

6 870115

2ej

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela de Ingeniería Civil



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"UTILIZACION DE LOS GEOTEXILES EN OBRAS
DE INGENIERIA CIVIL"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:

RICARDO DE LA CRUZ GUTIERREZ

GUADALAJARA, JAL.

1988



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.

INDICE.

	PAGINA
I) INTRODUCCION.	
I.1) ¿DONDE SE UBICAN LOS GEOTEXTILES?-----	1
I.2) CLASIFICACION DE LOS GEOTEXTILES-----	6
I.3) ¿EN QUE SE UTILIZAN LOS GEOTEXTILES?--	12
I.4) VENTAJAS QUE OFRECE EL USO DE LOS GEO- TEXTILES -----	13
I.5) HISTORIA DE LOS GEOTEXTILES -----	18
I.6) PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION DE LOS-- GEOTEXTILES -----	27
ANEXO I'-1 Algunas propiedades ffsi_-- cas de las fibras sintéticas -----	45
 II) PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS GEOTEXTILES.	
II.1) FUNCIONES DE LOS GEOTEXTILES -----	47
II.2) PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS GEO_- TEXTILES POR AREA FUNCIONAL -----	54
II.3) APLICACION DE LOS GEOTEXTILES EN CA_- MINOS -----	61
II.3.1) Aspectos de instalación de -- los geotextiles en la cons_-- trucción de caminos -----	61
II.3.2) Control del agrietamiento de- reflexión en caminos -----	69
II.4) REFUERZO DE SUELO CON GEOTEXTILES ---	72
II.4.1) Técnicas de instalación ----	75
II.5) USO DE LOS GEOTEXTILES EN DRENAJE ---	80
II.5.1) Drenaje en la industria de la construcción -----	80
II.5.2) Drenaje de tierra -----	83
II.5.3) Drenaje vertical -----	85

II.6) CONTROL DE EROSION EMPLEANDO GEOTEXILES -----	90
II.6.1) Sistemas convencionales de control de erosión -----	90
II.6.2) Solución con geotextiles ----	90
A) Protección de margen y lecho -----	91
B) Algas artificiales (de tela) -----	99
C) Cercas de sedimentos ----	99
II.7) LOS GEOTEXILES COMO CIMBRAS DE CONCRETO -----	102
II.7.1) Cimbras de geotextil en la reparación de pilas -----	102
II.7.2) Columnas para minas y estabilidad de cavernas -----	105
II.8) UTILIZACION DE LOS GEOTEXILES EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES -----	108
II.9) METODOS DE UNION Y TRASLAPE DE LOS GEOTEXILES -----	111
II.10) HISTORIA DE ALGUNOS CASOS DE APLICACION DE LOS GEOTEXILES -----	116
III) FUNCIONAMIENTO DE LOS GEOTEXILES.	
III.1) PROPIEDADES DE LOS GEOTEXILES -----	142
III.1.1) Generalidades -----	142
III.1.2) Aspectos geométricos -----	143
III.1.4) Propiedades hidráulicas ----	156
III.1.5) Propiedades químicas -----	163

III.2) METODOS DE PRUEBA DE LOS GEOTEXTILES.	
III.2.1) Importancia de los métodos de laboratorio -----	170
III.2.2) Métodos de prueba para propiedades físicas -----	175
III.2.3) Métodos de prueba para propiedades mecánicas -----	178
III.2.4) Métodos de prueba para propiedades hidráulicas -----	202
III.2.5) Métodos de prueba para propiedades químicas -----	222
 Anexo III'-1 Propiedades más importantes de los geotextiles por función que desempeñan -----	 227
 Anexo III'-2 Intervalos de propiedades importantes y de pruebas típicas para geotextiles comercialmente disponibles -----	 229
 Anexo III'-3 Tablas de propiedades de algunos productos de geotextiles actualmente en uso -----	
 IV) ESPECIFICACIONES.	
IV.1) INTRODUCCION -----	249
IV.2) ALGUNAS ESPECIFICACIONES NORMATIVAS ---	251
IV.3) ESPECIFICACIONES DE FABRICANTE -----	265
IV.4) OTRAS ESPECIFICACIONES (PROPUESTAS)----	300

PAGINA

Anexo IV'-1 Formato propuesto para contra <u>to</u> de suministro de telas filtrantes sín <u>téticas</u> (geotextiles) -----	310
V) CONCLUSIONES -----	317
BIBLIOGRAFIA -----	320

1) INTRODUCCION.

M

1.1) ¿DONDE SE UBICAN LOS GEOTEXTILES?

EL GRUPO DE LOS GEOSINTETICOS.

Los geosintéticos son aquellos productos cuya materia prima es de tipo sintético (la mayoría son materiales plásticos) y que son empleados en obras de Ingeniería Civil - que involucren trabajos con suelo y/o roca.

El prefijo "geo" les es dado a estos materiales por su uso en suelo y/o roca, mientras que la categoría de "sintéticos" se les otorga por ser materiales de hechura humana.

Si bien las materias primas utilizadas en la fabricación de los geosintéticos son los plásticos, el hule, la fibra de vidrio y otros materiales son algunas veces usados.

En general, los geosintéticos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1) Geotextiles | 3) Geomallas |
| 2) Geomembranas | 4) Geocompuestos |

1) GEOTEXTILES.

Se considera como geotextil a cualquier textil permeable usado en cimentaciones, suelo, roca, tierra o cualquier otro material geotécnico como parte integral de un producto, estructura o sistema hecho por el hombre (definición de la ASTM).

Los geotextiles son el grupo más utilizado de los geosintéticos en obras de Ingeniería Civil.

Los geotextiles son realmente textiles en el sentido tradicional, pero constan de fibras sintéticas en lugar de naturales como el algodón, lana y seda. De este modo, la biodegradación no es problema. Las fibras son formadas en una tela flexible y porosa por una maquinaria estándar. Es importante mencionar que el funcionamiento de los geotextiles depende de la naturaleza de las fibras usadas, sus dimensiones y peso, y del método de construcción.

Koerner (ref. 59) distingue por lo menos 80 áreas de aplicación específica para los geotextiles que han sido desarrolladas; sin embargo, estas telas siempre ejecutan al menos una de las siguientes funciones discretas:

- | | |
|---------------|---|
| 1) Separación | 4) Drenaje |
| 2) Refuerzo | 5) Protección |
| 3) Filtración | 6) Barrera de humedad (cuando son impregnados). |

Los geotextiles son también conocidos como telas de ingeniería, telas filtrantes plásticas o geotelas.

2) GEOMEMBRANAS.

Estos materiales son hojas delgadas impermeables de hule o material plástico usadas fundamentalmente para revestimientos y cubiertas de estanques de almacenamiento de sólidos o líquidos. De este modo, la función primaria es siempre muy grande y han sido desarrolladas por lo menos 30 aplicaciones individuales en la Ingeniería Civil. La

función principal es como barrera de humedad.

3) GEOMALLAS.

Las geomallas representan un pequeño segmento, pero - de crecimiento rápido del área de los geosintéticos.

Más que ser un textil tejido, no tejido o de trabajo- de punto (o aun parecido a un textil), las geomallas son- plásticos formados en una configuración de red muy abierta. A menudo son estiradas en una o dos direcciones para mejo- rar sus propiedades físicas. Existen 25 áreas de aplica- ción de las geomallas (ref. 59) y funcionan de dos modos:

- 1) Separación (ocasionalmente)
- 2) Refuerzo (usualmente).

4) GEOCOMPUESTOS.

Un geocompuesto consiste en la combinación de un geo- textil o una geomalla, o una geomalla y una geomembrana, - o un geotextil, geomalla y una geomembrana, o cualquiera - de estos tres productos con otro material. Esta área com- prende los mejores esfuerzos creativos del ingeniero, fa- bricante y/o contratista. Las áreas de aplicación son nu- merosas y de crecimiento firme. Las funciones principales comprenden la gama completa de funciones listadas para los geosintéticos discutidas previamente.

- | | |
|---------------|---------------|
| 1) Separación | 4) Drenaje |
| 2) Refuerzo | 5) Barrera de |
| 3) Filtración | humedad. |

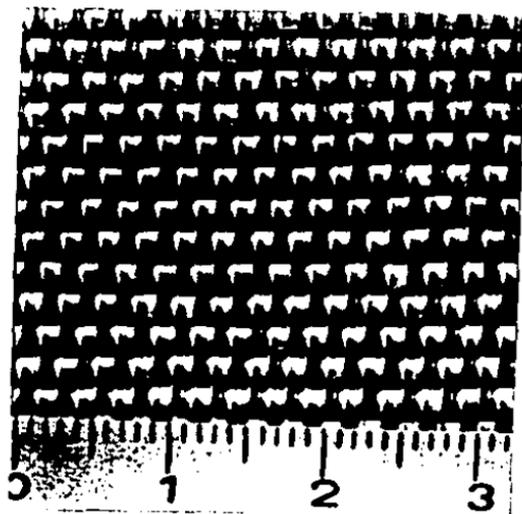


Fig. 1.1 GEOTEXTIL TEJIDO CON ESTRUCTURA CLARAMENTE DEFINIDA (Ref. No. 104)



Fig. 1.2 GEOMEMBRANA
(Ref. No. 13)

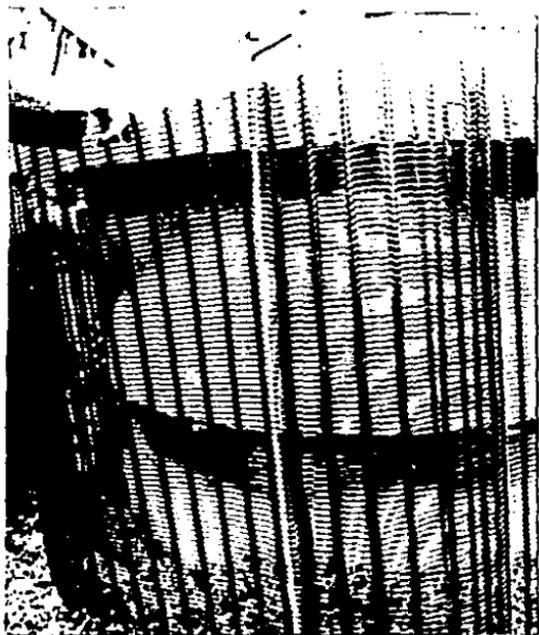


Fig. 1.3 GEOMALLA
(Ref. No. 83)



Fig. 1.4
GEOCOMPUESTO
(Ref. No. -
104)

I.2) CLASIFICACION DE LOS GEOTEXTILES.

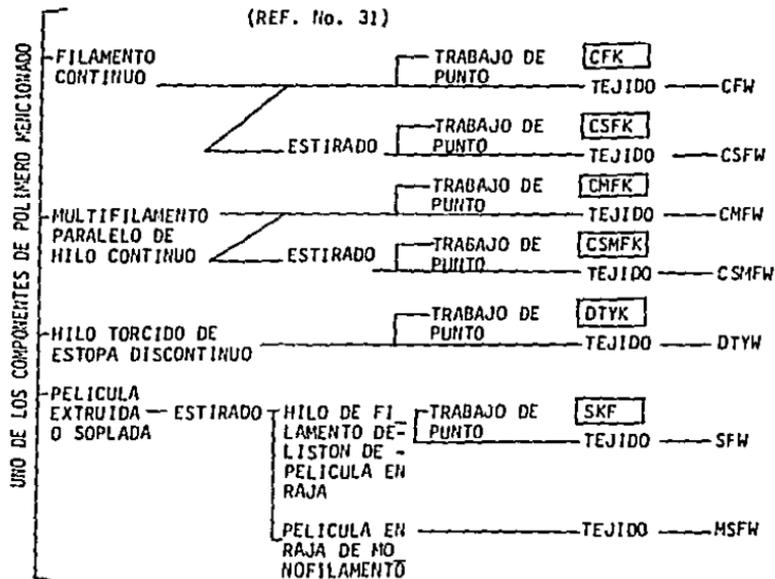
Los geotextiles pueden ser clasificados en diversas - formas:

- a) Por la forma o método de construcción (tecnología de producción).
- b) Por los polímeros constituyentes (materia prima).
- c) Por sus propiedades (incluyendo el peso y el espesor).
- d) Por la función de ingeniería.
- e) Por el uso final.

La clasificación aquí presentada para los geotextiles -propuesta por el Prof. Gamski (ref. 31)- está basada en - la primera forma (tecnología de producción), y ha de ser - antepuesta por el nombre del polímero constituyente.

Esta clasificación comprende dos grupos básicos: los tejidos (W) y los no tejidos (NW).

CLASIFICACION DE LOS GEOTEXILES TEJIDOS
(REF. No. 31)



ABREVIATURAS:

CFW	Tejido de filamento continuo
CSFW	Tejido de filamento continuo estirado
CMFW	Tejido de multifilamento continuo
CSMFW	Tejido de multifilamento continuo estirado
DTYW	Tejido de hilo torcido discontinuo
SFW	Tejido de pelcua en raja
MFSW	Tejido de raja de monofilamento
CFK	De punto de filamento continuo
CSFK	De punto de filamento continuo estirado
CMFK	De punto de multifilamento continuo
CSMFK	De punto de multifilamento continuo estirado
DTYK	De punto de hilo torcido discontinuo
SFK	De punto de pelcua en raja

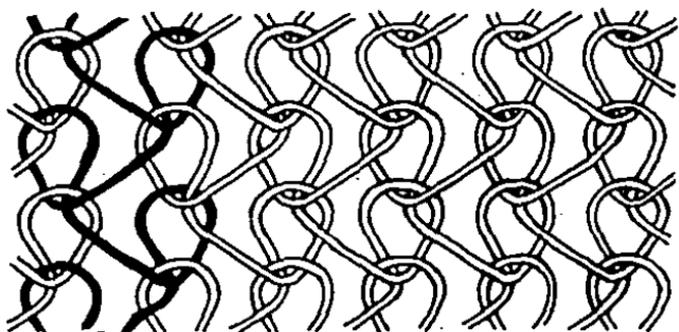
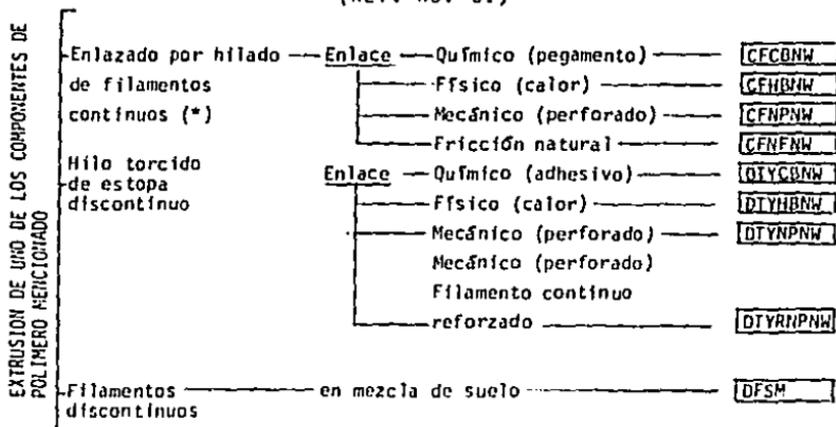


Fig. 1.5 TELA DE URDIMBRE DE PUNTO
(Ref. No. 104)



Fig. 1.6 DETALLE DE TRABAJO DE PUNTO
(Ref. No. 63)

CLASIFICACION DE LOS GEOTEXILES NO TEJIDOS
(Ref. No. 31)



ABREVIATURAS:

CFCBNW	No tejido de filamento continuo enlazado químicamente
CFHBNW	No tejido de filamento continuo enlazado por calor
CFNPNW	No tejido de filamento continuo perforado por agujas
CFNFWW	No tejido de filamento continuo enlazado por fricción natural
DTYCBNW	No tejido de hilo torcido discontinuo enlazado químicamente
DTYHBNW	No tejido de hilo torcido discontinuo enlazado por calor
DTYNPNW	No tejido de hilo torcido discontinuo perforado por agujas
DTYRNPW	No tejido de hilo torcido reforzado discontinuo perforado por agujas
DFSM	Filamento discontinuo para mezcla de suelo.

(*) Enlazado por hilado designa a las telas no tejidas hechas de filamentos continuos que son enlazados tanto por calor (o químicamente) como por perforado con agujas. Es por eso que se ha preferido evitar usar este término en esta clasificación.



Fig. 1.7 TELA NO TEJIDA
ENLAZADA
QUIMICAMENTE
(CON PEGAMENTO)
(Ref. No. 104)

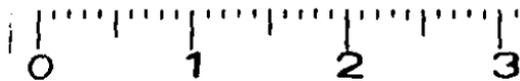
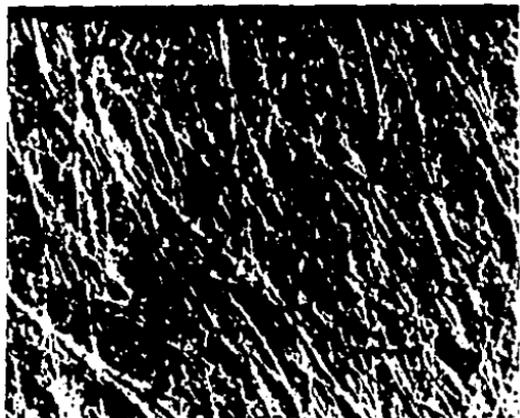


Fig. 1.8 TELA NO TEJIDA
ENLAZADA POR
CALOR (TERMICA
MENTE)
(Ref. No. 104)



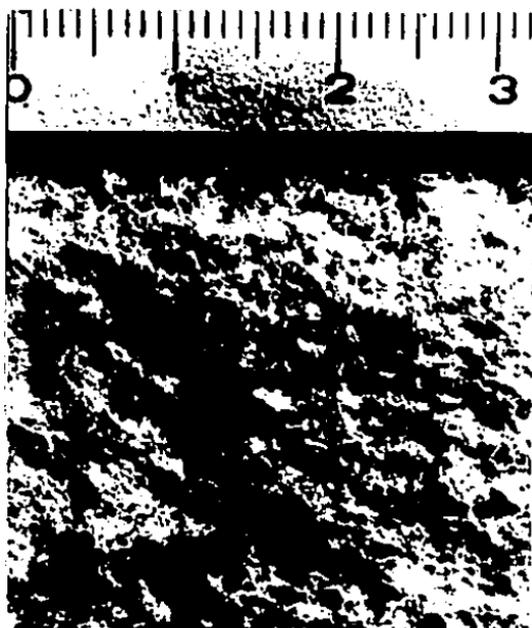


Fig. 1.9 TELA NO TEJIDA PERFORADA
POR AGUJAS (ENLACE MECANICO)
(Ref. No. 104)

1.3) ¿EN QUE SE UTILIZAN LOS GEOTEXILES?

Algunas áreas de aplicación de la Ingeniería Civil - en que los geotextiles han demostrado funcionar eficazmente son las siguientes:

- 1) En la construcción de caminos y ferrocarriles y - en la rehabilitación de vfas terrestres en general.
- 2) En el refuerzo de taludes, terraplenes y muros de contención.
- 3) En el drenaje de estructuras de tierra y edificaciones.
- 4) En estructuras de control de erosión:
 - a) Como revestimiento de margen y lecho en vfas - fluviales.
 - b) En protección de litorales (como contenedores - de concreto o como sacos de arena).
 - c) Como cercas de sedimentación.
- 5) Como cimbras flexibles.
- 6) En la construcción de túneles.
- 7) Como lonas de explosivos (para evitar la disipación del material de voladura).

Los usos específicos más importantes por área funcional son listados en el capítulo II.

1.4) VENTAJAS QUE OFRECE EL USO DE LOS GEOTEXTILES.

Algunas de las ventajas que en general ofrece el uso de los geotextiles en cualquier obra de Ingenierfa Civil son:

- . Mejora el funcionamiento de la construcción en la cual son utilizados.
- . Larga vida (gran durabilidad).
- . Permiten abatir costos principalmente como consecuencia de su fácil y rápida transportación e instalación. Unos cuantos rollos de geotextil suplen toneladas de materiales de uso convencional.
- . Reducen el mantenimiento de la construcción en que son empleados.
- . Su costo como material es bajo respecto a materiales de uso alternativo.
- . Permiten reducir el tiempo de construcción.
- . Son de fácil manejo e instalación.
- . Requieren mano de obra mínima.
- . Pueden ser instalados bajo condiciones climatológicas variadas (adversas).
- . Procuran volumen sin mucho peso.
- . No requieren de equipo especial para su instalación.
- . Aumentan la seguridad de una estructura.
- . El control de calidad de su instalación es más fácil.

- . Sus propiedades son más uniformes y confiables que las propiedades del suelo.
- . Son flexibles.
- . Alta permeabilidad.
- . Alta resistencia a la fricción con el suelo.
- . Alta resistencia a la tensión.
- . Alta elongación a la ruptura.
- . Buena resistencia al corte.
- . Buena resistencia al punzonamiento.
- . Alta resistencia a la abrasión.
- . Alta estabilidad a la luz ultravioleta.
- . Son resistentes al ataque químico y bacteriológico.
- . Estabilidad dimensional.

Además de las ventajas generales, ya listadas, pueden ser encontrados otros beneficios específicos que, por área de aplicación, ofrece el uso de los geotextiles:

CAMINOS.

- . Evitan la contaminación del material granular, al controlar la migración de finos a la subbase y además proporcionan confinamiento al agregado mejorando, consiguientemente, la capacidad de soporte del camino.
- . Reducen la profundidad de agregado requerida para estabilizar caminos y áreas sin pavimentar de 30 a 40%.

- . Mejoran la resistencia a la tensión en una sobrecapa asfáltica.
- . Controlan el agrietamiento de reflexión.
- . Al proporcionar una barrera contra la humedad ayudan a asegurar la estabilidad del camino minimizando la penetración del agua superficial dentro de la subrasante.
- . Permiten la construcción de caminos sobre suelos húmedos reblandecidos.
- . Permiten reducir el espesor de un camino sin pavimentar en un 25%.
- . Minimizan el acanalamiento (formación de depresiones) y aumentan el esfuerzo permisible en la subrasante.
- . Reducen la cantidad de preparación requerida para la subrasante.

FERROCARRILES.

- . Evitan la mezcla de los suelos finos (subyacentes) con el balasto.
- . Aseguran la integridad estructural de la geometría de la vía.
- . Mejoran la capacidad de carga del balasto.
- . Proporcionan una barrera de separación efectiva, evitando la pérdida del balasto.
- . Reducen la deformación del riel en un 30%.

- . Inducen el comportamiento de viga elástica en el balasto.

REFUERZO DE MUROS DE CONTENCION Y TERRAPLEN.

- . Permiten el paso adecuado del agua de los taludes protegidos mientras retienen las partículas de suelo subyacentes.
- . Proporcionan una excelente resistencia al taponeamiento y excelentes propiedades de filtración.
- . Actúan como disipadores de energía protegiendo el talud de las fuerzas erosivas del agua en movimiento.

DRENAJE SUBSUPERFICIAL.

- . Reemplazan capas de filtro granular costosas, reduciendo consiguientemente el tamaño del dren.
- . Permiten que el agua pase a través de ellos, mientras evitan que las partículas de suelo del sistema de drenaje se tubifiquen.
- . Evitan el taponeamiento de los drenes.

CONTROL DE EROSION.

En protecciones costeras o de margen y lecho además - de evitar la erosión:

- . Evitan la formación de presiones hidrostáticas desbalanceadas.
- . Debido a su flexibilidad, se adaptan bien a las irregula

ridades del subsuelo y del zampeado y resisten altas de formaciones mecánicas que ocurren cuando la capa de roca es puesta.

TUNELES.

- Garantizan una cavidad seca y protegen al revestimiento contra el daño y la filtración.

1.5) HISTORIA DE LOS GEOTEXTILES.

(Ref. 15 y 32).

ANTECEDENTES.

Formas de geotextiles han existido por miles de años. El uso de materiales de refuerzo para el refuerzo de los suelos encuentra sus orígenes en las antiguas civilizaciones de principios de la edad de bronce (aproximadamente - 2000 años A.C.). Los suelos reforzados fueron usados por los babilonios hace más de tres mil años para construir las zigurats (pirámides con un templo en su vértice). Una famosa zigurat, la torre de Babel, se colapsó, quizá porque no fue reforzada.

Por miles de años, los chinos usaron madera, bambú y paja para reforzar el suelo.

Los primeros caminos de troncos, construidos 1500 A. C., fueron hechos colocando 2 ó 3 largueros de troncos en la dirección del camino y soportados sobre una cama de ramas. La capa de soporte era lo doble del ancho de la superficie misma del camino para ayudar a distribuir la presión sobre una gran área de subsuelo y evitar hundimientos en el camino. La subestructura completa era cubierta con troncos transversales colocados de lado a lado y cubiertos con arena, grava o tierra herbosa para mantener el nivel de la superficie.

El concepto de refuerzo de suelos fue llevado a Japón, de China, hace aproximadamente 2000 años; actualmente, hay estructuras de suelo reforzado en China (incluyendo porciones de la Gran Muralla) que datan del tiempo de Cristo.

Los holandeses, en su vieja batalla con el mar, han hecho uso intensivo de las fajinas de sauce para reforzar diques y protegerlos también de la acción de las olas. - Las primeras estructuras fueron montículos sobre los cuales eran construidas casas. Más tarde, estos montículos fueron conectados con diques. La etapa próxima fue la construcción de presas para reducir la franja costera. - Esta acción continúa dentro de este siglo, culminando con el proyecto Delta.

Los romanos usaron carrizo y madera para reforzar el suelo. Los mismos materiales, así como también cueros de animales, fueron usados en la Edad Media.

Entre 1926 y 1935, las telas de algodón fueron probadas como un medio de refuerzo de caminos pavimentados en Los Estados Unidos. El primer uso conocido de telas en la construcción de caminos fue iniciado en 1926 por el Departamento de Carreteras de Carolina del Sur. Una tela de algodón fue puesta en una base de tierra preparada y cubierta con asfalto caliente. Las telas no recibieron seria atención otra vez en la industria de la construcción hasta 1960, después del desarrollo de las fibras hechas por el hombre.

SURGIMIENTO DE LOS GEOTEXTILES.

Con la llegada de los materiales sintéticos, la Ingeniería Civil experimentó un renacimiento de las técnicas usadas siglos antes. El fantástico crecimiento del mercado geotextil comenzó a finales de los años 60's cuando se dispuso de telas sintéticas no tejidas en el mercado. Como consecuencia de lo anterior, fueron dados mayores pasos para generar intercambio de ideas y organizar la pro

fesión de la construcción con geotextiles. Algunas fechas claves en la historia de los geotextiles son las siguientes:

- . 1913: Primera fibra sintética, hecha de PVC (cloruro de polivinilo), comercialmente producida en 1934, con aplicaciones limitadas.
- . 1930: Primera fibra sintética "moderna", una fibra de poliamida ("nylon"), por W.H. Carothers de Du Pont (de los Estados Unidos). Esta fibra fue comercializada en 1940 con gran éxito.
- . 1930's: Primera fibra de poliéster, por J.R. Whinfield y J.T. Dickson de Calico Printers Association. La producción comercial de fibras de poliéster comenzó en 1949 en Inglaterra.
- . 1949: Producción de filamentos burdos de polietileno de baja resistencia por ICI (Inglaterra). (En 1954, surgió la producción de filamentos finos de polietileno por Ziegler de Alemania Occidental; Phillips Petroleum and Standard Oil of Indiana, en los Estados Unidos).
- . 1950's: La industria de los empaques fue revolucionada por una tecnología original de fabricar redes plásticas (inventadas en Inglaterra por F.B. Mercer).
- . 1954: Primera fibra de polipropileno por G. Natta de Montecatini (Italia). La producción comercial de fibras de polipropileno tomó lugar a finales de

los 50's.

- . 1957: Costales de arena hechos de telas de nylon - tejido (Nicolon) fueron usados en Holanda en el cerramiento del Pluimpot. Trabajos costeros intensivos han sido impulsados en Holanda por las catástroficas inundaciones que mataron 1850 personas en 1953. Una parte de este trabajo es el proyecto - Delta, el cual usó más de 10 millones de metros cuadrados de geotextiles, de mediados de los años-70's a mediados de los años 80's. Este proyecto - se hizo posible gracias a una continua cooperación entre ingenieros civiles y especialistas textiles, entre los que se encuentra el profesor Van Harten.

- . 1958: Una tela sintética tejida producida por Carthage Mills fue usada entre suelo y enrocamiento - para control de erosión costera en Florida (Estados Unidos). La tela fue hecha de monofilamentos de cloruro de polivinilo (PVC) y está aún en buen estado aparente, después de casi 30 años, como se demostró en una reciente visita al sitio (1986). - Esta aplicación es considerada como el primer uso de un geotextil. El hombre responsable de la aplicación, R.J. Barrett, estuvo después involucrado - en cientos de aplicaciones similares. Sin embargo, el mercado no se desarrolló significativamente por el costo del geotextil y porque las aplicaciones - eran relativamente pequeñas.

- . 1958: Instalación de bolsas sintéticas de arena - en protecciones costeras en Alemania Occidental - (por el Prof. F.F. Zitscher). Al mismo tiempo, - costales sintéticos tejidos fueron usados en Japón

para construir terraplenes y proteger taludes.

- . 1959: Hojas sintéticas, costales de arena y telas tejidas fueron usadas bajo la dirección del Dr. S. Kanamori, en la construcción de diques después de la catastrófica falla, causada por un tifón que mató aproximadamente 5000 personas en la cercanía de Nagoya (Japón).
- . 1960's: Desarrollo de procesos de manufactura para telas no tejidas hechas de filamentos continuos sintéticos (telas no tejidas enlazadas por hilado) por grandes firmas, tales como Rhone-Poulenc (Francia), ICI (Inglaterra) y Du Pont (Estados Unidos).
- . 1960: Uso de colchones de nylon tejido, rellenos de arena, para protección contra la socavación, en Holanda.
- . 1966: El primer uso de una tela no tejida en ingeniería fue para una carpeta asfáltica (Estados Unidos). La tela, compuesta de fibras estopa, fue producida por Phillips Petroleum. Desde luego, esta aplicación ha sido desarrollada tremendamente en los Estados Unidos, más que en otros países.
- . 1967: Redes sintéticas (por Netlon Ltd., Inglaterra) fueron usadas por vez primera en un proyecto de Ingeniería Civil. El ensayo de campo, un refuerzo de suelo blando en Japón, fue conducido bajo la responsabilidad del profesor T. Yamanouchi. Esta exitosa prueba fue seguida por muchas aplicaciones, incluyendo el refuerzo del terraplén para el Ferrocarril Nacional Japonés y que inspiró el

desarrollo de las geomallas.

- . 1968: Un mercado grandemente diversificado para los geotextiles comenzó en Europa con el uso de telas no tejidas en caminos no pavimentados (en Francia y en Inglaterra) y en un sistema de defensa -- fluvial en un canal (en Alemania Occidental). Ambas telas no tejidas usadas en los caminos no pavimentados fueron enlazadas por hilado, es decir, hechas de filamentos continuos (perforadas con agujas) por Rhone-Poulenc de Francia, y enlazadas por calor, por ICI de Inglaterra; y la no tejida usada en Alemania Occidental fue una tela perforada por agujas enlazada por resinas y hecha de fibras estopa. Individuos claves involucrados fueron E. Leflaive y J. Puig en Francia, y A. Mc Gown en Inglaterra. Estas primeras instalaciones fueron seguidas por una variedad de aplicaciones en la construcción de caminos, vías férreas, control de erosión, etc.
- . 1970-71: Desarrollo de una variedad de aplicaciones tales como: uso de un geotextil en terraplenes de caminos y como multicapas revestidas verticalmente en muros de suelo/geotextil (Leflaive, Francia), uso de un geotextil como filtro para drenar, uso de geotextiles en una presa (dren de pie del talud de márgenes aguas arriba), uso de un geotextil asociado a una geomembrana (Giroud, Francia), uso de un textil grueso no tejido para drenaje lateral y en un túnel (Naue-Fasertechnik, Alemania Occidental).
- . 1972: El mercado europeo quedó bien establecido, -

principalmente como resultado de la gran producción de las telas no tejidas enlazadas por hilado. Los primeros grandes fabricantes fueron Rhone-Poulenc (Francia), ICI (Inglaterra) y Chemie Linz (Austria).

- . 1972: Un primer intento en el desarrollo de métodos de diseño para geotextiles fue el desarrollo de criterios de filtración por C.C. Calhoun de la Estación Experimental de Vías Fluviales del Cuerpo de Ingenieros de los E.U.A. (Vicksburg, Mississippi), y por H.J.M. Ogink del Laboratorio de Hidráulica de Delft (Holanda).
- . 1973: Formación, bajo los auspicios de la Sociedad Alemana para Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, de un grupo de trabajo en "Materiales Sintéticos para Suelo e Ingeniería Hidráulica" (profesor F.F. Zitscher).
- . 1974: Una serie de ensayos a escala completa e instalaciones comenzaron bajo la dirección del Prof. Bell (EUA). La calidad de las pruebas, documentación, y análisis relacionados tuvieron un mayor impacto en el desarrollo de aplicaciones de geotextiles en Norte América.
- . 1975: Comenzó el crecimiento del mercado norteamericano de los geotextiles con grandes fabricantes de no tejidos, tales como Celanese (Miraflores), Phillips, Du Pont, Monsanto, Crown-Zellerbach, y fabricantes de tejidos tales como Carthage Mills y Nicolon. Al mismo tiempo, el mercado japonés creció con productores de primera importancia, tales

- como Mitsui, Mitsubishi, Toray, Teijin, Taiyo Kogyo y Kuraray. El prof. H. Fukuoka jugó un papel significativo en este desarrollo (él usó hojas de vinilo en 1957 para proporcionar separación entre la base de un camino y su subrasante; la misma técnica fue usada en 1962 para el Ferrocarril Nacional Japonés).
- . 1978: Inicio de la construcción de grandes presas de tierra (aproximadamente de 80 m de altura) incorporando geotextiles en su sistema de drenaje-filtración, tal como la presa Fraunau en Alemania Occidental y la presa Hans Strijdom en Sudáfrica.
 - . 1978: Formación de comités en geotextiles en Estados Unidos y Francia. Ambos comités han sido muy activos, como otros formados desde aquel tiempo: el Comité Canadiense, formado en 1980; y el Comité Suizo, formado en 1981. También en 1978, el Comité RILEM SM-47 en membranas sintéticas, que incluye los geotextiles, fue formado bajo la presidencia del prof. K. Gamski. Progresivamente, comités en geotextiles fueron establecidos por sociedades nacionales o internacionales relacionadas con caminos, canales, grandes presas, etc.
 - . 1978: Asociaciones de productores tales como EDANA en Europa e INDA en Norteamérica organizaron sesiones sobre geotextiles. En 1980 la Asociación Internacional de Telas Industriales (IFAI) formó una división de geotextiles, presidida por J.E. Fluet, Jr.
 - . 1982: La creación de una sociedad internacional en geotextiles fue propuesta en la inauguración del -

Primer Simposium Suizo sobre Geotextiles, por J. P. Giroud.

- . 1982: La Segunda Conferencia Internacional en Geotextiles se llevó a cabo en Las Vegas. Fue auspiciada por la Asociación Internacional de Telas Industriales (IAFI). El comité organizador fue presidido por J.P. Giroud y el comité de programa técnico por J.R. Bell. Durante la conferencia, fue tomada la decisión de formar una sociedad internacional en geotextiles.
- . 1983: Formación de la Sociedad Internacional Geotextil (IGS), con C. Schaerer como presidente, y G. Massenaux como secretario.
- . 1983: Un mayor paso en el reconocimiento de geotextiles por la comunidad ingenieril fue la designación de un Comité Técnico en Geotextiles por la Sociedad Internacional para Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones (ISSMFE).
- . 1985: Primera sesión sobre Geotextiles, presidida por A. Arman en una conferencia internacional del ISSMFE (En San Francisco).
- . 1985: Primer capítulo nacional de la IGS, el capítulo japonés, presidido por el prof. M. Fukuoka.
- . 1986: La Tercera Conferencia Internacional en geotextiles tuvo lugar en Viena, Austria. El presidente del comité organizador de esta conferencia fue el Prof. H.Brandl, quien ocupó el lugar de K. Terzaghi en la Universidad Técnica de Viena.

