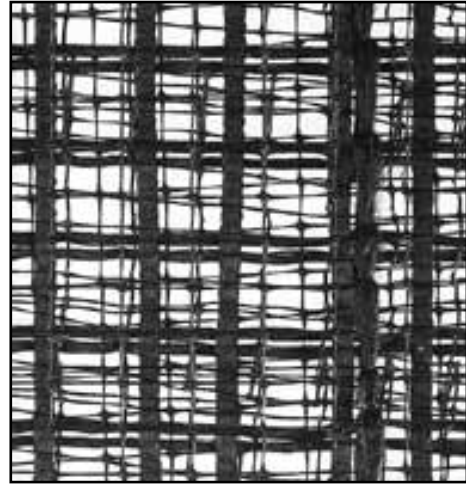


FIG. 2.35 GEOMANTA REFORZADA

Estas geomantas están compuestas por 2 capas de geomalla arriba y abajo, y una geomalla central mecánicamente doblada para darle espesor a la geomanta y hacerla tridimensional. Las 2 geomallas planas suministran una alta resistencia a la tensión y permiten un mínimo de elongación. El denso doblado de la capa central limita la deformación de la geomanta cuando se llena con suelo vegetal se obtiene un elemento de gran resistencia. Las capas son ensambladas en el proceso de manufactura tejiéndolas entre ellas con hilo de polipropileno altamente resistente.

Colocando la geomanta tridimensional sobre el talud, protege a la superficie del suelo. Al estar en contacto con el suelo tiene la función de anclar las raíces en crecimiento de las semillas plantadas, para así obtener un bloque muy resistente al movimiento de agua de lluvia y a la fuerza de la gravedad. De ésta manera el pasto puede crecer y desarrollarse, ayudando a la estabilidad de la superficie del talud. Se recomiendan para el crecimiento de pasto sobre taludes de carreteras y taludes erosionados, en el cual la superficie está sujeta al desprendimiento.

#### APLICACIONES

##### ✓ CONTROL DE EROSIÓN / REFUERZO DEL CÉSPED

Mantas tridimensionales para el control de la erosión se usan para establecer un césped reforzado en zanjas, canales y taludes. La manta se enreda con las raíces y talles de la vegetación aumentando grandemente su resistencia a la velocidad del flujo.

Estas manta de erosión tienen una estructura tridimensional fuerte y una porosidad adecuada para tener el suelo mientras permiten que las raíces y los tallos crezcan a través de las mismas. Una instalación correcta requiere sujetar la manta al terreno y enterrar las orillas de éstas. Una cobertura de capa vegetal puede que se use para intensificar la protección temporal contra la erosión y el crecimiento inicial de la vegetación.

#### IX. MÉTODOS DE PRUEBA

La investigación realizada arrojó 58 métodos de prueba, todos desarrollados por La Sociedad Americana para Ensayos de Materiales (ASTM) a través del Comité D35. El primero fue elaborado en 1984 y fue modificado en 1988. Ningún método por si solo proporciona toda la información necesaria para todas las aplicaciones de diseño. Las pruebas existentes hasta ahora se basan en:

- Propiedades de Resistencia
- Propiedades mecánicas
- Permeabilidad y Filtración

Estas pruebas pueden ser vistas en los Apéndices y Anexos.





## CAPITULO II.

### PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Este capitulo describe grafica y textualmente los procedimientos de instalación de las principales aplicaciones de los Geotextiles a los terraplenes de caminos. Se describen en el mismo orden que en el Capitulo II. Se explica también el funcionamiento del método y el objetivo de cada uno.

#### I. DRENAJE DE SUBSUELOS

##### 1. PREPARACIÓN DEL SITIO

Excavar la zanja del dren a las dimensiones de diseño, colocando el material producto de la excavación alejado de los lados de la zanja. Si existen condiciones de suelo inestable, puede ser necesario excavar la zanja con paredes inclinadas para asegurar la integridad de la pared durante el resto del proyecto. Cortar cualquier raíz grande que esté alineada con la zanja para prevenir perforaciones o rasgaduras al Geotextil. Rellenar cualquier hueco o desnivel con material de la excavación.

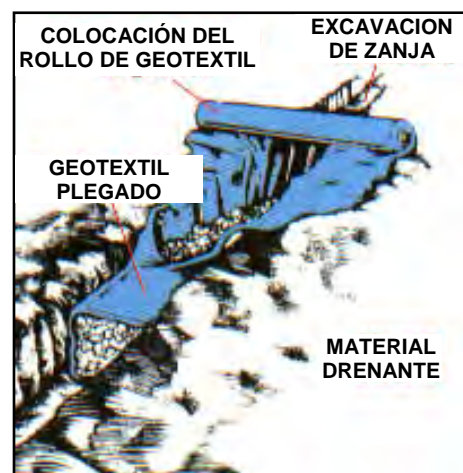


FIG. 3.1 PROCEDIMIENTO GRÁFICO

## 2. COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL

Cortar el Geotextil del ancho apropiado antes de colocarlo. El ancho debe ser suficiente para conformar el perímetro de la zanja con al menos 15cm de traslape. Colocar el rollo de Geotextil sobre la zanja y desenrollar suficiente Geotextil hasta que éste pueda ser colocado en el piso de la zanja. Sujetar las orillas del Geotextil con objetos pesados para evitar que éstas caigan a la zanja. Donde los traslapes entre rollos sean necesario, dejar 1m de traslape.

## 3. COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL AGREGADO

Si van a ser usados tubos de drenaje, colocar de 5 a 8cm de de cama de agregados sobre el Geotextil, entonces instalar el tubo de drenaje. Llenar la zanja con el agregado especificado y compactar usando compactador vibratorio. Asegurarse que no existe material extraño en el agregado. Compactar el agregado de modo que se asegure que el Geotextil se adose a la forma de la zanja. Dejar 30cm como máximo espesor. Doblar las orillas del Geotextil sobre el agregado haciendo un pliegue longitudinal. Rellenar la zanja con las especificaciones recomendadas.

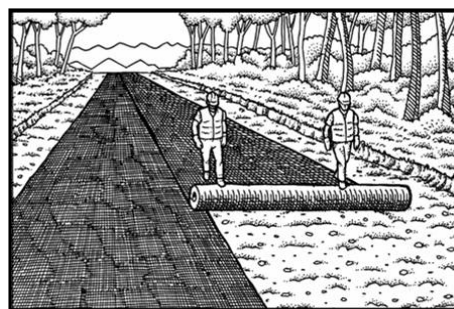


**FIG. 3.2 COMPACTADO DE AGREGADO CON COMPACTADOR VIBRATORIO**

## II. SUBRASANTE

### 1. COLOCADO DEL GEOTEXTIL

Todos los árboles, arbustos y ramas deberán ser retirados del sitio. Equipo especializado con baja presión sobre el suelo puede ser requerido. Dependiendo del nivel freático y la solidez del subsuelo, la estera vegetativa restante puede permanecer en su lugar para mantenerse cerca de la superficie del suelo establecido. Para subsuelos fuerte, el subsuelo deberá ser limpiado de toda la vegetación y a prueba para desenrollar.



**FIG. 3.3 DESENROLLO DE GEOTEXTIL SOBRE SUPERFICIE PLANA**

Suelos excesivamente arraigados o agrietado puede ser excavado y reemplazado con relleno granular. La superficie de la subrasante debe estar plana y nivelada, todas las depresiones y jorobas mayores de 15cm deberán ser eliminadas.

El refuerzo Geosintético deberá colocarse directamente sobre la subrasante preparada. Éste deberá ser desenrollado, aplanado y tensado sin dobleces. Los rollos deberán ser orientados como el proyecto lo indique para asegurar que el material es colocado en la orientación correcta. Los rollos adyacentes deberán traslaparse en función de la resistencia del suelo. Los traslapes van de 30 a 90cm y dependen de cada fabricante.

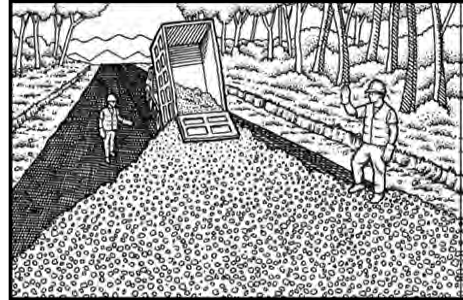


FIG. 3.4 DESCARGA DEL RELLENO

Antes de colocar el relleno, el geosintético deberá ser sostenido en su lugar utilizando sujetadores como anclas, montones de tierra, etc.; para que no se mueva durante el relleno.

## 2. COLOCADO DEL RELLENO

El relleno deberá ser colocado directamente sobre el geosintético en capas de 20 a 30cm.

La mayoría de los vehículos sobre neumáticos pueden ser conducidos a bajas velocidades, menores a 16km/h y en caminos rectos sobre el Geotextil sin causarle daño. Frenados repentinos y giros abruptos deberán ser evitados. El equipo de construcción no deberá operar directamente sobre el geosintético. Se requiere de un mínimo de 15cm de espesor de relleno previo a la operación de la maquinaria sobre el Geotextil. Los giros de la maquinaria deberán mantenerse al mínimo para prevenir marcas de desplazamiento del relleno y daño al Geotextil.

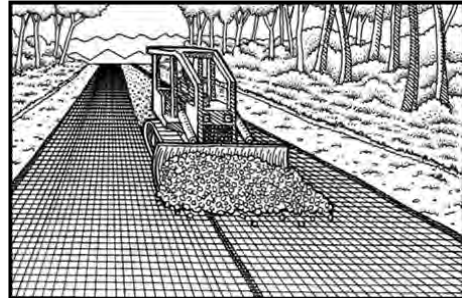


FIG. 3.5 ACOMODO Y NIVELACIÓN DEL RELLENO



FIG. 3.6 FUNCIÓN DE SEPARACIÓN DEL GEOTEXTIL ENTRE LA SUBRASANTE Y EL AGREGADO

Una vez que se tiene una plataforma estable de trabajo, el relleno debe ser compactado al 95% del estándar de densidad Proctor con un contenido de humedad de  $\pm 3\%$  del contenido óptimo de humedad.

### III. CARPETA ASFÁLTICA

#### 1. CORTE

Realizar corte en el pavimento antiguo a la profundidad que el proyecto marque. Verificar que el corte sea uniforme y que las puntas de la cortadora se encuentren en buen estado para evitar corte lineal irregular. En las juntas transversales, pasar la cortadora transversalmente sobre el asfalto para que las juntas sean estables.