I.6) PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION DE LOS GEOTEXTILES.
(Ref. No. 59, 63, 65 y 104).

MATERIAS PRIMAS.

Las fibras usadas en los geotextiles son hechas de los siguientes materiales, listados en orden de uso decreciente:

- Polipropileno
- Poliéster
- Poliamida (nylon)
- Polietileno

Todos estos materiales son termoplásticos (plásticos que pueden ser reprocesables). El polietileno y el polipropileno son poliolefinas, que entre otras, son conocidas por tener una densidad menor de 1000 Kg/m^3 .

Pueden distinguirse tres principales tipos de polietileno:

- Polietileno de baja densidad (LDPE) (densidad de 920 a 930 Kg/m^3).
- Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) (densidad de 925 a 945 Kg/m^3).
- Polietileno de alta densidad (HDPE) (densidad de 940 a 960 Kg/m^3).

Aparte de las materias primas ya mencionadas, hay otros polímeros usados en Ingeniería Civil. Su participación en este mercado es, sin embargo, limitada, en compa_

ración con los materiales listados arriba.

La vasta mayoría son derivados de hidrocarburos (del petróleo); por lo tanto, no es de sorprenderse que las industrias petroquímicas estén fuertemente involucradas en el mercado de los geotextiles.

Las propiedades químicas y de resistencia ambiental de los geotextiles son muy dependientes del tipo de polímero usado en la fabricación de éstos. Algunas propiedades típicas de los polímeros usados en la fabricación de los geotextiles son dadas en la tabla I.3.

TABLA I.1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES MACROMOLECULARES SINTETICOS. (Ref. No. 104)

TERMOPLASTICOS	TERMOESTABLES	ELASTOMEROS
Preparado por una reacción entre monómeros bifuncionales.	Preparados por una reacción entre monómeros, - por lo menos uno de los cuales es tri o polifuncional.	
Moléculas lineales con una estructura de bola o cadena.	Estructura molecular tridimensional de red cerrada.	Comparativamente estructura molecular tridimensional abierta.
Forma retenida por resistencia física.	Forma retenida por enlace químico (polimerizado)	
Resistencia cohesiva reducida cuando la temperatura es elevada. Esta propiedad es importante en la fase de procesamiento cuando el termoplástico es líquido.	Los termoestables y los elastómeros pueden ser blandecidos por el calentamiento pero retienen su forma. Comienza a romperse a temperaturas muy altas.	
Los termoplásticos pueden ser formados con el calor y retienen su forma después de que se han enfriado.	Los termoestables y los elastómeros no pueden ser formados sin la primera ruptura de las ligaduras de cruz.	
Los termoplásticos son rígidos para materiales relativamente rígidos.	Los termoestables son materiales muy rígidos.	Los elastómeros son altamente extensibles.

FIBRAS.

Una fibra es un material caracterizado por su flexibilidad, fineza y una alta relación de longitud a espesor.

Un filamento es una fibra de longitud infinita.

Los principales tipos de fibras sintéticas usados en la construcción de los geotextiles son:

- Monofilamento
- Multifilamento
- Estopa
- Hilo de estopa
- Película en raja

Los monofilamentos son hebras individuales, gruesas, generalmente de sección circular con un diámetro que varía de 0.1 mm a pocos milímetros, las cuales son extrudidas juntas, enfriadas, estiradas por calor y post-tratadas térmicamente. El proceso de producción es llevado a cabo en máquinas de estirado de extrusión las cuales son, frecuentemente, horizontales. Estas máquinas son usadas también para producir cintas y películas.

Un hilo de multifilamento está compuesto de un haz de hebras muy delgadas, infinitamente largas. Estas hebras son referidas como filamentos. Estos hilos son usualmente hilados en máquinas verticales; la generalidad de los filamentos circulares son enfriados con aire. Después que han sido extendidos, los filamentos delgados (máximo 280), son conjuntamente enrollados en un proceso de-

estirado más o menos continuo. El diámetro usual de un filamento individual es de aproximadamente $25\mu\text{m}$. Por su gran superficie efectiva, los multifilamentos pueden ser tratados al calor más homogéneamente durante el estirado. Por lo tanto, ellos pueden ser estirados más efectivamente que los monofilamentos y, como un resultado, ellos tienen una mayor resistencia específica y un módulo de elasticidad más alto. Por los diámetros muy pequeños de los filamentos en los hilos multifilamentosos, su rigidez a la flexión es mucho más baja que los monofilamentos. Esto conduce a productos finales mucho más flexibles.

Las fibras estopa son aquellas producidas por filamentos continuos de denier (el denier es definido como el peso, en gramos, de 9000 m de hilo. El término textil relacionado, "tex", es el peso en gramos de 1000 m de hilo) específico a partir de la hilandera en un manojo grande como soga llamado estopa.

Los hilos de fibra estopa se forman cuando las fibras cortas, o estopa, son torcidas o hiladas en fibras más largas (hilos) para la fabricación subsecuente de la tela.

El último tipo de fibras, llamadas películas en raja, son hechas de una hoja continua del polímero y luego cortadas en fibras por navajas o lanzadas por chorros de aire. Las fibras resultantes, de forma de listón, son conocidas como fibras de película en raja.

Todas las fibras sintéticas son formadas forzando una substancia melosa (aproximadamente de la consistencia de la miel) a través de agujeros diminutos en una placa llamada hilandera. Este proceso es llamado extrusión.

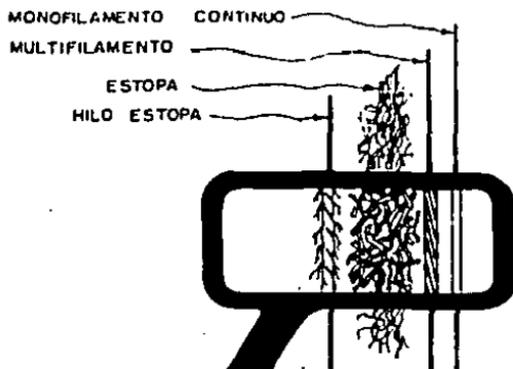


Fig. 1.10 VISTA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS
(Ref. No. 59)

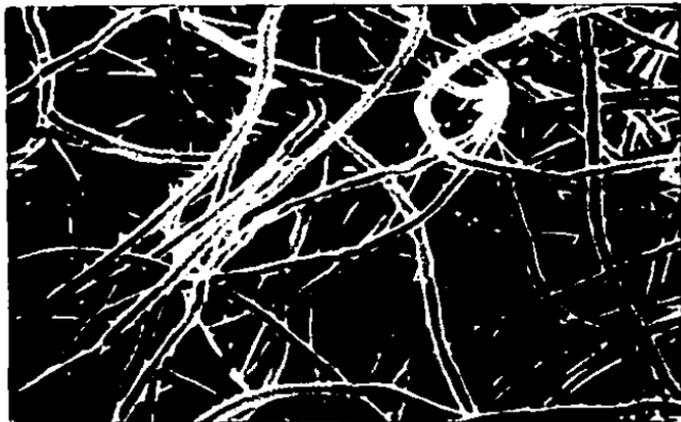


Fig. 1.11 FOTOGRAFIA DE FIBRAS DE UN NO TEJIDO DE
MONOFILAMENTO CONTINUO (Ref. No. 47)

En su estado original, los polímeros que forman la fibra se encuentran en estado sólido, por lo que deben ser primero convertidos al estado líquido para su extrusión. Esto es logrado disolviéndolos en un solvente o fundiéndolos con calor. Si el polímero no puede ser disuelto o fusionado directamente, debe ser convertido químicamente en un derivado soluble.

La hilandera, a través de la cual la base de fibra líquida es extruida, es similar a la regadera de un baño. Una hilandera puede tener de uno a quizás miles de agujeros diminutos. Las hilanderas son hechas de metal resistente a la corrosión.

Después de que los filamentos de la fibra emergen de los agujeros de la hilandera, ellos son endurecidos o solidificados. El proceso de extrusión y endurecimiento de las fibras es llamado "hilado", que no debe ser confundido con la operación textil del mismo nombre. Hay tres métodos de hilado de las fibras sintéticas: hilado húmedo, seco y por fusión. En el hilado húmedo, los filamentos emergen de la hilandera y pasan directamente al baño de líquido donde son coagulados o regenerados. En el hilado seco, los filamentos que provienen de la hilandera son solidificados en aire caliente o gas inerte. En el hilado por fusión, la sustancia que forma la fibra es fundida para su extrusión y endurecida por enfriamiento.

Todas las fibras sintéticas son estiradas en el proceso de fabricación ya sea mientras son endurecidas o después de que han sido endurecidas. Esto reduce el diámetro de la fibra, o el denier, y causa que las moléculas en la fibra se arreglen por sí solas en un patrón más ordenado. En un tipo de fibra dado, la resistencia aumenta

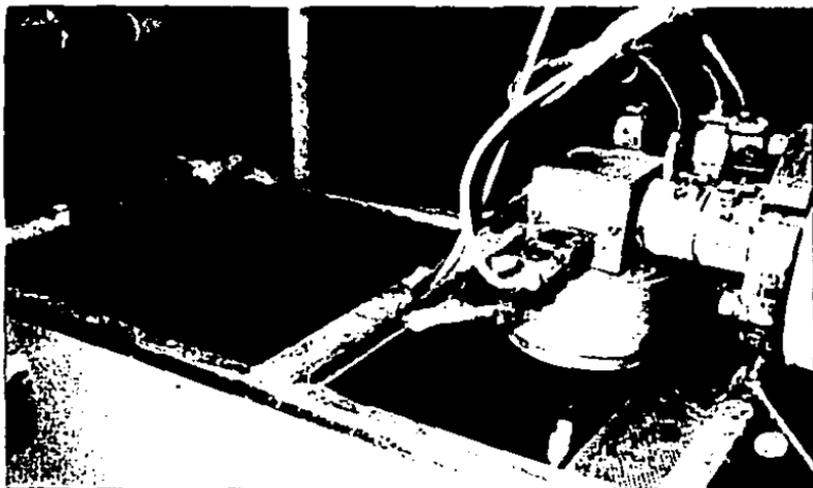


Fig. 1.12 EXTRUSION DE MONOFILAMENTOS
(Ref. No. 104)

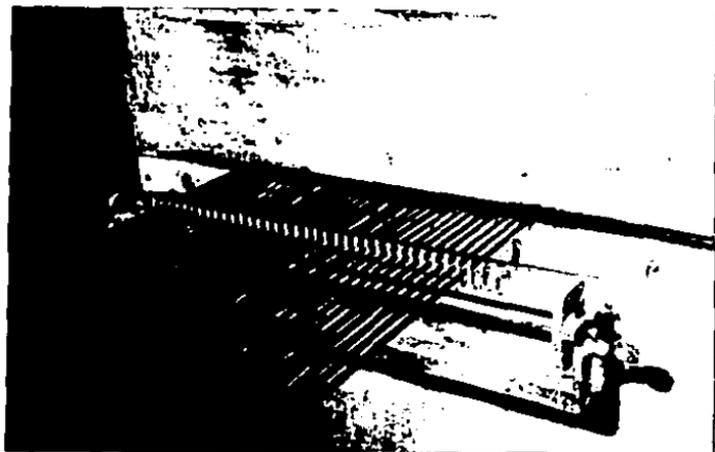


Fig. 1.13 CINTAS ESTIRADAS
(Ref. No. 104)

y la estabilidad en la fibra al estirarla; su ruptura disminuye conforme el patrón del arreglo molecular se vuelve mejor orientado. Una amplia variedad de combinaciones -- puede ser producida por el estirado.

Las fibras estopa son producidas extruyendo, primero, muchos filamentos continuos de denier específico de la hilandera en un manojo grande como soga llamado estopa. Una estopa puede, a menudo, contener hasta 200 000 filamentos continuos. Estos grandes manojos de fibras son ondulados y después cortados mecánicamente a longitudes cortas deseadas, normalmente de una a cuatro pulgadas.

Los hilos de fibras sintéticas (que son un montaje de longitud substancial y de sección relativamente pequeña de fibras y/o filamentos con o sin torsión) pueden ser texturizados por maquinaria especial, que les dan volumen, tirantez y mayores cualidades de confort. Las máquinas de texturización especial tuercen y manipulan los hilos de filamentos continuos en un modo tal que los filamentos no permanezcan exactamente paralelos uno con otro. El espacio aumentado entre los filamentos permite el desarrollo de las cualidades especiales mencionadas arriba.

Una combinación de hilos puede ser lograda uniendo estopas hiladas e hilos de filamento en numerosas formas. Esto da como resultado una resistencia adicional, que puede ser aprovechada en trabajos donde el refuerzo es requerido.

Las fibras cortas, o estopa, pueden ser torcidas o hiladas.

Los hilos hilados de fibra estopa son más irregulares

res que los hilos de filamento. Los extremos cortos de la fibra, que sobresalen de la superficie del hilo, producen un efecto crespo. Los hilos hilados son también más voluminosos que los hilos de filamentos del mismo peso. Son, por lo tanto, más usados a menudo para telas porosas, calientes y para crear superficies irregulares en las telas.

Las fibras sintéticas pueden ser mezcladas con otras fibras, ya sean naturales o sintéticas. Cuando dos o más tipos de fibras estopa son mezcladas, las propiedades comunes a cada uno de los hilos componentes son encontradas en el hilo resultante.

En algunos casos, una hoja ancha de película es extruida y posteriormente rajada longitudinalmente en tiras continuas angostas que dependiendo del ancho, pueden ser correctamente descritas como monofilamentos. Estos filamentos en rajadas son algunas veces combinados y usados como hilos de multifilamento.

Las fibras sintéticas también pueden ser extruidas de la hilandera en formas diferentes (redonda, trilobal, pentalobal, octalobal, entre otras). Las fibras de forma trilobal reflejan más la luz y dan un brillo atractivo a los textiles. Las fibras pentalobales, cuando son usadas en alfombras, muestran menos la tierra y la suciedad. Las fibras octalobales son lustrosas sin ser brillosas.

Con las fibras sintéticas, el concepto de mixtura o combinación de diferentes materiales puede ser realmente logrado desde el proceso de extrusión. Dos polímeros diferentes pueden ser extruidos de lado a lado en una sola fibra que provenga de la hilandera para crear un bicompo_

nente. Uno de los polímeros tendrá mayor calor y/o sensibilidad a la humedad que el otro y espiralará durante el proceso de acabado, creando de este modo una fibra con mayor volumen y confort.

Dos polímeros pueden ser homogéneamente mezclados entre sí antes o durante la extrusión de la hilandera. Así se combinan las características de los dos materiales en una sola fibra, que es llamada biconstituyente.

Es posible también agregar ciertos aditivos a los polímeros o a la solución antes de que sea extruida, dando así las características especiales de la fibra terminada, tales como propiedades antiestáticas o retardantes del fuego. Por ejemplo, el proceso de adicionar color al polímero antes de la extrusión es llamado teñidura y da un alto grado de coloridad.

COMO SE HACEN LOS GEOTEXTILES.

Las fibras resultantes, o hilos (como son referidas en la industria textil), son ahora enlazadas para formar las telas. Las opciones básicas de fabricación son telas tejidas, no tejidas o de punto, las cuales se muestran en las figs. 1.7, 1.8, 1.9, aunque las de punto son rara vez usadas como geotextiles.

Una tela tejida es una estructura plana de dos series de hebras. Las hebras son generalmente tendidas rectas y paralelas una con otra. Las series son tejidas entre sí, una referida como la urdimbre, corriendo en una dirección longitudinal, y la otra, la trama, corriendo transversalmente. Las telas tejidas son hechas con la maquinaria tradicional textil en una amplia variedad de te_

cidos de tela.

Las telas no tejidas son aquellas que tienen una - - orientación aleatoria de fibras, o sea, ellas corren en - todas direcciones dentro de la tela. La fabricación de - las telas no tejidas es muy diferente de aquella de las - telas tejidas. Cada sistema de fabricación de no tejidas generalmente incluye cuatro pasos: preparación de la fi_ - bra, formación de la tela, enlazado de la tela y post-tra_ - tamiento. Dentro de cada categoría hay muchas posibilida_ - des, por lo que únicamente serán descritas aquellas más - comunes a los geotextiles actuales.

PROCESO DE ENLAZADO POR HILADO.

El enlazado por hilado es un proceso continuo usado - para producir una tela terminada de un polímero. Un polí_ - mero, o varios polímeros, tales como el poliéster, polia_ - mida, polipropileno, polietileno y otros, es alimentado a un extrusor. Conforme fluye del extrusor, el polímero es forzado a través de una hilandera o una serie de hilande_ - ras. Después del enfriado, los filamentos continuos re_ - sultantes son tendidos sobre una banda transportadora pa_ - ra formar una tela continua. En el proceso de tendido, - la orientación deseada de las fibras es lograda de varias maneras: por la rotación de la hilandera, por cargas eléc_ - tricas, introduciendo corrientes de aire controladas o va_ - riando la velocidad de la banda transportadora. La tela es después enlazada por tratamiento térmico, mecánico o - químico antes de que sea enrollado.

Una amplia variedad de características en la tela - pueden ser logradas controlando los varios elementos de - este proceso. Las telas de alto funcionamiento y bajo pe

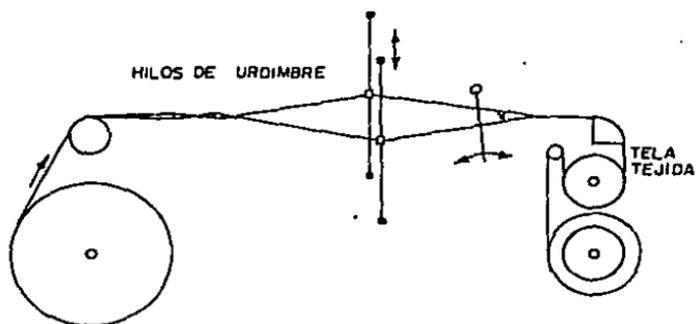


FIG. I-14 PROCESO DE TEJIDO MÓSTRADO ESQUEMATICAMENTE
(REF. No. 104)

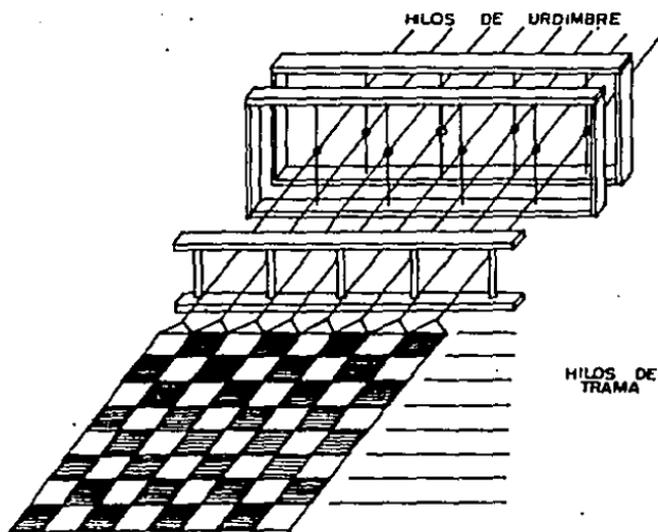


FIG. I-15 TEJIDO PLANO, MOSTRADO ESQUEMATICAMENTE
(REF. No. 104)

so son características de este proceso debido a la naturaleza continua de las fibras. Los pesos de la tela normalmente varían de 0.3 a 6 onzas por yarda cuadrada ($10.18 - 9/m^2$ a $203.64 g/m^2$), mientras que los espesores generalmente varían de 3 a 25 mils (1 mil = 0.001 pulg es la unidad de la industria a menudo usada para medir el espesor de los textiles). Los usos finales típicos son como telas cubiertas o laminadas, bajoalfombras, materiales de empaque, papeles durables, servilletas sanitarias y cubiertas de pañal, entretejas, ropa, recubrimientos de muro, separadores de batería y materiales para la construcción y, por supuesto, como geotextiles.

PROCESO DE ENLAZADO POR FUSION.

Estas telas consisten en filamentos continuos o fibras estables largas que son enlazadas por fusión en sus puntos de cruce. Las telas resultantes son más bien rígidas y compactas en apariencia. Puede alcanzarse una resistencia mayor del producto con este tipo de manufactura en pesos de tela inferiores a los que las telas perforadas (2 a 12 onzas por yarda cuadrada/ $67.88 g/m^2 - 407.289/m^2$) debido al enlazado de fibra utilizado en el proceso. Las operaciones de enlazado, de hecho, difieren entre las telas comercialmente disponibles, dependiendo de las características básicas de la fibra. Los métodos de enlace incluyen:

(1) Enlace de homofilo, en el cual todos los filamentos son compuestos de un solo tipo de polímero, pero algunos de los filamentos tienen diferentes características de fusión, siendo el enlace alcanzado por una operación de calandrado de alta temperatura, efectuado pasando la tela entre dos rodillos calientes de contra rotación.

(2) Enlace de heterofilo, en el cual algunos de los filamentos pueden estar formados de dos tipos de polímeros que tengan diferentes puntos de fusión (heterofilamentos), mientras que otros pueden tener sólo un polímero (homofilamentos). Los heterofilamentos tienen diferentes características de reblandecimiento con respecto a los homofilamentos y, por lo tanto, pueden ser formados enlaces flexibles fuertes en los puntos de ligazón de los heterofilamentos controlando la aplicación de calor y presión para fundir únicamente el polímero de bajo punto de fusión que forma la hoja, mientras que deja el centro y el homofilamento inafectado.

PROCESO DE ENLAZADO CON RESINA.

Normalmente, una resina acrílica es rociada sobre, o impregnada en, una membrana fibrosa. Después del curado y/o calandrado, son formadas ligaduras fuertes entre los filamentos. A menudo es usada una operación de secado con aire para restablecer la estructura de poro abierto de las telas.

PROCESO DE PERFORADO CON AGUJAS.

Una tela perforada con agujas es producida introduciendo una tela fibrosa -ya sea formada por cardas o tendido de aire- a una máquina equipada con grupos de agujas especialmente diseñadas. Mientras la tela está atrapada entre una placa de lecho y una placa raspadora las agujas la atraviesan y reorientan las fibras de tal modo que el enlace mecánico es logrado entre las fibras individuales. A menudo el bloque de fibras es llevado a una sección de perforado con agujas de la máquina sobre un material de sopor

te de peso ligero o substrato. Esto es hecho para mejorar la resistencia e integridad de la tela terminada.

El proceso de perforado es generalmente usado para producir telas que tengan alta densidad y retengan algo de volumen considerable. Los pesos de la tela normalmente varían de 1.7 a 20 onzas por yarda cuadrada (57.70 g/m² a 678.8 g/m²), los espesores de 15 a 200 mils (0.04 a 0.51 cm).

Los usos típicos finales son colchas, alfombras y bajo alfombras, forros y geotextiles.

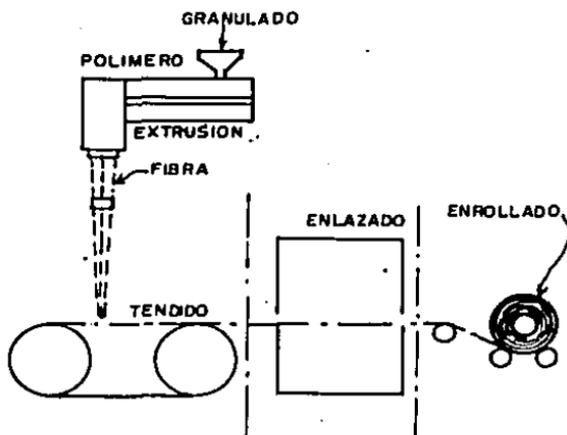


FIG. I - 16 DIAGRAMA DEL PROCESO DE ENLAZADO POR HILADO (REF. No. 63)

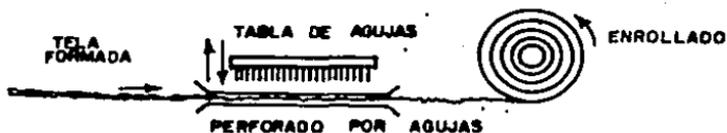


FIG. I - 17 DIAGRAMA DEL PROCESO DE PERFORADO POR AGUJAS (REF. No. 63)

TABLA 1.2 ELEMENTOS EN LA FORMACION DE LAS TELAS NO TEJIDAS (Ref. No. 63)

PREPARACION DE LA FIBRA	FORMACION DE LA TELA	ENLAZADO DE LA TELA	POST-TRATAMIENTO
Abertura	Carda (tendido uni_	Saturación	Secado
Acondicionamiento	direccional o trans_	Enlace de estampado	Curado
Mezclado	versal)	Enlace de punto	Acabado
Preparación del granulado	Tendido al aire aleatorio	Espuma	Estampado
	Tendido húmedo aleatorio	Rodillo húmedo	Realzado
	Extrusión del filamento	Perforado con agujas	Teñido
	(Enlazado por hilado)	Rocio	
	Extrusión de película	Solvente	
		Polvo	
		Fibra termoplastica calandrado al calor	
		Laminación	
		Telas abiertas	
		Enmarañado de chorro	

ANEXO I'-1

TABLA 1-3 ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS FIBRAS SINTETICAS [CONDICIONES ESTANDAR PARA PRUEBAS DE FIBRAS:
70° F Y HUMEDAD RELATIVA DEL 65%] (Ref. No. 59)

Fibra	Tenacidad a la ruptura (g/denier)		Gravedad Especffica	Recuperación	Efectos del calor
	Estándar	Mojada		a humedad Estándar	
<u>Nylon</u>					
Nylon 6.6 (filamento de tenacidad regular)	30-6.0	2.6-5.4	1.14	4.0-4.5	Viscosidad a 229°C; funde a 260°C, aproximadamente.
Nylon 6.6 (filamento de alta tenacidad)	6.0-9.5	5.0-8.0	1.14	4.0-4.5	Lo mismo que el anterior.
Nylon 6.6 (Estopa)	3.5-7.2	3.2-6.5	1.14	4.0-4.5	Lo mismo que el anterior.
Nylon 6 (filamento)	6.0-9.5	5.0-8.0	1.14	4.5	Funde de 212°C a 220°C
Nylon 6 (Estopa)	2.5				Funde de 212°C a 220°C
<u>Olefina</u> (polipropileno) (filamento y estopa)	4.8-7.0	4.8-7.0	0.91	3.0	Funde de 163°C a 168°C
<u>Poliéster</u>					
Filamento de tenacidad regular	4.0-5.0	4.0-5.0	1.22 o 1.38	0.4 o 0.8	Funde de 249°C a 288°C

CONTINUACION ANEXO I'-1

Fibra	Tenacidad a la ruptura (g/denier)		Gravedad Específica	Recuperación	Efectos del calor
	Estándar	Mojada		a humedad Estándar	
Filamento de tenacidad alta	6.3-9.5	6.2-9.4	1.22 o 1.38	0.4 o 0.8	Funde de 249°C a 288°C
Estopa de tenacidad regular	2.5-5.0	2.5-5.0	1.22 o 1.38	0.4 o 0.8	Funde de 249°C a 288°C
Estopa de tenacidad alta	5.0-6.5	5.0-6.4	1.22 o 1.38	0.4 o 0.8	Funde de 249°C a 288°C
<u>Polietileno</u> (alta-densidad)	-	-	0.96	2.0	-

**II) PRINCIPALES
APLICACIONES
DE LOS
GEOTEXTILES.**

II.1) FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES.

Las funciones de un geotextil: separación, refuerzo, protección (funciones mecánicas), filtración y drenaje - (funciones hidráulicas) -ya listadas en el capítulo I- son descritas a continuación:

II.1.1) FUNCIONES MECANICAS.

SEPARACION.

Las principales modalidades de separación (ref. 104) son:

1) SEPARACION DE DOS TIPOS DIFERENTES DE SUELO.

Cuando dos suelos con tamaño de partícula diferente son colocados uno contra otro, tienden a mezclarse entre sí. De suceder ésto, resultarán deformaciones o desintegración de las capas de suelo adyacentes. Para evitar - que ésto ocurra, es colocado un geotextil en forma intermedia entre ambas capas de suelo.

Es importante que los tamaños de poro de los geotextiles no sean más grandes que los granos más grandes en el medio del lado de la tela sobre la cual habrá la carga más grande.

2) SEPARACION DE MATERIALES GRANULARES DE LIQUIDOS.

Los materiales granulares necesitan ser mantenidos separados de los líquidos, generalmente del agua, ya que los granos sueltos, bajo la influencia de las fuerzas externas ejercidas por el agua (por ejemplo, fuerzas debi-

das a la acción de las olas y la corriente) y la gravedad, no se mantendrán estables. Los granos son "protegidos" por la tela contra estas fuerzas y adquieren una protección después de que las fuerzas pueden ser absorbidas por el esqueleto del grano.

3) SEPARACION DE UN MEDIO GRANULAR DEL AIRE.

Las consideraciones para la separación de un medio granular de los líquidos también se aplican a esta situación, siendo la única diferencia que en este caso la presión atmosférica está presente en lugar de la hidrostática.

4) SEPARACION DE DOS MEDIOS PARA EVITAR EFECTOS DE TRIMENTALES DE LAS FUERZAS.

Si la superficie de un medio granular es sujeta a esfuerzos de corte por el agua que fluye, entonces un principio básico para asegurar la estabilidad es mantener las fuerzas alejadas de los granos.

Algunos ejemplos de este principio son:

- Cribas de viento.
- Algas de plástico, etc.

En realidad, los costales de arena también realizan una función, protegiendo no únicamente su contenido de granos sueltos sino también manteniendo a los esfuerzos de corte en el agua que fluye lejos del subsuelo.

REFUERZO.

El refuerzo consiste en mejorar la calidad del suelo y de este modo incrementar la estabilidad estructural.

La función del geotextil es incrementar la resistencia al corte del suelo y proporcionarle resistencia a la tensión, creando un mecanismo de unión del sistema suelo-geotextil.

Para que un geotextil sea un buen miembro de refuerzo debe ser fuerte en todas direcciones porque las fuerzas de tensión son irradiadas en todas direcciones de la carga de rueda.

La tela no debe tener desplazamiento en el sistema de unión. Además, el geotextil debe mantener su resistencia a la tensión y al corte en varios medios ambientales tales como temperaturas calientes y frías, derramamiento de combustibles y lubricantes, y exposición a la luz ultravioleta.

Giroud (32) considera que la función de refuerzo puede ser desempeñada de dos formas por los geotextiles: como membrana tensada y como miembro a tensión.

Un geotextil funciona como una membrana tensada cuando es colocado entre dos materiales teniendo diferentes presiones y su tensión equilibra la diferencia de presiones entre los dos materiales, fortaleciendo de esta manera la estructura.

Un geotextil actúa como un miembro a tensión cuando proporciona un módulo de tensión y resistencia al suelo con el cual está interactuado, a través de la resistencia

cia al corte de la intercapa (por ejemplo, fricción, adhesión-cohesión y entrelazamiento entre el geotextil y el suelo).

PROTECCION (Ref. No. 32)

Un geotextil protege un material del daño cuando alige o distribuye esfuerzos y deformaciones transmitidas al material protegido. Pueden considerarse dos casos:

1) PROTECCION DE SUPERFICIE.

Un geotextil, colocado en el suelo, evita que la superficie de éste sea dañada por acciones tales como el clima, paso de luz, etc.

2) PROTECCION ENTRE CAPAS.

Un geotextil, colocado entre dos materiales, evita que uno de los materiales sea dañado por esfuerzos concentrados aplicados por (o deformaciones impuestas por) el otro material.

II.1.2) FUNCIONES HIDRAULICAS.

FILTRACION (Ref. 7 y 32).

Consiste en retener partículas finas cuando el agua pasa de una capa de suelo de grano fino a otra de suelo grueso.

Un geotextil actúa como filtro cuando permite al agua pasar normal a su propio plano, mientras evita que la mayoría de las partículas de suelo sean arrastradas por el agua. Pueden considerarse dos casos:

- 1) Un geotextil, colocado transversal a un flujo de agua que acarrea partículas finas, detiene la mayoría de las partículas (las cuales se acumulan en el filtro) mientras permite que el agua atraviese.
- 2) Un geotextil, colocado en contacto con un suelo, permite la filtración de agua del suelo, mientras previene algún movimiento de las partículas de suelo (con la excepción de una muy pequeña cantidad de las partículas más finas localizadas cerca del filtro).

DRENAJE.

Un geotextil proporciona drenaje cuando recolecta un líquido o un gas y lo conduce, dentro de su propio plano, hacia una salida (Ref. 32).

El geotextil empleado debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe tener un espesor lo bastante grueso para poder drenar adecuadamente. Es sabido que un geotextil de espesor limitado tiene una alta permeabilidad pero una capacidad de transporte relativamente pequeña.
- Debe evitar el arrastre de partículas finas que se asientan en el dren de geotextil, causando una reducción en la permeabilidad horizontal (K_h).
- Debe ser resistente químicamente.

Existe una tercera función hidráulica: el sifonaje, o sea, un geotextil puede actuar como un sifón. Sin em-

bargo, falta mucho por conocer acerca de dicha función, es por eso que aquí no es tratada.

SELLADO (BARRERA DE HUMEDAD)

Algunos autores consideran al sellado como una función adicional que pueden desempeñar los geotextiles - (Ref. 7, 59, 89).

El sellado es la creación de una barrera impermeable por la impregnación del geotextil.

El geotextil actúa como material de soporte para impregnaciones con asfalto o materiales de plástico-modificado para sellado.

Para que un geotextil ejecute correctamente esta función debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) Físicos.

- Capacidad para almacenar cantidades adecuadas de asfalto.
- Encogimiento mínimo causado por variaciones de temperatura.
- Alta afinidad con el material de sellado.
- Estructura homogénea del geotextil.

b) Mecánicos.

- Adecuada rigidez inherente y resistencia mínima para la colocación del geotextil.
- Elongación adecuada para compensar esfuerzos debidos a la fluctuación de la temperatura.



FIG. II - 1 SEPARACION DE DOS MATERIALES GRANULARES
(REF. No. 104)

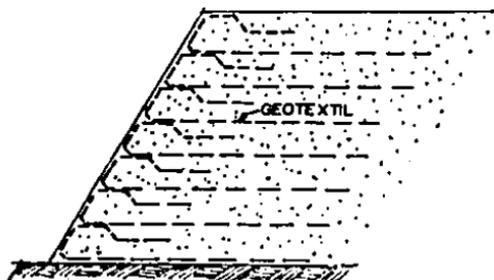


FIG. II - 2
REFUERZO
(REF. No. 104)

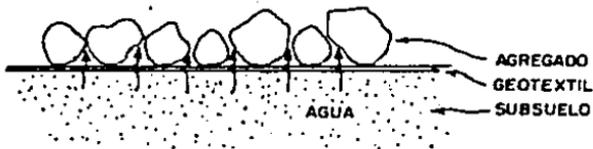


FIG. II - 3
FILTRACION
(REF. No. 104)

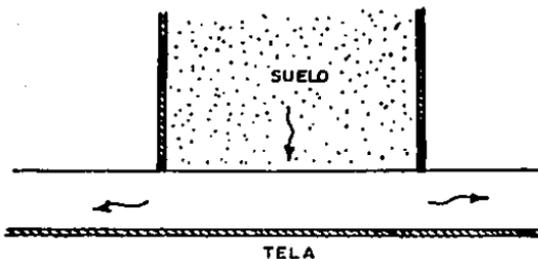


FIG. II - 4
DRENAJE
(REF. No. 93)

II.2) PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS GEOTEXILES POR AREA FUNCIONAL.

(Ref. No. 59)

A) SEPARACION DE MATERIALES FILTRANTES.

- 1) Entre la subrasante y la base en caminos sin pavimen_ tar y campos aéreos.
- 2) Entre la subrasante y la base en caminos pavimentados y campos aéreos.
- 3) Entre la subrasante y el balasto en las vfas férreas.
- 4) Entre los rellenos de tierra y la base.
- 5) Entre los suelos de cimentación y de terraplén para - carga de sobrepeso.
- 6) Entre los suelos de cimentación y de terraplén para - rellenos de caminos.
- 7) Entre los suelos de cimentación y de terraplén para - presas de tierra y de roca.
- 8) Entre capas de suelo de cimentación y capas de suelo- encapsulado.
- 9) Entre los suelos de cimentación y muros de contención rfgidos.
- 10) Entre los suelos de cimentación y muros de contención- flexibles.

- 11) Entre los suelos de cimentación y pilas de almacenaje.
- 12) Entre taludes y bermas de estabilidad aguas abajo.
- 13) Debajo de losas de banquetas.
- 14) Debajo de áreas de guarnición.
- 15) Debajo de estacionamientos.
- 16) Debajo de campos atléticos y deportivos.
- 17) Debajo de blocks precolados y paneles para pavimento estético.
- 18) Debajo de capas de drenaje en capas filtrantes pobremente graduadas.
- 19) Entre varias zonas en las presas de tierra.
- 20) Entre capas de asfalto viejo y nuevo.

B) REFUERZO DE SUELOS DEBILES Y OTROS MATERIALES.

- 1) Sobre suelos blandos para caminos sin pavimentar.
- 2) Sobre suelos blandos para campos aéreos.
- 3) Sobre suelos blandos para vías férreas.
- 4) Sobre suelos blandos para rellenos de tierra.
- 5) Sobre suelos blandos en campos atléticos y deportivos.

- 6) Para retención lateral del balasto en ferrocarriles.
- 7) Para envolver suelos en sistemas de telas encapsuladas.
- 8) Para construir muros reforzados con telas.
- 9) Para reforzar terraplenes.
- 10) Para auxiliar en la construcción de taludes pronunciados.
- 11) Para reforzar presas de tierra y de roca.
- 12) Para estabilizar temporalmente taludes.
- 13) Para detener o aminorar el flujo de los taludes de suelo.
- 14) Para reforzar pavimentos flexibles junteados.
- 15) Para pontear sobre roca agrietada o junteada.
- 16) Para colchones filtrantes de roca graduada.
- 17) Como un substrato para bloques articulados de concreto.
- 18) Para estabilizar patios de almacenaje y estacionamiento sin pavimentar.
- 19) Para anclar pñeles de revestimiento en muros de tierra reforzados.
- 20) Para anclar blocks de concreto en muros de contención pequeños.
- 21) Para evitar el punzonamiento de las geomembranas por el subsuelo.

- 22) Para evitar el punzonamiento de las geomembranas por materiales de relleno de tierra o base.
- 23) Para crear taludes de lados más estables mediante una alta resistencia friccional.
- 24) Para retener suelos blandos en la construcción de presas de tierra.
- 25) Para uso en suelos encapsulados en membrana.
- 26) Para uso en la compactación y consolidación de suelos marginales.
- 27) Para pontear sobre rellenos de tierra irregulares.
- 28) Para auxiliar en la capacidad de soporte de cimentaciones superficiales.

C) FILTRACION (FLUJO A TRAVES DEL PLANO).

- 1) En lugar de filtros de suelo granular.
- 2) Debajo de la base para caminos sin pavimentar y campos aéreos.
- 3) Debajo de la base para caminos pavimentados y campos aéreos.
- 4) Debajo del balasto bajo las vías férreas.
- 5) Alrededor de subdrenajes circundados por roca triturada.
- 6) Alrededor de subdrenajes sin roca triturada (drenes franceses, por ejemplo).

- 7) Alrededor de tubo perforado de subdrenaje.
- 8) Alrededor de roca y tubo perforado en campos adoquinados.
- 9) Debajo de rellenos de tierra que generan filtraciones.
- 10) Para filtrar rellenos hidráulicos.
- 11) Como cerca de sedimentos.
- 12) Como cortina de sedimentos.
- 13) Como una cerca de nieve.
- 14) Como una forma flexible para contener arena, lechada de cemento o concreto en sistemas de control de erosión.
- 15) Como una cimbra flexible para restaurar la integridad de una mina subterránea.
- 16) Como una cimbra flexible para reconstruir pilas deterioradas.
- 17) Como una cimbra flexible para restaurar la capacidad de soporte de pilas de puente socavadas.
- 18) Para proteger el material de un drenaje de chimenea - (en presas).
- 19) Para proteger el material de la galería de drenaje - (en presas).
- 20) Entre el suelo de relleno y los vacíos en los muros de contención.
- 21) Entre el suelo de relleno y los gabiones.

- 22) Alrededor de corazones moldeados en drenes de aleta.
- 23) Alrededor de corazones moldeados en drenes de tira.
- 24) Contra geomallas para evitar la intrusión de suelo.
- 25) Contra geocompuestos para evitar la intrusión de sue
lo.
- 26) Alrededor de las columnas en filtros de arena.
- 27) Alrededor de brocales porosos para pozos.
- 28) Alrededor de boquillas porosas para piezómetros.
- 29) Como filtro debajo de un zampeado de roca.
- 30) Como filtro debajo de bloques precolados.

D) DRENAJE (FLUJO EN EL PLANO)

- 1) Como un dren de chimenea en una presa de tierra.
- 2) Como una galería de drenaje en una presa de tierra.
- 3) Como interceptor de drenaje para flujo horizontal.
- 4) Como capa de drenaje debajo de un relleno sobre-car_
gado.
- 5) Como dren tras los muros de retención.
- 6) Como dren debajo del balasto en ferrocarriles.
- 7) Como dren de agua debajo de geomembranas.
- 8) Como dren de aire debajo de geomembranas.

- 9) Como dren en campos atléticos y deportivos.
- 10) Como dren para jardines de azotea.
- 11) Como un disipador de agua de poro en rellenos de tierra.
- 12) Como un reemplazo para drenes de arena.
- 13) Como ruptura capilar en áreas sensibles a las heladas.
- 14) Como ruptura capilar para la migración de sal en áreas áridas.
- 15) Para disipar el agua filtrada de superficies de suelo o roca expuestas.

II.3) APLICACION DE LOS GEOTEXTILES EN CAMINOS.

(Ref. No. 63 y No. 104)

Cuando las telas son aplicadas entre la subrasante del suelo y la capa de base de piedra triturada, dos funciones vitales son servidas:

- 1) La tela actúa como un separador entre el suelo y la piedra, previniendo un entremezclado de los dos materiales. Esto evita la contaminación del material pétreo por el suelo subyacente, y mantiene las características de alta permeabilidad y transmisibilidad requeridas. También evita la "pérdida" del agregado (con sus características de alta resistencia) en una subrasante de suelo más débil.
- 2) Cuando el suelo de la subrasante es pobre, o sea, es un suelo compresible blando, los geotextiles juegan un papel mayor de refuerzo.

II.3.1) ASPECTOS DE INSTALACION DE LOS GEOTEXTILES EN LA CONSTRUCCION DE CAMINOS.

TRANSPORTE.

Deberán tomarse medidas en la preparación y transporte de los geotextiles para evitar el daño. El daño puede ocurrir durante la carga y la descarga, ya sea por agitación del viento, por contaminación, por deformación indeseable o doblado mientras se hace el enrollado y por las condiciones del clima prevaletientes mientras está siendo transportado. Las temperaturas extremadamente grandes pueden causar que un geotextil se deteriore y -

así, en algunos casos, el material no deberá ser empacado demasiado apretado pues será imposible desenrollarlo. La exposición a largo plazo a la luz ultravioleta puede, en un espacio de tiempo relativamente corto, causar una reducción considerable en la resistencia a la tensión y en la elasticidad.

La elección del sistema de transporte (tierra, mar o aire) dependerá de las dimensiones de la carga, su volumen y su peso, los métodos locales y nacionales y la capacidad para cargar y los aspectos económicos. La infraestructura local también debe ser tomada en consideración.

Un estudio vasto de las varias alternativas de transporte evitará costos extras y retrasos. Los arreglos necesarios deberán ser adecuados por escrito o un contrato de suministro entre el receptor y el fabricante/proveedor.

EJECUCION.

Es obvio que el área de almacenaje deberá tener buenos accesos y el suficiente espacio disponible para el movimiento posterior del equipo de transporte. Deberán detomarse medidas para evitar el hurto y proteger al material de la exposición a largo plazo a la luz ultravioleta, riesgos de incendio y daño mecánico, si el almacenaje es en interiores o exteriores. Deberá ser provisto el espacio suficiente para la prefabricación local. En áreas donde hay temperaturas que cambian rápidamente alrededor del punto de congelamiento, son necesarios empaques sellados para evitar la penetración de humedad y el congelamiento.

Similarmente, en temperaturas exteriores o interiores extremadamente altas deberán tomarse precauciones para evitar que el material se deteriore y se vuelva inutilizable.

El geotextil deberá ser descargado y almacenado en una forma tal que no ocurran melladuras en los rollos.

La cuneta y/o superficie del terreno sobre la que el geotextil ha de ser tendido directamente deberá ser limpiada de toda protuberancia que eventualmente pudiera dañar al material. El geotextil es desenrollado en plano, tanto como sea posible, sin arrugas, en la cuneta o sobre el terreno. Si, por razones técnicas, el geotextil debe ser desenrollado en una pieza sobre una distancia relativamente grande deberá ser arreglado con, por ejemplo, varillas de refuerzo de concreto para evitar que se levante.

Un factor de los requisitos de diseño para los geotextiles bajo caminos en áreas con una capacidad de soporte de carga limitada es que éstos deberán absorber cualquier desarrollo de acanalamientos en el suelo. Esto puede ser logrado fijando el material transversal a su ancho. Esto es esencial porque si no es satisfactoriamente sujetado, el material será halado hacia el centro del camino. Además, el espesor de la primera capa del material de agregado y las cargas axiales del equipo de construcción que distribuyen deberán ser determinadas muy cuidadosamente.

En áreas donde el volumen del material de agregado es muy grueso, algunas propiedades del geotextil deberán ser sobredimensionadas para evitar que sufran daño mecá-

nico. Esto puede ser especificado por el diseñador o, - en algunos casos, por el contratista que lleva a cabo el trabajo. Un geotextil con una estructura de tipo estera que es resistente a los efectos mecánicos deberá ser usa do o, alternativamente, deberán ser hechas provisiones - especiales para asegurar que la primera capa de la capa- de base sea relativamente delgada de material fino.

ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION.

Todas las alternativas de construcción discutidas - aquí pueden ser subdivididas en: a) desenrollado unifor- me directamente sobre la subrasante; b) tendido en una- cuneta con lados verticales, y c) tendido en una cuneta- y anclaje con material de agregado.

A) DESENROLLADO UNIFORME DIRECTAMENTE SOBRE LA SUBRASAN- TE.

En este método el diseño, en general, debe tomar en - cuenta la presencia de vegetación, que no necesaria- mente tiene que ser removida. El geotextil puede en- tonces ser simplemente desenrollado. La primera aten- ción deberá darse con la colocación del material tan- to en la dirección del largo como del ancho cuando la dirección de la cuneta está errada. Esto puede ser - hecho, por ejemplo, usando estacas para marcar los la- dos del geotextil en relación a la línea central del- camino. Siempre que sea posible, el geotextil no debe- rá ser desenrollado más que unos cuantos metros ade- lante de la capa de base conforme ésta sea tendida.

B) TENDIDO EN UNA CUNETA CON LADOS VERTICALES.

Un geotextil puede ser desenrollado en secciones (sin provisiones especiales) transversales a una cuneta, - con los extremos volteados hacia arriba para dar una unión vertical con los lados de la cuneta.

C) TENDIDO EN UNA CUNETA Y ANCLAJE CON MATERIAL DE AGREGADO.

En este diseño el geotextil es desenrollado transversal a la cuneta. Es cubierta una longitud de anclaje en ambos extremos por una berma lateral de material - de agregado. El geotextil es después volteado sobre la berma y anclado posteriormente con una segunda capa del material de la capa de la base.

Debido a que el geotextil puede ser doblado, la segunda capa de agregado puede ser tendida únicamente de 5 a 10 m detrás de la primera capa, conforme progresa el trabajo. La longitud de anclaje del geotextil puede ser lograda fácilmente sobre esta distancia de 5 a 10 m de la berma lateral que cubre la primera capa - del material de agregado.

TRASLAPES.

Los traslapes sueltos son hechos con un ancho de - traslape mínimo permanente de 0.50 m. Salvo raras excepciones, el traslape mínimo puede ser alcanzado sin técnicas especiales.

COSTURAS.

Son descritas al final de este capítulo (tipos de - unión.)

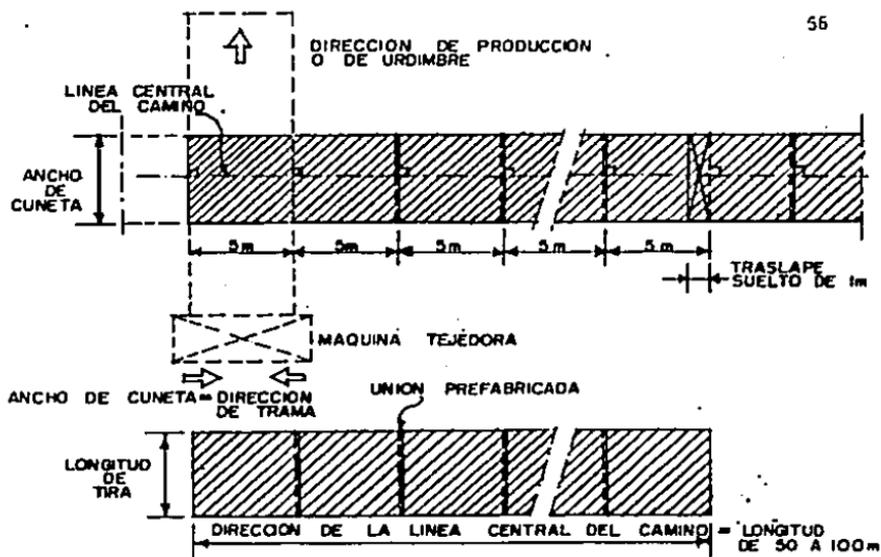


FIG. II - 5 CONSTRUCCION DE CAMINOS CON GEOTEXTILES

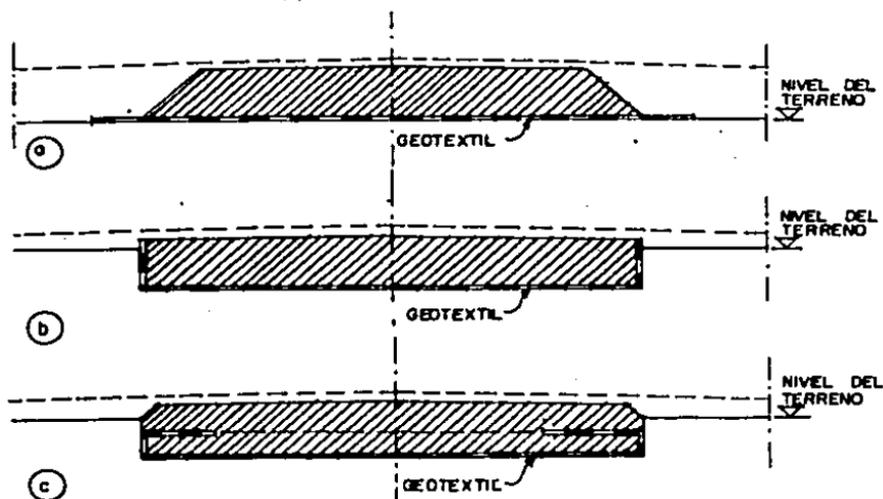


FIG. II - 6 CONSTRUCCION DE CAMINOS CON GEOTEXTILES
(REF. No. 104)

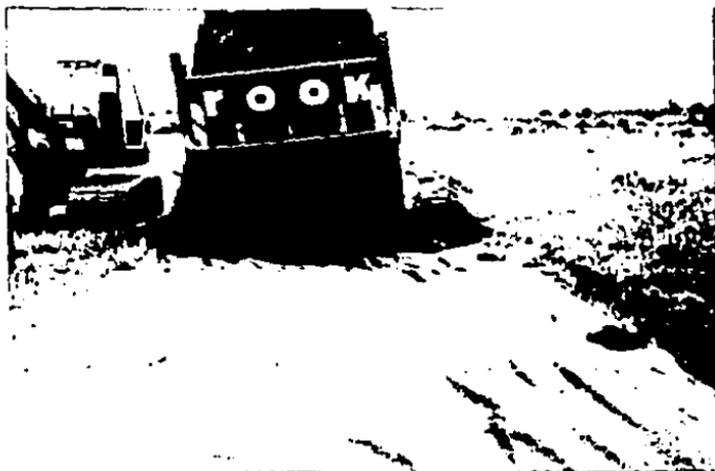


Fig. 11.7 CONSTRUCCION EN LA QUE UN GEOTEXTIL ES DESENROLLADO
DIRECTAMENTE SOBRE LA SUBRASANTE
(Ref. No. 104)

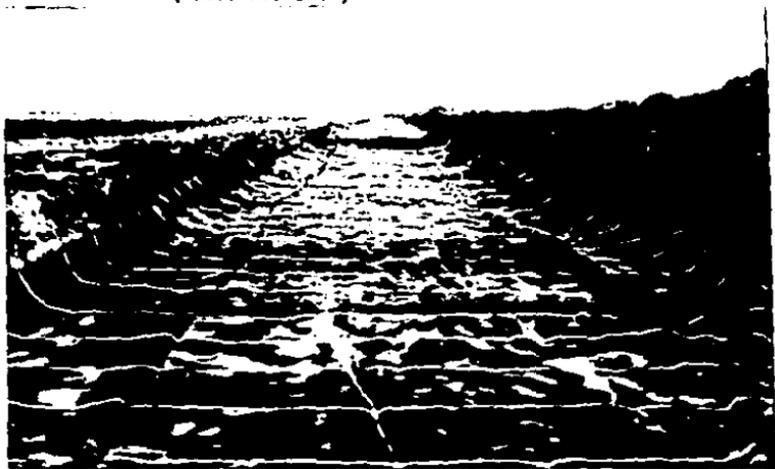
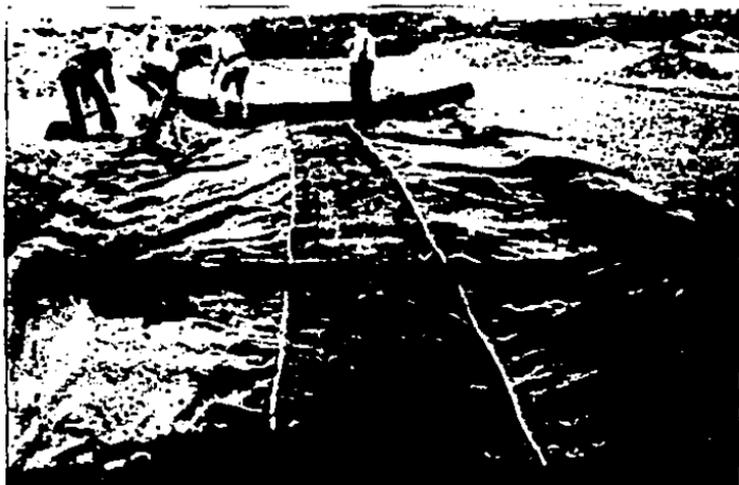


Fig. 11.8 CONSTRUCCION EN LA QUE UN GEOTEXTIL ES COLOCADO EN UNA
CUNETETA CON LADOS VERTICALES (Ref. No. 104)



**Fig. 11.9 CONSTRUCCION EN LA QUE UN GEOTEXTIL ES COLOCADO
EN UNA CUNETTA, ANCLADO CON MATERIAL DE AGREGADO
(Ref. No. 104)**

II.3.2) CONTROL DEL AGRIETAMIENTO DE REFLEXION EN CAMI_NOS.

Las grietas en pavimentos existentes a menudo rea parecen en las sobrecapas de asfalto. Esto puede ser evii tado si son tomadas medidas de remedio antes del reacondii cionamiento. Este fenómeno llamado agrietamiento de re_- flexión, es muy difícil de evitar porque la fuente origii nal de las grietas está normalmente debajo del pavimento- ya sea en la base o en la subrasante del suelo. Para ex_- cavar y reemplazar los materiales perjudiciales por unos- apropiados se requerirá, obviamente, de un mayor gasto de tiempo y dinero. Este procedimiento, de hecho, destrui- rfa completamente la eficiencia y velocidad de un proyec- to típico de sobrecapa asfáltica. Rellenar las grietas - con mezcla en caliente, bacheo frfo o asfalto líquido úni camente soluciona el problema temporalmente.

Los geotextiles, tendidos sobre el pavimento antes - del reacondicionamiento, constituyen una opción económica de eliminar o reducir la ocurrencia del agrietamiento de- reflexión.

La tela es intercalada entre el pavimento existente- y la nueva sobracapa, actuando tanto como separador y co_- mo refuerzo medio. Una segunda característica es que la- tela puede actuar como inhibidora del agua que entrarfa - en la subrasante del pavimento. Como es sabido, es vital para la vida del pavimento mantener la subrasante ya sea- libre de agua o adecuadamente drenada.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION EMPLEANDO GEOTEXTIL PARA EL CONTROL DEL AGRIETAMIENTO DE REFLEXION.

El procedimiento constructivo para colocar los geotextiles debajo de una sobrecapa asfáltica, cuando se busca la eliminación y control del agrietamiento de reflexión, depende de varios factores. Estos son principalmente: el clima, naturaleza del tráfico, severidad del problema en el pavimento original (y/o su subrasante), y las propiedades físicas y mecánicas de la tela. Así, cada situación es algo única, sin embargo, hay muchas semejanzas que permiten que un procedimiento generalizado pueda ser delineado.

- . La superficie del camino existente debe ser limpiada - de impurezas, basura y vegetación y deberá también estar seca.
- . Las grietas existentes entre 1/8 y 1/4 de pulgada - - (3.18 a 6.35 mm) de espesor serán rellenadas con relleno de grietas. Las grietas más grandes o agujeros serán rellenadas con asfalto, mezcla caliente o bacheo en frío.
- . Luego, será rociado uniformemente un sellador asfáltico sobre el pavimento existente. La cantidad variará de 0.15 a 0.40 gal/yd² (0.68 a 4.53 l/m²) dependiendo de la porosidad del pavimento existente y la absorción de la tela. Los selladores recomendables son el cemento asfáltico (AC-10 ó AC-20), las emulsiones asfálticas catiónicas (CRS-2 ó CRS-1h) y las emulsiones asfálticas aniónicas (RS-2 ó RS-1). Debe tenerse la precaución de asegurarse que las emulsiones asfálticas sean adecuadamente curadas antes de que la tela sea puesta. Esto lleva de 30 minutos a 4 horas, dependiendo de la temperatura y la humedad. Los rebajados asfálticos no pueden ser usados con telas de polipropileno.

- no, ya que el solvente que contienen reaccionaría con el polímero a altas temperaturas.
- La tela será puesta sobre el sellador, a mano o con equipo mecánico. Las arrugas o dobleces excesivos en la tela deben ser eliminados. El tendido tiene que ser en plano. Las escobas rígidas serán usadas para lograr una buena cohesión y una superficie uniforme. Son generalmente usados traslapes de juntas de 1 a 3 pulgadas (25.4 a 76.2 mm). Deberá ser aplicado un sellador adicional en las juntas. Si el sellador pasa a través de la tela, puede ser esparcida arena sobre ésta para absorber el sellador.
 - Es aplicada una sobrecapa de mezcla en caliente directamente sobre la tela tan rápido como sea posible. Generalmente, no es necesario aplicar un riego de liga sobre la tela. La temperatura de la mezcla deberá ser aproximadamente de 300° F (148° C) a un máximo de 325° F (163° C). Debe tenerse cuidado en evitar el movimiento o el daño en la tela por el paso de la pavimentadora o de los camiones.

11.4) REFUERZO DE SUELO CON GEOTEXILES (Ref. No. 104)

Los principales campos de aplicación de refuerzo de suelos con geotextiles son:

- La estabilización de terraplenes sobre un suelo blando, tal como las cimentaciones de caminos y diques o rompeolas.
- Refuerzo del relleno en construcciones de taludes empinados y estructuras de contención de tierra.

Los refuerzos con geotextiles, que están siendo cada vez más usados en estructuras temporales y permanentes, mejoran la resistencia al corte del suelo. El hecho de que un número creciente de estructuras deba ser construido sobre suelos pobres, ha acelerado el desarrollo de las técnicas de refuerzo de suelo.

El principio básico del refuerzo de suelo, como lo describe Jewel (1982), es que, cuando un refuerzo orientado es incluido, en el suelo se desarrolla una resistencia al corte mayor. Este es el resultado de un aumento de los esfuerzos normales a través del plano de ruptura potencial y, simultáneamente, de un descenso en el esfuerzo cortante que actúa en el suelo.

Varios factores influyen en la resistencia al corte del suelo reforzado:

- Rigidez del refuerzo en relación al suelo circundante.
- Orientación del refuerzo.
- Forma del refuerzo (fricción entre el refuerzo y el suelo).

- Funcionamiento al flujo del refuerzo durante el tiempo de vida de la estructura.
- Resistencia a la corrosión durante el tiempo de vida.

La estabilidad global de una estructura de suelo reforzada es derivada de la interacción entre el suelo y el refuerzo. El revestimiento del frente de la estructura de suelo es únicamente necesario para prevenir la erosión del talud y mantener la capa frontal en su lugar. El material de revestimiento puede ser concreto, gabiones, tela sembrada o pasto. El refuerzo colocado entre las varias capas de relleno hace que un talud escarpado sea más estable. Las fallas por deslizamiento de los taludes pueden ser reparadas usando geotextiles. El refuerzo es colocado cuando el suelo original está siendo reemplazado y en esta forma el terraplén puede ser reconstruido a su talud original. La estabilidad total del terraplén debe ser chequeada, porque un plano de falla podría ocurrir detrás del refuerzo. Los terraplenes de lados empujados pueden ser construidos primordialmente sobre un buen suelo, porque de otra manera, la estabilidad total del terraplén sería perdida muy rápidamente, causando su colapso.

La aplicación de una capa de refuerzo en la base de un terraplén aumenta considerablemente la estabilidad global del terraplén y reduce el riesgo de falla de la cimentación. También disminuye el tiempo de construcción porque el relleno puede generalmente ser tendido en capas más espesas.

Las estructuras de suelo reforzadas también pueden ser construidas bajo el agua. En estas situaciones los colchones prefabricados de refuerzo pueden ser descendidos bajo el agua y el material de relleno colocado en la parte superior. Los rompeolas pueden ser construidos en esta forma.

Los siguientes campos de aplicación deben ser particularmente mencionados:

- . Empaque de arena. Aquí la función principal de la estera de refuerzo es contener el relleno en envolturas para prevenirlo de la migración y de convertirlo en un material inestable.
- . Estabilidad de caminos en áreas de minas. Otra aplicación interesante es la prevención de asentamientos diferenciales impredecibles grandes, por ejemplo, en un área con galerías de mina subterráneas.

REQUISITOS SOBRE LAS TELAS SINTÉTICAS DE REFUERZO.

Las telas sintéticas de refuerzo de suelo, con una alta resistencia, son hechas principalmente de poliéster, poliamida, polietileno y polipropileno. Los materiales usados para refuerzo de suelo generalmente tienen una resistencia a la degradación a la luz ultravioleta y resistencia a la corrosión. El comportamiento a la deformación de los productos poliméricos en general depende de la historia esfuerzo/tiempo/temperatura del producto. Esto significa que el flujo de estos productos puede ser importante.

Los requisitos para material de refuerzo dependen de las condiciones de carga y el tiempo de vida de la estructura.

En todos los casos y aplicaciones el diseño debe incluir la resistencia requerida del refuerzo y la resistencia requerida en relación con el tiempo.

II.4.1) TECNICAS DE INSTALACION

TERRAPLENES SOBRE SUELOS BLANDOS.

Dos sistemas son posibles: hojas grandes prefabricadas u hojas cosidas entre sí in situ. El sistema de prefabricación es usado especialmente cuando la tela ha de ser instalada bajo el agua o en lugares donde es muy difícil trabajar, por ejemplo, sobre suelo fangoso muy blando.

En el primer caso, la tela es desenrollada en el taller de prefabricación, cortada a la longitud requerida y cosida en hojas. Las dimensiones de estas hojas dependen de los requisitos de trabajo, pero por lo general se utilizan hojas de 50X100 m. Estas hojas son dobladas entre sí y transportadas al sitio. Para la instalación en aguas profundas, la tela es doblada en zigzag en el piso de una barcaza y descendida al fondo. El material de relleno es después depositado en una capa delgada para fijar la tela.

Las uniones de campo pueden ser formadas con una costura, usando una máquina de coser eléctrica o por medio de un traslape. Los traslapes son únicamente usados en los casos donde una máquina de coser no es factible (cuando el tendido es bajo el agua). Si el sitio es fácilmente accesible, toda la costura deberá hacerse in situ.

Cuando las máquinas de coser eléctricas son usadas se puede alcanzar una producción de 3000 m. de uniones por día, con cuatro trabajadores.

Anteriormente, cuando una máquina de coser eléctrica era imposible, las hojas de tela eran cosidas entre sí a mano.

Debe ser observado que, con una unión, la resistencia en la dirección de la costura es siempre reducida. En general, la eficiencia de la costura está entre 40% y 60% de la resistencia de la tela en la dirección de la costura, dependiendo del tipo de costura, de la tela y del hilo de coser.

Debido a la pérdida en resistencia, la costura es hecha siempre en la dirección transversal a la tela. Ya que las telas de refuerzo normalmente necesitan una alta resistencia en una dirección únicamente (transversal a la longitud del terraplén), las costuras son hechas también en esta dirección.

TALUDES REFORZADOS.

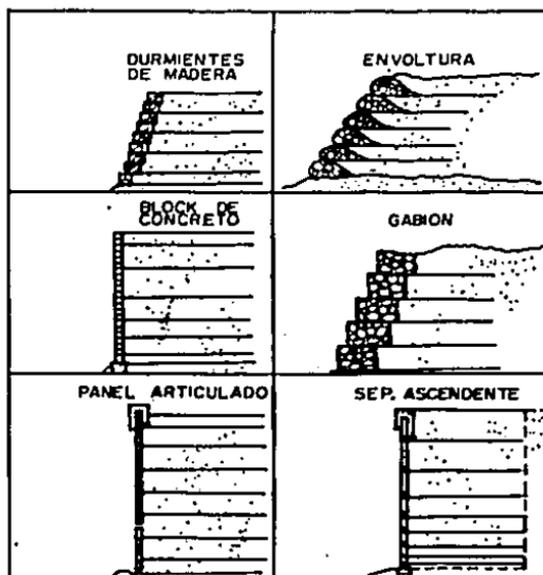
En general, este tipo de estructura es construida en áreas montañosas con suelos de alta capacidad de soporte de cargas. Sobre suelos más blandos un terraplén con un talud relativamente escarpado colapsaría a lo largo de los planos de deslizamiento profundos.

Es importante que el material de relleno esté bien compactado durante la construcción. Además, el material de relleno debe tener valores de permeabilidad al agua relativamente altos, ya que el drenaje del terraplén puede ser importante desde el punto de vista de la estabilidad.

El método de construcción es como sigue. Primero, la tela es desenrollada sobre el suelo original o sobre una capa de tela subyacente. El material de relleno es después amontonado contra una cimbra de contención temporal y vibrado a la mitad del espesor de la capa. En esta etapa, la capa de la mitad superior del frente del material de relleno es tendida y la tela es doblada hacia atrás. La capa es después terminada y vibrada.

Después de reemplazar la cimbra en la parte superior de la capa terminada para formar el extremo frontal de la siguiente capa, la construcción de la próxima capa puede comenzar.

El sistema de cimbra temporal ha sido desarrollado es pecialmente para facilitar que el relleno sea compactado durante la construcción de la capa.



(REF. No. 51)

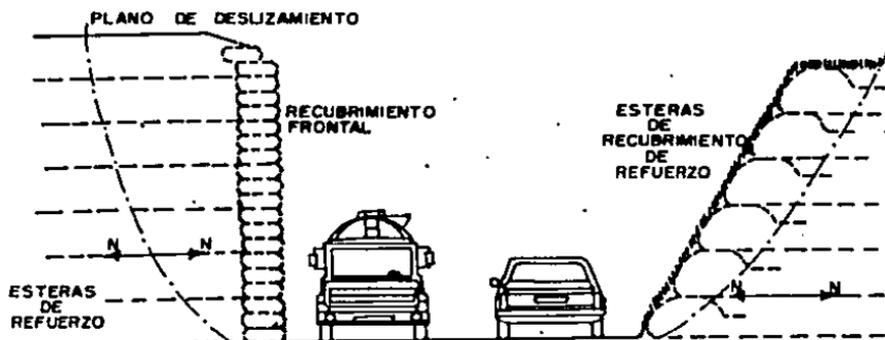


FIG. II-10 SISTEMAS DE RETENCION DE SUELOS EMPLEANDO GEOTEXILES

(REF. No. 92)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

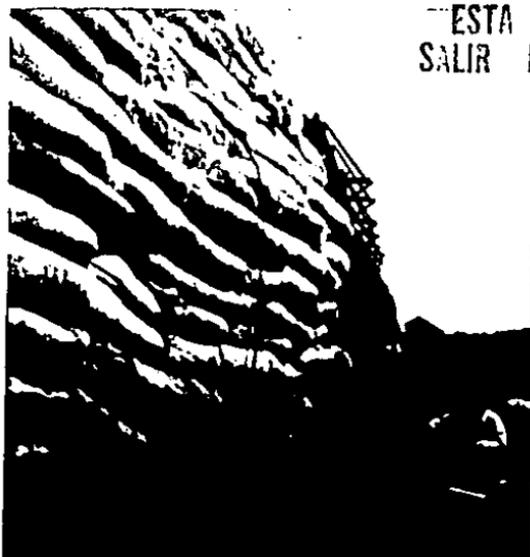


Fig. 11.11



Fig.
11.12

Fig. 11.11 DETALLE DE UN TERRAPLEN DE TALUD EMPUJADO REFORZADO CON GEO-
TEXTILES DE REVESTIMIENTO FRONTAL (Ref. No. 85)

Fig. 11.12 CIMBRA TEMPORAL USADA DURANTE LA CONSTRUCCION DE UN TERRAPLEN
(Ref. No. 87)

II.5) USO DE LOS GEOTEXTILES EN DRENAJE.

(Ref. No. 104)

El empleo de geotextiles en drenaje en lugar del uso de filtros convencionales de material graduado reporta numerosas ventajas tales como menor volumen de excavación y menores tiempos de construcción, entre otras.

Esta aplicación de los geotextiles será discutida en la forma siguiente:

- Drenaje en la industria de la construcción.
- Drenaje de tierra.
- Drenaje vertical.

II.5.1) DRENAJE DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

EL OBJETIVO DEL SISTEMA DE DRENAJE.

El objetivo del sistema de drenaje es, en principio, controlar e influir en el flujo de agua subterránea y la presión hidrostática. El sistema de drenaje puede tener una función temporal, por ejemplo, durante la fase de construcción, o una función permanente, o sea, para la vida de servicio de diseño de la estructura o proyecto.

- . Control de agua subterránea, desalojo de agua y recuperación de tierra.

Esta función se refiere a la disminución o mantenimiento del nivel de agua subterránea en particular de campos cultivados y recreacionales (campos deportivos), sitios de construcción, almacenamiento y sitios industriales.

El objetivo del drenaje es mejorar la trabajabilidad, accesibilidad, capacidad de soporte y estabilidad de la tierra o sitio. Esto es logrado disminuyendo el nivel de agua subterránea, aumentando los esfuerzos efectivos y mejorando las propiedades mecánicas.

. Control de agua subterránea.

Un sistema de drenaje puede ser empleado para poner en operación el flujo de agua subterránea en una dirección particular o detenerlo completamente. El objetivo de esta función es, principalmente, prevenir la erosión por el escurrimiento del agua del terreno, la filtración a través de pesas y taludes de diques, o en excavaciones, fosas de construcciones y trincheras. Otro objetivo es que puede detener el flujo de agua subterránea en una capa particular de un acuífero o formación geológica y recolectar el agua escurrida de los terrenos de descarga.

. Reducción de la presión subterránea.

Los sistemas de drenaje pueden ser usados para disminuir la presión horizontal del agua subterránea y reducir el nivel de dicha agua. El objetivo en este caso es disminuir la presión del agua subterránea horizontal y/o vertical en las estructuras y construcciones. Como resultado, pueden ser establecidos requisitos menos estrictos para la estabilidad estructural horizontal y vertical.