**FIG. 3.7 CORTE DE ASFALTO. FRESADORA CON BANDA TRASPORTADORA**

#### 2. LIMPIEZA

Hacer limpieza del área del corte con barredora. Ésta deberá pasar por cada carril de limpieza, al menos 3 veces. Después del paso de la barredora, pasar con un compresor móvil con soplete para retirar con aire a presión los restos de arenas producidas por el corte. Poner atención especial en los residuos que la barredora pueda dejar, principalmente pequeños alambres, de los que se conforma la escoba de la barredora.



**FIG. 3.8 BARREDORA CON TANQUE DE AGUA AL FRENTE**

#### 3. EMULSIÓN

Hacer el riego de emulsión AC en carriles estandarizados, preferentemente del ancho del rollo de geotextil, por lo general de 4 ó 6m. El riego de emulsión AC deberá ser de una relación de ente 0.9 y 1.3 l/m<sup>2</sup>. Se debe verificar una hora antes de su uso, que la Petrolizadora alcanza la temperatura suficiente, que ninguna válvula está tapada y que tenga la ventilación necesaria para evitar que la emulsión bote.



**FIG. 3.9 PETROLIZADORAS HACIANDO RIEGO DE EMULSIÓN TIPO AC**



#### 4. COLACIÓN DEL GEOTEXTIL

Colocar de forma lineal con el asfalto el Geotextil. El rollo deberá ir elevado sin tener contacto con la emulsión AC para evitar que se pegue. El Geotextil debe ser extendido, sin dobleces ni arrugas. Si no se cuenta con maquinaria especial para el colocado del geotextil, se puede hacer con obreros y con el uso de un compactador sobre neumáticos para adosar el geotextil al pavimento existente y de está manera el geotextil se adhiera a la emulsión AC.



**FIG. 3.10 COLOCADO DE GEOTEXTIL CON EQUIPO ESPECIALIZADO**

#### 5. ASFALTADO Y COMPACTACIÓN

La asfaltadora o finisher, se colocara en reversa sin hacer giros y a baja velocidad para evitar dañar el Geotextil. Lo mismo hará el camión o góndola que transporte el concreto asfáltico nuevo. Realizar un riego de liga en las juntas y comenzar a asfaltar. El asfaltado se realizará en línea con el camino y con un espesor mínimo de 5cm antes de compactación, pero esto depende del diseño de proyecto. El compactado se realizará primero con compactadores de rodillo y después con compactadores sobre neumáticos. El compactado es de fundamental importancia para obtener una estructura cerrada en la carpeta y evitar que el agua se filtre.



**FIG. 3.11 ASFALTADO**



**FIG. 3.12 COMPACTACIÓN DE LA CARPETA ASFALTICA**

## IV. REFUERZO DE TALUDES INCLINADOS CON FUNCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN

### 1. SUELO DE DESPLANTE/PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE

Preparar la superficie sobre la cual se colocará la Geomalla mono-orientada de modo que éste no sufra daños. El suelo de desplante deberá ser excavado en las líneas y grados que los dibujos de construcción o el ingeniero indiquen. Las áreas sobre excavadas deberán ser rellenadas con material compactado de la misma excavación o como lo indique el ingeniero. El suelo de desplante deberá limpiarse de cualquier material deletéreo y la superficie deberá quedar plana y nivelada donde cualquier depresión y joroba superficial no exceda 15cm de profundidad y altura respectivamente. El suelo de desplante debe estar a prueba de rodamientos antes de la colocación de la Geomalla mono-orientada y del relleno. Este ejercicio debe ser desempeñado antes de cada capa sucesiva de geosintético instalado.

El suelo de desplante debe ser compactado al 95% de la densidad óptima en seco y  $\pm 3\%$  del contenido óptimo de humedad. Se recomienda que suelos cohesivos sean compactados en capas máximas de 15 a 20cm y suelos granulares en capas de 23 a 30cm de grosor compactado.

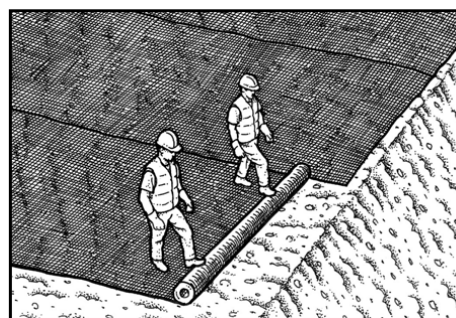


FIG. 3.13 EJEMPLO ESQUEMATICO DE SUELO DE DESPLANTE PLANO Y DESENLLO DE GEOSINTÉTICO

### 2. INSTALACIÓN DEL GEOSINTÉTICO

Levantar una cimbra temporal con el ángulo requerido para el talud. La altura de esta cimbra será al menos del la misma altura que la de la capa de material que quedara dentro de la geomalla. El diseño de la cimbra puede ser recomendado por el proveedor de la Geomalla.

- La altura de cada capa de material retenida por la Geomalla se determina por diseño.

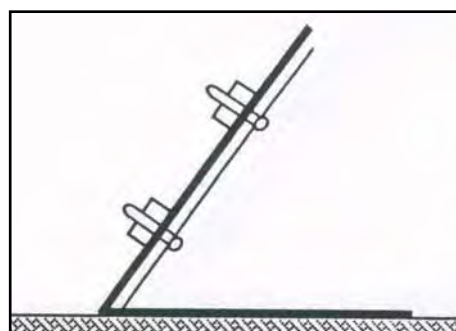


FIG. 3.14 ESQUEMA DE CIMBRA TEMPORAL PARA TAUD

Antes de desenrollar la Geomalla, verificar en el rollo la identificación, largo y orientación de instalación, así como el área donde se colocará. Durante el desenrollo de la Geomalla, inspeccionarlo de daños o defectos. Los daños pueden ocurrir durante el almacenaje, manipulación o instalación. Pueden ser reparados como el Ingeniero indique.

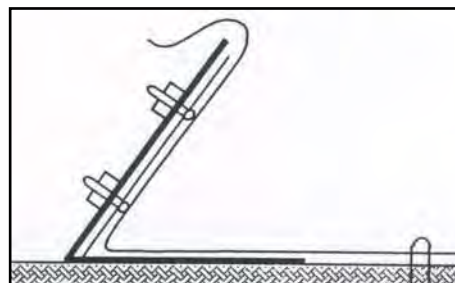


FIG. 3.15 GEOSINTÉTICO ANCLADO AL SUELO Y SUJETADO A LA CIMBRA

La correcta orientación de la Geomalla mono-orientada es de suma importancia y debe ser verificado por el Ingeniero. La Geomalla será cortada del largo requerido, esto se puede hacer con cuchillo, navaja, cuttter, tijeras o cualquier herramienta adecuado para cortar.



FIG. 3.16 GEOMALLAS MONO-ORIENTADAS, SUJETAS A LA CIMBRA Y AL SUELO

La Geomalla debe ser tensada a mano hasta que liso y libre de arrugas y dobleces. Paneles adyacentes de Geomallas, en caso de una cobertura del 100%, deben ser traslapados como sea necesario, a menos que las especificaciones de construcción indiquen lo contrario. Los paneles pueden ser asegurados con anclas, bolsas de arena o material de relleno.

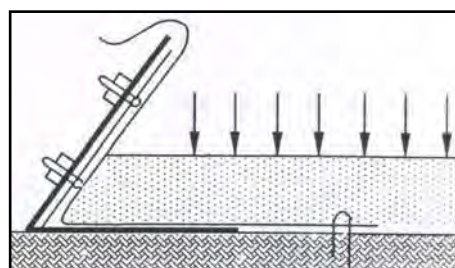


FIG. 3.17 ESQUEMA DE COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO

Sujetar la Geomalla a la cimbra y dejar el sobrante por fuera del bloque para realizar posteriormente el solape. Colocar un forro por dentro de la cara de la cimbra para prevenir la pérdida de material a través de ella. Un Geotextil o una Geomanta pueden servir.

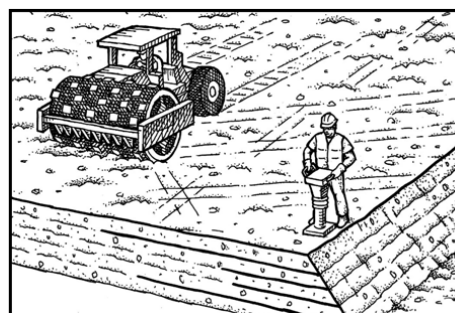


FIG. 3.18 ESQUEMA DE COMPACTACIÓN DE LAS ORILLAS CON EQUIPO MANUAL Y EL CENTRO CON MAQUINARIA PESADA

### 3. COLOCADO DEL RELLENO

El material de relleno debe ser compactado al 95% de la densidad óptima en seco y  $\pm 3\%$  del contenido óptimo de humedad. Se recomienda que

suelos cohesivos sean compactados en capas máximas de 15 a 20cm y suelos granulares en capas de 23 a 30cm de grosor compactado.

El material de relleno debe ser colocado, esparcido y compactado de tal manera que se minimice al desarrollo de arrugas y/o movimientos en la Geomalla. Se debe tomar principal cuidado en el control del tiempo y ritmo de colocación del material de relleno para asegurar que las actividades de construcción o movimiento de vehículos sobre cualquier geosintético expuesto, no sea dañado.

Nivelar y compactar las capas de material de relleno mediante equipo manual dentro de 1.00m de distancia de la cara, y mediante maquinaria pesada a una distancia mayor a 1.00m. Ninguna maquinaria debe pasar por encima antes de haberse colocado al menos un relleno de 10cm sobre la Geomalla. Este proceso se repite hasta alcanzar el espesor requerido.

Envolver la cara de la capa de relleno con el lado libre de la geomalla, tensarla y anclarla para encapsular el relleno y mantenerlo apretado. Extraer la cimbra, con la ayuda de maquinaria, y colocarla sobre la capa de terraplén recién terminada.

#### 4. DRENAJE

La infiltración de agua subterránea y/o el escurrimiento de agua en la superficie pueden causar saturación del suelo de relleno reforzado que reducirá significativamente la resistencia del suelo y también la estabilidad de la masa reforzada. Si el talud no fue diseñado con refuerzo extra para manejar estas reducciones de resistencia del suelo, entonces un sistema de drenaje será provisto para prevenir que el relleno se sature.