. Disminución de la presión de agua de poro.

El objetivo de este tipo de drenaje es prevenir las presiones de poro excesivas en una masa de suelo, mejorando la permeabilidad de la masa de suelo considerada como un todo. Esto es importante cuando un relleno es colocado

en un suelo cohesivo blando o cuando el relleno mismo consiste en un suelo cohesivo blando. También se refiere a la construcción de presas de almacenamiento.

ASPECTOS DE EJECUCION.

Para aplicaciones tanto horizontales como verticales, la ejecución inicia con la distribución y construcción de estructuras subterráneas, relacionadas (muros de sótano/muros de cimentación, túneles o estructuras de techo). A este respecto, la pendiente es necesaria para la descarga natural en y hacia la tubería.

El daño a las capas impermeables puede ser prevenido durante la construcción. En principio, el geotextil puede ser fijado temporalmente alrededor de los bordes del foso de construcción hasta que el relleno de tierra fije al material definitivamente.

Los materiales compuestos son normalmente traslapados para formar una junta sin unión física. En algunos casos, es necesario el engrapado de las uniones. Con los materiales compuestos es algunas veces necesario cortar parcialmente a través de la capa del dren para garantizar una capa filtrante continua para hacer los ángulos externos e internos. Una capa no biodegradable puede ser agregada para proteger una capa impermeable.

Deberán ser provistos dispositivos para drenar el agua recolectada en la estera del dren. Una capa de drenaje horizontal puede ser construida simplemente desenrollando el material, haciendo los traslapes y sellos adecuados.

Las trincheras y fosas de construcciones deben ser re

llenadas muy cuidadosamente ya que el material de relleno muy grueso puede dañar al geotextil y también la capa impermeable puede ser dañada donde el geotextil da una protección insuficiente. Pueden ser creadas fuerzas de tensión grandes si el relleno es compactado en capas que puedan cortar el material y poner en peligro cualquier sujeción temporal. Por lo tanto, deberán ser hechas conexiones apretadas en las estructuras.

II.5.2) DRENAJE DE TIERRA.

Las aplicaciones más importantes son:

- En el control de los niveles de agua subterránea en áreas cultivadas, sitios de construcción y en zonas residenciales. El objetivo aquí es mejorar el campo agrícola, la trabajabilidad del suelo, capacidad de soporte y transitabilidad, evitando que el nivel de agua subterránea se eleve en períodos de desbordamiento demasiado altos. Otro objetivo es aumentar la velocidad de desecación de la tierra para volverla, consistentemente, adecuada para su uso. En áreas irrigadas áridas y semiáridas, el drenaje es a menudo usado para contrarrestar que el lecho se vuelva salino.
- Para disminuir el nivel de agua subterránea y en esta forma aumentar la estabilidad del suelo o promover la consolidación.
- En el desagüe de cunetas de caminos para evitar el daño a la superficie del camino debido al congelamiento o reblandecimiento.
- En el desvío o recolección de agua subterránea que fluye. Esto es particularmente importante para prevenir la erosión por el agua subterránea que proviene -

de los taludes, diques, presas, excavaciones y trincheras y también en relación con el agua drenada en los terrenos afectados.

Para el diseño del sistema de drenaje es importante:

- La profundidad y espaciamiento del dren.
- Talud de los drenes de tubo.
- Materiales de drenaje que han de ser usados.
- Posible método de instalación.

La selección del material que ha de ser usado depende particularmente del tipo de tubo y el diámetro de tubo requerido y si una envoltura o cubierta de tubo es usada o no en los drenes de tubo. Para la envoltura pueden elegirse varios materiales: granulares, orgánicos o sintéticos (geotextiles).

ASPECTOS DE EJECUCION.

Es muy importante que el geotextil sea checado en la entrega y durante la instalación.

El material deberá ser checado visualmente por defectos de fabricación, daño en el transporte y daño debido al clima que pudieran presentarse. El geotextil deberá ser checado de agujeros y remiendos delgados y será envuelto uniformemente y las hebras de devanado no deberán estar sueltas.

Cuando sean instalados mecánicamente, los drenes deberán ser puestos en tal forma que la envoltura no pueda ser dañada por las salientes afiladas de la máquina. A este respecto, la resistencia mecánica del geotextil es importante. Cuando la trinchera esté siendo rellena, deberá -

tenerse cuidado en evitar daño al dren debido a fragmentos duros y/o afilados del relleno, protuberancias y rocas. En las conexiones y salidas la envoltura deberá ser encintada al tubo para evitar que sean expuestas áreas del tubo.

El mantenimiento del sistema de drenaje, una vez instalado, normalmente comprende el limpiado con chorro a presión para remover sedimentos minerales o químicos. Algunas veces, las perforaciones taponeadas en el tubo pueden ser total o parcialmente limpiadas. En la práctica, sin embargo, las envolturas taponeadas no pueden ser restauradas y también se asume que al geotextil mismo no se le podrá dar mantenimiento. Un sistema de drenaje en el que la envoltura está taponeada deberá, de hecho, ser considerado como amortizado y la única solución es el reemplazamiento de los drenes.

11.5.3) DRENAJE VERTICAL.

Los suelos cohesivos pueden comprimirse (consolidarse) cuando son cargados. Como resultado, el agua de poro es expulsada del esqueleto del suelo. El drenaje vertical es entendido como un sistema de drenes, que es instalado en el suelo para mejorar el transporte vertical del agua.

Por lo tanto, el sistema de drenaje vertical no previene el asentamiento sino que hace que el asentamiento sea alcanzado más rápidamente.

Un sistema de drenaje vertical puede también servir como un medio de transporte para el agua libre.

Un sistema de drenaje es aplicado cuando son esperados problemas de estabilidad durante las operaciones de re

llenado con tierra o cuando el asentamiento no puede ser completamente logrado dentro del tiempo de ejecución disponible, antes de que la construcción esté en operación. Este método es usado actualmente para acelerar los asentamientos en el campo de:

- Construcción de caminos y vías férreas, por ejemplo, la cimentación de un terraplén.
- Estructuras hidráulicas, por ejemplo, la construcción de un muro marino o su refuerzo.
- Construcción de casas y construcciones de servicio público, cuando se preparan sitios para edificación.

Además, hay otros campos especiales de aplicación tal como la filtración del agua de rfo en dunas para el propósito de extracción de agua potable.

Hasta hace unos cuantos años, los sistemas de drenaje vertical fueron principalmente en la forma de drenes de arena. En nuestros días, hay muchos tipos de drenes disponibles, entre los cuales se encuentran los drenes no tejidos.

Estos drenes constan de una tira de tela no tejida -- perforada por agujas con un espesor aproximado de 5 mm. Esta puede ser una no tejida de fibra químicamente enlazada-perforada por agujas. Inmediatamente después de que un geotextil no tejido ha sido fabricado, las tiras son cortadas al ancho deseado.

ASPECTOS DE EJECUCION.

Las mediciones de campo pueden ser hechas con el fin de seguir el sistema de drenaje vertical en operación y de terminar la velocidad de operación.

Estas mediciones deberán ser orientadas a los siguientes aspectos:

1) Estabilidad de la superficie.

La etapa crítica en cuanto a la estabilidad de la superficie es cuando la sobrecarga está siendo aplicada. Durante la etapa de elevación la presión de poro aumentará - con cada relleno de tierra, mientras que el esfuerzo efectivo no cambia, causando que el nivel de seguridad de estabilidad caiga. El peligro puede ser reconocido por presiones de poro excesivamente altas y movimientos del nivel -- del terreno excesivos al pie del talud de la elevación.

2) Tiempo de consolidación.

El control de calidad es menos crucial con respecto - al tiempo de consolidación si el grado deseado de consolidación que será conseguido dentro del período planeado puede ser checado de antemano comparando los asentamientos -- reales y las presiones de poro con los valores calculados -- de antemano.

Las deformaciones horizontales y verticales son medidas dirigiendo y nivelando señales o estacas. Las presiones de poro son medidas usando medidores de presión de -- agua o pozos de observación abierta si la velocidad de ascenso es relativamente baja.

Puede ser hecho un chequeo posterior sobre el proceso de consolidación usando mediciones de descarga. La recolección del agua del dren es el método más directo de demostrar la efectividad del sistema de drenaje. Con este método es esencial, sin embargo, que la descarga ocurra sólo - hacia arriba.

Aunque en principio las mediciones anteriores son relativamente simples y baratas, la cuestión si un sistema de medición particular deberá ser usado o no y a qué grado deberá ser usado, será determinada por el tamaño del trabajo y por los riesgos involucrados con un mal funcionamiento del sistema de drenaje.

Deberá darse atención particular a lo siguiente:

- Formulación de los estándares de calidad requeridos - para el dren y el medio de probar los drenes.
- Suministro de los datos mecánicos del suelo.
- Protección de los sistemas de medición.
- El método de instalación, la profundidad de instalación y su inspección.
- Las dimensiones del diseño.

Además, las especificaciones asientan la relación entre el cliente y el contratista, para evitar desacuerdos y asegurar que el trabajo pueda ser llevado a cabo apropiadamente.

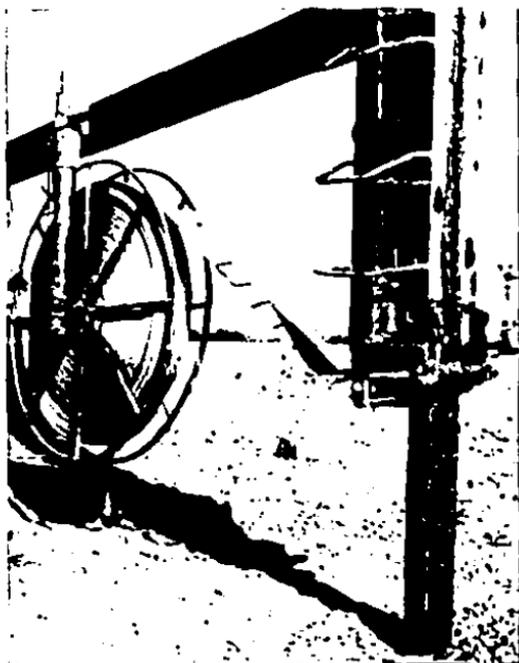


Fig. 11.13
CARRETE DE GEOTEXTIL
DISPUESTO DE MANERA
ESPECIAL PARA SU CO_
LOCACION COMO DRENA_
JE VERTICAL
(Ref. No. 104)

Fig. 11.14
OPERACION DE INSTALACION
DE GEOTEXTIL COMO DREN -
VERTICAL
(Ref. No. 104)



II.6) CONTROL DE EROSION EMPLEANDO GEOTEXTILES (Ref. No. 63 y No. 104)

II.6.1) SISTEMAS CONVENCIONALES DE CONTROL DE EROSION.

Los sistemas más comunes de control de erosión son:

- Zampeado.
- Pavimento de concreto hidráulico.
- Colchones de concreto articulados.
- Cercas (transversales al flujo de la corriente)
- Pavimento asfáltico.
- Vegetación.
- Gabiones (jaulas de alambre llenas de roca)
- Murallones de defensa.

En la mayoría de estas instalaciones es requerido un filtro granular sobre el suelo y debe ser protegido sobreponiendo una estructura de revestimiento (por ejemplo, zampeado, gabiones o colchones). El filtro granular proporciona un número de funciones: retarda la pérdida de suelo, -- elimina la presión hidrostática y proporciona una capa para materiales subyacentes.

II.6.2) SOLUCION CON GEOTEXTILES.

Los geotextiles han sido usados como un sustituto para los filtros granulares debajo de las estructuras de control de la erosión en diferentes situaciones.

Dichos geotextiles deben cumplir con algunas o todas de las siguientes propiedades:

- Alta permeabilidad.
- Alta resistencia a la fricción con el suelo.
- Alta resistencia a la tensión.
- Alta elongación.
- Buena resistencia al corte.
- Buena resistencia al punzonamiento.
- Larga vida.
- Resistencia a la degradación por los rayos ultravioleta.
- Estabilidad dimensional.

A) PROTECCION DE MARGEN Y LECHO.

La protección de margen y lecho se refiere a aquellas construcciones que tienen la función primaria de preservar el perfil de la vía fluvial dentro de ciertas fronteras. - Esto es logrado reteniendo los materiales de la margen y el lecho. El material de lecho consta de turba, arena o limo; éstos son materiales cohesivos o granulares más o menos susceptibles a la erosión. La erosión puede ser causada no únicamente por el ataque de las olas y de la corriente sino también por la descarga del agua superficial y/o subterránea de la tierra. El correr del agua superficial puede erosionar la construcción de protección considerablemente, particularmente en áreas donde poco o nada de drenaje de tierra es provisto.

Además, deberán ser consideradas todas las clases de cargas especiales (las causadas por el clima y por los materiales de desecho llevados por la corriente, entre otros).

Algunas funciones adicionales que proporciona la protección de una margen son:

- Funciones de preservación de valores ecológicos, recreacionales y de paisaje.

- Provisión de una gufa visual para la navegación.
- Una función hidráulica que concierne a la rugosidad del perfil.

Para cumplir todas las funciones anteriores, se recubre la margen. Los elementos principales de este revestimiento son: una cobertura de la capa superior, una capa -- filtrante y, algunas veces, una o más capas intermedias.

La capa superior debe ser capaz de resistir fuerzas - externas que actúan sobre la construcción. Dicha capa puede estar hecha de varios materiales o combinaciones de materiales.

Una capa intermedia puede servir como una capa de -- transición de otras capas y/o como una protección para la capa filtrante. Para esta capa se pueden usar varios materiales.

La capa filtrante puede constar de uno de los siguientes tipos de materiales:

- a) Filtros granulares: granos sueltos, granos aglutinados y rocas empacadas.
- b) Filtros de fibra: pueden estar compuestos de materiales sintéticos (geotextiles) o materiales naturales.

FUNCION DE LA CONSTRUCCION DEL FILTRO.

La principal función de una construcción de filtro en protecciones de margen y de lecho es la retención del material básico, sin la generación de presiones de agua de poco excesivas. Esto significa que la construcción deberá -- transmitir el agua sin la pérdida de ningún material básico. El filtro también puede funcionar como una separación entre las capas y como un refuerzo de suelo.

Para que una estructura de protección sea estable, se deben cumplir los siguientes puntos:

- El desplazamiento de materiales de la capa superior o en otros sitios de la construcción debe ser mínimo, de acuerdo al criterio del diseñador.
- El deslave del material de margen debe ser evitado y no deben ocurrir asentamientos inaceptables.
- El geotextil mismo no debe convertirse en plano de deslizamiento.
- El levantamiento de la construcción es inadmisibles.
- La resistencia contra "todas" las cargas (químicas, biológicas y mecánicas) que influyen en la vida de servicio debe ser la suficiente.

ASPECTOS DE EJECUCION DE LOS GEOTEXTILES EN LA PROTECCION DE MARGENES EN VIAS FLUVIALES.

Los procedimientos de instalación que aquí serán tratados corresponden a la construcción arriba del agua de -- protecciones de márgenes con geotextiles.

La construcción de protecciones de costa y de márgenes, aparte del equipo normal, requiere también maquinaria específica (máquinas para la producción mecánica de -- los rollos de fajina, máquinas de coser, etc).

Las condiciones de trabajo involucran cambios en los niveles del agua, variación de las corrientes (descarga, - agua baja, agua alta) y la influencia de olas generadas - por el viento y marejadas. La disponibilidad de mano de -- obra especializada es esencial para una ejecución íntegra.

a) TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL GEOTEXTIL.

El geotextil normalmente es suministrado en rollos, - ya sea por camión o por barco. Durante el transporte y -- descarga de los rollos, deben evitarse las deformaciones - en vista del uso posterior de la tela.

Durante el almacenamiento del material, las influen-- cias negativas de la temperatura, la luz ultravioleta y la contaminación deben ser tomadas en cuenta. Para facilidad- de manejo, los rollos pueden ser colocados en caballetes.

El sitio de almacenamiento deberá ser lo suficiente-- mente grande para permitir desenrollar la tela y producir paneles de tamaños mayores para su uso posterior en el si-- tío de la construcción. Además, el sitio deberá ser bastan-- te plano y accesible.

b) COLOCACION DEL GEOTEXTIL.

La tela es primeramente cortada al tamaño correcto -- -si es requerido-, transportada del sitio de almacenaje al sitio de la construcción y rodada hacia abajo del talud.

La superficie deberá ser lo más plana posible para -- asegurar un buen contacto del geotextil con la superficie- del talud. Los elementos afilados serán removidos para -- evitar el daño a la tela.

Es recomendable que durante la nivelación de la cres-- ta y del talud se reserve espacio para el suministro y al-- macenaje temporal de los materiales constructivos.

Si las telas de cada rollo son cosidas entre sí en un sitio aparte, se requiere un traslape de cuando menos 0.20 m para cubrir cualquier imprecisión durante la colocación y desenrollado. Es necesario un traslape adecuado para hacer una buena costura.

Este margen de cuando menos 0.20m es requerido para hacer una junta cosida a una distancia de 0.05 m del borde de la tela. No será necesario ajustar la tela desenrollada porque los trabajos son imprecisos. Esto puede ser de importancia cuando se tengan que tender longitudes grandes. Un posible método de tendido es desenrollar un rollo de tela en la parte superior de una tela que todavía está siendo tendida. Los bordes son después cosidos entre sí y la tela puesta recientemente es doblada hacia atrás. Las secciones grandes de tela precortada son susceptibles al viento y pueden requerir balasto localmente para mantenerse en su lugar. Si, al mismo tiempo, comparativamente se usa una tela ligera, pueden ocurrir fuertes deformaciones locales con influencias negativas para sus propiedades de retención de arena y permeabilidad al agua.

c) JUNTAS COSIDAS.

Las juntas cosidas deben ser hechas a una distancia regular de cuando menos 0.05 m del borde de la tela y no deben ser cosidas perpendiculares a la dirección de las cargas máximas esperadas.

La resistencia del hilo, el espesor de la aguja y el tamaño de la costura deberán ser cuidadosamente igualados a la textura característica de la tela. Una costura pequeña causa muchas perforaciones innecesarias; en cambio, una costura grande puede abrirse cuando sea cargada y causar filtraciones.

d) TRASLAPES.

Cuando no son hechas juntas cosidas, los traslapes -- son necesarios para crear una cubierta continua sobre el -- subsuelo. El tamaño del traslape deberá ser consistente -- con:

- La posible precisión de la colocación, que depende de la localización y del equipo.
- La deformación del subsuelo que podría causar que la tela se mueva.
- Las dimensiones de las rocas que están en contacto directo con la tela.

Contando estas tres influencias, se puede determinar el traslape total.

Las deformaciones normales del subsuelo son generalmente pequeñas deformaciones locales, que pueden ser combatidas con un traslape (mínimo de 0.5m). Una investigación separada es requerida para casos especiales, por ejemplo, cuando el suelo es muy susceptible al asentamiento.

El tamaño de las rocas en contacto directo con la tela, en gran parte determina el grado de contacto directo entre las telas y lo apretado del traslape.

e) COLOCACION DE ROCAS.

La colocación y nivelación de las capas de roca es -- normalmente hecha con descargadores, grúas y palas.

Durante la construcción se deberá evitar que este -- equipo cause cargas inadmisibles en la tela desenrollada,--

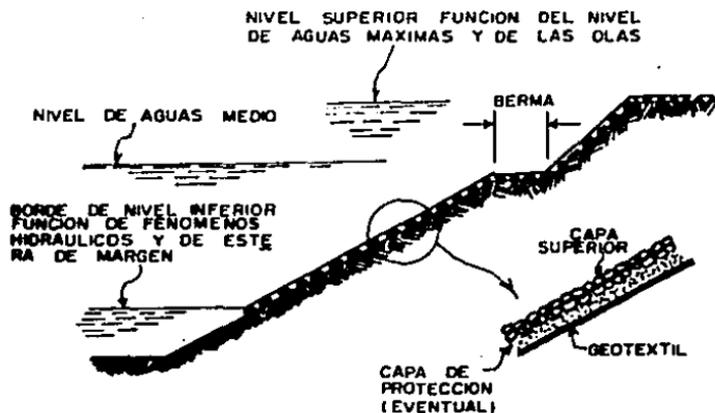


FIG. II. 15 PRINCIPALES ELEMENTOS EN UN RECUBRIMIENTO DE MARGEN (REF. No. 80)

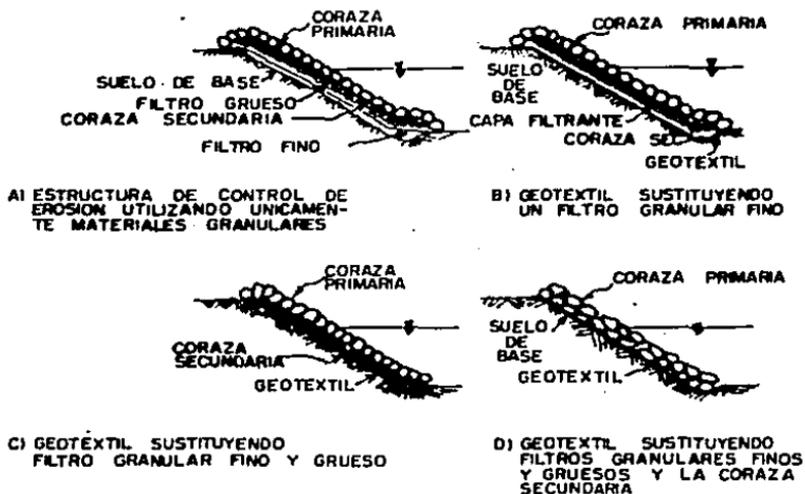


FIG. II- 16 (REF. No. 30) SISTEMAS DIVERSOS DE PROTECCION MARGINAL

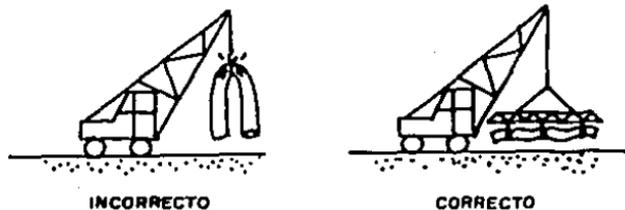


FIG. II-17 TRANSPORTE DEL GEOTEXTIL
(REF. No. 104)

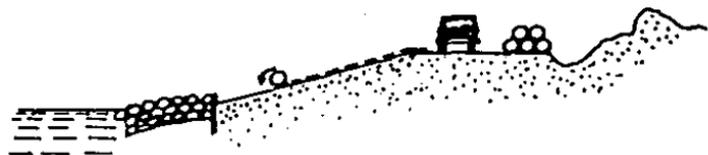


FIG. II-18 DESEÑOLLADO DEL GEOTEXTIL SOBRE EL TALUD
(REF. No. 104)

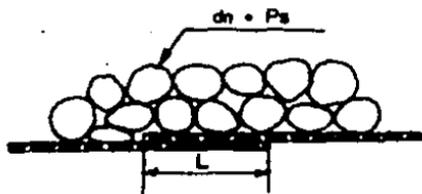


FIG. II-19 LONGITUD DEL TRASLAPE
(REF. No. 104)

ya sea directa o indirectamente, por medio de una capa demasiado delgada de piedras angulares.

B) ALGAS ARTIFICIALES (DE TELA).

En vista de que la vegetación reduce la velocidad de escurrimiento del agua sobre los taludes que son protegidos sobre la tierra, la vegetación bajo el mar puede disminuir las corrientes de agua al punto donde todo, o algo -- del sedimento está siendo llevado por ellas, sea depositado. Creando artificialmente tal situación bajo el mar, -- puede ser construido un banco de arena en la posición deseada, eliminando así la posible ocurrencia de erosión. Ya que la erosión y la socavación son daños bien conocidos para construcciones submarinas, este tipo de aplicación de telas parece ser completamente apropiado.

C) CERCAS DE SEDIMENTOS.

Un interés creciente en asuntos ambientales está dictando que sea dada una consideración especial a los problemas de calidad del agua que son frecuentemente causados -- por el dragado, construcción marítima u operaciones de relleno de tierras hidráulicas.

Uno de estos problemas es la turbiedad, que es a menudo asociada a tales operaciones.

Dependiendo de la velocidad del flujo del agua involucrada, serán transportados sedimentos de varios tamaños. En la mayoría de los casos, el tamaño de la partícula será de 0.07mm o más fino, que corresponde de limo a arcilla.

El uso de una tela trae como ventaja que el material puede ser "cribado" antes de que contamine aguas abajo.

Es importante tomar en cuenta que también la erosión eólica es un problema significativo.

Los tipos de suelos susceptibles a la erosión del viento son arenas sin cohesión y limos. De hecho, la erosión de los limos es tan prevaeciente en algunas zonas -- que el tema de suelos loess es estudiado como un t^opico se parado en la Ingeniería Geotécnica. Los suelos loess que son sopladados por el viento forman una estructura columnar, cuyo comportamiento es insatisfactorio cuando está en dese quilíbrio. En áreas costeras donde las velocidades del -- viento son normalmente muy grandes, son movilizadas fuer-- zas suficientes para levantar y transportar estas partícu-- las de tamaño tanto de limos como de arenas. Este fenóme-- no provoca que puedan moverse cantidades masivas de mate-- rial en períodos relativamente cortos de tiempo, a menos -- que sean interrumpidas por alguna forma de barrera. En la -- ausencia de barreras naturales, pueden ser puestas unas ar-- tificiales para un buen uso. Las cercas de tela son una -- posible alternativa para resolver estos problemas de ero-- sión.



Fig. 11. 20 APLICACION DE GEOTEXTIL COMO CONTENEDOR DE RELLENO HIDRAULICO
EN PROTECCION DE COSTAS (Ref. No. 63)

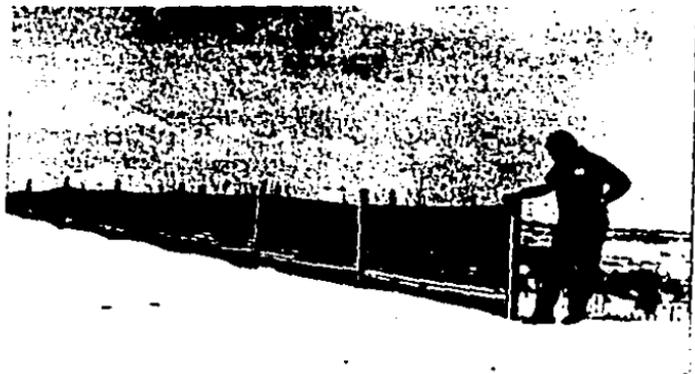


Fig. 11. 21 USO DE GEOTEXTIL COMO CERCA DE SEDIMENTOS
(Ref. No. 53)

II.7) LOS GEOTEXTILES COMO CIMBRAS DE CONCRETO. (Ref. No. 63)

Las variables mayores que deben ser consideradas en este tipo de aplicación son las siguientes:

- Tipo de textil que será usado. Esto depende de la permeabilidad deseada en la tela, la viscosidad del material de relleno, la facilidad de hacer juntas, la rigidez deseada de la forma antes de rellenarla, la forma final de la masa solidificada del concreto o lechada, el costo, y el peligro de infringir alguna patente.
- La colocación de la cimbra de tela como método constructivo, el tipo de trabajo y la inspección antes del llenado.
- El diseño del concreto o de la lechada que rellenará la cimbra de tela.
- La aplicación del concreto o lechada en llenar la cimbra en cuanto a accesibilidad, tiempo, costo, etc.
- Manera de curar el concreto o la lechada después de su aplicación.
- Inspección de la instalación concluida para checar la adecuación del trabajo y ver si son requeridas futuras modificaciones.
- El establecimiento de un posible sistema de monitoreo a largo plazo, si es necesario.

II.7.1) CIMBRAS DE GEOTEXTIL EN LA REPARACION DE PILAS.

Todas las pilas (de madera, concreto o acero) en un ambiente marino sufren deterioro a velocidades variantes. El deterioro es causado por la exposición marina normal, ciclos de mojado/secado, ciclos de congelamiento/deshielo y a desechos químicos, industriales y sanitarios.

Su reparación puede ser hecha empleando concreto hidráulico y aprovechando a los geotextiles como cimbra.

Una técnica, desarrollada en los 60's, usa como cimbra de concreto una camisa de tela de nylon tejida, en la cual cada extremo es conectado por un cierre industrial pasado cosido sobre la tela. Los extremos de la tela arriba y abajo de la zona deteriorada de la pila son fijados a la pila. Las cimbras de tela tienen ventajas económicas probadas sobre otros sistemas de cimbrado de concreto debido a su peso ligero, facilidad de instalación, costo de la tela relativamente bajo y facilidad de conexión sobre las pilas en cualquier localización arriba de la línea de azolves. Básicamente, la tela es diseñada de modo que, cuando el concreto sea inyectado dentro de ésta, el agua excedente salga a través del tejido de la tela sin dejar que la porción cementante escape. Disminuyendo la relación agua/cemento se produce una superficie extremadamente densa de concreto que resistirá el futuro deterioro de la pila.

ASPECTOS DE EJECUCION.

Ya que este tipo de sistema de camisa de tela ayuda en la transferencia de cargas por la adhesión mecánica, la preparación apropiada de la superficie de la pila es vital para su éxito. Las pilas de madera deberán ser limpiadas de todo crecimiento marino y la madera podrida deberá ser retirada. El moho suelto deberá ser removido de las pilas de acero ya sea pasando un cepillo de alambre o un chorro de agua de alta presión. El chorro de arena para metales brillantes no es requerido. La remoción del concreto suelto y del deterioro de las pilas de concreto puede ser lograda usando martillos de aire subacuáticos o chorro de agua de alta presión bajo el agua. El acero de refuerzo expuesto deberá ser limpiado y, si está deteriorado, debe-

rá ser empalmado acero nuevo. Si la pila tiene que ser -- encamisada ligeramente abajo de la línea de azolve, la ope ración puede ser efectuada excavando más abajo; después de que la camisa de la pila sea cerrada por arriba del agua, el buzo trabaja la camisa en el fondo y después la bandeabaja la línea de azolve con una herramienta de bandeado. Si el encamisado es más abajo de la línea de azolves, el exca vado del área y la adición de una cimbra de fondo metáli ca es recomendable. Un sellado de fondo con lechada puede ser inyectado para evitar la futura filtración de la lecha da del concreto que sea bombeado en la pila. Para que el - deterioro no se extienda a la longitud completa de la pi - la, la camisa puede ser instalada en cualquier parte por - un bandeado doble del fondo en la pila y después inyectando un sello de fondo. La parte superior de la camisa de la - pila puede estar abierta o cerrada. Si está abierta, un -- anillo es instalado en la parte superior de la tela y este anillo es soportado por anclas a la superestructura o a la pila misma. Cuando se usa esta técnica, deberá ser aplica do un sello epóxico para evitar que el agua se meta en la parte superior de la pila. El otro método, más directo, de soportar la camisa de tela, es bandear la parte superior - de la cimbra a una elevación mayor a aquella donde el dete rioro está tomando lugar.

Si las pilas están diseñadas para un momento flexio nante adicional, no es requerido un paquete de acero de re fuerzo en el espacio anular entre la pila deteriorada y la parte exterior de la camisa. Sin embargo, en áreas donde - el congelamiento y el deshielo serán experimentados, puede ser instalado acero de temperatura (en forma de malla de - alambre soldada) alrededor de la pila deteriorada antes de la instalación de la cimbra de tela. El diámetro de la ca misa de la pila deberá ser mínimo 3 pulgadas (7.62 cm) ma yor que el perímetro exterior de la pila original.

Posteriormente, el concreto es inyectado dentro del espacio entre la pila y la cimbra de tela por dos tubos de plástico introducidos antes de la colocación de la tela.

Estos tubos son colocados a través de una porción -- abierta de la tela. Esto puede ser a través de perforaciones o de ranuras en la tela. Normalmente, dos tubos inyectan simultáneamente el concreto. Un diseño de mezcla normal utilizará de 8 a 11 sacos de cemento Portland tipo I o II, 2200 a 2500 lb (998.8 a 1135 g) de arena para concreto, 50 a 60 galones (189.27 a 227 l) de agua y un dispositivo de bombeo diseñado para comunicar 4 a 6% de aire y -- eliminar la filtración del concreto. Se debe tener precaución con esta técnica cuando una corriente fuerte prevalezca ya que la cimbra de tela inflada por el concreto fluido puede ser descentrada de la pila.

En este sistema de encamisado de pila, como con cualquier otra técnica actualmente disponible, ha sido experimentada la dificultad del apuntalamiento transversal permanente en la zona que ha de ser encamisada.

11.7.2) COLUMNAS PARA MINAS Y ESTABILIDAD DE CAVERNAS.

(Ref. No. 63).

En muchas partes del mundo las minas subterráneas -- abandonadas y las cavidades de caliza han causado los mayo problemas estructurales de hundimiento.

En aquellos casos donde la estabilización de estas es estructuras puede ser hecha por columnas de lechada o de concreto, los geotextiles pueden ser usados como una cimbra -- sin la necesidad de entrar en la mina o a la cavidad. La -- técnica consiste en perforar barrenos de 4 a 5 pulgadas --

(10.16 a 12.70 cm) de diámetro para interceptar el techo de la mina y después llevarlos hasta el piso de la mina, penetrando aproximadamente 1 a 2 pies (0.31 a 0.61 m). Un tubo de tela, normalmente de nylon tejido, de un diámetro --predeterminado es envuelto alrededor de un tubo para lechadeado y empujado a través del barreno efectuado. Posteriormente, es inyectado concreto de agregado fino bajo presión controlada conforme el tubo de lechada es retirado. El tubo de tela será soportado de la superficie o por medio de anillos a la parte superior de la tela con un sistema de cables al terreno. Cada aplicación requiere una determinación de cuánta presión puede resistir la tela y puede ser necesario bombear el tubo en etapas múltiples. En el área vacía puede ser colocado acero de refuerzo, únicamente o a toda la longitud de la columna. El punto crítico en esta aplicación es conseguir el máximo soporte de la columna de concreto del techo de la mina.

En áreas donde la abertura está completamente o parcialmente rellena con materiales compresibles o perjudiciales, es posible reabrir con un chorro a presión, de estos materiales, extendiendo el tubo para lechadeado hasta el fondo: del tubo de tela y mientras se aplica el chorro a presión, se mantiene una altura adecuada de bentonita o lechada en la cimbra de tela.

Usando este mismo concepto, puede ser creada una pantalla en una mina subterránea, haciendo barrenos en una línea predeterminada y bombeando inicialmente columnas alternadas y después colocando la tela en las posiciones secundarias o intermedias e inyectándolas con concreto para conectarlas con las columnas colocadas originalmente. Así, -- pueden ser creados dos muros para formar una pantalla o muro interceptador.

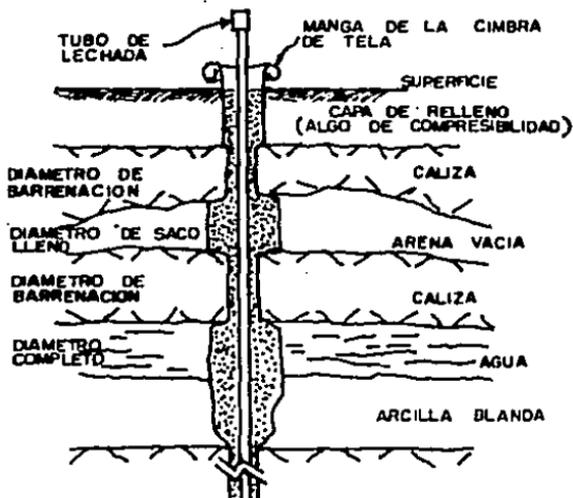


FIG. II - 22 USO DEL GEOTEXTIL COMO CIMBRA DE COLUMNA

SECCION TRANSVERSAL BARRENADA DE 6"

(REF. No. 63)

II.8) UTILIZACION DE LOS GEOTEXILES EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES.

(Ref. No. 35)

La aplicación a gran escala de los geotextiles en la construcción de túneles es justificable por las funciones (protección, drenaje, separación y filtración) que dichos materiales ejecutan adecuadamente. Algunas de las subfunciones post-instalación, a largo plazo, que los geotextiles desempeñan para esta aplicación son las siguientes:

- Protección y drenaje en el lado de la roca de la membrana impermeable.
- Capa de protección y filtración entre la membrana impermeable y cavidades del túnel que resultan cuando se usa el método de ingeniería abierto.
- Capa de protección para las superficies impermeables colocadas en el interior de la cavidad y en anillos reforzados o vigas de concreto.
- Capa de separación, deslizamiento y drenaje entre el concreto y la superficie de roca.
- Capa de separación para amortiguamiento del sonido en los túneles ferroviarios.

Además, pueden ser distinguidas otras aplicaciones durante el proceso de construcción:

- Capa de protección para el sellado de los tableros frontales al final de cada sección de concreto.
- Uso como cimbra de pared falsa para aplicación del concreto lanzado.
- Capa de aislamiento para el entablado de la intercapa de concreto tratado térmicamente.

IMPERMEABILIZACION.

Los geotextiles son aplicados como una capa de impermeabilización entre la superficie de roca y el anillo de concreto interior (Fig. No. 11.23). El sistema de sellado comprende la capa de concreto lanzado y la capa de protección de geotextil, sujeta del concreto lanzado con un tipo especial de placas sobre las cuales la membrana es soldada.

El sistema de sujeción es principalmente diseñado de acuerdo con los requisitos de la membrana impermeabilizante. Normalmente son requeridas 3 placas por metro cuadrado para el traslape suelto del geotextil.

REQUISITOS.

Los geotextiles usados en conjunción con las membranas impermeables necesitan satisfacer los requisitos de protección mecánica y habilidad de drenaje en el plano.

Ambos requisitos han de ser cumplidos para la vida de diseño de la construcción, que para los túneles está estimada para un período de 100 años.

Los valores mínimos que deben cumplir los geotextiles para su uso en la construcción de túneles pueden ser encontrados en el Capítulo IV (Especificaciones).

OBSERVACIONES:

La aplicación de los geotextiles sin geomembranas se ha probado exitosamente como una capa de deslizamiento y drenaje entre el recubrimiento interior de concreto y la superficie de roca, y/o el concreto lanzado. La habilidad de movimiento asegura que una reducción de los esfuerzos -

de contracción y el agrietamiento por esfuerzo de temperatura puede ser lograda.

Esta aplicación es apropiada para secciones de túnel con un mínimo de sedimentos en agua, ya que el efecto de drenaje puede ser reducido a través de la penetración de la caliza del cemento en el geotextil, a menos que un material compuesto especial sea usado.

De acuerdo con Goblet (Ref.35), el mejor material para las aplicaciones de construcción de túneles es el polipropileno.

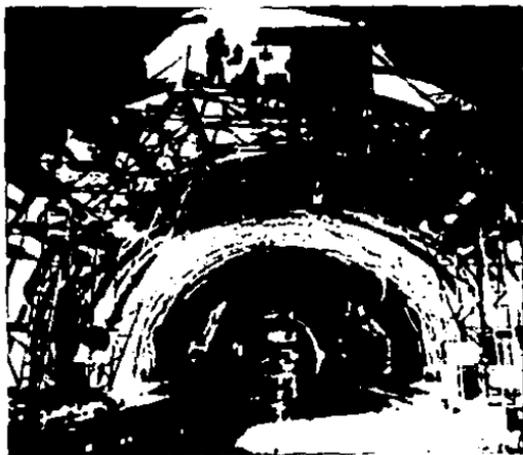


Fig. II.23 IMPERMEABILIZACION EN UN TUNEL POR MEDIO DE UNA CAPA DE PROTECCION Y TABLEROS DE SELLADO DE PVC. (Ref. No. 35)

II.9) METODOS DE UNION Y TRASLAPE DE LOS GEOTEXTILES.

(Ref. No. 55 y No. 81)

Cuando los anchos o longitudes de geotextil requeridos son mayores que aquellos proporcionados en un rollo, entonces es necesario efectuar una unión.

Cuando dos piezas de geotextiles similares o diferentes (o materiales relacionados) son unidos uno con otro, esto es conocido como "JUNTA" y cuando un geotextil es físicamente ligado a, o moldeado en otro material (p.e., un pánel de revestimiento de un muro de contención), esto es conocido como una "CONEXION". Donde la unión física entre dos geotextiles o un geotextil y otro material no es involucrada, se conoce como "TRASLAPE".

Los geotextiles pueden ser unidos mecánicamente (porcosido o engrapado) o químicamente (usando un pegamento).

Idealmente, las juntas deben tener las mismas características de funcionamiento que los materiales padres.

II.9.1) TRASLAPE.

La cantidad de traslape requerida varía entre 0.3 m y 1.0 m dependiendo de la capacidad de soporte de la subrasante y el perfil, entre otros factores, y el esfuerzo anticipado en la junta. Sobre subrasantes de nivel firme es generalmente adecuado 0.3 m pero sobre terreno irregular - blando puede ser necesario un traslape de 1.0 m. La estabilidad y una reducción en la cantidad de traslape pueden ser logradas clavando la tela al terreno con grapas largas o estacas de madera. En áreas de turba donde es esperado-

un asentamiento excesivo o en instalaciones de lecho bajo el agua, han sido ocasionalmente usados traslapes de la mitad del ancho del rollo (capa doble).

Para evitar que las telas traslapadas sean separadas conforme el agregado sea empujado, la "continuidad" del rollo debe ser asegurada bajo el material ya puesto en su lugar. También debe tenerse cuidado de evitar esfuerzos indebidos en el traslape.

Cuando esté siendo usada arena arriba del geotextil que ha de ser unido, es aconsejable usar cosido, engrapado o técnica adhesiva. Con un simple traslape sería posible para la arena deslizarse entre las dos capas causando que la tela se levante de la superficie.

11.9.2) COSIDO.

El geotextil puede ser unido por cosido usando un hilo de cosido de nylon o poliéster enlazado o de poliéster/algodón, ya sea cara a cara o con una costura traslapada, con una costura sola o doble.

En la mayoría de las telas no tejidas, la junta "cara a cara" es satisfactoria ya que produce una sola resistencia de costura equivalente a aproximadamente el 80% de la resistencia de la tela. Para telas de alta resistencia, no son posibles resistencias de costura equivalente, pero los mejores resultados son obtenidos de una costura traslapada con doble costura.

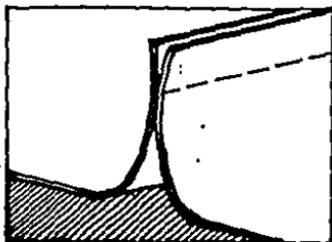
11.9.3) ENGRAPADO.

El geotextil puede ser unido por engrapado usando preferentemente una unión traslapada, grapas resistentes a la corrosión y un dispositivo de engrapado industrial. Las resistencias de la unión son probablemente menores a aquellas alcanzadas por cosido.

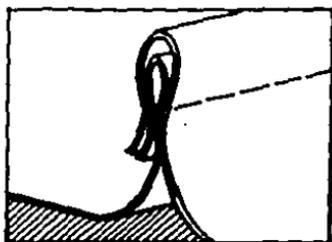
II.9.4) ADHESIVOS.

La tela puede ser unida con pegamento, pero como la tela debe estar limpia y seca y tener una base firme, para resultados óptimos la técnica no es generalmente aplicada para hacer uniones in situ.

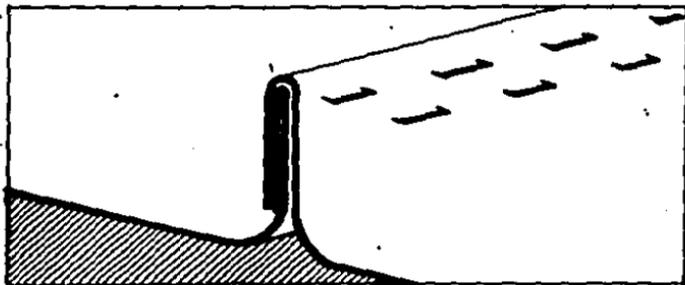
Con un simple traslape pegado de 100 mm, pueden ser alcanzadas buenas resistencias de unión en condiciones favorables; la operación es difícil pues las caras que serán aglutinadas, deben ser sujetadas seguramente mientras el adhesivo es aplicado.



COSTURA SENOLLA



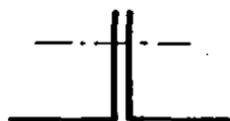
COSTURA DOBLE



UNION POR ENGRAPADO

FIG. II - 24
(REF. No. 55)

FIG. II - 25 TIPOS DE UNIONES COSIDAS (REF. 55, 81, 104)



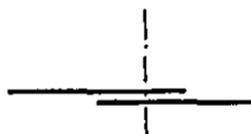
UNION PLANA



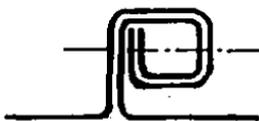
UNION DE DOBLE EN "J"



UNION DE MARIPOSA



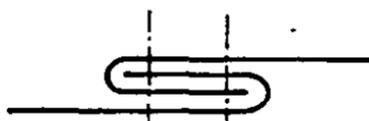
UNION DE TRASLAPE



SIN NOMBRE



SIN NOMBRE



UNION DE CACHUCHA

TIPOS DE UNIONES PEGADAS



JUNTA A CORTE



JUNTA A TENSION

11.10) HISTORIA DE ALGUNOS CASOS DE APLICACION DE LOS GEOTEXILES.

REFUERZO DE LA PISTA 18 DE ATERRIZAJE DEL AEROPUERTO NACIONAL DE WASHINGTON, WASHINGTON, D.C. E.U.A. (1984).
(Ref. No. 75)

La Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA) determinó que la seguridad del área de aterrizaje era esencial para la pista 18 del Aeropuerto Nacional de Washington. Así, el cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. diseñó un terraplén de aterrizaje, tomando en cuenta las condiciones del sitio y de cimentación requeridas y la necesidad de mantener la pista 18 en operación durante la actividad de construcción.

Las principales restricciones que se encontraron fueron las siguientes:

- a) El sitio de la construcción del terraplén estaba bajo el agua.
- b) El fondo de la vfa fluvial en que se construiría - estaba formado por limos y arcillas blandas altamente plásticas.
- c) Las actividades de construcción no podían restringir el uso de la pista 18 u obstaculizar las operaciones normales del aeropuerto.
- d) El Roach's Run, vfa de navegación turística, tendría que mantenerse en funcionamiento antes y después de la construcción.

Debido a que los suelos de cimentación eran blandos y el agua superficial, las alternativas de construcción con

vencionales quedaron severamente limitadas.

Después de hacer una evaluación técnico-económica de las diferentes alternativas, se encontró que la alternativa más viable era aquella que involucraba la colocación de un geotextil sobre los suelos blandos existentes, seguida por un relleno de suelo granular y aleatorio para lograr el nivel final. Siguiendo a la consolidación y asentamiento de los suelos de cimentación y de terraplén, la nivelación y acabado final completarían el proyecto.

Para preparar el sitio para colocación de la tela se requirió de la remoción temporal de tres estructuras de aproximación ligeras. Además se excavó una trinchera de estabilidad con una retroexcavadora montada sobre una plataforma flotante. Después un relleno de grava arenosa fue colocado para igualar la elevación de la zanja con la de los azolves circundantes.

Posteriormente se instaló una estera de geotextil de 600'x700' (183.0 x 213.5 m). Eliminando el problema de ser paneles de tela bajo el agua, a una profundidad de 6 a 7 pies (1.83 a 2.14 m). Sin embargo la tela pesaba más de 50 000 lb (22700 Kg) por lo que se esperan problemas de transportación y de manejo. Hubo que desarrollar una técnica de fabricación in situ. Un terreno de pendiente uniforme, situado a una milla, aproximadamente, del sitio de la obra, fue seleccionado para lugar de fabricación.

Un sistema de flotación fue diseñado para transportar la estera de tela por el río Potomac al sitio de construcción. Este sistema consistía en la inserción de hojas de 4'x8' (1.22 x 2.44m) de poliestireno de 3" en una envoltura creada cosiendo una capa de tela de desperdicio al pá-

nel de estera. La balsa para el transporte de la estera - tenfa una longitud de 700' (213.5 m) y una capacidad de - 110 000 lb (49940 Kg).

Los 59 pñeles restantes, que cubrirfan el área del - terraplén, tendrían las siguientes dimensiones: 9" de al_ to (0.23 m) por 12' de ancho (3.66 m) y 700' de longitud - (213.5 m). Su proceso de fabricación tomó un total de 136 horas usando sólo un grupo de cuatro hombres.

Una vez que las esteras fueron colocadas con ayuda de equipo de tracción (malacates, un remolcador y varias ca_ mionetas pick up) y pilas de delfn, procedfa la operación de relleno, el relleno del terraplén fue hecho en dos procedimientos. primero se utilizaron procedimientos de - dragado (hidráulico) para hacer el perfmetro del terraplén y 3' (0.91 m) de relleno granular arriba de la tela. El - relleno era bombeado sobre la tela, trabajando a lo largo de los 700' (213.5 m) hasta que la tela quedara cubierta - por un espesor de 3' (0.91 m).

Una vez que el relleno hidráulico fue colocado, se - utilizaron técnicas mecánicas estándar para efectuar el re_ llenado restante, usando ambos métodos de relleno, la se_ cuencia de 200 000 yd³ (152710 m³) fue completada en apro_ ximadamente 12 meses.

Luego de lograr la consolidación de la cimentación y- el asentamiento del terraplén, se prosiguió con la nivela_ ción final.

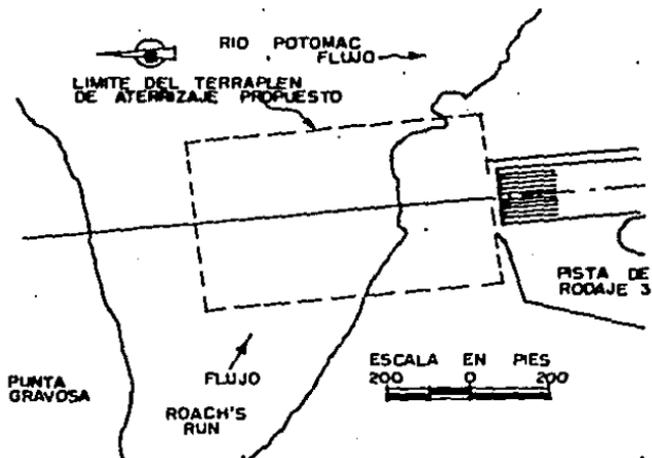


FIG. II - 26 DIAGRAMA DE LOCALIZACION DEL TERRAPLEN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE 18 (REF. No. 75)

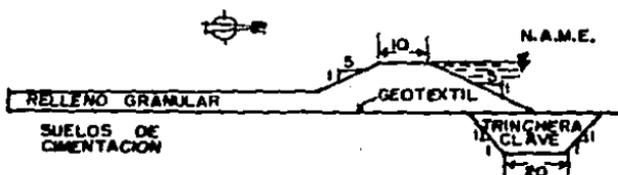


FIG. II - 27 SECCION TRANSVERSAL DEL TERRAPLEN
(REF. No. 75)

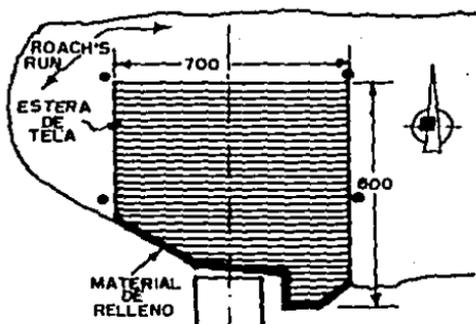


FIG. II - 28 CONFIGURACION FINAL DE LA ESTERA DE
GEOTEXTIL (REF. No 75)

LECHOS DE DURMIENTES REFORZADOS PARA VIAS FERREAS.
AUSTRIA. (Ref. No. 101)

Los durmientes de ferrocarril son comunmente fijados en grava o roca triturada. La carga dinámica de los trenes que pasan transmite vibraciones considerables de los rieles a los durmientes, causando que la cama de grava o roca triturada se desplace y fragmente. Esto reduce seriamente la capacidad de soporte y de drenaje de la estructura. Para evitar este problema, es necesario un mantenimiento regular y completo, lo cual resulta muy costoso.

Enka, compañía química holandesa, en colaboración con el Instituto de Ingeniería Ferroviaria de la Universidad Tecnológica de Graz (Austria) y Ferrocarriles Austriacos (ÖBB), ha desarrollado un sistema único de resolver los problemas anteriormente planteados. Dicho sistema consiste en costales rellenos con grava arredondada con un alto grado de compactación. Los sacos, hechos de poliéster, son vibrados al tiempo que están siendo rellenos. Al mismo tiempo, el saco es fijado al durmiente por medio de flejes. Los módulos son combinados para formar elementos constructivos como los que se muestran en la figura. Una vez que dichos módulos son puestos en su lugar, se utiliza un estabilizador de vía dinámica que simula cargas axiales, con el fin de acelerar el asentamiento de la vía férrea. Por último, el sistema saco-durmiente es cubierto con balasto.

La ÖBB construyó una sección de prueba de 1 Km de longitud, cerca de Viena, en 1984, utilizando el sistema ya mencionado. Los resultados han sido excelentes.

Algunas de las ventajas que ofrece este sistema son:-
muy poco asentamiento bajo el tráfico pesado de los ferro_
carriles, una adecuada elasticidad, y una fuerte reducción
en las vibraciones debidas al tráfico.

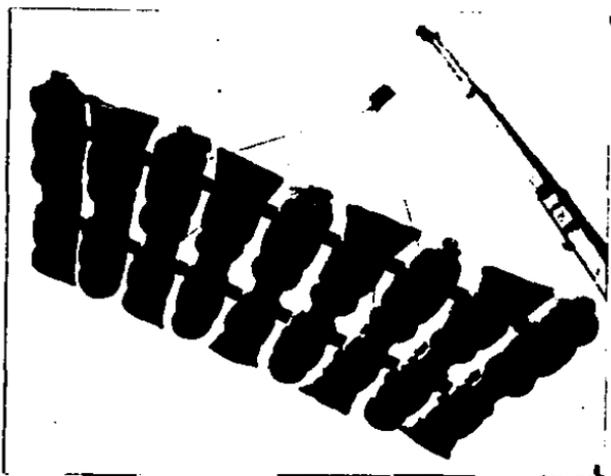


Fig. 11.29 DOS VISTAS DIFERENTES DEL MODULO
GEOTEXTIL/DURMIENTES (Ref. No. 101)

Fig. 11.30
VISTA DE LA
SECCION DE-
PRUEBA DE -
VIENA.
(Ref. No. 101)



USO DE LOS GEOTEXILES EN LA CONSTRUCCION DE UN TERRAPLEN CARRETERO SOBRE TERRENO DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE, INGLATERRA. (Ref. No. 26)

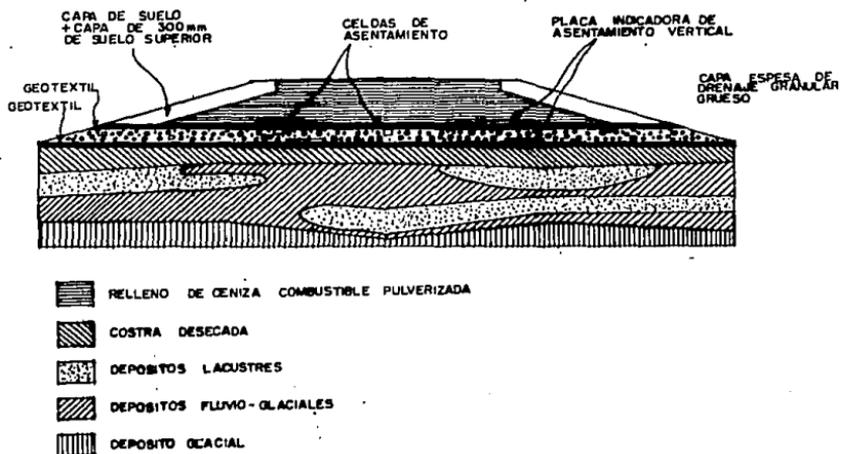
En Alnwick, Inglaterra fue construida una desviación para una de las principales carreteras troncales, la A1, que conduce de Londres a Turso (en Escocia). El propósito de hacer esta desviación era reducir un cuello de botella de tráfico en Heiferlaw Bank, el punto más alto de la A1, en Inglaterra y a donde se encuentran cuestas empinadas.

Los principales problemas que tenían que ser enfrentados eran los siguientes: en una sección la altura máxima del terraplén tenía que ser de 4.85 m.; lechos de lagunas ancestrales con valores de C.B.R. aproximadamente del 1% (donde una planta ligera se hundiría) debían ser cruzados. La cantidad considerable de estanques que se encontrarían también reducirían la capacidad de soporte del camino. Además era requerida una buena capa de drenaje que pudiera ser intercalada debajo de la subestructura del camino.

Aprovechando que la capa superior del suelo estaba de secada, ésta fue removida y se colocó una capa de geotextil de polipropileno no tejido de alta permeabilidad para separar al suelo de la capa de drenaje, una capa de material granular grueso de 600 a 750 mm de espesor, parte de la cual pudo haber desaparecido en el terreno si no se hubiera empleado el textil. El geotextil también permitiría que el agua de poro excedente pasara a través de éste, - - mientras retenía las partículas de suelo, evitando así la contaminación de la capa de drenaje.

Otra capa de la tela fue usada como membrana de separación entre la capa de drenaje y la capa de relleno del terraplén, constituida por ceniza combustible pulverizada (ver fig. 11.31)

FIG. II-31 SECCION TIPICA DE TERRAPLEN (REF. No. 26)



USO DE "ALMOHADAS" SINTETICAS, RELLENADAS DE SUELO PARA PROTECCION CONTRA LA CONTAMINACION.FRANCIA.

(Ref. No. 86)

La bahía de Slack situada sobre la costa "Le Pas-de-Calais, al norte de Boloña (Francia), es un lugar turfsti-co de importancia, que tenfa que ser protegido contra la -contaminación eventual de hidrocarburos. Para tal propósi-to, un grupo de ingenieros franceses diseñó y colocó en es-ta bahía dos diques, contruidos a base de geotextiles, -que serfan capaces de evitar la mancha de contaminación -que viene del suroeste de Francia.

Los diques están compuestos por tubos de tela de po-lyéster/polietileno de 300 g/m² rellenos de suelo. Cada tramo de tubo tiene una longitud de 10 m.

El relleno de los tubos se hizo por medio de una bom-ba, capaz de bombear 360 m³/h de material que contuviera -fragmentos de 60 mm de diámetro.

Durante el relleno fue observado un aplanamiento de-los tubos, en forma de elipse.

Los problemas básicos que fueron encontrados durante-el relleno de los tubos de geotextil fueron:

- a) Propensión al desgarramiento de la tela o sus cos-turas y
- b) Permeabilidad insuficiente debida al alto rendi- -miento de la bomba y a la cantidad de agua que ten-dría que ser desalojada.

Sin embargo, los diques han jugado perfectamente su papel.

Los tubos de tela pueden ser amontonados en varias hi teras hasta dar la altura requerida para la aplicación es_ pecífica.

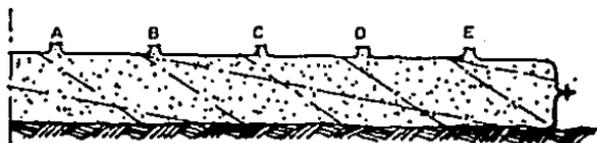


FIG. II - 32 PRINCIPIO DE RELLENADO DE LOS TUBOS DE TELA
(REF. No. 86)

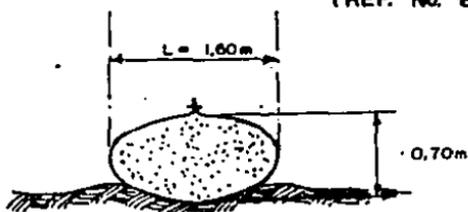


FIG. II - 33 DEFORMACIÓN ELIPTICA DE LA ESTRUCTURA
(REF. No. 86)



Fig. II.34 MONTAJE DE LAS "ALMOHADAS" DE
GEOTEXTIL PARA PROTECCION CON
TRA LA CONTAMINACION.
(Ref. No. 86)

SISTEMA GEOMALLA-GEOTEXTIL PARA SUSTITUIR FAJINAS DE MANGLE EN LA CONSTRUCCION DE UN ROMPEOLAS. MEXICO.
(Ref. No. 91)

El proyecto del Puerto Petroquímico de Dos Bocas, Tabasco, sirvió para que Control de Erosión, S.A., empresa mexicana a la que le fue encomendada la construcción de un rompeolas, probara un nuevo sistema de geomalla-geotextil, que serviría eficazmente como base del futuro rompeolas. El sistema convencional formado por "manojos" de ramillas de mangle y un geotextil tejido presentaba varios problemas: el atado entre sí de las ramillas de mangle, su unión al geotextil y el remolcado de las fajinas del patio de fabricación al sitio de la obra. Así, después de hacer varios ensayos con geomallas plásticas se comprobó que éstas darían una protección adecuada al geotextil de las rocas que descendieran (resistencia al impacto), además de mantener extendido al geotextil en el fondo del mar.

Una vez que las pruebas preliminares de resistencia tuvieron éxito, se diseñó un método constructivo que permitiera la fijación de la geomalla al geotextil, la cual fue llevada a cabo en el mismo patio de fabricación, costándose simplemente con hilo, y agujas de pescador ambos materiales, que fueron después enrollados al ancho de diseño requerido (15 m).

Posteriormente, las fajinas sintéticas fueron trasladadas en una barcaza, con ayuda de una lancha de motor y un pequeño bote remolcador, hasta el lugar preciso donde las fajinas debían ser bajadas. Una vez en el sitio la bar

caza fue sujeta por 4 anclas.

El descenso del rollo de fajina de geomalla-geotextil fue logrado empujando un extremo de la fajina con un tubo pesado hacia el fondo y moviendo, en seguida, la barcaza - sobre la superficie para que el rollo cayera de la borda y se ubicara en la posición deseada. Luego, con ayuda de una grúa se colocaron bloques de concreto sobre la fajina para mantenerla extendida en su lugar. Esta operación ha sido perfeccionada y, actualmente, la colocación de una fajina de 15x60 m requiere menos de 3 horas desde el momento en que la barca está en posición.

La necesidad de buzos de escafandras es mínima en este tipo de trabajo; su intervención se reduce sólo a verificar el traslape de diseño especificado entre las fajinas.

La ubicación de la fajina con el fondo marino es definida con un mínimo de 4 boyas (una en cada extremo). Esto hace más fácil para el bote de descarga vaciar las rocas - sobre ésta, en la correspondiente operación.

Gracias a la rapidez en las maniobras, los trabajos - con este sistema pueden ser programados para períodos que comprendan condiciones meteorológicas adversas.

El uso exitoso de estas fajinas de geomalla y geotextil en obras costeras abre un nuevo campo de aplicaciones - en México y todos aquellos países interesados en reducir - costos de mantenimiento en sus obras costeras sujetas a posibles socavaciones locales debido a la acción de olas.

Este procedimiento, ya aceptado como estándar por las autoridades de Pemex, fue recomendado por Control de Ero-

sión, S.A., a una empresa argentina, Vicente Robles, para resolver algunos problemas de socavación en el área de Santa Fe y Paraná, durante las crecientes de 1983, que fueron las peores en este siglo para aquella región.

PRESA TUCURUI: GEOTEXTIL NO TEJIDO COMO UNA DE LAS BARRERAS ANTITUBIFICACION. BRASIL.

(Ref. No. 21)

La presa Tucuruí, una de las hidroeléctricas más grandes del mundo, está situada en la región Amazónica del norte de Brasil, en el Valle del río Tocantins.

Dicha presa-inaugurada recientemente- presentó, además de los problemas de cimentación, altas permeabilidades en la región conocida como "metabásica", consideradas como anormales en el tipo de suelos usados. Estas permeabilidades fueron debidas a la ocurrencia y gran concentración de cavidades tubulares con diámetros que variaban de unos cuantos milímetros a 0.20 m.

Después de numerosas investigaciones, se determinó - que al tratamiento que se diera a la región afectada (remoción de material inadecuado, limpieza, revestimiento con concreto, etc.) se tendría que agregar el uso de un geotextil no tejido, pues por sus características mecánicas y -- filtrantes y los ahorros en tiempo y costo que proporciona resultaba conveniente para esta aplicación.

La función principal del geotextil sería actuar como barrera antitubificación reteniendo la grava arcillosa de la pantalla.

La colocación del geotextil fue sobre el dique aguas-abajo de la pantalla, con el fin de lograr que el riesgo de migración de finos a través de las cavidades tubulares y/o estratos de roca fracturada fuera nulo.

A casi cuatro años de ésto, la presa Tukurui no ha -
mostrado indicios de nuevas tubificaciones, demostrando -
una vez más la efectividad del uso de los geotextiles en -
obras hidráulicas.

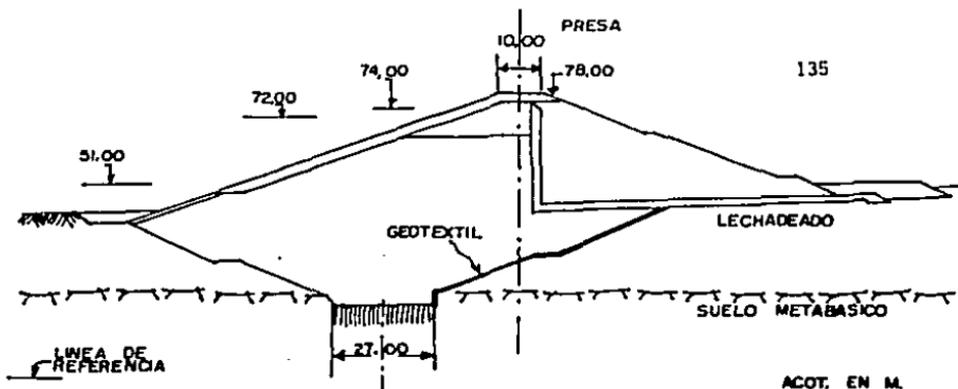


FIG. I - 35 SECCION TRANSVERSAL DE LA PRESA (TRECHO METABASICO)
(REF. No. 21)

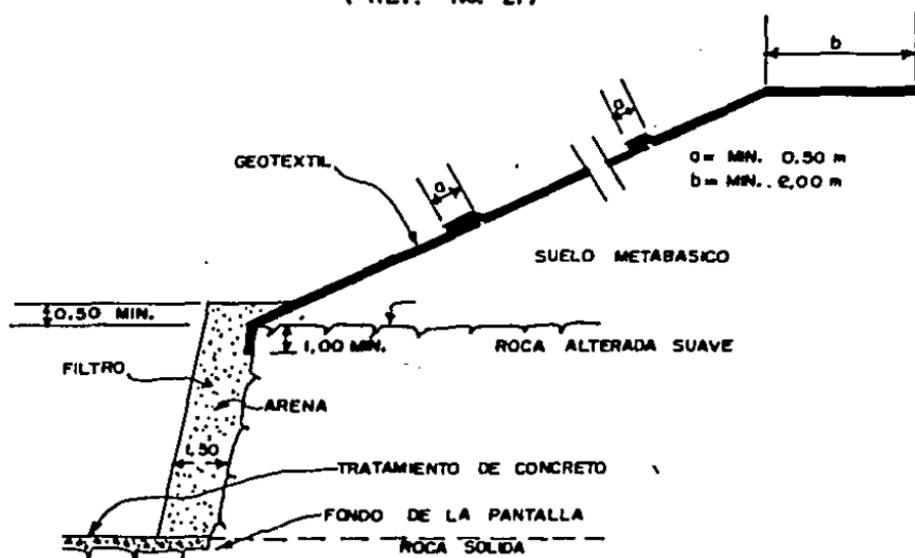


FIG. I - 36 DETALLE DE LA COLOCACION DEL GEOTEXTIL SOBRE EL SUELO METABASICO. HUBO UN TRASLAPE MINIMO DE 10 m DEL GEOTEXTIL SOBRE EL SUELO DE FLITA DEL TRECHO ADYACENTE
(REF. No. 21)

EL USO DE LOS GEOTEXTILES PARA REFUERZO DE DIQUES EN EL
PUERTO DE TURKU, FINLANDIA. 1984-1985 (Ref. No. 37)

Las condiciones del suelo en el Puerto de Turku son -
excepcionalmente desfavorables en términos de planeación y
realización de estructuras de retención de agua rfgidas -
(embarcaderos, diques, muros de contención en litorales, -
etc.). Esto es debido a los depósitos profundos prevale_-
cientes de arcillas glaciales y postglaciales con una re_-
sistencia al cortante extremadamente baja y caracterfsti_-
cas de alta compresibilidad.

Bajo las condiciones anteriores en Turku fue construi_
do un dique de litoral, compuesto de dos diques flotantes-
paralelos. Cada uno de los diques fue reforzado con una -
estera de geotextil tejido para mejorar la estabilidad de-
los diques. (ver fig. 11.37)

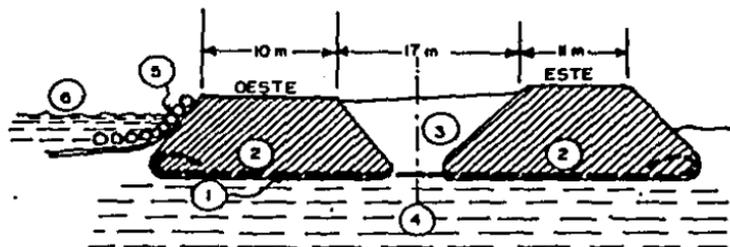
Las tiras de la tela de refuerzo fueron distribuidas-
transversalmente al área del dique, en el tiempo de in_-
vierno, sobre la parte superior del hielo, cosidas entre -
sí y después cubiertas con una capa protectora de arena de
0.30 m de espesor.

En la primavera, después del deshielo, cuando la tela
con su cubierta de arena descendió al fondo del mar fueron
tendidas las capas de material de relleno. En los diques-
este material estuvo constituido por roca triturada, grava
y arena. Mientras que la zona comprendida entre ambos fue
rellenada por materiales misceláneos.

El desarrollo del agua de poro fue controlado por un-
sistema de piezómetros.

Según estudios efectuados se espera que el dique alcance un asentamiento de 0.80 m en los primeros 10 años.

Hasta 1986, una longitud de 400 m del dique fue terminada sin signos de desplazamiento lateral o de colapso. -- El asentamiento lento continuo de la estructura requiere, de tiempo en tiempo, que una capa adicional de relleno sea distribuida en la parte superior del dique para mantener la elevación requerida.



- ① GEOTEXTIL DE REFUERZO
- ② DIQUES ORILLEROS
- ③ RELLENO MISCELANEO
- ④ ARCILLA BLANDA A ELEVACION -25m
- ⑤ PROTECCION CONTRA LA EROSION
- ⑥ CANAL DE 2.5m DE PROFUNDIDAD

FIG. II - 37 SECCION TRANSVERSAL DE LAS ESTRUCTURAS DE DIQUE (REF. No. 37)

CONSTRUCCION DE UN SISTEMA MULTICAPA DE GEOTEXTIL-TIERRA
PARA REPARAR UN TALUD FALLADO. SUDAFRICA. (Ref. No. 90)

En una ladera adyacente a una carretera de la costa de Natal, cerca de Durban, Sudáfrica fue hecha una excavación para un pequeño centro comercial, ocurriendo el deslizamiento de una porción del talud y del camino. Esta falla fue debida a las altas presiones del agua de poro, pues parte del suelo excavado estaba por debajo del nivel freático.

Así pues, era necesario reparar el talud, con el fin de proseguir los trabajos de edificación, y lograr que una estabilidad a largo plazo del talud fuera asegurada.

La solución no era sencilla pues la geología del lugar era compleja y parte del suelo que tendría que ser excavado estaba afectado por el agua subterránea.

La prioridad inmediata fue evitar que siguiera ocurriendo movimiento en el terreno, o sea, estabilizar el talud. Esto fue logrado abatiendo el nivel freático. Esto fue logrado a través de pozos situados en forma colineal.