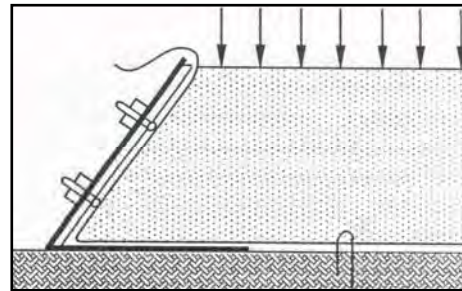


FIG. 3.19 ESQUEMA DE RELLENO HASTA EL NIVEL DE DISEÑO

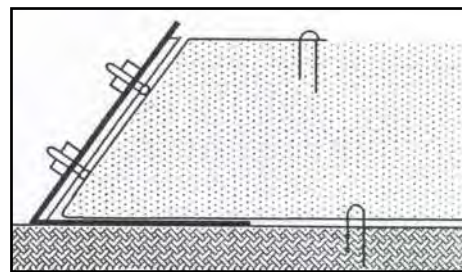


FIG. 3.20 ESQUEMA DE SOLAPE EN LA PARTE SUPERIOR DE LA CAPA DE RELLENO

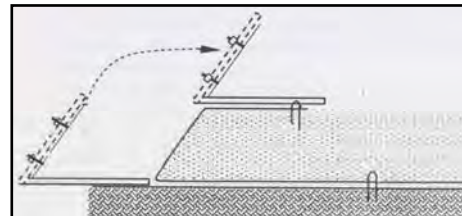


FIG. 3.21 ESQUEMA DE RETIRO DE CIMBRA Y RECOLOCADO PARA LA FORMACIÓN DE LA SIGUIENTE CAPA

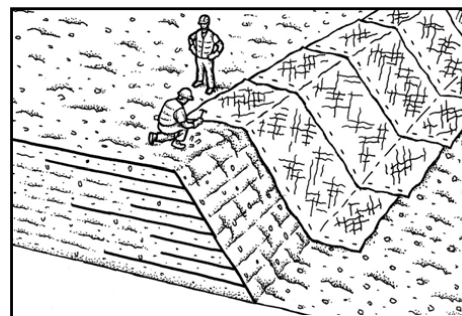


FIG. 3.22 ESQUEMA DE COLOCADO DE PROTECCIÓN EN LA CARA DEL TALUD PARA MITIGAR LA EROSIÓN



## 5. PROTECCIÓN DE LA CARA DEL TALUD

Para taludes reforzados, con inclinaciones menores de 1:1, la cara del talud es hidrosebrada y cubierta con un material que pueda retener partículas de suelo y promueva el crecimiento de vegetación. Para taludes más inclinados de 1:1 o en áreas donde la vegetación es difícil de establecer, el talud puede ser tratado con revestimiento durable como concreto lanzado, vigas para ajardinar, gaviones, etc. La información detallada de está en el apartado VI de este capítulo.

## V. DESPLANTE Y REFUERZO DE LA BASE Y CUERPO DE TERRAPLENES

Si se desplanta el terraplén inmediatamente sobre el suelo blando se producirán inmediatamente, después del paso de los primeros vehículos, problemas de hundimiento en la grava de la base o movimientos horizontales y verticales. Es necesario aumentar y distribuir la capacidad de carga del suelo de la base para evitar hundimientos diferenciales y desplazamientos. Un terraplén sobre suelo blando puede padecer asentamientos excesivos, con consecuentes rompimientos en su cuerpo e incluso fallas por cortante. Para limitar los movimientos laterales y verticales del terreno, darle rigidez y drenaje adecuado a la base se recomienda utilizar Geomallas bi-orientadas y Geocompuestos en la capa de la base del terraplén.

Se recomienda colocar capas de Geomallas bi-orientadas entre capas de material de relleno para mitigar los desplazamientos y hundimientos entre capas y reforzar el terraplén, sin embargo, estas capas de geomallas bi-orientadas deben ser colocadas con base en el diseño de la estructura del terraplén. El diseño determinará el ancho y la calidad

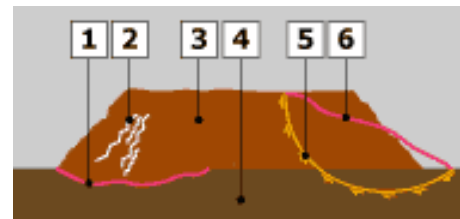


FIG. 3.23 ESQUEMA DE TERRAPLÉN DESPLANTADO SOBRE SUELO BLANDO. 1 ASENTAMIENTO DIFERENCIAL; 2 RUPTURA DEL SUELO; 3 RELLENO GRANULAR; 4 SUELO BLANDO; 5 SUPERFICIE DE FALLA; 6 PERFIL DESPUÉS DE FALLA

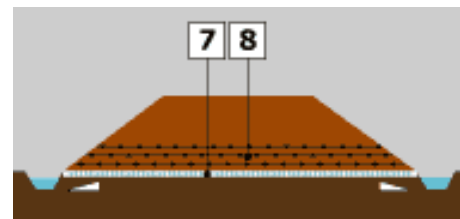


FIG. 3.24 ESQUEMA DE TERRAPLÉN, REFOERZADO. 7 GEOCOMPUESTO; 8 GEOMALLA BI-ORIENTADA

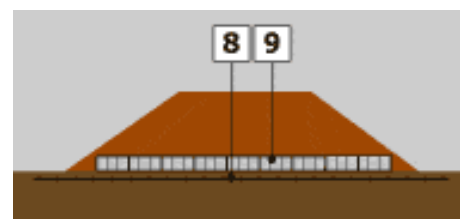


FIG. 3.25 ESQUEMA DE TERRAPLÉN CON SISTEMA DE DRENAGE Y REFUERZO EN LA BASE. 8 GEOMALLA BI-ORIENTADA; 9 SISTEMA DE GEOCOMPUESTOS

de la geomalla así como a cada cuantos metros de altura se colocarán. Esto se menciona debido a que los terraplenes pueden ser pequeños (2m de altura) o muy grandes (20 ó 30m de altura). Hay terraplenes que necesitan solo la capa de geomalla en la base, mientras que otros terraplenes necesitan 3 ó 4 capas de geomallas además de la capa de la base.

Es indispensable recurrir al diseño, el cual es proporcionado en México por algunas empresas dedicadas a la venta y distribución de geosintéticos.

### 1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Preparar la superficie sobre la cual se colocará la Geomalla bi-orientada de modo que éste no sufra daños. El suelo de desplante deberá ser nivelado como el proyecto lo indique. Las áreas con depresiones deberán ser rellenadas con material compactado de la misma excavación o como lo indique el ingeniero. El terreno debe ser preparado removiendo todo el material como piedras grandes, raíces, escombros, etc. Los muñones de árboles deberán ser cortados al nivel de piso, los desniveles y depresiones deberán ser rellenados. El suelo de desplante deberá limpiarse de cualquier material deletéreo y la superficie deberá quedar plana y nivelada donde cualquier depresión y joroba superficial no exceda 15cm de profundidad y altura respectivamente. Este ejercicio debe ser desempeñado antes de cada capa sucesiva de geosintético instalado. El suelo de desplante debe ser compactado conforme el proyecto lo indique.



**FIG. 3.26 PREPARACIÓN DEL SITIO.  
ACCIONES DE DESMONTE Y DESPALME**

### 2. COLOCACIÓN DE LA GEOMALLA

Durante el desenrollado de la Geomalla, inspeccionarlo de daños o defectos. Los daños pueden ocurrir durante el almacenaje, manipulación o instalación. Pueden ser reparados como el Ingeniero indique. El borde inicial de la Geomalla deberá ser asegurado al terreno con anclas para asegurar que la geomalla se mantenga en contacto directo con la formación mientras cada rollo se desenrolla.



**FIG. 3.27 COLOCACIÓN DEL ROLLO DE  
GEOSINTÉTICO**

### 3. COLOCACIÓN DE LA PRIMER CAPA DE MATERIAL DE RELLENO

El relleno deberá ser colocado directamente sobre el geosintético en capas de 20 a 30cm. La mayoría de los vehículos sobre neumáticos pueden ser conducidos a bajas velocidades, menores a 16km/h y en caminos rectos sobre el Geotextil sin causarle daño. Frenados repentinos y giros abruptos deberán ser evitados. El equipo de construcción no deberá operar directamente sobre el geosintético. Se requiere de un mínimo de 15cm de espesor de relleno previo a la operación de la maquinaria sobre el Geotextil. Los giros de la maquinaria deberán mantenerse al mínimo para prevenir marcas de desplazamiento del relleno y daño al Geotextil.

Una vez que se tiene una plataforma estable de trabajo, el relleno debe ser compactado al 95% del estándar de densidad Proctor con un contenido de humedad de  $\pm 3\%$  del contenido óptimo de humedad.

Este ejercicio se repetirá en cada capa de material, ya sea capa con Geosintético o sin él.

### 4. COLOCACIÓN DEL GEOCOMPUESTO

El Geocompuesto se colocará con las mismas especificaciones que la geomalla

### 5. TRASLAPES

Los rollos de Geosintético adyacentes deberán ser traslapados en la dirección de colocación del relleno. La longitud del traslapé depende del soporte del suelo y cada fabricante hace sus propias recomendaciones al respecto. En promedio, los traslapes van de los 30 a los 90cm. La capa superior del terraplén deberá ser nivelada y compactada como las demás.



**FIG. 3.28 DESCARGA DEL MATERIAL GRANULAR SOBRE LA GEOMALLA**



**FIG. 3.29 ESPARCIMIENTO DEL MATERIAL GRANULAR SOBRE LA GEOMALLA**



**FIG. 3.30 COMPACTADO DEL MATERIAL DE RELLENO SOBRE LA GEOMALLA**

## VI. CONTROL DE EROSIÓN DE TALUDES

La erosión es un proceso natural causado por las fuerzas del agua y el viento. Este es influenciado por un cierto número de factores, como el tipo de suelo, vegetación y geografía, y puede ser acelerado por varias actividades que ocurren dependiendo del uso de suelo. Procesos de erosión sin control pueden causar daños mayores a estructuras existentes y al medio ambiente.

Una obra de protección en taludes puede requerir el uso de Geosintéticos, suelo clavado, tirantes o anclajes para garantizar la estabilidad. En algunos casos, la estabilidad de la superficie puede ser alcanzada mediante la cubierta de la cara del talud con una bolsa de Geotextil rellena con pasta de cemento. La vegetación complementaria del talud protege contra pérdidas de suelo debido a las acciones del agua y del viento. Es posible combinar vegetación con mantas de Geosintéticos para proteger la cara de taludes pronunciados reforzados contra procesos erosivos.



**FIG. 3.31 TERRAPLÉN CARRETERO DESPUÉS DE LLUVIA. MARCAS DE EROSIÓN FORMADAS POR EL ESCURRIMIENTO DE AGUA SOBRE EL TALUD**

La erosión de los taludes del terraplén influyen directamente en los hundimientos que éste tiene en la corona, así también contribuye a la inestabilidad estructural del terraplén. Es necesario evitar o mitigar la erosión de los terraplenes o en su defecto reparar de alguna manera los terraplenes erosionados.