Una vez que fue conseguida la estabilización del talud, las pilas originales de la edificación fueron sustituidas. Además se construyó una capa de drenaje bajo piso.

Para lograr el relleno de la zona fallada (entre el camino y el talud) fue elegido un sistema de muros de contención geotextil-tierra multicapa.

La construcción de cada capa del geotextil constituyó la mayor dificultad pues había una tendencia al flambeo en la parte frontal a medida que cada capa de geotextil-suelo era colocada, a pesar del uso de obra falsa temporal. Este problema fue solucionado colocando tabloncillos de madera de manera horizontal al frente de cada capa, soportados por ángulos de acero.

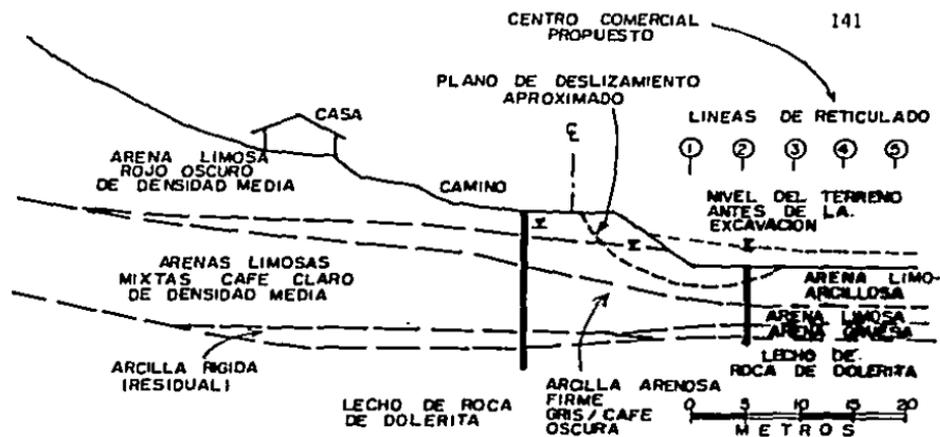


FIG. II - 38 CONDICIONES DEL TERRENO INFERIDAS (REF. No. 90)

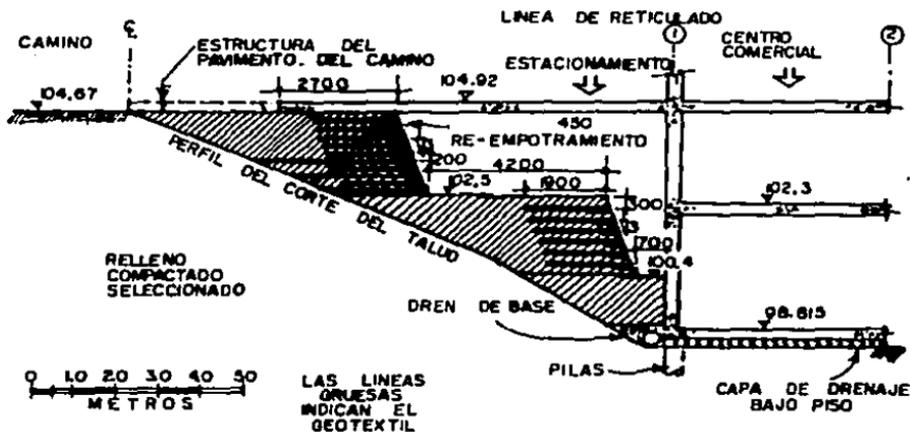


FIG. II - 39 ESTADO DE LA CONSTRUCCION FINAL (REF. No. 90)

**III) FUNCIONAMIENTO
DE LOS
GEOTEXILES.**

III.1) PROPIEDADES DE LOS GEOTEXTILES.

III.1.1) GENERALIDADES.

La selección de una tela para una aplicación de construcción en particular debe ser necesariamente dependiente de propiedades y características adecuadas del textil.

Las propiedades de los geotextiles que son motivo de interés pueden ser subdivididas en las siguientes categorías:

- Aspectos geométricos.
- Propiedades físico-mecánicas.
- Propiedades hidráulicas.
- Propiedades químicas.

COMENTARIOS.

A menudo, las propiedades de un geotextil son dependientes de las propiedades de las fibras, que son los elementos constructivos fundamentales, y de la geometría de la construcción de la fibra, referida como la estructura del geotextil. Es, por tanto, interesante cuando se consideran las propiedades de un geotextil, también considerar las propiedades de la materia prima, las fibras y los hilos de los cuales el geotextil está formado.

Las propiedades requeridas de un geotextil dependen principalmente de la función que deben llevar a cabo. Ya

que los geotextiles pueden tener una variedad de funciones (refuerzo, filtración, drenaje, separación) los requisitos funcionales fundamentales son diversos. Para refuerzo, el énfasis está en las propiedades mecánicas tales como el módulo de elasticidad y resistencia a la tensión; para filtración, está en las propiedades hidráulicas tales como la permeabilidad y retención del suelo. Dependiendo del tiempo de vida requerido, será exigida una cierta durabilidad bajo condiciones prácticas. Los geotextiles deben también cumplir con requisitos funcionales secundarios relacionados con la ejecución del trabajo.

La resistencia físico-química de un geotextil tiene que ver con la durabilidad, en especial con la resistencia a aquellas influencias físicas y químicas que ocurren en la práctica. Normalmente, esta resistencia es requerida a largo plazo.

Para poder reportar una evaluación de las propiedades del textil y sus características, son necesarias las pruebas de laboratorio (que serán descritas en el siguiente subtema).

III.1.2) ASPECTOS GEOMETRICOS (Ref. No. 104)

A) ESPESOR.

El espesor es definido como la distancia entre las superficies superior e inferior del material, medida bajo una presión específica; en la mayoría de los geotextiles su valor fluctúa entre 0.2 y 10 mm.

B) MASA POR UNIDAD DE AREA.

En general, la masa de los geotextiles no tejidos fluctúa en el intervalo de 100 a 1000 g/m², siendo el grado de 100 a 300 g/m² el más comunmente usado. Las telas tejidas pueden ser más pesadas y las masas entre 100 y aproximadamente 2000 g/m² son posibles. Para telas tejidas, también, la exigencia mayor es para los grados más ligeros en el intervalo de 100 a 200 g/m².

Los tipos más ligeros de geotextiles son usados como separadores; las telas tejidas más pesadas son usadas para refuerzo donde la resistencia es requerida y los no tejidos más pesados para los filtros.

C) ONDULACION.

Los hilos de urdimbre y de trama están dispuestos, en cierto grado, en una forma ondulada en una tela. Hay, por lo tanto, una diferencia en longitud entre los hilos enderezados y los hilos en la forma ondulada en la tela, tanto en la dirección de la urdimbre como de la trama.

Esta diferencia en longitud entre el hilo y la tela es normalmente referida como ondulación, un parámetro que es importante para la estructura de la tela y también para la forma y tamaño del poro. Cuando la tela es cargada hay a menudo un cambio en la relación del sistema de urdimbre y trama. Este cambio es referido como intercambio de ondulación.

La ondulación afecta las propiedades mecánicas de la tela. Durante la carga, la ondulación se vuelve manifiesta en la elongación de la estructura. Esta elongación en una dirección de la tela está siempre correlacionada con la contracción en la otra dirección.

III.1.3) PROPIEDADES FISICO-MECANICAS. (Ref. No. 104)

Las propiedades mecánicas de un geotextil dependen de las propiedades mecánicas del material de la fibra y de la estructura de la fibra, de la estructura del hilo y de la estructura del geotextil. Además, las propiedades dependen también de la dirección, debido a la anisotropía de la estructura.

a) RELACION ESFUERZO-DEFORMACION A TENSION A CORTO PLAZO DE LOS HILOS.

. Factores que influyen en el comportamiento de esfuerzo deformación de los hilos.

1) Velocidad de alargamiento. 2) Temperatura.

1) Velocidad de alargamiento.

La resistencia a la tensión disminuye con el decremento de la velocidad de alargamiento para todos los materiales. La influencia en el intervalo considerado es del orden del 10% para las poliamidas, polipropileno y el poliéster y del orden del 60% para el polietileno.

La elongación a la ruptura aumenta con la disminución de la velocidad de alargamiento para las poliolefinas (polietileno y polipropileno); para la elongación de las poliamidas y el poliéster la influencia es insignificante.

2) Temperatura.

El polímero domina el comportamiento del geotextil-

a diferentes temperaturas.

En relación a la resistencia a la tensión a 20° C., todos los materiales muestran una disminución de la resistencia con el aumento de la temperatura; el grado de disminución es diferente para los materiales probados.

Para: Polietileno \approx 60° C.

Polipropileno \approx 115° C.

Poliamida 6 \approx 180° C.

Poliéster y Poliamida 6.6 \approx 200° C.

Todos los polímeros, excepto el polipropileno, muestran un aumento en resistencia con el descenso de la temperatura; el polipropileno tiene su resistencia óptima en un intervalo de temperatura de 0-20° C.

b) RELACION ESFUERZO-DEFORMACION A CORTO PLAZO DE LOS GEOTEXILES.

. Efecto de la construcción del geotextil.

Las propiedades de esfuerzo-deformación del geotextil dependen parcialmente de las propiedades del hilo; la otra parte depende de cómo los hilos son procesados al fabricar el geotextil.

Las propiedades de esfuerzo-deformación de los geotextiles no tejidos son principalmente determinadas por la construcción, la resistencia y la rigidez de los puntos de ligadura, mientras que el efecto de las propiedades de la fibra original es secundario.

En las telas tejidas los hilos están dispuestos en dos direcciones principales y la relación esfuerzo-deformación depende, por lo tanto, fuertemente de las propiedades del hilo en estas direcciones.

. Isotropía/anisotropía.

Geotextiles no tejidos.- Un no tejido puede ser en principio plano-isotrópico, esto es, que la relación esfuerzo-deformación es la misma en todas las direcciones de su plano (sin embargo, el método de producción empleado puede influir para que las diferencias de las propiedades a lo ancho y a lo largo sean muy grandes).

Geotextiles tejidos.- En una tela tejida el polímero del hilo, el espesor y el número de hilos puede ser muy diferente en la dirección de urdimbre y de trama, lo grande por consiguiente un carácter fuertemente anisotrópico en la tela. No obstante, si son usados sistemas de hilos similares en la urdimbre y en la trama la resistencia en la tela, sin embargo, puede ser bastante isotrópica, y únicamente la deformación en diagonal es diferente a aquella en las direcciones principales.

Las ventajas de una construcción de tela anisotrópica pueden ser grandes para situaciones donde la alta resistencia es requerida. Las cargas a menudo se desarrollan únicamente en una dirección y, por ende, las telas anisotrópicas pueden ser usadas, tendidas en esta dirección. La primera ventaja aquí es que la alta resistencia puede ser fácilmente presentada en la dirección de urdimbre en el proceso de tejido. Esto es más barato que una alta resistencia en la dirección de la trama. Una segunda ventaja es que los anchos paralelos de las

telas no necesitan ser cosidos entre sí de modo que un simple traslape es normalmente suficiente.

. Contracción transversal.

Las telas que tienen ondulaciones notables también muestran contracción transversal, que es cuando el sistema de hilos en la dirección de la carga es empujado recto (deformación de construcción). La dirección transversal aguanta más ondulación y es así acortada, haciendo la tela más pequeña. Los geotextiles no tejidos muestran siempre contracción transversal porque el sistema de fibra nunca permanece recto.

Especialmente las telas de cinta ligera (ondulación ≈ 0) y las telas con la llamada construcción de urdimbre recta, no exhiben contracción transversal ni deformación de construcción. Las relaciones esfuerzo deformación de estas telas son entonces completamente determinadas por las relaciones esfuerzo-deformación de los hilos.

Si un geotextil sensible a la contracción es instalado entre capas de suelo, el suelo mismo puede evitar la contracción transversal enteramente o reducirla en un grado considerable.

. Resistencia máxima alcanzable en un geotextil.

Las telas no tejidas no deben ser usadas en situaciones donde la resistencia es esencial. De manera similar, las telas tejidas de polietileno no deberán ser usadas en tales situaciones. Van Zanten (Ref. 104) sólo menciona a las poliamidas, al poliéster y al polipropileno como adecuados para ese propósito.

C) EL COMPORTAMIENTO VISCOELASTICO.

. Flujo, relajación de esfuerzos y tiempo de falla.

Todos los polímeros sintéticos hilados por fusión, que son usados como geotextiles, se comportan de manera viscoelástica, lo que significa que su comportamiento mecánico es dependiente del tiempo.

Esto se vuelve manifiesto en los fenómenos de flujo y relajación: Bajo una fuerza de tensión (constante) (a menos que la resistencia a la tensión sea determinada -- por la prueba de tensión estándar) es observado un alargamiento incrementado con el tiempo para todos los materiales. Por último, el material puede romperse o se romperá bajo aquella fuerza. El tiempo requerido para este proceso de ruptura a largo plazo es referido como tiempo de falla.

De acuerdo con el ASTM D 2990 para plásticos, la deformación al flujo es la deformación total, en cualquier tiempo dado, producida por el esfuerzo aplicado durante una prueba de flujo. Está compuesto de una porción elástica y una porción inelástica de deformación. La deformación inelástica es también una combinación de una porción recuperable ("flujo primario") y la deformación permanente ("flujo secundario").

La deformación de flujo, normalmente expresada en elongación porcentual, es para muchos polímeros directamente proporcional al logaritmo del tiempo, para bajos niveles de carga.

El nivel de carga generalmente es expresado como un

porcentaje de la resistencia a la ruptura a corto plazo, estándar.

Para niveles más altos de carga el flujo, especialmente para el polietileno y el polipropileno, aumenta a menudo en forma más que proporcional con el logaritmo del tiempo.

El valor del flujo en un geotextil generalmente depende de:

- El material (polímero o variables del proceso).
- Construcción (no tejido, tejido).
- Nivel de carga.
- Temperatura.
- Tiempo.

El nivel de carga, la temperatura y el tiempo pueden ser considerados como factores externos, determinados por el lugar y tipo de proyecto y el método de trabajo elegido.

El flujo y tiempo de falla de un geotextil son de especial importancia cuando una deformación de suelo dada no ha de ser excedida bajo condiciones de carga a largo plazo. En general este requisito está presente en las aplicaciones de refuerzo de los geotextiles, porque entonces la seguridad de una construcción está en juego.

- . Influencia del polímero en el comportamiento al flujo.

Los aspectos más importantes sobre la influencia del

polímero en el comportamiento al flujo son:

- La sensibilidad al flujo de los polímeros aumenta considerablemente en la secuencia: poliéster, poliamidas, polipropileno y polietileno.
- Para los geotextiles que son cargados por periodos prolongados de tiempo (10-100 años) la carga permisible para el poliéster es del orden del 50% de la resistencia a la tensión, para la poliamida del orden del 40%, para el polipropileno y el polietileno es probablemente recomendable mantenerla abajo del 25%.
- Influencia de la construcción del geotextil en el comportamiento al flujo.

La elongación de construcción en una dirección de la tela es siempre correlacionada con una contracción en la otra dirección. Cuando esta contracción en la dirección lateral es restringida (carga biaxial), el flujo en los hilos transversales causa un flujo aparente (elongación de construcción retardada) en la dirección principal.

Para evitar el flujo de construcción y también la elongación de construcción instantánea, es ventajoso si los hilos son ubicados tan recto como sea posible en el geotextil.

En el caso de los no tejidos es imposible evitar estos fenómenos constructivos; por el contrario, son aún más pronunciados: los hilos constituyentes no están, por definición, rectos y nunca lo estarán, porque de antemano

no la tela tendría que desintegrarse.

Debido a la rigidez de los puntos de entrelazamiento, la contracción en la dirección lateral de los no tejidos enlazados por calor generalmente se vuelve manifiesta a un nivel de carga algo alto que en el de las telas perforadas por agujas, a menos que estas últimas sean provistas con un alto contenido de aglutinante químico.

d) RESISTENCIA AL DESGARRAMIENTO.

El rasgamiento de una tela (tejida o no tejida) es caracterizado por el hecho de que alguna fuerza externa causa que una o más hebra(s) o punto(s) de entrelazamiento falle o fallen, y que subsecuentemente el daño así originado se propague a lo largo de la tela en una o dos direcciones.

La dirección o direcciones en la cual la rasgadura se propaga es (son) determinada(s) por el tipo de tela y la forma de desgarramiento.

En general, los no tejidos plano-isotrópicos pueden tender a rasgarse principalmente en una dirección, mientras que las telas tejidas, en la práctica, son propensas a rasgarse en dos direcciones (la bien conocida rasgadura en ángulo recto). Esto está relacionado al comportamiento de elongación anisotrópico de las telas tejidas, siendo la elongación a la ruptura en la dirección diagonal mucho mayor que en las direcciones principales.

La energía requerida para la propagación de una rasgadura depende tanto de la fuerza requerida para romper-

el hilo o hilos siguientes como del alargamiento absoluto que el hilo o hilos pueda(n) proporcionar.

En una tela tejida suelta los hilos individuales fácilmente pueden recorrerse a los costados y formar manojos que serán rotos conjuntamente. Más aun, en una tela suelta los hilos individuales se deslizan más fácil a lo largo de modo que una mayor longitud de hilo se ve involucrada, permitiendo más alargamiento y, consecuentemente, más energía de ruptura. En una tela tejida muy apretada los hilos no tienen casi capacidad de recorrerse o de deslizarse, así la energía de desgarramiento, por lo general, es disminuida, a pesar de la probable resistencia a la tensión y energía de tensión superiores incorporadas en esas telas.

Para los no tejidos, cuando los puntos de entrelazamiento son muy rígidos (ya sea por el enlazamiento por calor o por un alto contenido de aglutinante químico, - - la resistencia a la rasgadura es reducida en comparación con las telas no tejidas más sueltas similares.

e) RESISTENCIA A LA ABRASION.

La abrasión es definida como "el desgaste de cualquier parte de un material por frotamiento contra otra superficie" (ASTM D 1175). En principio, los geotextiles son más sensibles a la abrasión que la mayoría de los materiales constructivos.

La abrasión es un proceso muy complejo y rara vez son dadas recomendaciones de abrasión relacionadas con los materiales geotextiles y su construcción. Esto es particularmente así porque la abrasión normalmente es -

sólo un criterio de selección secundario. Con respecto a la forma de la construcción del geotextil y los materiales usados, las indicaciones son que:

- Los filamentos delgados tienen menos resistencia a la abrasión que los gruesos (monofilo).
- Los hilos de multifilamento con un alto grado de torsión muestran buenos resultados.
- Hasta donde es sabido, la poliamida tiene una mejor resistencia a la abrasión que el poliéster, polipropileno y polietileno.

f) FRICCIÓN.

Un geotextil puede únicamente llevar a cabo su función (por ejemplo, refuerzo, separación, filtración, etc) cuando la fuerza en el suelo es transferida al material y viceversa. Esto es logrado por la fricción que actúa en el plano del material. Esta transferencia de carga, con la excepción de las aplicaciones de drenaje vertical, es un prerrequisito para el funcionamiento satisfactorio.

Con el fin de que el geotextil funcione bien, el suelo mismo deberá tener un alto coeficiente de fricción (estático, dinámico).

La fricción depende de un número de factores: presión, tamaño del grano y forma, rugosidad superficial del geotextil y la presencia del agua.

A medida que el coeficiente de fricción es mayor: -
a) Mejora la transmisión de esfuerzos del agregado a la tela.

- b) Disminuye el relleno necesario en la parte superior - de una tela para evitar que se mueva.
- c) Mejora la retención del balasto de las vfas férreas.

Los datos del coeficiente de fricción del geotextil están generalmente limitados a materiales granulares -- (arena). Mucho menos es sabido acerca del comportamiento friccionante entre los geotextiles y los suelos cohesivos.

g) CONTRACCION AL CALOR.

Durante la producción de hilos, los filamentos o pelficulas son estiradas a altas temperaturas con el fin de orientar las moléculas en la dirección de la longitud - del material. El calentamiento puede causar después una cierta desorientación molecular con contracción en la dirección de la longitud si esto se deja que tome lugar. - La causa de la contracción por el calor puede ser resultado de la historia del hilo. Si, por ejemplo, ha sido - devanado bajo tensión y almacenado en un modo tal que - pueda ser arreglado por relajación, cuando sea calentado, el hilo podrá recuperar su longitud original y se con-traerá.

La reducción en la longitud de un espécimen durante y después del tratamiento calorífico es cubierto por el término de contracción por calor. Esto es normalmente - expresado como un porcentaje de encogimiento.

Si la contracción no puede ser dejada por una razón en particular, es útil saber la tensión requerida para - mantener el material en una longitud particular a esa - temperatura. Esta tensión es llamada tensión de contracción.

III.1.4) PROPIEDADES HIDRAULICAS.

(Ref. No. 93 y 104)

Las propiedades hidráulicas más importantes de los geotextiles son presentadas a continuación:

a) PERMEABILIDAD.

Es la habilidad de permitir el flujo de un fluido a través de un medio poroso bajo un gradiente hidráulico - específico. Esta propiedad es la inversa de la resistencia al flujo del fluido y es generalmente expresada para el agua a 20° C.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD AL AGUA.

La permeabilidad al agua de un geotextil incorporado a una estructura depende de:

1) EL GEOTEXTIL MISMO.

La permeabilidad de un geotextil es en gran parte - determinada por el tamaño de poro y el número de poros - por unidad de área. Está relacionada también con la estructura del geotextil que a su vez se relaciona con las técnicas de fabricación (por ejemplo, técnicas de fabricación del textil o la membrana), la composición del hilo (por ejemplo, monofilamento o multifilamento) y el material sintético en sí (por ejemplo, polipropileno o poliamida).

2) EL SUBSUELO.

Este determina cuánta agua ha de ser descargada a -

través del geotextil.

3) LA CARGA SUPERIOR (MECANICA)

4) LAS CARGAS HIDRAULICAS (Fig. III.1)

En la práctica, estas cargas son causadas por el -- flujo del agua subterránea (1, 2), el flujo en las vías navegables (2), el flujo de retorno en los canales navegables (3, 4), las olas de translación (1), las mareas (2) y las olas de los barcos y las generadas por el viento (3, 4). En la práctica, generalmente, las combinaciones de estos tipos de carga ocurren.

5) EL BLOQUEO DEL GEOTEXTIL.

Es un proceso en el cual las partículas penetran -- parcialmente en los poros. Como resultado, algunos de -- los poros son parcialmente o totalmente cerrados reduciendo la permeabilidad al agua. El efecto del bloqueo es más notable en la arena uniforme cuando las aberturas más próximas en el geotextil son de la misma magnitud del tamaño de partícula en el subsuelo. El bloqueo únicamente ocurre con el flujo estacionario ya que con el flujo cíclico las partículas tienden a ser expulsadas de las aberturas por el cambio en la dirección del flujo. El bloqueo es independiente del tiempo.

6) EL TAPONEAMIENTO DEL GEOTEXTIL.

El taponeamiento es un proceso en el cual las partículas finas de sedimentos se asientan sobre o dentro del geotextil o en la intercapa entre el geotextil y el subsuelo. Como resultado, hay una reducción en la permeabi-

lidad al agua, que a menudo es una función del tiempo.

7) LA TEMPERATURA DEL AGUA.

8) LA COMPOSICION DEL AGUA.

La composición del agua puede afectar la permeabilidad al agua de los geotextiles, especialmente si hay partículas en el agua que orienten al taponeamiento. Las partículas ferrosas que forman mohos a la exposición del oxígeno pueden asentarse en el geotextil.

b) RETENCION DEL SUELO.

En general, los geotextiles son retensores del suelo en condiciones específicas. Ellos únicamente serán completamente retensores del suelo cuando la abertura más grande sea más pequeña que el tamaño de partícula más pequeño del subsuelo.

La retención del suelo puede ser caracterizada por una relación entre el tamaño de poro del geotextil y el tamaño de partícula de la arena en el subsuelo.

FACTORES QUE AFECTAN LA RETENCION DEL SUELO.

La retención del suelo en un geotextil depende en primer lugar de la relación entre el tamaño de poro del geotextil y el tamaño de partícula del subsuelo.

La retención del suelo es secundariamente afectada por el carácter y la magnitud de las cargas hidráulicas (flujo en canales, flujos de retorno, olas de transmisión, olas de barcos y generadas por el viento, movi-

mientos de la marea, y agua subterránea). Acciones debidas a la presión del suelo y a las cargas de vehículos - también pueden afectar la retención del suelo.

c) BLOQUEO.

El bloqueo puede ser definido como sigue: reducción en la permeabilidad de un geotextil que ocurre cuando - los granos del suelo adyacente sellan parcial o totalmente las aberturas en el geotextil.

FACTORES QUE ORIENTAN AL BLOQUEO.

El bloqueo ocurre principalmente en las telas y en las membranas delgadas. (ver fig. III.2).

El efecto de bloqueo es mayor para un geotextil con una estructura regular que para un geotextil con una estructura irregular.

La granulometría del suelo es también importante.

La mayor granularidad y una estructura más irregular resultarán en combinaciones más pobres de tamaño de poro y tamaño de partícula que sean sensibles al bloqueo.

Además, la naturaleza de la carga es también importante. Un flujo estacionario propiciará más rápido el bloqueo que un flujo cíclico.

d) TAPONEAMIENTO.

El taponeamiento puede ser definido como sigue: la

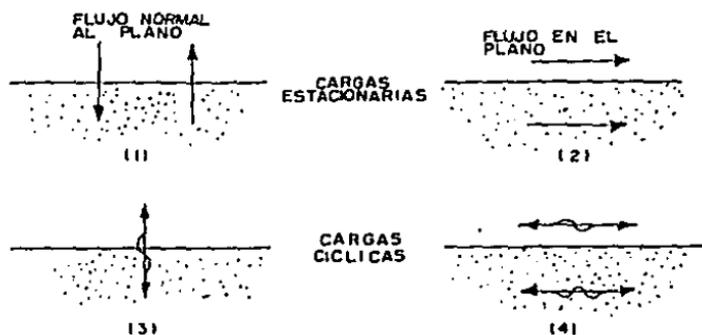


FIG. III - 1 CARGAS HIDRAULICAS (REF. No. 104)

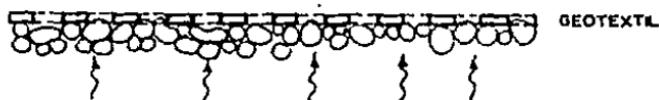


FIG. III - 2 (a) MECANISMOS DE BLOQUEO (REF. No. 104)

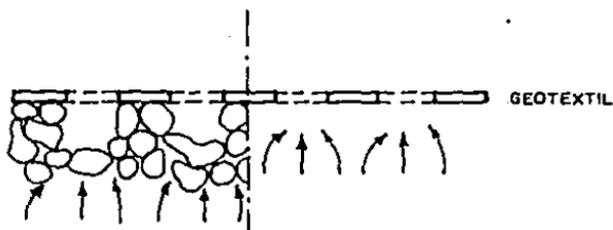


FIG. III - 2 (b) BLOQUEO COMO RESULTADO DE PONTEO (REF. No. 104)

reducción de la permeabilidad del geotextil que ocurre - cuando el material de granulometría fina se queda atrapado en o sobre el geotextil. En contraste al bloqueo, el taponeamiento es un proceso dependiente del tiempo.

FACTORES QUE AFECTAN EL TAPONEAMIENTO.

- La composición del suelo (contenido de fango).
- El estado de carga, por ejemplo, movimientos del agua estacionarios o cíclicos.
- La composición del fango o el material más fino.
- La composición misma del geotextil.
- El tiempo que lleve instalado, y
- Algunas fuerzas electroquímicas entre las fibras y las partículas.

El grado de taponeamiento puede variar considerablemente, dependiendo de la estructura del geotextil.

PARAMETROS ESTRUCTURALES DE LOS GEOTEXTILES.

Los principales parámetros estructurales de los geotextiles se mencionan brevemente a continuación:

DENSIDAD DE LAS FIBRAS.

Se define como el número de fibras por unidad de volumen o de área de sección transversal; determinada la distancia entre las fibras para las telas no tejidas, es usada para estimar el nivel de taponeamiento, la reten-

ción del suelo y el coeficiente de permeabilidad.

TAMAÑO DE ABERTURA.

El tamaño de abertura de las telas tejidas es usado para predecir el nivel de bloqueo, de retención del suelo y el coeficiente de permeabilidad.

POROSIDAD.

La porosidad, al igual que el histograma de la tela, son propiedades relacionadas con la uniformidad y la isotropía de la tela. La porosidad es definida como el por ciento de vacíos presentes en una tela. Es normalmente muy alto y varía del 85% al 95% para la mayoría de las telas no tejidas.

HISTOGRAMA DEL TAMAÑO DE PORO.

Representa los tamaños de poro existentes en una estructura tanto tejida como no tejida. Esta propiedad es muy importante en la predicción del porcentaje y el tamaño de las partículas de suelo que serán retenidas por un geotextil.

Las propiedades hidráulicas de los geotextiles instalados tales como la permeabilidad, retención del suelo, nivel de taponeamiento y la formación de terrón son funciones de los parámetros estructurales mencionados, de la carga hidráulica y de la naturaleza del suelo que está en contacto con las telas.

III.1.5) PROPIEDADES QUÍMICAS.

(Ref. No. 104)

Uno de los rasgos característicos de los polímeros sintéticos es su insensibilidad relativa a la acción de un gran número de químicos y a efectos ambientales. En muchos casos esto es una ventaja sobre los materiales constructivos tradicionales. Cada plástico tiene, en particular, un número de debilidades que se deben tomar en consideración en el diseño y aplicación. Por ejemplo, muchos polímeros sintéticos son, en mayor o menor grado, sensibles a la oxidación. Debe hacerse la distinción entre la oxidación producida exclusivamente por los efectos del calor y la temperatura durante el uso (termo-oxidación) y aquella debida a la luz solar (foto-oxidación).

El resultado final de la oxidación es que las propiedades mecánicas tales como resistencia, elasticidad y la capacidad de absorción de la deformación se deterioran y el geotextil se vuelve frágil y se quiebra. De ahí que hayan desarrollado aditivos específicos para contrarrestar estos procesos. Estos aditivos pueden ser agrupados de acuerdo a su función de protección, como se describe a continuación.

1) ANTIOXIDANTES.

Estos son componentes químicos adicionales al plástico para reducir la falla oxidativa del polímero que ocurre a temperaturas más altas mientras está siendo procesado (procesamiento de antioxidantes). También son usados para minimizar la oxidación a largo plazo cuando el producto está en uso (antioxidantes de uso final).

2) ESTABILIZADORES A LA LUZ ULTRAVIOLETA.

Estos son compuestos químicos adicionados al plástico, junto con los antioxidantes, en la fase de procesamiento para evitar la degradación debida a la luz ultravioleta. Esto es particularmente importante para productos plásticos que son expuestos parcial o totalmente en sus vidas de trabajo a todos los tipos de clima.

RESISTENCIA A LA FALLA TERMO-OXIDATIVA.

Los polímeros usados en los geotextiles son hasta cierto punto sensitivos a la termo-oxidación.

La resistencia termo-oxidativa de un geotextil es determinada en la práctica por los siguientes factores:

- 1) La resistencia termo-oxidativa intrínseca del polímero.
- 2) La composición del paquete antioxidante.
- 3) El efecto de los componentes catalíticos termo-oxidativos en el medio ambiente.
- 4) Los efectos de procesamiento en la resistencia termo-oxidativa a largo plazo.
- 5) La resistencia de los aditivos antioxidantes para disolución por el agua.
- 6) Las condiciones prácticas del sitio.

El envejecimiento termo-oxidante toma lugar más lentamente bajo el agua que en la atmósfera. Esto es debi-

do a las concentraciones más bajas de aire en el agua - comparadas con las de la atmósfera. Si hay metales de - transmisión en el ambiente local, tales como fierro, man_ ganeso, o cobre, entonces los procesos termo-oxidativos- son acelerados.

RESISTENCIA CONTRA LA DEGRADACION FOTO-OXIDATIVA

FACTORES DE INFLUENCIA.

En un geotextil que será sujeto a las influencias - del clima por perfodos prolongados (mayores de 2 a 3 me_ ses), puede ser necesario proteger el material contra la degradación por la luz ultravioleta, adicionando estabi_ lizadores al polímero mayoritario.

Los problemas de degradación por luz ultravioleta - pueden originarse cuando los polímeros son expuestos a - la influencia combinada de la luz solar, lluvia, tempera_ tura y oxígeno. Este tipo de envejecimiento de los polí_ meros es causado por el contenido de luz ultravioleta de la luz solar.

El poliéster, por ejemplo, es particularmente sensi_ ble a las longitudes de onda en la región de los 325 nm, el polietileno a los 300 nm y el polipropileno a los 370 nm.

La velocidad de envejecimiento es determinada no - únicamente por la intensidad de la radiación, sino tam_ bién por la temperatura y la humedad.

La degradación es generalmente advertida por un cam_

bio en el color y en el deterioro de las propiedades físicas tal como el agrietamiento superficial y la reducción en la resistencia a la tensión y a la elongación.

EL AMBIENTE QUIMICO.

A) CONTAMINACION DEL AGUA.

El efecto que la contaminación del agua puede tener en la durabilidad de los geotextiles es fuertemente dependiente de las condiciones locales.

Es sabido que los geotextiles aplicados en vías navegables como defensas fluviales desarrollan, después de unos pocos años, concentraciones de compuestos metálicos que no estuvieron presentes en las telas originales. Estos compuestos son de hierro, calcio y manganeso unidos con indicios de otros elementos tales como el cinc, aluminio, titanio, azufre, fósforo y cloro.

De esto puede deducirse que la contaminación en el agua, proveniente, por ejemplo, de ciertos puntos de descarga, puede interactuar con las telas geotextiles.

En los geotextiles usados en áreas costeras es sabido que el ataque químico bajo el agua es virtualmente insignificante excepto en aquellas áreas donde son descargados compuestos químicos agresivos.

B) CONTAMINACION Y OTRAS INFLUENCIAS EN EL SUELO.

Un aspecto de esto, que es importante, es el efecto posible del moho en el suelo sobre la resistencia de la tela.

Las telas de polietileno, de poliamida o de poliéster, especialmente, no muestran pérdida de resistencia - debida al moho. Sin embargo, con las telas de polipropileno hay una reducción en la resistencia original.

La resistencia de los polímeros al ataque microbiológico depende de la composición del polímero, en particular, y del tipo y cantidad de aditivos usados.

C) CONTAMINACION DEL AIRE.

En general, hay dos tipos de contaminación del aire:

- Partículas sólidas o líquidas, por ejemplo, cenizas volátiles, negro de humo, cemento y óxido de hierro.
- Gases tales como dióxido sulfúrico, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ozono, amoníaco, hidrocarburos de baja densidad, entre otros.

El primer tipo de contaminación del aire se manifiesta como una superficie sucia en edificios y en terrenos; el segundo tipo, como aerosoles ácidos, que caen por último directamente en el suelo en la forma de lluvia, que es conocida como "lluvia ácida".

Aunque algunos de estos ácidos serán neutralizados en el suelo, la cantidad que permanezca será tal que cualquier geotextil usado será expuesto. Los materiales que son sensibles a la hidrólisis bajo el efecto del ácido, como la poliamida y en cierto grado el poliéster, perderán a largo plazo su resistencia.

El resultado de este ataque es que el material pierde su flexibilidad y se vuelve rígido y frágil. Por último, perderá su resistencia a la flexión.

D) METALES.

Los contaminantes metálicos en el ambiente químico pueden afectar seriamente la durabilidad de las telas - geotextiles. Los metales de transferencia tales como el fierro, manganeso y cobre tienen, a largo plazo, un efecto catalizador importante en el progreso del ataque termooxidativo sobre los geotextiles.

El fierro y los compuestos del fierro, tal como el óxido de fierro, en la práctica se asientan sobre los - geotextiles.

Además, los compuestos metálicos pueden contribuir al taponeamiento pues, estando en la forma de aglomerados granulares, se adhieren permanentemente a las fibras o a los materiales filtrantes.

Ha sido demostrado (Ionescu 1982) que la presencia de la bacteria del fierro produce sedimentos, que son de color café por el hidróxido férrico o el hidróxido férrico con otros compuestos, si las condiciones favorecen la actividad de microorganismos (parece que esta bacteria de fierro se desarrolla óptimamente en una mezcla de extracto de follaje/limaduras de fierro con un pH de 6.5). Otra bacteria tal como la bacteria desulfovibrios puede producir un sedimento ferrosulfatoso sobre las telas geotextiles. También parece que la permeabilidad al agua del geotextil no es afectada negativamente o que la estructura y/o resistencia del polímero es atacada por el-

fierro.

Ciertos aditivos que son lentamente solubles en - -
agua parecen promover el desarrollo de microorganismos.

Aunque, en un sentido cualitativo, la influencia neg
ativa de los metales de transferencia en la vida de serv
vicio de los geotextiles, especialmente del polipropilen
no, ha sido demostrada en muchas investigaciones, no esta
claro todavía cómo opera el proceso.

III.2) METODOS DE PRUEBA DE LOS GEOTEXTILES.

III.2.1) IMPORTANCIA DE LOS METODOS DE PRUEBA DE LABORATORIO.

Los ingenieros civiles no altamente educados en materiales plásticos y en la industria textil necesitan ser guiados a través de la gran variedad de geotextiles disponibles. Cuando ellos han de asumir la responsabilidad de elegir el geotextil específico para un trabajo dado, deben actuar con completo conocimiento del caso. Hay dos formas diferentes que pueden ayudarles en ese propósito:

- Investigaciones cuidadosas del comportamiento de los geotextiles incorporados.
- Análisis cuidadosos de las características físicas, mecánicas, hidráulicas y biológicas de los geotextiles propuestos para una aplicación dada.

La evaluación de geotextiles fue originalmente -- llevada a cabo estrictamente de acuerdo al criterio impuesto por la industria textil. La diferencia en la terminología técnica usada en la industria textil y constructiva ha hecho difícil la translación a aplicaciones específicas.

Con la ayuda de los métodos de prueba, el ingeniero de construcción debe juzgar como a qué tipo de esfuerzos será expuesto el geotextil en su proyecto específico y qué funciones deberá llevar a cabo. El debe recordar que la aplicabilidad frecuentemente no puede ser determinada por un solo parámetro de geotextil. Por ejemplo, -

un geotextil con muy buenas cualidades de filtración, - puede ser inaceptable si su resistencia al punzonamiento es tan baja que es probable sea destruida durante su instalación.

Los métodos de prueba de laboratorio -que aquí se_ rán descritos- resultan ser más ventajosos que las prue_ bas en el suelo (de campo), en el sentido de que no re_ quieren equipo complejo y, en general, no consumen mucho tiempo.

Métodos de prueba exclusivos para los geotextiles - han sido recientemente desarrollados por algunas institu_ ciones. Entre ellos destacan los de la ASTM (Sociedad - Americana para el Ensayo de los Materiales, de EUA), los- de la BAW (Bundesanstalt für Wasserbau, de Alemania Occi_ dental), los del Laboratorio de Hidráulica de Delft, (Ho_ landa), los del Instituto Franzius de Hanover, los de la ICI (Imperial Chemical Industries, de Inglaterra), en_ tre otros.

Es importante observar que no hay forma de comparar una caracterfstica de dos geotextiles diferentes cuando- dos métodos de prueba diferentes fueron usados para me_ dirlos.

Los valores de las propiedades de la tela obtenidos de la prueba llevada a cabo en aislamiento no necesaria_ mente corresponden a aquellos de la prueba en el suelo.- Las propiedades mecánicas tienden a mostrar una menor me_ joría con el último método (pruebas en el suelo) y la se_ lección de las telas basada en pruebas de aislamiento - puede orientar algún sobrediseño. En el caso de las pro_ piedades hidráulicas, sin embargo, un deterioro importan

te es indicado en las pruebas en el suelo comparadas con las pruebas de aislamiento y cuando se usan éstas últimas es aconsejable incorporar un factor de seguridad aumentado en la especificación o, alternativamente, emprendiendo una investigación de la interacción de suelo/tela.

La precisión en las pruebas de los geotextiles es requerida para propósitos de control de calidad y comparación de los productos. Para propósitos de diseño, los resultados de prueba son únicamente de valor en el establecimiento de la magnitud en que han de ser relacionados a los parámetros de diseño factorizados.

Conforme al desarrollo de la aplicación de los geotextiles una adopción de métodos de prueba simples y claramente definidos deberá ser conveniente porque:

- Estas aplicaciones son más bien nuevas.
- Los materiales están en permanente evolución.
- Los usuarios, ingenieros civiles, no están especializados ni en plásticos ni en la industria textil.
- Para evitar que los precios de venta se vuelvan un argumento único para la elección.

OTRAS OBSERVACIONES IMPORTANTES (Ref. No. 52).

Es esencial que las propiedades de la tela sean expresadas en términos que sean apropiados para el ingeniero; es igualmente importante que estos datos sean obtenidos de pruebas apropiadas que sean llevadas a cabo bajo condiciones controladas, permitiendo la comparación válida

da entre un producto y otro.

Debido a que los diferentes polímeros usados en la producción de textiles son afectados diferentemente por la temperatura y la humedad, ICI recomienda condiciones ambientales estándar para las pruebas del textil: temperatura de $21^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ y humedad relativa de $65\% \pm 5\%$.

Al seleccionar las muestras, éstas no deben ser de tamaño pequeño ya que no pueden, generalmente, ser consideradas como adecuadas para las pruebas de los geotextiles. Las muestras grandes, probadas en aparatos especialmente desarrollados o modificados, proporcionan datos mucho más apropiados. Las muestras que han de ser probadas deben ser representativas de la tela como un todo.

La sujeción efectiva de un geotextil es importante ya que un deslizamiento de éste en las mordazas, obviamente, daría resultados falsos e invalidaría la prueba. Para probar la resistencia a la tensión, las mordazas neumáticas o hidráulicas son recomendadas; para probar la resistencia al reventón, las mordazas de husillo bastan.

Al publicar los resultados de una prueba, es importante que éstos vayan acompañados por una descripción de las condiciones bajo las cuales fueron obtenidos, así como la descripción de la prueba y el método usado. Los resultados deberán ser válidos estadísticamente. Normalmente, se citan valores medios, pero sólo pueden ser evaluados críticamente cuando están relacionados con la desviación estándar.

Los resultados de prueba medios y el coeficiente de variación son dependientes del método de prueba usado y el tamaño de la muestra. Por ejemplo, la misma prueba - ejecutada en la misma tela, pero usando una longitud de medición, tamaño de muestra o velocidad de deformación - diferente, puede producir resultados diferentes. Más - aun, métodos de prueba diferentes pueden producir resultados significativamente diferentes en la misma tela - - cuando son extrapolados a las mismas unidades.

Cuando se considere una tela para especificación, - es necesario considerar únicamente aquellas propiedades - que son apropiadas para la aplicación.

111.2.2) METODOS DE PRUEBA PARA PROPIEDADES FISICAS.

1) MEDICION DEL PESO POR UNIDAD DE AREA.

(Arbeitskreis Geotextilien; Alemania Occidental) --
(Ref. No. 52)

Aunque la masa por unidad de área de un geotextil tiene poca influencia directa en su funcionamiento (sus propiedades mecánicas e hidráulicas son importantes, pero no el peso como tal), es una prueba útil para comprobar si el producto entregado al sitio de la obra es el mismo que fue ofrecido.

El peso de la tela es expresado como masa por unidad de área en onzas por yarda cuadrada (o gramos por metro cuadrado), onzas por yarda lineal o, inversamente, como yardas lineales por libra (o metros por kilogramo).

Se toman diez muestras de la tela, cada una de 250 mm X 250 mm; éstas son pesadas y se calcula la media y la desviación estándar.

Ventajas de la prueba.- Es simple y de ejecución rápida. Utiliza un área realista de tela.

Desventaja de la prueba.- Es algunas veces citada equivocadamente en especificaciones en lugar de las propiedades que serían pertinentes para las aplicaciones dadas.

2) PRUEBA DEL ESPESOR DEL GEOTEXTIL.

(PTL D710 del Laboratorio de Pruebas Físicas de la I.C.I.) (Ref. No. 52).

El espesor de un geotextil es importante porque:

- a) Es proporcional a la capacidad de una tela de absorber impactos.
- b) Es proporcional a la capacidad para transportar agua lateralmente, asumiendo que la densidad permanece constante.

Para medir la porosidad de los geotextiles, los siguientes parámetros deben ser averiguados:

- 1) La gravedad específica de la fibra componente.
- 2) El peso por metro cuadrado de la tela.
- 3) El volumen de la tela.

Como el volumen de la tela es dependiente de su espesor y el espesor de los geotextiles varía con la carga normal, la medida del espesor a diferentes presiones es requerida. Esto se logra de la siguiente manera:

Se amontonan suficientes muestras, de 200mmX200mm, en una placa de soporte hasta dar un espesor mínimo de 10 mm. Las muestras son cargadas con una placa de acero, de 200mmX200mm, que pesa 8 Kg. (carga equivalente a 2KPa) por un periodo de 15 minutos. La distancia media entre la placa de soporte y la placa de carga es medida y dividida entre el número de muestras para dar el espesor de la tela. El Procedimiento puede ser repetido con varias cargas normales.

Ventajas de la prueba.- Es simple y rápida de ejecutar. Usa un área de tela realista.

Desventajas de la prueba.- El tamaño realista de la tela requiere cargas grandes para alcanzar unas presiones de sobrecarga adecuadas. Esta prueba subestima el espesor de las telas recortadas.

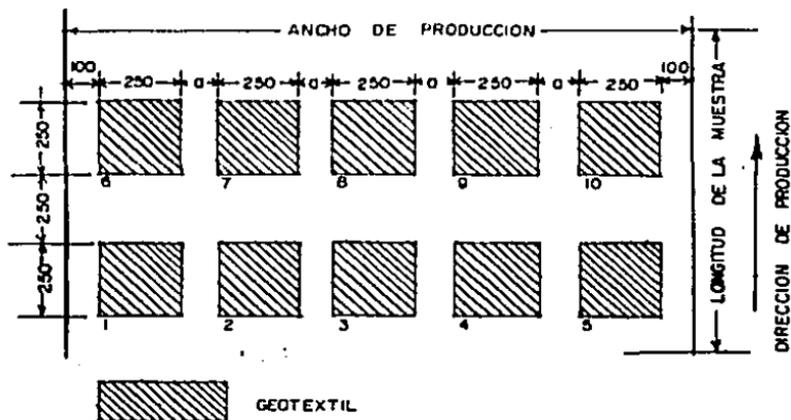


FIG. III - 3 MUESTRAS PARA PRUEBA
(REF. No. 52)

III.2.3.) METODOS DE PRUEBA PARA PROPIEDADES MECANICAS.

1) PRUEBAS DE TENSION

A) PRUEBA DE TENSION DE LA TIRA DE 50mm.

(BS 2576, Inglaterra) (Ref. No. 52)

El objetivo de esta prueba es evaluar la resistencia a la tensión de los geotextiles.

La prueba de tensión de tira es una prueba uniaxial en la cual una tira relativamente angosta (50mmX300mm) del geotextil es alargada entre dos mordazas paralelas a una velocidad constante (200 mm/min) en la dirección de la longitud hasta romperla. La carga de ruptura y el alargamiento al romperse son registrados. La relación de carga/elongación, es normalmente obtenida graficando la fuerza de tensión contra la elongación del espécimen. La prueba debe llevarse a cabo con un mínimo de 8 muestras.

Debido a que el espécimen entre las mordazas tiene una relación longitud/ancho relativamente grande, la contracción transversal puede desarrollarse sobre una longitud relativamente larga.

Normalmente, es asumido inicialmente que el desplazamiento de las mordazas es una indicación de elongación. Sin embargo, esto presenta dos errores: La situación del esfuerzo cerca de las mordazas no es lineal sino plana y como resultado, el espécimen muestra menos deformación. Además, el geotextil puede salirse de las mordazas para algún alargamiento, debido a que se vuelve más delgado bajo el efecto de la carga de tensión. Con mordazas rígidas se desarrolla una fuerza lateral que es más grande en los lados del espécimen cercanos a las mordazas. A menudo la-

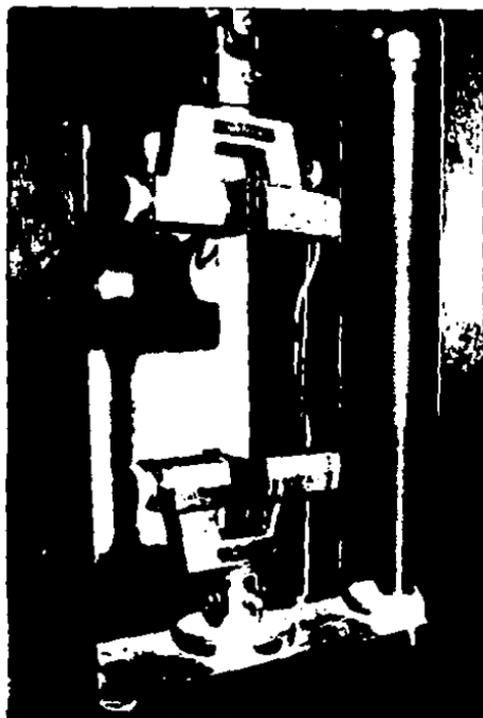


Fig. III.4 PRUEBA DE TENSION DE TIRA DE 50 mm.
(Ref. No. 52)

falla es iniciada allí. El valor de la fuerza máxima, obtenido cuando la tela falla cerca de la mordaza, no deberá ser tomado como la resistencia del material.

Deberán usarse mordazas de Bollard o de cabrestante, de preferencia, para reducir el número de fallas de la tela causadas por las mordazas. Con este tipo de mordazas - la contracción transversal se presenta muy gradualmente.- Estas deberán ser usadas en combinación con extensómetros ya que el deslizamiento de las mordazas está inherente - en este método de sujeción.

Ventajas de la prueba.- Es simple de ejecutar y apropiada para el control de calidad en la fábrica. Utiliza - un equipo estándar de prueba de tensión para textiles convencionales, que es de fácil operación. Requiere esta -- prueba una pequeña cantidad de tela.

B) PRUEBA DE TENSION DE GRAB.

(STM 65 del Laboratorio de Pruebas Físicas de la ICI) (Ref. No. 52)

Esta prueba se utiliza para medir la capacidad de -- las telas de distribuir cargas concentradas.

Esta prueba para textiles, que normalmente usa una muestra de 100mm de ancho, ha demostrado tener algo de importancia para la Ingeniería Civil cuando el ancho de la muestra es aumentado a 200mm.

La prueba de tensión de Grab es una prueba de tensión uniaxial en la cual una tira de material de 200mmX--200mm. es alargada en la dirección longitudinal entre dos mordazas paralelas de 25mm. de ancho a una velocidad cons

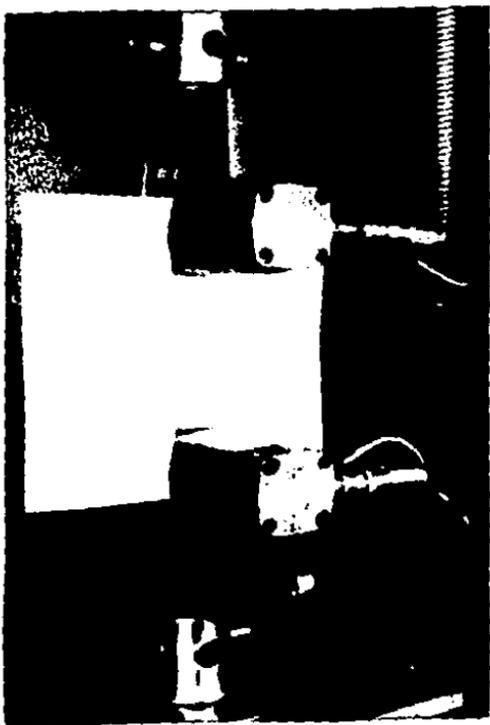


Fig. 111.5 PRUEBA DE TENSION DE GRAB.
(Ref. No. 52)

tante de deformación de 200mm/min, por medio de una mesa - de carga. La longitud de medición antes de iniciar la prueba es de 100mm. La prueba continúa hasta que ocurre la falla de la tela. La carga de ruptura y el alargamiento de - ruptura son medidos, así como también la falla de la tela, la cual es definida como aquella que acontece cuando la -- carta de alargamiento ha sido reducida a 0.8 de su máximo.

El patrón de deformación de la muestra es heterogéneo debido a las fuerzas de corte que se desarrollan y es, por consiguiente, complicado.

Ventajas de la prueba.- Usa equipo estándar de prueba de tensión para textiles. Es relevante para ciertas aplicaciones de Ingeniería Civil.

Desventajas de la prueba.- Es inadecuada para probar muestras de geotextiles con anchos inferiores a 150mm. Hay propensión a la falla de la tela en la zona más próxima a las mordazas.

C) PRUEBA DE TENSION DE MANCHET (Ref. No. 104)

En la prueba de tensión de Manchet un estado de deformación plana es creado, para un cierto intervalo en un espécimen tubular -provisto de una membrana impermeable- que es sujeto a presión interna por el agua (Fig. III.6).

La ejecución de la prueba es grandemente afectada por la costura longitudinal en el espécimen que, aunque esencial, es difícil de reproducir. Una costura produce menos que el cuerpo del material de modo que la deformación es - asimétrica. Además, la costura debe ser tan fuerte que no falle prematuramente. Debido a que la prueba de tensión de

Manchet es algo tediosa de llevar a cabo es inapropiada -- para el control de calidad.

D) PRUEBA DE TENSION DE DEFORMACION PLANA.

(D STM 168 del Laboratorio de Pruebas Físicas de - la ICI).(Ref. No. 52).

Esta prueba se utiliza para medir la resistencia a la tensión de los geotextiles en la modalidad de deformación-plana.

Esta prueba fue desarrollada para eliminar la deformación lateral de las telas que ocurre en las pruebas convencionales de los textiles.

Una muestra de 200mm de ancho es fijada por medio de mordazas mecánicas o resina epóxica, a todo lo ancho de su parte superior e inferior, para dar una longitud de medición de 200mm. Algunas varillas embisagradas de peso ligero son espaciadas equidistantemente en la muestra para restringir el movimiento lateral. Estas varillas son fijadas con pernos, los cuales penetran la tela y resisten la contracción durante la prueba. La muestra es tensionada a -- una velocidad constante de deformación de 50mm/min, y la -- relación entre carga y extensión es graficada.

Ventajas de la prueba.-- Dado que la tela es protegida de la deformación lateral, la prueba puede ser usada para comparar la resistencia de diferentes tipos de telas. Otra ventaja es que los resultados pueden ser extrapolados, a -- fin de dar una resistencia para un metro de ancho.

Desventajas de la prueba. Requiere de un aparato especial para la ejecución de la prueba.

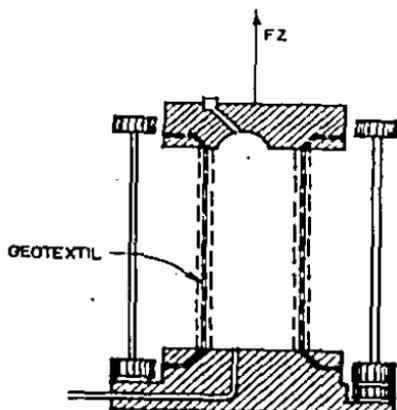
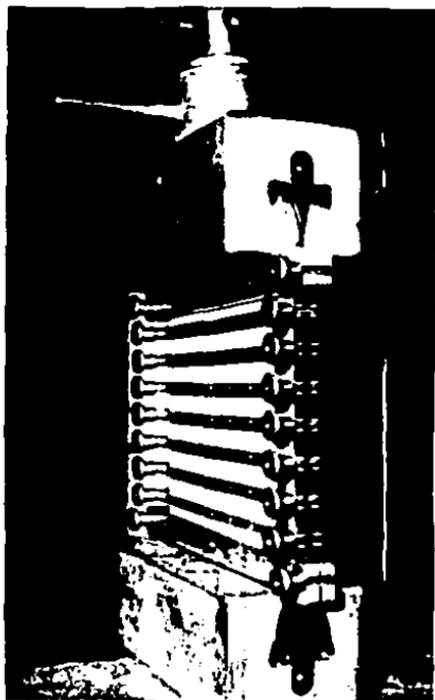


FIG. III - 6
 APARATO USADO PARA LA
 PRUEBA DE TENSION DE
 MANCHET.
 (REF. No. 104)

Fig. III.7
 ARREGLO DEL GEOTEXTIL
 PARA LA PRUEBA DE TEN
 SION DE DEFORMACION -
 PLANA.
 (Ref. No. 52)



Hay algunas complicaciones con esta prueba:

- Localmente, los pernos evitan (total o parcialmente) la reubicación de las fibras. Como un resultado de la contribución de la deformación de construcción a la deformación total, ésta es afectada.
- La contracción transversal ocurre entre las hileras de pernos. Por consiguiente, un estado de deformación plana no puede desarrollarse. Además, se desarrollan fuerzas internas sobre los pernos.
- Para cierto alargamiento, los pernos dañan al geotextil reduciendo la resistencia del material. La resistencia, es además, reducida por las concentraciones de esfuerzos que ocurren alrededor de los pernos y -- por la deformación extra de las fibras exteriores sobre las orillas del espécimen resultante de la contracción.

Otra de las desventajas es que la prueba de tensión de deformación plana lleva demasiado tiempo para el control de calidad y en principio es menos apropiada para una prueba de calificación.

E) PRUEBA DE TENSION A LO ANCHO.

(PTL D 702 del Laboratorio de Pruebas Físicas de la ICI) (Ref. No. 52).

Esta prueba se utiliza para medir la resistencia a la tensión de los geotextiles, mientras se minimiza la deformación lateral por el aumento de la relación del ancho a la longitud de medición.

Esta prueba fue desarrollada como una alternativa a la prueba de Manchet a fin de reproducir las condiciones -

de deformación plana lo mejor posible sin el uso de sujeciones laterales.

La prueba de tensión a lo ancho es una prueba de tensión uniaxial en la cual una tira de geotextil de 200 mm o 500mm de ancho X 200mm es fijada por mordazas a todo su ancho, tanto en la parte superior como inferior, para dar -- una longitud de medición de 100mm. La tela es tensionada a una velocidad de deformación de 200mm/min. La carga de ruptura y el alargamiento a la ruptura son registrados.

Ventajas de la prueba.- Esta prueba es apropiada para control de calidad. Además, es más fácil de realizar que la prueba de tensión de deformación plana. Además, usa un ancho de muestra que es más representativo de la tela en uso.

Desventajas de la prueba.- Requiere equipo de sujeción especial y un aparato de gran capacidad de carga. Además, puede subestimar el módulo de elasticidad inicial. Esta prueba es inapropiada para telas tejidas de alta resistencia.

F) PRUEBA DE TENSION BIAxIAL (Ref. No. 104).

En la práctica, los geotextiles están normalmente sujetos a condiciones de carga biaxial, aunque principalmente a contracción transversal restringida. Por lo tanto, -- las pruebas de tensión uniaxial no son muy apropiadas para predecir el comportamiento mecánico pertinente del material, particularmente de los no tejidos.

El Laboratorio de Ingeniería de fibras de la Universidad Tecnológica de Delft (Holanda), ha desarrollado un --

equipo de prueba biaxial (ver fig. III.8) en el cual varios tipos de pruebas a la tensión pueden ser llevadas a cabo. Este equipo fue desarrollado para probar muestras de forma de cruz. Mordazas opuestas son movidas a la misma velocidad, de tal modo que el centro del espécimen permanece constante en la misma posición. La deformación es medida en ambas direcciones de tensión al centro del espécimen donde hay carga biaxial. Tanto la prueba de deformación controlada como la de esfuerzo controlado pueden ser llevadas a cabo y la relación entre las dos deformaciones puede ser ajustada.

Las pruebas son llevadas a cabo en tiras con un ancho de 100mm y la longitud de calibración de 190mm y también en especímenes de forma de cruz. En el último caso, por consiguiente, la carga biaxial ocurre en el centro de un cuadrado con lados de 100mm. Ambas direcciones de tensión son seleccionadas en las direcciones principales del material: La dirección longitudinal (dirección de urdimbre o de la máquina) y la dirección transversal (trama o ancho). Todas las pruebas son controladas de la deformación con una velocidad principal de deformación de aproximadamente 3.5%/min. La velocidad de deformación es baja ya que las deformaciones en el suelo son lentas, también.

En todos los casos de contracción transversal en esta prueba, dicha contracción se estabiliza después de alcanzar un cierto nivel. Las pruebas uniaxiales muestran una rigidez inicial más baja que las pruebas biaxiales. Las diferencias entre las pruebas uniaxiales y las pruebas en que la contracción transversal es evitada se vuelve más pequeña con el aumento de cargas.

Los valores de resistencia medidos con pruebas biaxiales son, en algunos casos, conservadores porque la ruptura

puede iniciar en un brazo del espécimen en forma de cruz, - cargado uniaxialmente. Con los no tejidos la tendencia es que las pruebas en que la contracción transversal es evitada den valores de resistencia algo más altos que las pruebas uniaxiales. Con las telas tejidas las diferencias en resistencia entre los diferentes tipos de pruebas de tensión son pequeñas e inconsistentes. Las pruebas de tensión biaxial con iguales deformaciones en ambas direcciones terminan con la falla del espécimen en la dirección de la deformación más baja a la ruptura.

La relación entre el comportamiento mecánico de un -- geotextil bajo carga uniaxial es fuertemente dependiente - de la estructura del geotextil. Sin embargo, es difícil de predecir el comportamiento biaxial a partir de los resultados de las pruebas uniaxiales. Generalmente, las pruebas - de tensión en que la contracción transversal es evitada, - deberán ser llevadas a cabo, preferentemente, en ambas direcciones principales del material. La forma en la cual - la contracción transversal es evitada requiere alguna atención porque afecta los resultados de la prueba. Un especímen de forma de cruz con un área central cargada biaxialmente parece ser satisfactoria. Sin embargo, los valores de resistencia son, para algún alargamiento, conservadores porque la ruptura no siempre se desarrolla en el área cargada biaxialmente.

La prueba de tensión biaxial es muy útil para propósitos de calificación, porque la situación real de esfuerzos en el campo puede ser bien simulada. La prueba es demasiado elaborada para el control de calidad.

G) EVALUACION DE COMPORTAMIENTO AL FLUJO.

(PTL D 703 del Laboratorio de Pruebas Físicas de -
la ICI). (Ref. No. 52).

Esta prueba se utiliza para medir la deformación a la tensión, a largo plazo, de los geotextiles bajo una carga constante.

Quando los geotextiles son usados a tensión, se requieren datos comparativos sobre su comportamiento al flujo.

Una muestra de prueba con un ancho mínimo de 200mm es montada entre mordazas para dar una longitud igual a su ancho. La tela es alargada bajo la modalidad de deformación plana por una fuerza igual al 20% de su carga de ruptura.- El alargamiento es registrado a: 1, 10, 100 y 1000 horas.

Ventaja de la prueba.- Es directa y permite la observación.

Desventajas de la prueba.- Exagera significativamente el flujo que la tela exhibirá en las estructuras de suelo. Otro inconveniente de este método es que el flujo es medido en una dirección únicamente.

H) EVALUACION DE LA ELONGACION.

(ASTM 1682) (Ref. No. 63).

La elongación es la comparación entre la longitud inicial con carga cero y la longitud final del espécimen con la carga de ruptura.

Ya sea con la prueba de tira, de Grab, de deformación

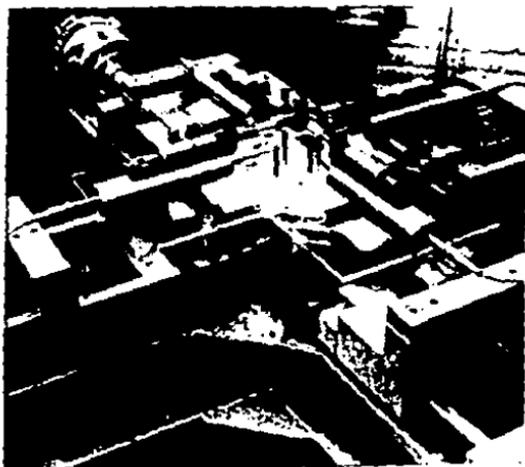


Fig. III.8 APARATO PARA LA PRUEBA BIAXIAL.
(Ref. No. 104)

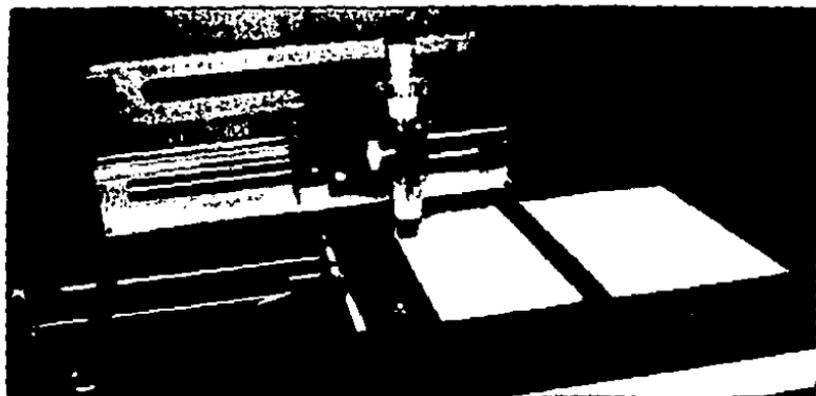


Fig. III.9 APARATO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO
AL FLUJO. (Ref. No. 52)

plana o de tensión biaxial, la elongación del espécimen a la falla es de interés. La elongación insuficiente evitará que la tela se conforme a las condiciones naturales, -- mientras que una elongación excesiva permitirá la movilización del producto plástico y esfuerzos inadecuados. El valor requerido es el de la elongación medida dividida entre la longitud original entre los puntos de medición.

El método D 1682 de la ASTM se refiere a este valor - como "la elongación aparente" debida al deslizamiento potencial del textil entre las mordazas de carga. Algunas especificaciones de telas prescriben una ductilidad mínima - del textil, la cual es el área bajo la curva de esfuerzo--deformación.

La prueba consiste en lo siguiente: una muestra de 4"x6" es colocada en una máquina para prueba a la tensión. La longitud inicial entre las mordazas es de 3 pulgadas. - La elongación y la resistencia a la ruptura son medidas al mismo tiempo. Conforme las mordazas se retiran a una velocidad constante, la carga aplicada al espécimen y la deformación (elongación) resultante de ella son registradas -- automáticamente en una gráfica. La longitud final al punto de ruptura es determinada de la gráfica. La elongación es calculada por la comparación entre la longitud inicial y - la longitud final al punto de ruptura.

2) PRUEBA DEL REVENTON DE MULLEN (ASTM D 3786, E.U.A.) (Ref. No. 52).

El propósito de esta prueba es medir la resistencia - al reventamiento de los geotextiles bajo presión de un diáfragma. Esta es una prueba estándar para textiles de reventamiento multidireccional, de modo que se pueden hacer comparaciones entre diferentes telas.

La resistencia al reventón es la capacidad de una tela de resistir a la ruptura por presión aplicada en ángulos rectos al plano de la tela.

Una muestra de geotextil de 100mm de diámetro es provista con una membrana flexible delgada y sujeta entre mordazas con forma de anillo de 30mm de diámetro interior. Presión de gas o líquido actuando sobre la membrana por último causa el reventón del geotextil. La relación de carga-deformación es obtenida graficando la presión de la celda contra el desplazamiento del espécimen de tela, normal a la superficie. La altura máxima alcanzada por el espécimen cuando se revienta es referida como la altura de reventamiento.

La presión de reventón es tomada como la diferencia entre la presión de reventamiento registrada y la presión de membrana.

La presión de reventón registrada es obtenida en la prueba. La presión de la membrana es conocida probando únicamente el espécimen de la membrana. La presión a la cual la membrana es estirada a la altura de reventón es referida como la presión de la membrana.

Ventaja de la prueba.- Es una prueba estándar simple y rápida.

Desventajas de la prueba.- Para obtener valores representativos de la resistencia global de la tela se requiere de muchas pruebas ya que la muestra es pequeña. No se pueden probar telas de alta resistencia. La prueba no da ninguna información importante para propiedad de diseño.

3) PRUEBAS DE RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO.

A) PRUEBA DEL EMBOLO DE C.B.R.

(DIN 54307E, Alemania Occidental). (Ref. No. 52 y 104).

El objetivo de esta prueba es medir la resistencia al punzonamiento de telas por medio de un émbolo de C.B.R.

Esta prueba fue desarrollada a partir del aparato de C.B.R. (California Bearing Ratio) para simular los esfuerzos impuestos sobre geotextiles tendidos sobre subrasantes blandas, durante el esparcido y compactación del material granular grueso.

La muestra de 250mm X 250mm es acomodada entre dos anillos circulares de tensión con un diámetro interior de 150mm y un diámetro exterior de 230mm. Un émbolo de 50mm de diámetro y 75mm de altura (de extremo plano) es empujado contra, y normal a, el centro de la tela a una velocidad constante de 50mm/min. A fin de evaluar el alargamiento de la tela, el desplazamiento del émbolo es medido con 100 N, 500 N y cada 500 N. Después de ésto, la fuerza de ruptura menos 300 N, la fuerza de ruptura y el alargamiento último son registrados.

Es posible dar, basándose en aproximaciones, una relación entre la presión ejercida por el émbolo y la deformación resultante usando la curva fuerza-desplazamiento del émbolo y el desplazamiento del émbolo obtenido en la prueba.

La relación entre la fuerza aplicada y las elongaciones asociadas en esta prueba, es complicada. La resistencia a la penetración para objetos sobresalientes relativa-

mente grandes puede ser estimada con esta prueba y pueden ser fácilmente establecidas comparaciones cualitativas para diferentes tipos de geotextiles.

Esta prueba, por consiguiente, puede ser usada para propósitos de calificación.

Ventajas de la prueba.- Utiliza equipo de laboratorio existente para suelos. Proporciona una representación realista de las cargas impuestas sobre los geotextiles.

Desventajas de la prueba.- Es apropiada sólo para te- las isotrópicas. Es difícil determinar con precisión el -- alargamiento de la tela.

B) PRUEBA DE PENETRACION DE CONO (O PRUEBA DE CAIDA - DE CONO).

(Veglaboratoriet, Horuega) {Ref. No. 52 y 104}.

Esta prueba tiene como propósito medir la resistencia al punzonamiento de los geotextiles.

En esta prueba, una muestra de 250mmX250mm es sujeta- da entre 2 anillos de acero de 150mm de diámetro interior. Un cono a 45° de bronce con peso de 1 Kg. es dejado caer, - de punta, desde una altura de 500mm, en el centro de la te la y guiado para asegurar que golpee normal a su plano. El diámetro del agujero resultante es medido con un instrumen- to de punta. El tamaño del agujero es tomado como una medí da de la resistencia a la penetración. Entre más pequeño - sea el agujero, mayor es la resistencia al punzonamiento - durante la instalación.

Esta prueba fue desarrollada para simular la caída de



Fig. III.10
EJECUCION DE LA PRUEBA
DE REVENTON DE MULLEN.
(Ref. No. 52)



Fig. III.11
DETALLE DE LA PRUEBA
DE CAIDA DE CONO.
(Ref. No. 107)

rocas de forma afilada o punta afilada sobre un geotextil.

Fundamental a esta prueba son:

- La altura de caída.
- El ángulo del cono y el peso del cono mismo.
- La resistencia a la rugosidad y enganchamiento del cono.

El patrón de corte que se desarrolla depende grandemente de:

- La elasticidad de los hilos.
- La resistencia al cortante.

Aunque esta prueba no es discutida en los estándares oficiales, cuando es usada en combinación con la prueba de tensión es un medio apropiado de comparación cualitativa.

Ventaja de la prueba.- Es una prueba simple y rápida.

Desventaja de la prueba.- No toma en cuenta el soporte del suelo.

C) PRUEBA DEL APISONADOR.

(Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Alemania Occidental) (Ref. No. 104).

Esta prueba sirve para investigar la resistencia de un geotextil al punzonamiento por agregados que caen.

Esta prueba es llevada a cabo con un apisonador especial de 30 Kg.