Los dos Geosintéticos más adecuados para prevenir y mitigar la erosión de los taludes de los terraplenes son las Geomantas y las Geoceldas.

Como se describió en el capítulo II, las Geomantas pueden ser usadas para el crecimiento de pasto sobre taludes de carreteras y taludes erosionados, el los cuales la superficie del suelo está sujeta al desprendimiento. Al estar en contacto con el suelo tiene la función de anclar las raíces en crecimiento de las semillas plantadas, para así obtener un bloque muy resistente al movimiento de agua de lluvia y a la fuerza de la gravedad. De ésta manera el pasto puede crecer y desarrollarse, ayudando a la estabilidad de la superficie del talud.

Las geoceldas por su parte, conservan el terreno e impiden el movimiento, incluso en pendientes muy inclinadas. Ofrecen permeabilidad, facilitando la absorción de agua y disminuyendo el flujo superficial y con esto también la erosión. Es un producto estable en el transcurso del tiempo así como una estructura a prueba de raíces. Sintetizando esto, tanto las geoesteras como las geoceldas previenen la erosión en los taludes y los refuerzan con el uso de pasto. Permiten mantener las semillas de pasto en su lugar y son las raíces del pasto las que trabajan sobre el terraplén, sin embargo la función de estos 2 geosintéticos no solo se queda ahí, también actúan contra acciones del agua de lluvia.

Las raíces del pasto no afectan a las geomallas bi-orientadas que puede tener el terraplén, debida a que estas pueden pasar entre los huecos que las geomallas tienen. Es importante conocer el clima, exposición al sol, el grado deseado de cubierta, los aspectos ambientales del proyecto, el tiempo requerido para el crecimiento del pasto y la vegetación de la zona para elegir pasto adecuado.



FIG. 3.32 TALUD CON REFUERZO EN EL CÉSPED PARA MITIGAR LA EROSIÓN

De esto dependerá también el éxito o fracaso de estos dos geosintéticos.

Determinar cual geosintético para control de erosión es el más depende de la altura y la inclinación del talud del terraplén. Los terraplenes bajos y con pendientes ligeras pueden utilizar geoesteras; mientras que en los terraplenes altos con taludes muy pronunciados es mejor el uso de geoceldas.

### Siembra y Refuerzo del Césped con Geomanta (Taludes con Suelos Vegetativos)

#### 1. PREPARACIÓN DEL SITIO

Ya sea un terraplén nuevo que se esté conformado o ya sea un terraplén que se intenta reparar y mitigar los efectos de erosión, se deberá de preparar la superficie donde se instalará la geoestera removiendo piedras, raíces, basura, etc. Procurar tener una superficie lo más plana y compacta posible.

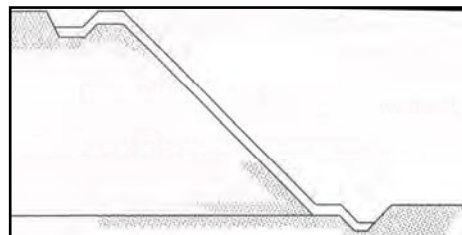


FIG. 3.33 ESQUEMA DEL PERFIL DEL TALUD CON ZANJA EN LA CORONA Y AL PIE DEL TALUD

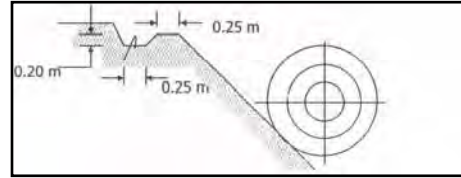
Se excavarán zanjas de anclado tanto en la corona como en el pie del talud para detener y tensar posteriormente la Geomanta



## 2. COLOCADO DE LA GEOMANTA

Se coloca el rollo de la Geomanta en la zanja de la corona y se fija con anclas en forma de U de entre 15 y 30cm. Se comienza a desenrollar la geoestera hacia abajo fijándola con anclas a cada 2 ó 3m. El fijar la Geomanta por tramos es con el fin de asegurar el buen contacto entre el suelo y la Geomanta.

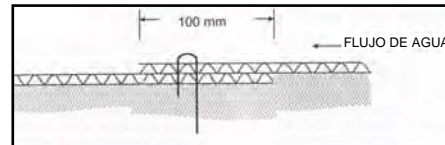
Antes de anclar la Geomanta en la zanja del pie del terraplén hay que cortarla, con tijeras o navaja, para que la geoestera tenga el largo deseado.



**FIG. 3.34 ESQUEMA DE DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA LA ZANJA DE LA CORONA Y DESENLLO DE LA GEOMANTA**

## 3. TRASLAPES Y ANCLADO

El traspale entre rollos será aproximadamente de 10cm y los aseguramientos entre rollos adyacentes deberán ser a cada 1.50m, Para el anclaje se debe tomar en cuenta el flujo del agua como se muestra en la figura 3.35



**FIG. 3.35 ESQUEMA DEL ANCLAJE DE LAS GEOMANTAS**

## 4. RELLENO

Rellenar las zanjas con tierra vegetal. La zanja del pie del terraplén podrá ser rellena también con concreto o roca. Rellenar la Geomanta completamente con tierra vegetal aproximadamente con un espesor de 1cm. Extender las semillas de pasto aproximadamente 50g/m<sup>2</sup>. Colocar más tierra vegetal para cubrir.



**FIG. 3.36 GEOMANTAS COLOCADAS LISTAS PARA LA HIDROSIEMBRA**

Se aconseja tener la asesoría de un hidrólogo para que los resultados sean los más óptimos.

## Siembra y Refuerzo del Césped con Geoceldas (Taludes con Suelos Vegetativos)

## 1. PREPARACIÓN DEL SITIO

Ya sea un terraplén nuevo que se esté conformado o ya sea un terraplén que se intenta reparar y mitigar los efectos de erosión, se deberá de preparar la superficie donde se instalará la geostera removiendo piedras, raíces, basura, etc. Procurar tener una superficie lo más plana y compacta posible.

Excavar la zanja de anclaje en la corona, para taludes poco pronunciados la zanja de anclaje podría no ser necesaria. Las dimensiones de la zanja se determinan por diseño. El largo de las anclas depende del suelo. Solicitar especificaciones al proveedor ya que la variedad de paneles de geocelda es muy amplia.

## 2. COLOCACIÓN DE LOS PANELES DE GEOCELDAS

Colocar el panel de geocelda en la zanja superior y expandirlo hasta alcanzar su dimensión de abertura total. Verificar la orientación de las geoceldas y colocarse como se muestra en la figura.

Anclar el panel de la corona del talud y fije los lados con anclas. A lo largo del talud las geoceldas deberán ser ancladas con respecto a las especificaciones del proveedor. Los paneles adyacentes se conectan con anclas fijadas en cada unión.



FIG. 3.37 TALUD LIMPIO Y LISO PARA RECIBIR LOS PANELES DE GEOCELDA

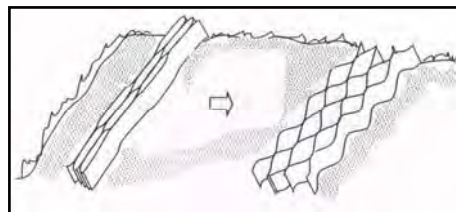


FIG. 3.38 ESQUEMA DE COLOCACIÓN Y EXPANSIÓN DE LOS PANELES DE GEOCELDA



FIG. 3.39 PANELES DE GEOCELDAS CON ANCLAS ROJAS

### 3. RELLENO

La zanja se rellena ya sea con tierra vegetal o cualquier otro material, como grava o concreto. Los paneles sobre el talud se rellenan con tierra vegetal. Se coloca 2cm encima de las celdas y posteriormente ligeramente acomodado y emparejado con rastrillo.

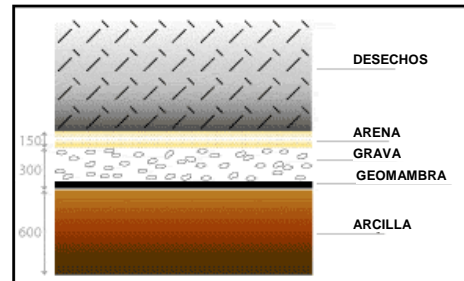
Se recomienda la asesoría de un especialista para determinar la semilla a ser colocada si se desea plantar arbustos o cualquier otro tipo de planta.



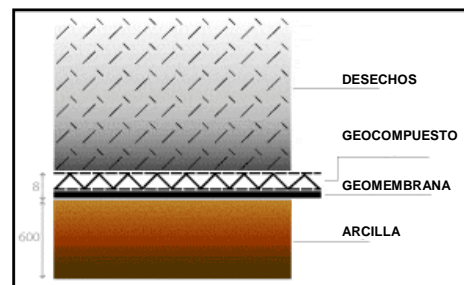
**FIG. 3.40 RELLENO CON TIERRA VEGETAL SOBRE LAS GEOCELAS**

## VII. RELLENOS SANITARIOS

Cada día, millones de toneladas de desechos peligrosos y municipales son desechados en rellenos o cualquier otro sitio de depósito. Un relleno es un área grande de tierra o un sitio excavado que está específicamente diseñado y construido para recibir desechos. Un típico relleno moderno es cubierto con una capa de arcilla compactada y Geomembrana sintética para prevenir que los desechos y lixiviados se filtren al subsuelo o al agua del subsuelo. Los drenes Geocompuestos y material de agregado son usados en los lados y en el fondo del relleno para coleccionar los lixiviados que fluyen a través de los desechos en descomposición. Los lixiviados coleccionados se recuperan con facilidad para ser tratados.



**FIG. 3.41 SISTEMA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. SISTEMA DE COBERTURA MÍNIMO. DISEÑO CONVENCIONAL**



**FIG. 3.42 SISTEMA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. SISTEMA DE COBERTURA MÍNIMO. DISEÑO DE SOLUCIÓN GEOSINTÉTICA**

Mientras los rellenos que aceptan desechos sólidos municipales tienen típicamente una capa de arcilla y cubiertas sintéticas y un sistema de lixiviados para prevenir la filtración, para los rellenos de residuos peligrosos se deben tomar precauciones extras. Por ejemplo, un relleno de desechos peligrosos debe tener dos capas de cubierta



impermeable, una consiste de una geomembrana (cubierta primaria), y la otra compuesta de ambas una geomembrana y una capa gruesa de material arcilloso compactado (cubierta secundaria compuesta). Además, un relleno que acepta desechos peligrosos, debe tener dos sistemas de detección de lixiviados: la capa superior para detección de lixiviados y sistema de remoción y la capa inferior para detección de filtraciones y sistema de remoción. La filtración de lixiviados de la cubierta primaria a prueba de de agua puede ocurrir fundamentalmente por dos razones: defectos en las juntas o costuras de la geomembrana o por daños a la cubierta durante la colocación y compactación de desechos.

Cuando un relleno excede su capacidad, es usualmente cubierto para asegurar que el agua de lluvia no infiltre la superficie. La filtración de agua de lluvia a través del relleno puede provocar contaminación del agua del subsuelo, y superficies de agua cercanas. Cubiertas como estas siempre son requeridas sobre rellenos completados. Una cubierta compuesta, la cual suele haber sido hecha de suelos y materiales sintéticos, pueden eliminar efectivamente la infiltración pero debe ser cuidadosamente diseñada para tomar en cuenta consideraciones tales como estabilidad del talud, degradación a largo plazo y erosión. Además ascensiones significativas de gas pueden ser producidas por la descomposición de desechos y un sistema apropiado de Ventilación de Gases en rellenos deberá ser diseñado.

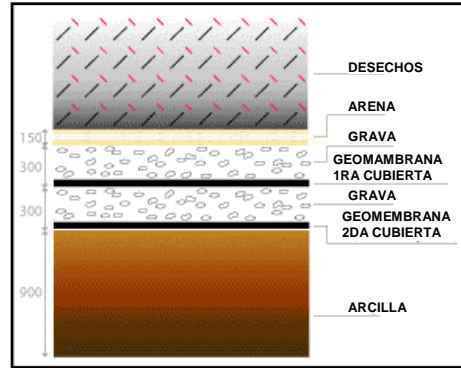


FIG. 3.43 SISTEMA DE RESIDUOS PELIGROSOS. SISTEMA DE COBERTURA MÍNIMO. DISEÑO CONVENCIONAL

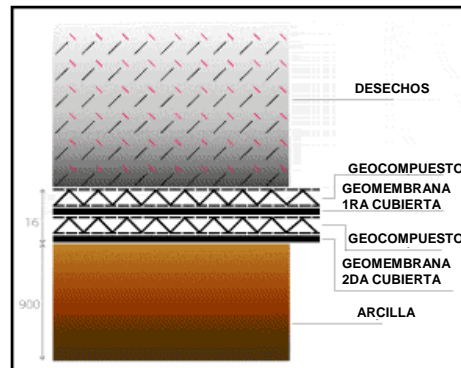


FIG. 3.44 SISTEMA DE RESIDUOS PELIGROSOS. SISTEMA DE COBERTURA MÍNIMO. DISEÑO DE SOLUCIÓN GEOSINTÉTICA

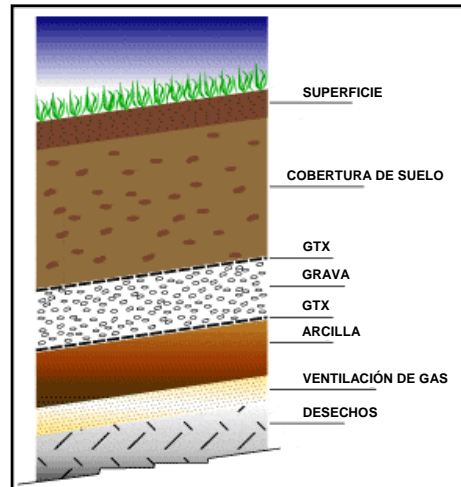
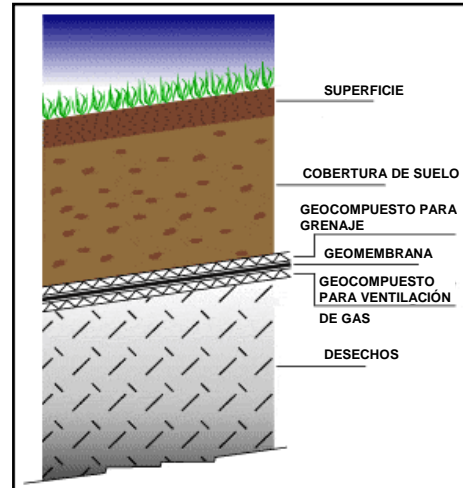


FIG. 3.45 SISTEMA TÍPICO DE COBERTURA DE RELLENO. DISEÑO CONVENCIONAL

Sistemas de extracción de metano son usados para coleccionar gases de rellenos. Los gases pueden ser utilizados para generar electricidad en el sitio o usados en al proceso de combustión de aguas residuales. Una vez que el relleno es cubierto, el sitio deberá ser monitoreado de gases y lixiviados por un mínimo de 30 años después del cierre. Después de que el relleno es cerrado, el predio puede ser utilizado para sitios de recreación como parques, campos de golf, etc.



**FIG. 3.46 SISTEMA TÍPICO DE COBERTURA DE RELLENO. DISEÑO DE SOLUCIÓN GEOSINTÉTICA**

## CAPITULO III.

### CASOS DE APLICACIÓN

#### ESTABILIZACIÓN DE TERRAPLÉN SOBRE SUELO ARCILLOSO MARINO EXTREMADAMENTE BLANDO, PARA EL PROYECTO "BEIHEITH MILITARY ROAD" EN KUWAIT

##### EL PROBLEMA

El Ministerio de Defensa del Estado de Kuwait, requería construir y conectar, una instalación costera militar, en un suelo marino arcilloso extremadamente blando. Un terraplén de acceso debía ser construido sobre una superficie con valores de CBR menores que 0.5 lo que ofrecía un reto tanto en términos de diseño como de instalación. Siempre que un camino pavimentado o no necesita ser construido en suelos blandos y saturados, asentamientos pueden ocurrir durante o después de la construcción, con consecuencias serias durante la vida útil de la obra.

La capa de base, construida con material granular, podía hundirse en el suelo de cimentación.

Movimientos horizontales y verticales podían provocar fuertes grietas. Para evitar este fenómeno, se hizo necesario colocar una o mas capas de geomallas de refuerzo, que



tuvieran la capacidad de confinar el agregado y distribuir la carga. El proyecto se dividió en cuatro áreas separadas: el acceso principal del camino con 9 Km. de largo; una isla artificial que sería utilizada para la construcción de la estación militar; un acceso de 550m conectando la estación con un muelle; y la instalación de gaviones en los hombros de los taludes, en las zonas sujetas a corrientes de mareas.



## LA SOLUCIÓN

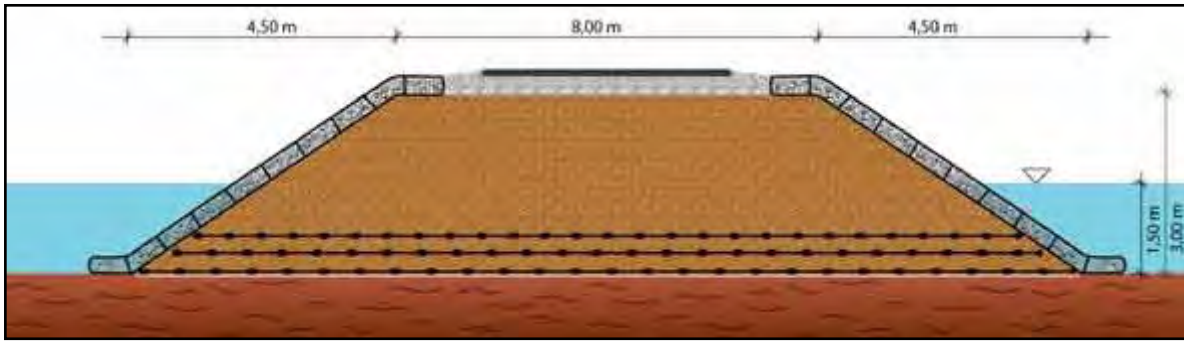
El diseño realizado por el departamento de Ingeniería del Ministerio de Defensa, requirió la inclusión de una capa a base de geomalla integral de 40 kN/m x 40 kN/m y otra de 20 kN /m x 20 kN /m en zonas no sujetas a la presencia de corrientes de marea. En zonas que serían afectadas por corrientes de mareas, así como con una capacidad de carga muy baja a nivel subrasante, con valores de CBR menores de 2.0, 2 capas de 40 kN /m x 40 kN /m y una de 20 kN /m x 20 kN /m serían instaladas. Se propusieron las geomallas bi-orientada tipo 440 y 220 por ser las que cubrían los requerimientos y especificaciones de diseño. La isla artificial que



formaría la instalación militar costera se construyó usando también 2 capas de geomalla tipo 440 y una tipo 220. El diseño del acceso de 550m lo realizó el proveedor y fabricante de Geosintéticos. La altura del acceso que conectaría la isla artificial con el muelle variaba de 1.7 a 3.0m de altura.



El diseño permitiría asentamientos durante la fase de construcción para asegurar un camino estable en la vida útil de la obra. Debido a la baja capacidad de carga en el suelo de cimentación, el diseño no permitía la utilización de geotextiles no tejidos o geomallas tejidas.



Los colchones de gavión utilizados en los hombros y taludes laterales se instalaron en zonas sujetas a la presencia de mareas, para eliminar los efectos erosivos que las corrientes hubieran provocado. El total de geomallas instaladas en conjunto, fue alrededor de 400,000 m<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

El equipo de Ingeniería del Ministerio de Defensa de Kuwait, así como el contratista quedaron altamente satisfechos por la eficiencia de la solución adoptada. La aplicación de las distintas geomallas para el camino de 9 Km sujeto a corrientes de marea y con un bajo CBR, la isla artificial y el acceso, así como los gaviones, permitieron:

- ✓ Aumentar la capacidad de carga de la sub-base
- ✓ Reducir el espesor requerido de material de préstamo sin reducir su funcionamiento en el largo plazo
- ✓ Reducción del tiempo de construcción debido a la fácil instalación de las geomallas
- ✓ Reducción en costos al utilizar una cantidad mucho menor de material de relleno.

## CONTROL DE EROSIÓN Y VEGETACIÓN DE UN TALUD ARTIFICIAL Y TRINCHERAS EN LENTATE (MILAN) S.P. ROUTE 44 AT LENTATE (MILAN) Y CONEXIÓN CON LA VÍA S.S. 35 "DEL GIOVI"

### EL PROBLEMA

Para reducir el impacto ambiental, se construyó una nueva autopista excavando por debajo del nivel del terreno natural. Los taludes producto de los cortes no requirieron

refuerzo, su altura estaba por debajo de 6m y la inclinación variaba entre 40° y 43° con respecto a la horizontal, con excepción de la sección inicial que iba de 6 a 10m de altura. Pruebas químicas mostraron la esterilidad de la tierra a lo largo de las secciones de la superficie de los taludes cortados, el volumen de contenido orgánico también era bajo e incluso inexistente en algunas secciones. La estabilidad a largo plazo estudiada en los taludes dio resultados negativos, sin embargo los estudios de estabilidad a corto plazo dieron buen factor de seguridad gracias a la cohesión del suelo. Sin embargo, las fuerzas erosivas en la capa de la superficie ponían en riesgo la estabilidad y provocaban la pérdida de cohesión del suelo. En el largo término, la estabilidad del talud se vería comprometida empezando por la cara cortada del talud superior dónde podría darse la erosión superficial y el deslizamiento de partículas. Era necesario minimizar el efecto erosivo de los escurrimientos superficiales y reforzar la resistencia al cortante del suelo. También era necesario aplicar una vegetación de césped conveniente, mediante hidrosiembra en el talud con una mezcla de semillas, material orgánico y fertilizantes. Con la finalidad de encontrar la mejor solución posible para controlar la erosión, consolidación y vegetación de los taludes, se comisionó al consultor para dar una solución geológica y agrícola. Se determinaron 5 secciones típicas, las cuales fueron agrupadas de acuerdo a la altura, la inclinación de los taludes, a los perfiles estratigráficos, al contenido de agua, a los principales agentes erosivos de la superficie y a las características tanto del suelo existente como del suelo de relleno para el soporte de las estructuras de concreto.



## LA SOLUCIÓN

Una trinchera de desagüe (1.00 x 0.50m) se excavó a la cima de la cuesta para desviar cualquier agua de la superficie que corriera fuera de los campos cultivados adyacentes al sitio. La tierra se limpió de escombros, y troncos de árbol, piedras grandes y los taludes se aplanaron y nivelaron. Debajo se presentan las cinco diferentes secciones y sus soluciones técnicas relacionadas.



## SECCIÓN TIPO 1

Esta sección incluye las áreas cercanas a los accesos a puentes, a los muros del ala y estribos de los mismos. Los taludes cerca de las estructuras de concreto eran hechos de material de banco: el suelo era granular suelto con finos. La gran inclinación y la baja cohesión del material de relleno indicaba que podrían ocurrir deslizamientos de las pequeñas partículas y erosión superficial rápida con el transporte del suelo a la base del talud.



Para el confinamiento de esta sección se usaron geoceldas con altura celular de 75mm y diámetro interno celular de 200mm, previniendo así la erosión gracias al confinamiento del suelo. Fue colocada con la apertura de las celdas horizontalmente en la cuesta. Se colocaron entonces en el hombro del talud extendiendo las geoceldas dos metros más allá de la cresta y se afianzaron con anclasa de 1m de largo a cada metro cuadrado. Las celdas entonces se llenaron con el suelo orgánico y el área fue sembrada con una mezcla de semillas de pasto y plantas de raíz profunda.

## SECCIÓN TIPO 2

Esta sección incluye taludes de entre 3 y 6m alto con una inclinación menor a 40°, compuesto de depósitos de suelo y grava gruesa (tamaño máximo de agregado 100-120mm) y arena. Esta sección tipo está incluida en las áreas al principio de la carretera Milan – Como, además de un suelo de relleno localizado cerca de las estructuras de concreto, pero menos inclinado.



Las condiciones existentes, no permitieron garantizar la consolidación del suelo, fueron cortadas y reemplazadas con una mezcla de céspedes y plantas de raíz profunda después de la nivelación del talud. Una biomanta antierosión (malla 20 x 20mm; fijo con 2 pijas/m<sup>2</sup>) fue colocada con el fin de evitar que grandes volúmenes de tierra resbalaran al camino, además de ayudar al césped a tomar raíz. La biomanta se fijó a 1m más allá de la cresta.

### SECCIÓN TIPO 3

Esta sección incluye taludes de menos de 6m de alto y con una inclinación entre 40° y 43°, con algunas pocas secciones entre 6 a 8m alto. El suelo está compuesto de un depósito de grava gruesa con un estrato de arcilla superficial en los primeros 2 a 3m. Había algunos lunares, bien compactados al fondo de del talud. En el talud existente producto del corte, era necesario nivelar la pendiente y quitar los montículos inestables. Se logró el refuerzo del talud y contención de las piedras usando la geomalla bi-orientada. La geomalla se fijo con anclas de metal (400mm largo; 1 ancla /m<sup>2</sup>) y se cubrió con 25mm de tierra vegetal. El área fue hidro sembrada con una mezcla de céspedes y plantas de raíz profunda, insertando adicionalmente arbustos en forma local. Donde fue posible, se usó el mismo procedimiento para cubrir una longitud de 2m detrás del talud.



### SECCIÓN TIPO 4

Sección tipo 4 incluye taludes de entre 7 y 10m de alto y con una inclinación máxima a 45°. En la parte superior, podrían encontrarse capas de arcilla roja en capas horizontales. A lo largo de estas capas se podría presentar capilaridad, disminuyendo la estabilidad y llevando a la separación superficial a 200mm de profundidad . La parte baja del talud fue principalmente hecha de grava gruesa con una matriz de arena. El suelo fue confinado usando geoamantas reforzadas.



La estructura tridimensional de la manta alberga la capa de tierra y ancla a las raíces crecientes de las semillas plantadas, obteniendo un bloque reforzado muy resistente a la lluvia evitando se escapen las partículas y previniendo el movimiento de la tierra. El área fue hidro sembrada con una mezcla de agua y semillas de céspedes y las plantas de raíces profundamente arraigadas (entre 30 y 40g/m<sup>2</sup>), fertilizantes orgánicos (100g/m<sup>2</sup>) y tierra orgánica (composta, abono y celulosa 30% peso). Además se plantaron arbustos locales.



## SECCIÓN TIPO 5

Este tipo de sección incluye taludes de más de 8 m de altura con inclinación mayor a 45°. Una capa de arcilla, de 4m de espesor, estaba presente con las señales claras de erosión superficial debido a la saturación de agua.



A lo largo de estas capas el agua podía ascender por capilaridad, disminuyendo la estabilidad y provocando la separación superficial de tierra de 200mm de profundidad. Se usaron dos técnicas para consolidar el talud: Geomantas, como de describió en la Sección anterior Tipo 4, y la construcción de un muro pre-fabricado relleno con suelo granular para un apropiado drenaje.

## CONCLUSIONES

La superficie total sumó 50,000m<sup>2</sup>, con 22,000m<sup>2</sup> de geomanta, 2,500m<sup>2</sup> de geoceldas y 25,000m<sup>2</sup> de geomallas bi.orientadas. Después de muchos meses de que los trabajos fueron terminados, ninguna erosión en la superficie o deslizamientos eran visibles.



La estructura del camino se mezcló en el ambiente local, debido a la presencia de los arbustos que se habían plantado. La técnica especial prevenía erosión de la superficie, permitida relativamente a bajos costos y altos beneficios ambientales.



## RECOMENDACIONES ADICIONALES

Los productos y métodos descritos en el Capítulo III, se mencionan de forma independiente, sin embargo, pueden ser combinados para obtener un resultado mejor. Esta tesis no indica que se deban usar todos estos métodos en un solo terraplén pero sí tomarlos en cuenta para construir y/o diseñar un terraplén.

El diseño y construcción de estas estructuras dependen del espacio, accesibilidad, necesidades a corto y largo plazo, tipo de suelo y opciones de solución. Construir un terraplén que contenga todos los productos y métodos descritos a lo largo de esta tesis tendría que estar bajo circunstancias muy específicas.

Cada empresa productora de geotextiles tiene sus propias recomendaciones y especificaciones. Con el tiempo, estos productos han y seguirán evolucionando por lo que se recomienda tomar esta investigación sólo como una referencia del funcionamiento de los geotextiles existentes al día de hoy. No se sabe en que tiempo, algunos de estos geotextiles sean obsoletos y por ende esta investigación lo sea también.

Se recuerda que, hasta hoy, no existe amplia bibliografía disponible de geosintéticos en México. La poca bibliografía existente la tienen algunos fabricantes y distribuidores y posiblemente algunas constructoras que cuentan con biblioteca. La bibliografía actual está en inglés y en francés principalmente. Para más conocimiento de estos materiales se recomienda acercarse a un fabricante o contactando a la GMA de México.

En Europa y Norteamérica ya se utiliza maquinaria especial para el colocado de algunos geotextiles sobre emulsión tipo AC, como la que se muestra a continuación:



**FIG. RA.1 COLOCADO DE GEOTEXTIL CON EQUIPO ESPECIALIZADO EN UNA CALLE**



**FIG. RA.2 COLOCADO DE GEOTEXTIL CON EQUIPO ESPECIALIZADO EN UNA CARRETERA**

Sin embargo está maquinaria no es indispensable, esto se puede hacer cargando el rollo de geotextil por sus extremos o se puede diseñar algún instrumento



**FIG. RA.3 COLOCADO DE GEOTEXTIL A MANO POR 4 OBREROS EN LA PISTA 05R-23L DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE 2008**



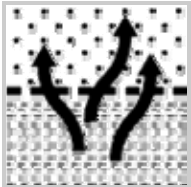
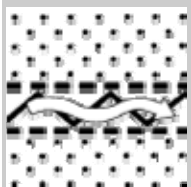
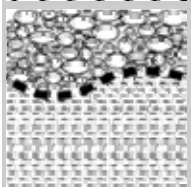
**FIG. RA.4 COLOCADO DE GEOTEXTIL CON AYUDA DE UNA CARRITO, DISEÑADO POR EL CONTRATISTA, EN LA PISTA 05R-23L DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2008**


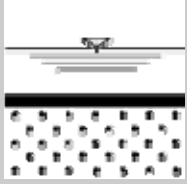
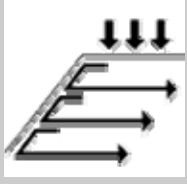
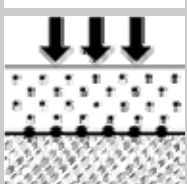
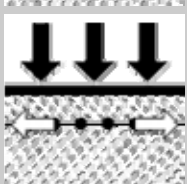
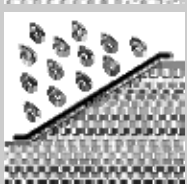
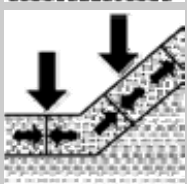
Las siguientes tablas muestran las aplicaciones para cada Geosintético

**TABLA RA.1 APLICACIONES, FUNCIÓN Y PRODUCTOS GEOSINTÉTICOS**

Aplicación	Función Principal	Productos
Estabilización de la subrasante	Separación / Refuerzo / Filtración	Geotextil / Geomalla
Estabilización de la vía del ferrocarril	Drenaje / Separación / Filtración	Geotextil
Control de Sedimentación con Cortinas de Retención	Retención de Sedimentos / Filtración / Separación	Geotextil
Carpeta asfáltica	Impermeabilización / Capa disipadora de esfuerzos	Geotextil
Refuerzo de Suelo en:		
Terraplenes	Refuerzo	Geotextil / Geomalla
Taludes	Refuerzo	Geomalla / Geotextil
Muros Verticales	Refuerzo	Geomalla / Geotextil
Filtro para control de erosión	Filtración / Separación	Geotextil
Filtro para el drenaje subterráneo	Filtración	Geotextil
Protección de geomembrana	Protección / Amortiguación	Geotextil
Drenaje subterráneo	Filtración / Transmisión de Fluidos	Compuestos de Drenaje prefabricados
Control de erosión superficial	Refuerzo del césped	Mantas para el control de erosión

**TABLA RA.2 FUNCION, PRODUCTO GEOSINTÉTICO Y DETALLE**

Filtración		Geotextiles, Geocompuestos	Permiten el paso de fluidos previniendo la migración de partículas sólidas
Drenaje		Georedes, Geocompuestos	Transportación de fluidos
Separación		Geotextiles, Geocompuestos	Previenen la mezcla de dos diferentes suelos o materiales

Protección		Geotextiles no tejidos, Georedes, Geocompuestos	Evitan daños a la estructura, a un material o a otro geosintético
Impermeabilización		Geomembranas, Geocompuestos	Barrera de fluidos
Refuerzo de muros/taludes inclinados		Geomallas mono-orientadas, Geotextiles tejidos	Proporciona fuerzas de tensión en masas de suelo
Refuerzo de suelo blando		Geomallas bi-orientadas, Geotextiles, Geocompuestos	Incrementa la capacidad de carga
Refuerzo de concreto, asfalto		Geomallas bi-orientadas	Proporciona resistencia a la tensión y a la fatiga
Control de erosión y estabilización de la superficie		Geomantas, Geoceldas, biomantas, bioredes	Evita la separación y transporte de partículas de suelo por la lluvia, viento y corrimiento; anclado de raíces
Confinamiento		Geoceldas	Contienen el movimiento lateral de una masa de suelo

## CONCLUSIONES

Todos los geotextiles tienen más de un solo uso. Las combinaciones de estos pueden ser benéficas para algunos proyectos, sin embargo se aconseja la recomendación de algún experto. El éxito o fracaso en el uso de estos productos dependerá de la destreza para aprovecharlos del ingeniero a cargo del proyecto.

La investigación ha permitido ofrecer un pequeño prontuario de los geosintéticos para la estabilidad de terraplenes y algunas otras acciones.

En México ya existen empresas fabricantes de estos productos. Se aconseja al lector acercarse a estas empresas para obtener información más detallada de sus productos ya que la descripción que se hace en esta tesis es generalizada.

La aplicación de algunos de estos productos depende de diseño y no se deben colocar de forma arbitraria.

La GMA y la IGS proporcionan información de los geosintéticos tanto en folletos impresos como en sus paginas de Internet respectivas (se pueden consultar en la bibliografía) para ampliar la consulta del lector.

La Tecnología es una aliada de la Ingeniería. El futuro de la Ingeniería depende de la Ciencia y la Tecnología. Ojala que en México haya más investigación en materiales que pueda beneficiar a la Ingeniería Civil con el fin de poder seguir construyendo y reduciendo los limitantes que hasta hoy se tienen.





## APENDICES Y ANEXOS

### I FICHAS TÉCNICAS GENERALES

#### I.1 GEOMANTAS

Características físicas		
Estructura	Tridimensional compuesta por 3 capas	
Tipo de malla	Aperturas rectangulares	
Color estándar	Negro	
Tipo de Polímero	Polipropileno	
Empacado	Rollos con etiqueta de identificación	
Características dimensionales		
Tamaño de apertura	12.0 x 16.0*	mm
Espesor	17.0*	mm
Masa por unidad de área	320.0*	g/m <sup>2</sup>
Ancho del rollo	2.20	m
Largo del rollo	30.0	m
Diámetro del rollo	0.78	m
Volumen del rollo	1.40	m <sup>3</sup>
Peso bruto del rollo	24.0	kg

## I.2 GEOCELDAS

Características físicas		
Estructura	Nido de abeja tridimensional	
Tipo de malla	Celdas ovales - hexagonales	
Color estándar	Verde, Negro	
Tipo de Polímero	Polietileno	
Estabilizador U. V.	Si	
Empacado	7 ó 9 Paneles compactados sobre plataforma	
Dimensión del panel	12.5m x 0.22m x (75 ó 100mm)	
Peso del panel	Desde 40kg hasta 56kg	
Características dimensionales		
Diámetro interno	Desde 115 hasta 300	mm
Peralte	75 ó 100	mm
Grosor de la pared	1.0	mm
Peso unitario	Desde 1.10 hasta 2.5	kg/m <sup>2</sup>
Ancho de panel extendido	Desde 2.00 hasta 5.00	m
Largo de panel extendido	De 10 a 11	m
Superficie cubierta	Desde 22 hasta 50	M <sup>2</sup>

## I.3 GEOMALLAS MONO-ORIENTADAS

Características físicas		
Estructura	Geomalla mono-orientada	
Tipo de malla	Aperturas ovales	
Color estándar	Negro	
Tipo de Polímero	Polipropileno de alta densidad	
Empacado	Rollos con etiqueta de identificación	
Características dimensionales		
Tamaño de apertura	220.0 x (13.0 ó 20.0)	mm
Masa por unidad de área	Desde 300 hasta 1000	g/m <sup>2</sup>
Ancho del rollo	1.00	m
Largo del rollo	Desde 30.0 hasta 100.0	m
Diámetro del rollo	35 ó 40	cm
Volumen del rollo	Desde 0.120 hasta 0.160	m <sup>3</sup>
Peso bruto del rollo	De 24.0 a 30.0	Kg

#### I.4 GEOMALLAS BI-ORIENTADAS

Características físicas		
Estructura	Geomalla bi-orientada	
Tipo de malla	Aperturas rectangulares	
Color estándar	Negro	
Tipo de Polímero	Polipropileno	
Empacado	Rollos en bolsas de polipropileno con etiqueta de identificación	
Características dimensionales		
Tamaño de apertura	Variable, 28 x 38, 40 x 30	mm
Masa por unidad de área	De 230 a 300	g/m <sup>2</sup>
Ancho del rollo	4.00	m
Largo del rollo	100.0	m
Diámetro del rollo	Variable	m
Volumen del rollo	De 0.60 a 1.00	m <sup>3</sup>
Peso bruto del rollo	De 90.0 a 130.0	kg

#### 1.5 GEOTEXTIL NO TEJIDO

Características físicas		
Estructura	Geotextil no tejido	
Tipo de malla	Cerrada. Trama estable	
Color estándar	Negro	
Tipo de Polímero	Polipropileno	
Empacado	Rollos con etiqueta de identificación	
Características dimensionales		
Masa por unidad de área	142.50	g/m <sup>2</sup>
Ancho del rollo	4.00, 6.00	m
Largo del rollo	100.0	m
Diámetro del rollo	Variable	m
Volumen del rollo	De 0.60 a 1.00	m <sup>3</sup>
Peso bruto del rollo	De 114.0 a 171.0	kg

## II FORMULAS Y GRAFICAS

### II.1 TERRAPLÉN

El nivel de estabilidad de un terraplén reforzado sobre un suelo blando puede ser evaluado mediante la definición de los factores de seguridad (Fs):

➤ Para estabilidad global

$$F_s = \frac{M_R + \Delta M_R}{M_D} \geq \text{tipicamente} - \text{entre} - 1.2 \sim 1.3$$

donde MD: momento actuante

MR: momento resistente

DMR: contribución del geosintético al momento contra la falla

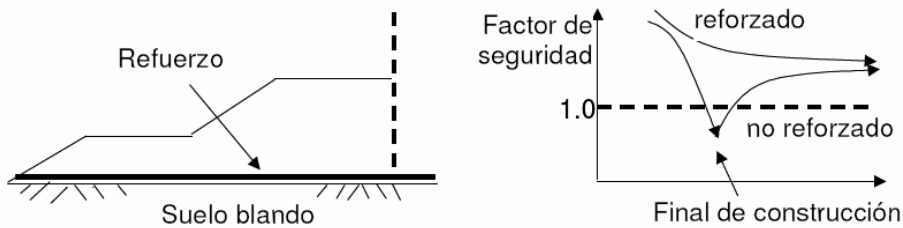
➤ Para estabilidad contra falla por deslizamiento F

$$F_s = \frac{P_R}{P_A} \geq \text{tipicamente} = 1.5$$

PA: empuje activo del terraplén (de las presiones activas de tierra)

PR: fuerza de fricción a lo largo de la interfase terraplén-refuerzo

La eficiencia de los geosintéticos como refuerzos de terraplenes en suelos blandos puede ser visualizada en las siguientes figuras.



## II.2 VÍAS NO PAVIMENTADAS

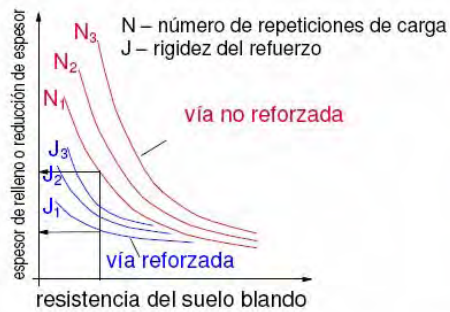


Gráfico típico para diseño



Construcción de una vía no pavimentada reforzada sobre arcilla orgánica blanda

## II.3 PAVIMENTOS

En repavimentación, los geotextiles brindan la posibilidad de alargar la vida útil de un camino. Caminos antiguos que se construyeron sin la tecnología de los geotextiles que presentan grietas que crecen hacia arriba o que se van transmitiendo de una capa a la otra pueden ser mitigadas ampliamente con la colocación de un geotextil no tejido que trabaja como una membrana aislante. Esta membrana es la base de la carpeta asfáltica nueva y se apoya en la anterior sin absorber las deficiencias de ésta. De esta manera la vida útil de la carpeta nueva será larga y los riesgos para los usuarios son inferiores.

Este procedimiento es recomendado para caminos de todo tipo, principalmente carreteras tipo A y tipo B, ya que estas carreteras tienen un tránsito promedio diario anual que va de los 1500 a más de 3000 vehículos. En algunas ocasiones llegan a transitar 360 vehículos o más en una hora. También se recomienda en los Aeropuertos, ya que el peso del cada avión al aterrizar es resentido directamente por la carpeta del nivel rasante; así mismo en el despegue, las turbinas ejercen presión sobre la carpeta.

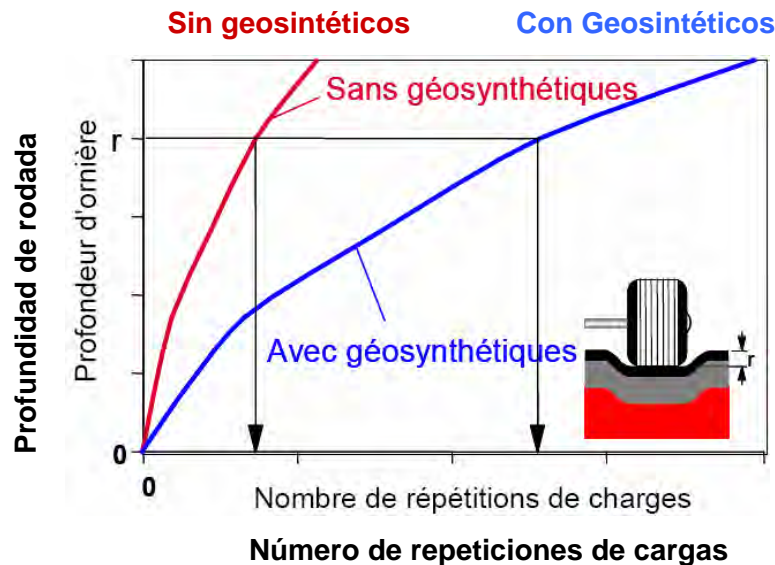
La eficiencia de los geotextiles como refuerzo de carpetas asfálticas puede ser estimada por el factor de eficiencia (E)

$$E = \frac{N_r}{N_u}$$

\$N\_r\$ = Número de repeticiones de carga necesarias para la ruptura de la carpeta reforzada

\$N\_u\$ = Número de repeticiones de carga necesarias para la ruptura de la carpeta no reforzada

Los datos disponibles en la literatura presentan valores de E tan altos como 16, lo cual demuestra que incrementos considerables en la vida útil de la carpeta asfáltica pueden realizarse con el uso de geosintéticos como refuerzo o separación. Observaciones en campo y resultados de investigación confirman el mejoramiento en el desempeño de carpeta asfáltica debido al uso de geotextiles.



Incremento de la duración de la vida de la carpeta asfáltica debido al uso de un refuerzo geotextil

Si son correctamente especificados e instalados, los geotextiles pueden ser económicamente interesantes y mejoran el desempeño y la durabilidad de la carpeta asfáltica.

### III MÉTODOS DE PRUEBA

#### **GEOSINTETICOS**

##### **Propiedades do Resistencia**

Especificaciones para:

D4886 - 88 (1995)

Resistencia de los geotextiles a la abrasión (Método de papel lija/bloque deslizante).

---

D4355 - 92	Deterioro de los geotextiles debido a su exposición a la luz ultravioleta y al agua (Aparato Xenon-Arco).
D4594 - 96	Efectos de la temperatura en la estabilidad de los geotextiles.
D53 22-98	Procedimientos de Inmersión para la evaluación de la resistencia química de los geotextiles a los líquidos
<i>Métodos de Prueba para:</i>	
D1987 - 95	Colmatación biológica de los geotextiles o de los rellenos Suelo/Geotextil
D5970 - 96	Deterioro de los geotextiles debido a su exposición a la intemperie
D5596 - 94	Evaluación microscópica de la dispersión de Carbón Negro en geosintéticos de poliolefina
D5397 - 95	Resistencia al esfuerzo de agrietamiento de geomembranas de poliolefina usando la prueba de carga de tensión constante no confinada, Evaluación de la
D5262 - 97	Evaluación del comportamiento de la fluencia de los geosintéticos bajo tensión no confinada
<i>Prácticas para:</i>	
D5721 - 95	Envejecimiento por horno de aire de las geomembranas de poliolefina
D6213 - 97	Pruebas para evaluar la resistencia química a los líquidos de las geomallas
D5747 - 95a	Pruebas para evaluar la resistencia química a los líquidos de las geomembranas



D5496 - 98 Pruebas de inmersión de geotextiles en el lugar

*Guías para:*

D5819 -98 Seleccionando métodos de ensayos para la evaluación experimental de durabilidad de geosintéticos

D4873 - 97 Identificación, almacenamiento y manejo de geotextiles

**Geomembranas**

*Especificaciones para:*

D3083 - 89 Láminas flexibles de plástico (Cloruro de Pólviniilo) para el revestimiento de lago, canal y depósito.

D3020 - 89 Láminas plásticas de Polietileno y Etileno (Copolímeros) para el revestimiento de lago, canal y depósito

*Prácticas para:*

D5323 - 92 Determinación del módulo secante al 2% para geomembranas de polietileno.

D4545 - 86 (1991) Determinación de la integridad de las costuras de Factoría usadas en la unión de geomembranas fabricadas de láminas flexibles.

D4437 - 84 (1988) Determinación de la integridad de las costuras en la obra usadas en la unión de geomembranas fabricadas de láminas flexibles.

D5820 - 95 Evaluación del canal de aire a presión de geomembranas de unión doble

*Métodos de Prueba para:*

D5994 - 98 Determinación del espesor del núcleo de geomembranas texturizadas.

P6214 - 97 Determinación de la integridad de las costuras en la obra usadas en la unión de geomembranas mediante métodos de fusión química.

D5514 - 94 Prueba en gran escala de perforación hidrostática de geosintéticos

*Métodos de Prueba para:*

D5617 - 94 Prueba de tensión multiaxial de geotextiles

D5494 - 93 Determinación de la resistencia piramidal a la perforación de geomembranas protegidas y sin protección.

D5884 - 95 Determinación de la resistencia al desgarre de geomembranas internamente reforzadas

**Revestimientos de Geosintéticos con Arcilla**

*Métodos de Prueba para:*

D5891 - 95 Pérdida de fluido del componente arcilloso de los revestimientos de geosintéticos con arcilla

D6243 - 98 Determinación de la resistencia al esfuerzo Cortante interno y de junta de revestimiento de geosintético con arcilla mediante el método directo de esfuerzo cortante

D5993 - 96 Medición de la masa por unidad de revestimiento de geosintético con arcilla

D5887 - 98 Medición de índice de flujo a través de especímenes Saturados. Revestimiento de geosintético con arcilla usando un permeámetro de pared flexible

D5890 - 95 Índice de hinchamiento del componente mineral de Arcilla de Revestimientos de geosintéticos con arcilla

*Prácticas para:*

D5889, 97 Control de calidad de revestimientos de geosintéticos con arcilla

*Guías para:*

D6102 - 97 Instalación de revestimientos de geosintéticos con arcilla

D6141 - 97 Evaluación de la porción de arcilla de un revestimiento de geosintético con arcilla (GCL del Inglés) para determinar su compatibilidad química con líquidos

D5888 - 95 Almacenamiento y manejo de revestimientos de geosintéticos con arcilla

D6072 - 96 Usando el penetrómetro electrónico de cono para la caracterización del medio ambiental de lugar de la obra

***Propiedades Mecánicas***

*Guías para:*

D5886 - 95 Selección de los métodos de prueba para determinar la velocidad de la permeación de fluidos a través de geomembranas para aplicaciones específicas

*Especificaciones para:*

D4632 - 86 (1996) Carga de rotura y elongación de geotextiles (Método Grab)

D4833 - 88 (1996)E1 Índice de la resistencia a perforación de geotextiles, geomembranas y productos relacionados

D4884 - 96 Resistencia de la costura en geotextiles cosidos

D4595 - 86 (1994) Propiedades de tensión de los geotextiles mediante el método de tira ancha

D4533 - 91 (1996) Resistencia al desgarre trapezoidal de los geotextiles

*Prácticas para:*

D5818 - 95 Obtención de muestras de geotextiles de una sección de la prueba para la estimación del daño por la instalación

D4354 - 96 Muestreo de los geosintéticos para pruebas

D4759 - 88 (1996) Determinación de las especificaciones de conformidad de geosintéticos

*Métodos de Prueba para:*

D5261 - 92 (1996) Medición de la masa por unidad de área de Geotextiles

D6241 - 98 Resistencia a la perforación estática de geotextiles y productos relacionados usando un pistón de 50mm

D6244 - 98 Compresión vertical de los paneles del pavimento de drenajes de geocompuestos

***Permeabilidad y Filtración***

*Métodos de Prueba para:*

D4751 - 95 Determinación de la abertura aparente de poros de un geotextil

D6140 - 97 Determinación de la retención del asfalto de telas de pavimentación usadas en pavimentación asfáltica para aplicaciones de ancho total

---

D5321 - 92 (1997)	Determinación del coeficiente del suelo y del geosintético o geosintético y la fricción del geosintético mediante el método directo de esfuerzo cortante
D4716 - 95	Transmisividad hidráulica de carga constante (Flujo Planar) de geotextiles y productos relacionados
D5141 - 96	Determinación de la eficiencia de la filtración y velocidad del flujo de un geotextil para aplicaciones de cortinas de retención de sedimentos usando especificaciones del lugar
D5567 - 94	Prueba de relación de conductividad hidráulica (HCR del Inglés) del sistema suelo/ geotextil
D5199 - 98	Medición del espesor nominal de geotextiles y geomembranas
D5101 - 96	Medición del potencial de colmatación del sistema suelo - geotextil (mediante la relación del gradiente)

## BIBLIOGRAFÍA

*Texto* del Ph.D., P.E. ROBERT M. KOERNER

Equipo de Pavimentación, Ing. Carlos Manuel Chavarri Maldonado, FUNDEC AC.

Compactación, Ing. Federico Alcaraz Lozano, FUNDEC AC.

XIX Conferencia Nabor Carrillo, Estructuras T rreas reforzadas con Geosintéticos: una solución rentable que combina dos disciplinas de Ingeniería, Fumio Tatsuoka, Profesor de Ingeniería Geotécnica, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Ciencias de Tokio.

<http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=1101>

<http://www.tenax.net/geosinteticos/geosinteticos.htm>

<http://www.usfabricsinc.com/products/?es>

[www.gmanow.com](http://www.gmanow.com)

[www.geosyntheticssociety.org](http://www.geosyntheticssociety.org)

Entrevistas con:

M.E. DAMARIS GARZA, gerente de EVI SA de CV, distribuidor de TENCATE en México.

ING. OSCAR COUTTOLENC, Director de GMA México.