La prueba del apisonador es llevada a cabo a una altura de caída de 2.0m a 1.0m dependiendo del peso del mate--

rial pétreo que ha de ser usado en la construcción. El geotextil es puesto sobre una capa de arena compactada y mantenido en su lugar por medio de un anillo de concreto de - 170 Kg. Tres pruebas son llevadas a cabo en la máquina: - en las direcciones transversales y diagonal al geotextil.- Se considera que un geotextil es resistente al punzonamiento en esta prueba si todas las pruebas llevadas a cabo no muestran punzonamiento. Cada prueba es efectuada sobre un nuevo espécimen.

El material de cimentación bajo el geotextil puede -- ser variado para diferentes condiciones del sitio.

Desventajas de la prueba.- Esta prueba da únicamente un resultado sí/no y puede, por lo tanto, solamente dar resultados indicativos. Las condiciones reales del sitio -- probablemente diferirán bastante de las condiciones de la prueba (el efecto del afilamiento de la roca y las condiciones de tensión en el subsuelo y en el geotextil no pueden ser simuladas por una prueba). Por lo tanto, siempre es necesario efectuar pruebas en el sitio.

Ventaja de la prueba.- Es muy útil para obtener una primera indicación de la resistencia al punzonamiento de los diferentes geotextiles disponibles.

4) PRUEBA DE LA RESISTENCIA AL RASGAMIENTO TRAPEZOIDAL.

(Comité Français des Géotextiles, Francia). (Ref.- No. 52).

El objetivo de esta prueba es determinar la capacidad de los geotextiles de resistir la propagación de un corte o una rasgadura.

Esta prueba fue desarrollada de la prueba convencional de rasgadura trapezoidal para textiles. Por el aumento del tamaño de la muestra, es obtenida una rasgadura limpia y es evitada la deformación de la tela, inherente en la muestra más pequeña.

Para la prueba, es tomada una muestra de 750mmX450mm y es dibujado el contorno de un trapecio al centro de ésta, con sus lados paralelos de 670mm y 225mm corriendo a lo largo de los extremos de la tela. Un corte de 50mm es hecho en el centro del lado de 225mm y perpendicular a éste. La muestra es sujeta por mordazas de 500mm de ancho a lo largo de los lados no paralelos del trapecio y es formada a una velocidad constante de 50mm/min.

La máxima carga alcanzada antes de la propagación de la rasgadura es registrada.

Ventaja de la prueba.- El ancho mayor de la muestra asegura una rasgadura definida.

Desventaja de la prueba.- Se requiere un equipo de fijación especial.

5) CONTRACCION AL CALOR (Ref. No. 104).

El material puede ser examinado en la forma de un hilo (EATP No. 1), una madeja de hilo (ASTM D885, ASTM D 2259) o una tela tejida (ASTM D 334, FHWA No. 8) con las posibilidades de contracción tanto en la dirección de la urdimbre como en la trama. El proceso de calentamiento puede ser en aire caliente en un horno (ASTM D 885, ASTM D 2259, ASTM D 334, EATP No. 1), en agua hirviendo (ASTM D 2259, EATP No. 1) y en tina de aceite (EATP No. 1) o para-

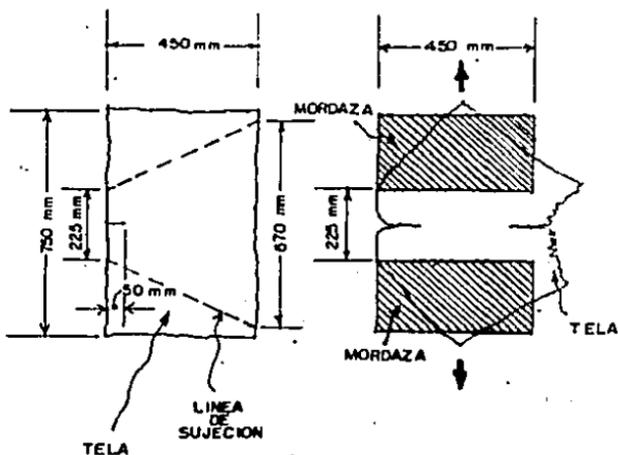


FIG. III - 12
(REF. No 52)



Fig. III.13
(Ref. No. 52)

Figs. III.12 y III.13
DETALLES DE LA PRUEBA
DE RASGADURA TRAPEZOJ
DAL.

una prueba especial, después de inmersión en cemento asfáltico, en un horno (FHWA No. 8). La temperatura a la cual el material es calentado depende del material y cómo éste será colocado. Las temperaturas típicas son: polipropileno $125 \pm 1^\circ\text{C}$ (ASTM D 3334) y $130 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (EATP No. 1), polietileno $100 \pm 1^\circ\text{C}$ (ASTM D 3334) o $100 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (EATP No. 1). Para la prueba del cemento asfáltico el calor es mantenido a $135 \pm 2^\circ\text{C}$ (FHWA No. 8). Un nuevo parámetro es la duración del proceso de calentamiento: en aire caliente 20 ± 2 min (ASTM D 3334) o 15 min (EATP No. 1), en la prueba del betón 30 min (FHWA No. 8), en agua hirviendo 30 min (ASTM D 2259) y en tina de aceite únicamente 20 ± 1 seg (EATP No. 1).

Las referencias sobre los detalles de las pruebas deberán ser consultados en los estándares particulares.

6) PRUEBAS DE EFECTOS DE LA TEXTURA DE LA SUPERFICIE-

A) PRUEBA DE FRICCIÓN SUELO/GEOTEXTIL.

(PTL D 707 del Laboratorio de Pruebas Físicas de la ICI). (Ref. No. 52).

El objetivo de esta prueba es medir el coeficiente de fricción entre un geotextil y el suelo.

El mecanismo de transferencia de fuerzas del suelo al geotextil es principalmente por medio de la fricción suelo-textil. Esta prueba ha sido desarrollada para dar un valor índice de la fricción suelo-geotextil por uso de un suelo estándar sobre una tela soportada.

Para la prueba, una muestra de 400mm X 500mm es pega

da por medio de un adhesivo de fijación rígida a un bloque de madera que es sujetado a la sección inferior de una caja de corte. La sección superior de la caja cuadrada de -- corte, con área de $0.1m^2$, es colocada sobre la tela pero - sin transferir peso y llenada con arena por medio de una - placa de acero rígida. La masa de arena es sometida a es-- fuerzo cortante a través de la superficie de la tela a una velocidad constante de deformación (600 mm por minuto). La pérdida del área de corte es evitada dejando las dimensiones de la tela mayores que aquellas de la caja de corte superior y los valores del corte residual son tomados como - el promedio del desplazamiento de 10 a 50mm. El experimento es repetido variando la carga normal hasta que son obtenidos los valores suficientes para computar la gráfica de fuerza cortante/carga normal).

Ventajas de la prueba.- Utiliza un pedazo de muestra grande. Las velocidades de deformación son realistas.

Desventaja de la prueba.- Se requiere una capacidad - de carga alta.

B) PRUEBA DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION.

(PTL D 708 del Laboratorio de Pruebas Físicas de - la ICI) (Ref. No. 52)

El objetivo de esta prueba es valorar el daño a los - geotextiles causado por las superficies de agregado abrasivo.

La resistencia a la abrasión es la capacidad de una - superficie para resistir el desgaste por la fricción.

La resistencia a la abrasión es una propiedad impor--

tante cuando hay movimiento continuo entre la tela y los materiales adyacentes, por ejemplo, enrocamientos en litorales o balasto bajo la vía del ferrocarril.

Esta prueba ha sido desarrollada para simular los efectos abrasivos sobre los geotextiles de los agregados sujetos a cargas cíclicas de pequeña amplitud.

Una muestra de 250mmX250mm es sujeta entre dos anillos de acero de diámetro interior de 150mm. La muestra es montada arriba de una superficie de agregado rígido de 70mm de diámetro. Una carga vertical es aplicada a la mordaza del textil, la cual es restringida del movimiento horizontal. Dos vibraciones, horizontal bidireccional y vertical unidireccional, son aplicadas a la superficie del agregado. La amplitud de las vibraciones no excede de 3mm y las muestras son desgastadas por un período de una hora después de la cual la prueba de tensión de franja de 50mm es ejecutada sobre una sección tomada del centro de la tela para evaluar la pérdida de resistencia comparada con una muestra de control sin desgastar.

Ventajas de la prueba.- A semeja las condiciones de campo. Las condiciones de carga, agregado y abrasivas pueden ser variadas.

Desventajas de la prueba.- Requiere equipo especial.- La deformación resultante de la distribución del tamaño de poro es difícil de evaluar.

III.2.4) METODOS DE PRUEBA PARA PROPIEDADES HIDRAULICAS.

1) PRUEBAS DE PERMEABILIDAD AL AGUA.

A) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA, NOR_

MAL AL PLANO DE UN GEOTEXTIL.
(Instituto Franzius de Hanover) (Ref. No. 104)

En este método la permeabilidad al agua es caracterizada por el coeficiente de permeabilidad, K_n , de acuerdo con la ley de Darcy. Un aparato, como el que se muestra en la figura III.14, es usado para la determinación. Varios trozos de geotextil de 145 mm de diámetro son tendidos en capas hasta dar un espesor total de 20 mm. Con este sistema es posible obtener una diferencia de presión medible para una velocidad de filtración relativamente pequeña. Los trozos del geotextil son introducidos en el aparato bajo el agua y la muestra completa es mantenida sumergida por un período de 24 horas. La muestra es después desaireada aplicándole vacío.

La descarga a través de la muestra es después medida para una diferencia de carga hidráulica constante. La diferencia de carga hidráulica es seleccionada de tal modo que para una velocidad de filtración pequeña el flujo sea laminar. Durante la prueba la muestra es mantenida en su lugar por una carga mecánica. Variando esta carga en etapas de 2 a 200 KN/m la permeabilidad al agua puede ser calculada para cada etapa.

Debe ser observado que para las varias capas apiladas del geotextil para un espesor mínimo de 20 mm, no significa que el valor K para una sola capa sea semejante al de las varias capas juntas. Especialmente en los geotextiles tejidos puede haber diferencias.

Además, es asumido que con un gradiente hidráulico bajo la velocidad de filtración es baja y, por lo tanto, el-

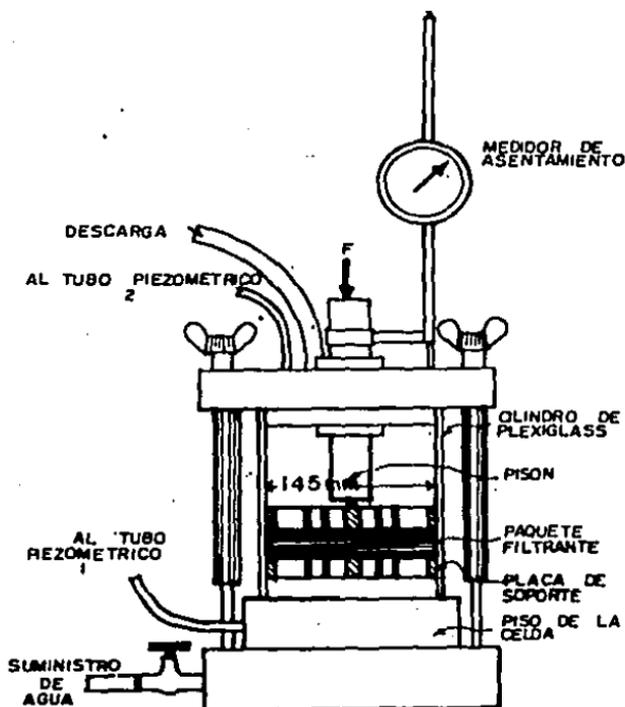


FIG. III - 14 APARATO USADO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD NORMAL AL PLANO DE UN GEOTEXTIL - METODO DEL INSTITUTO FRANZIUS DE HANOVER (REF. No. 104)

flujo laminar. Por lo tanto, de acuerdo con el Instituto-Franzius, la ley de Darcy puede ser aplicada para determinar el coeficiente de permeabilidad (K_n). No obstante, ya que la investigación ha demostrado que el flujo a través de un geotextil no es siempre laminar, para velocidades pequeñas de filtración es conveniente tomar medidas adicionales en cada prueba para probar que esto es así.

B) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA EN EL PLANO DEL GEOTEXTIL.
(Instituto Franzius de Hanover) (Ref. No. 104)

La permeabilidad al agua en el plano de un geotextil es caracterizada por el coeficiente de permeabilidad, K_p , de la ley de Darcy para flujo laminar. El aparato usado es mostrado en la fig. III.15.

Al igual que el método con flujo normal al plano, varias capas de geotextil, cada una de dimensiones 100x165 mm, son insertadas en el aparato después de que hayan sido mantenidas bajo el agua por 24 horas. La muestra es después desaireada aplicando vacío.

Para asegurar que las diferencias de carga hidráulica y las descargas sean medidas con suficiente precisión, el número de capas en la muestra puede ser variado y la prueba repetida. La descarga a través de la muestra es medida por una diferencia de carga hidráulica constante sobre su longitud total de 165 mm. La diferencia de carga hidráulica es seleccionada de modo que sea garantizado el flujo laminar. Esta prueba es llevada a cabo para siete diferentes cargas mecánicas que varían de 2 a 200 KN/m^2 .

Puesto que la permeabilidad al agua en el plano de -

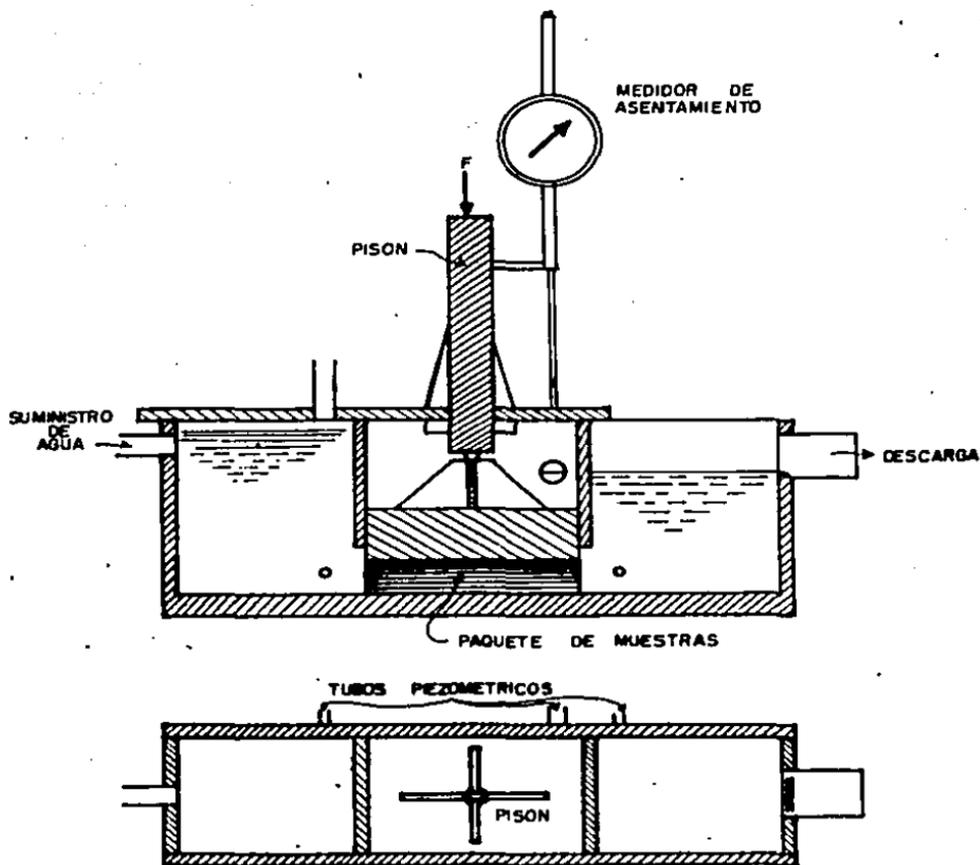


FIG. III - 15 APARATO USADO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD EN EL PLANO DE UN GEOTEXTIL POR INSTITUTO FRANZIUS DE HANOVER

(REF. No. 104)

los geotextiles es, por lo general, dependiente de ambas direcciones planares, las pruebas son llevadas a cabo en la dirección de la producción y perpendicular a esta dirección.

Este método es apropiado para determinar el coeficiente de permeabilidad haciendo que el flujo a través de la muestra sea garantizado. Este puede ser garantizado simplemente tomando un número de mediciones de descarga a varias diferencias de carga hidráulica de las cuales pueda ser deducido si hay o no una relación lineal entre la descarga y la diferencia de carga hidráulica.

C) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA DE UN GEOTEXTIL USANDO EL METODO DE CARGA CONSTANTE DE LA ASTM. (Ref. No. 104).

Este método puede ser usado para determinar tanto el coeficiente de permeabilidad, K , y la permitividad, ψ . Sin embargo, es dada la preferencia a la permitividad porque el valor K está directamente relacionado con el espesor del geotextil y el espesor varía fuertemente de geotextil a geotextil. La permitividad es definida como la velocidad de filtración por unidad de gradiente hidráulico.

El agua usada para esta prueba deberá ser desaireada bajo un vacío de 710 mm de mercurio (no deberá contener más de 6 ppm de aire). El agua deberá ser almacenada en un tanque sellado a temperatura ambiente bajo una presión pequeña negativa por 24 horas antes de la prueba.

Para obtener un valor representativo para la permitividad, las pruebas deberán ser hechas sobre cuatro muestras tomadas de un metro cuadrado de geotextil. Estas -

muestras deberán ser mantenidas por 2 horas antes de la prueba en un tanque sellado de agua desaireada. Cada muestra será después probada separadamente en condiciones desaireadas. En estas pruebas la descarga a través de la muestra y la temperatura del agua son medidas para una diferencia de carga hidráulica constante de 50 mm a través de la muestra. Esta prueba es repetida cinco veces y los resultados son promediados. Estos resultados son después usados para determinar la permitividad.

Si aparece que para una diferencia de carga hidráulica de 50 mm el flujo a través del geotextil no es laminar, la prueba deberá ser repetida a una diferencia de carga hidráulica para la cual el flujo sea laminar.

D) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA DE UN GEOTEXTIL USANDO EL METODO DE LA CARGA DESCENDENTE DE LA ASTM (Ref. No. 104)

La ASTM usa tanto el método de la carga constante -- como el método de la carga descendente para determinar la permeabilidad al agua. En el método de la carga descendente el tiempo es medido para una cierta cantidad de agua que fluye a través del geotextil, un resultado del cual la diferencia de carga hidráulica es reducida 30 mm. La permitividad, para el flujo laminar, puede ser determinada de los resultados de la prueba de carga descendente.

E) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA NORMAL AL PLANO DEL GEOTEXTIL.
(Comité Français des Géotextiles et Geomembranes (CFGG) NFG38-016 (Ref. No. 104)

En este método la permeabilidad al agua es caracteri_

zada por la permitividad, determinada por la medición de la velocidad de filtración a una diferencia de carga hidráulica constante. Con estas investigaciones el flujo a través del geotextil es considerado laminar o aproximadamente laminar. La velocidad de filtración durante la prueba es limitada a 35 mm/seg. Debajo de este límite hay variaciones que, sin embargo, son aceptadas. De acuerdo con la ley de Darcy los valores de permitividad, encontrados por extrapolación de las medidas de las velocidades de filtración pequeñas, son consistentemente más pequeños que los valores encontrados en la práctica. Una muestra seca de geotextil (de 50 mm de diámetro) es colocada en el aparato y después saturada con agua permitiendo que el nivel de agua se eleve lentamente. En este proceso la muestra descansa sobre una malla. La diferencia de carga hidráulica es después medida para tres diferentes descargas usando tubos piezométricos. Este método de medición es satisfactorio y deberá dársele preferencia. Sin embargo, son dados dos métodos alternativos en el reporte de la CFGG. En el primero, la diferencia de carga hidráulica puede ser tomada como la diferencia en nivel entre los dos depósitos, proviendo tubos de entrada y salida que sean tan cortos como sea posible ya que pueden desarrollarse en la tubería pérdidas por fricción adicionales. En la segunda alternativa la diferencia de carga hidráulica es deducida de las diferencias de carga hidráulica total (diferencia de nivel entre los depósitos) para dos situaciones, con y sin el geotextil. Las velocidades de filtración son medidas para tres diferentes diferencias de carga hidráulica por muestra. Estas mediciones son graficadas, así como una línea recta, basada en la ley de Darcy, dibujada a través de los tres puntos.

Si el geotextil es muy permeable al agua, deberán ser usadas varias capas de material. Para evitar la interacción entre las capas deberán ser separadas por anillos con una altura de 10 mm.

En este método, para deducir la permitividad, la diferencia de carga hidráulica medida es dividida por el número de muestras. Un problema con este método es que, cuando se usa la ley de Darcy, el valor de la permitividad es consistentemente más bajo que la permitividad real.

F) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA.

(Método del Laboratorio de Hidráulica de Delft, Holanda) (Ref. No. 104.)

En este método la permeabilidad al agua es caracterizada por la diferencia de carga hidráulica (Δh) y el gradiente hidráulico, l_s , los cuales son creados por una velocidad de filtración de 10 mm/seg. Ya que las mediciones son hechas sobre una línea definida de diferencia de carga hidráulica o gradiente hidráulico, también pueden ser determinadas para velocidades de filtración más pequeñas o más grandes. El aparato es mostrado en la figura III.16.

Para determinar la permeabilidad al agua una muestra del geotextil, con un diámetro efectivo de 50 mm, es sometida a flujo perpendicular al área de filtración. El flujo es incrementado en etapas; la diferencia de carga hidráulica a través del geotextil y la velocidad de descarga son registrados continuamente. La temperatura del agua es medida al mismo tiempo. Los resultados son graficados.

Si el geotextil es muy permeable al agua o si las mediciones deben ser hechas a velocidades de filtración rela

tivamente bajas las agujas de medición deberán ser usadas en lugar de los tubos piezométricos para medir las cargas hidráulicas. Las cargas hidráulicas pueden ser medidas - con un intervalo de error de ± 0.1 mm.

Un factor de corrección no es aplicable a la prueba porque se tiene la opinión de que los valores de permeabilidad al agua determinados no son únicamente influidos - por la resistencia friccional sino también por la resistencia de forma (particularmente para geotextiles tejidos). La viscosidad puede afectar la resistencia de forma de otra manera, por lo que el factor de corrección de la temperatura deberá ser relacionado directamente a la relación de la viscosidad.

El agua desaireada no es usada en este método ya que se encontró que durante las pruebas hubo únicamente un aumento limitado en las burbujas de aire en el geotextil que podrían ser removidas golpeando suavemente la muestra con una barra. Este incremento limitado en las burbujas de aire es atribuible a temperaturas de prueba relativamente bajas (de 10° a 15° C). A temperaturas mayores las burbujas de aire tendrían un efecto mayor. Si para este método de prueba se decide llevar a cabo pruebas a mayor temperatura o si no es posible remover las burbujas golpeando, - por ejemplo con muestras compuestas de varias capas del geotextil separadas por anillos, entonces será necesario - instalar un sistema de desaireado.

G) DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA.

(Método de la Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) - (Ref. No. 104)

La BAW parte con la suposición de que el flujo es la

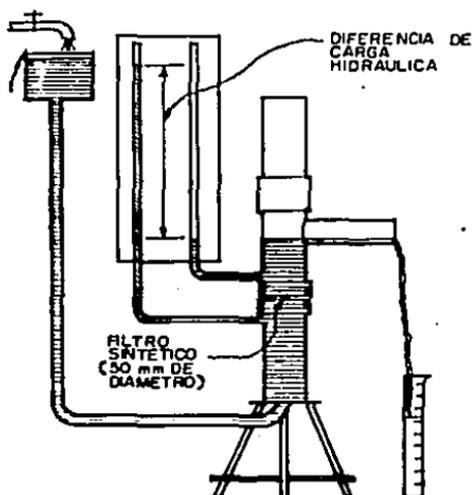


FIG. III - 16 APARATO USADO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE UN GEOTEXTIL POR EL LABORATORIO DE DELFT (REF. No. 104)

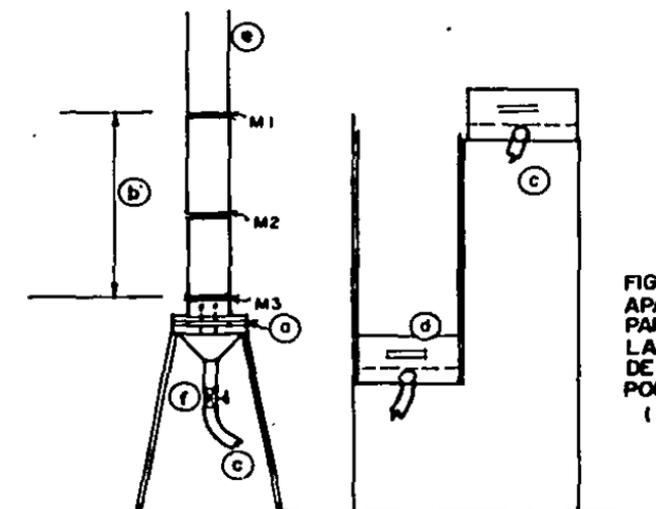


FIG. III - 17 APARATO USADO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE UN GEOTEXTIL POR BAW (REF. No. 104)

minar. La permeabilidad al agua puede ser caracterizada por el factor de permeabilidad al agua, k , usando la ley de Darcy.

La BAW ha desarrollado un método por el cual la permeabilidad al agua puede ser determinada por una reducción de la diferencia de carga hidráulica, un así llamado método de carga descendente. Este procedimiento concuerda con los fenómenos hidrodinámicos que son observados en las defensas fluviales. En el método es registrado el tiempo en el cual una cantidad constante de agua fluye a través de una muestra del geotextil. El aparato usado es mostrado en la figura III.17.

Después de que la muestra ha sido introducida, el aparato es llenado al nivel M1 y luego desaireado. El depósito es ubicado en la posición más baja. El tiempo en el que el nivel de agua arriba del geotextil desciende del nivel M2 al nivel M3 una distancia de 250 mm, es después registrado. La diferencia media de carga hidráulica es, en esta prueba, de aproximadamente 350 mm. Antes y después de una serie de pruebas es hecha una prueba con una muestra de un material que no sea geotextil a fin de determinar el efecto del aparato. El coeficiente de permeabilidad puede ser después calculado usando la diferencia en tiempo entre la prueba con y sin geotextil.

Esta prueba está basada en la suposición de que hay un flujo laminar a través del geotextil. Sin embargo, ya que es únicamente válida para diferencias de carga pequeñas, el flujo entre M2 y M3 debe ser checado para cada geotextil a fin de asegurarse que es, en realidad, laminar.

2) PRUEBAS DE RETENCION DEL SUELO.

A) DETERMINACION DEL TAMAÑO DE ABERTURA EFECTIVA, d_w .
(Instituto Franzius de Hanover (Alemania Occidental)) (Ref. 104).

El tamaño de abertura efectiva de un geotextil, d_w , es determinado por arena cuárcica cribada húmeda de composición conocida usando equipo de cribado modificado. El geotextil funciona como una malla (fig. III.18).

La muestra de prueba (de 18 cm de diámetro) es sujeta en un bastidor para tamiz. La arena, que tiene un peso seco de 100 g para geotextiles tejidos y de 300 g para los no tejidos, es después esparcida sobre la muestra. La arena es después esparcida continuamente con agua y cribada por 15 minutos en una máquina de cribado modificada con una amplitud vertical de 3 mm a una frecuencia de 50 Hz. La arena que pasa a través de la muestra del geotextil es retenida en un papel filtro y después analizada con las siguientes mallas:

2500 μm , 1180 μm , 710 μm , 500 μm , 400 μm , 200 μm , 100 μm , 63 μm , 45 μm .

El tamaño de abertura efectiva, d_w , es encontrado de la fracción de arena más gruesa que ha pasado a través de la muestra de prueba y en la cual hay todavía una cantidad definida en relación a la fracción original.

Una desventaja de este método es que puede haber unas diferencias relativamente grandes en los valores de d_w . Ya que hay diferencias en la cantidad de arena usada para prueba de los geotextiles tejidos y los no tejidos, no es posible hacer una comparación cruzada de los valores d_w obtenidos.

Cuanto más grande es la cantidad de arena cribada más pequeña es la oportunidad de que una partícula virtualmente pase una abertura que es lo suficientemente grande para dejar pasar a la partícula.

B) DETERMINACION DEL TAMAÑO DE ABERTURA DE FILTRACION PARA UN GEOTEXTIL.
(Estándar francés) (Ref. No. 104)

El tamaño de abertura de filtración, O_f , de un geotextil es definido como el valor d_{95} de la arena que, durante inmersiones repetidas de la arena y el geotextil, pasa a través del geotextil.

Cuatro muestras de geotextiles son probadas. Las - - muestras tienen un diámetro de 0.30 m y son colocadas en - el fondo de cuatro cajas de 0.15 m de altura. Después 2 - Kg \pm 0.1 Kg de arena son colocados, equitativamente, en - las cajas.

La arena debe satisfacer los siguientes requisitos:

- El tamaño máximo de partícula debe ser cuando menos 2 veces el tamaño de abertura de filtración, O_f .
- El coeficiente de uniformidad de la arena (d_{60}/d_{10}) debe ser mayor que 6.
- El valor d_{10} de la arena debe ser por lo menos cuatro veces más pequeño que el tamaño de abertura de filtración (O_f) estimado.
- Por lo menos 25% de la arena que pase a través del geotextil durante la prueba debe ser usado en la de terminación de un análisis granulométrico represen-

tativo.

Las cajas son después montadas a una rueda que es rotada cerca de 24 horas durante las cuales las cajas están alternativamente 7 segundos bajo el agua y cerca de 30 segundos arriba del agua. En este tiempo la mayor parte del geotextil está 0.10 m bajo el agua. La arena que es deslavada de las cajas por este movimiento es recogida, secada y cribada de acuerdo a los estándares de la AFNOR francesa. El valor d_{95} derivado de la curva granulométrica es designado como la abertura de filtración, O_f . Este método debe ser visto como uno en que el geotextil es sujeto a cargas hidráulicas que no pueden ser interpretadas bajo las cargas reales. Además, como resultado del efecto de bombeo del mecanismo de carga, las partículas pequeñas son, probablemente más fácilmente deslavadas. Esto fomenta la formación de un filtro natural. Así, el coeficiente de uniformidad de la arena debe ser mayor de 6. Únicamente si d_{60}/d_{10} es mayor que 10 la arena será, no obstante, inestable internamente. La presencia de tal filtro natural puede causar que las aberturas efectivas en el geotextil sean relativamente menores que las que serían encontradas usando otros métodos de prueba.

C) DETERMINACIONES DEL PROCESO DE FILTRACION EN UN GEOTEXTIL.

(BAW/Alemania Occidental) (Ref. No. 104).

Cuatro tipos diferentes de suelo típico son usados para evaluar el proceso de filtración de los geotextiles. Estos tipos ocurren frecuentemente y pueden ser fácilmente comparados con otros tipos de suelo. Ellos varían de arena gruesa a una mezcla de arena, arcilla y limo y deben tener una composición y permeabilidad al agua conocidas.

Para cada tipo de suelo para el cual el proceso de filtración en relación al geotextil ha de ser evaluado, tres muestras de 180 mm de diámetro forman el fondo de una cubeta y 1500 g de suelo pertinente son añadidos (fig. III 19). La cubeta y su contenido son después colocados bajo el agua por lo menos 24 horas. Durante la prueba que sigue, la cubeta y su contenido son continuamente sumergidos 400 mm, estando alternativamente por 30 seg. bajo el agua y 30 seg. fuera de ella. Este movimiento, altura y velocidad, producen un ciclo de carga que puede ser comparado con aquel experimentado por una defensa fluvial cuando un barco pasa. La duración de la prueba es de 34 horas. Las cajas en las cuales las cubetas y su contenido son sumergidos, son reemplazadas por cajas limpias después de 4, 9, 24 y 29 horas. La cantidad de arena que ha pasado a través del geotextil es pesada después de la filtración y secada. Durante el reemplazamiento de las cajas la cantidad de agua que fluye a través del geotextil cuando la cubeta está fuera del agua, es también medida. Después de 34 horas de prueba una muestra del geotextil en la cubeta es tomada (45 mm de diámetro). La permeabilidad al agua de esta muestra "contaminada" es después determinada usando el método de la carga descendente.

Los resultados de la transmisión del suelo y de la permeabilidad al suelo son promediados para las tres muestras del geotextil por tipo de suelo y graficados como un valor del tiempo. Estas curvas son tomadas como características para el geotextil y tipo de suelo. Estas curvas, junto con la cantidad total de arena lavada a través del geotextil, indican si y a qué valor aparece aquí una estabilización. Es asumido que la estabilización ha aparecido si durante un periodo de 10 horas no más de 2.5 g de suelo han sido lavados a través del geotextil.

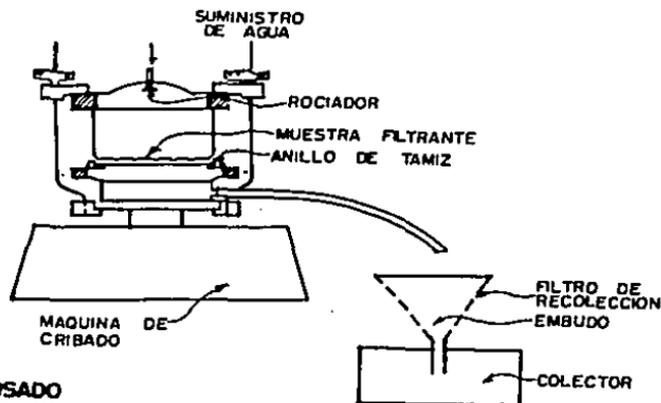


FIG. III - 18
 APARATO USADO
 PARA DETERMINAR
 EL TAMAÑO DE
 ABERTURA
 EFECTIVA

(REF. No. 104)

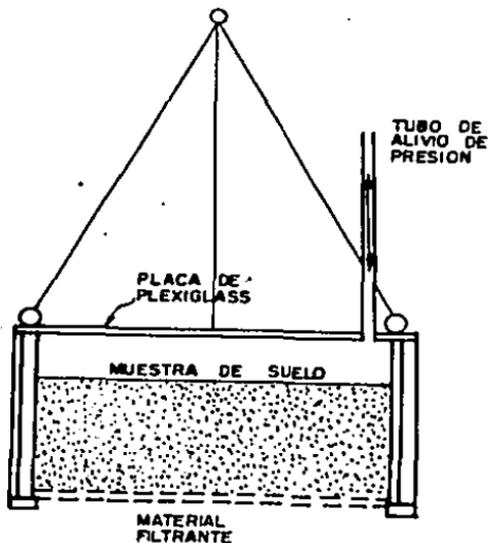


FIG. III - 19
 RECIPIENTE QUE HA
 DE SER USADO EN
 LA PRUEBA DE
 PROCESO DE
 FILTRACION

(REF. No. 104)

Una prueba diferente es aplicada al cuarto tipo de suelo, el material arcilloso; debido a la estructura arcillosa, la permeabilidad al agua es muy limitada. Aplicando el procedimiento anteriormente descrito podrían causar-se diferencias de carga hidráulica grandes a través del geotextil. La arcilla posiblemente se cortarfa y los resultados no serfan concluyentes. Este tipo de material es, por tanto, probado en lo que es referido como un "agitador de turbulencia". Las variaciones de presión formadas con este equipo son, por lo general, comparables a las vibraciones de presión que ocurren bajo el oleaje crítico.

Un rotor, con cuatro aspas, es rotado a 260 RPM creando un flujo turbulento a través de la muestra. La frecuencia de vibración de presión es 18 Hz. El periodo de prueba total es de por lo menos 150 minutos. La cantidad de arena que pasa a través de la muestra es medida cada 30 minutos. La estabilización de la arena deslavada con el tiempo es también observada en la prueba. El tamaño de abertura característico no es determinado en este método, en contraste con otros métodos discutidos. Hay, sin embargo, una evaluación del confinamiento al suelo de un geotextil en relación al tipo de suelo estándar usando una carga hidráulica particular.

D) DETERMINACION DEL TAMAÑO DE ABERTURA APARENTE (AOS) DE UN GEOTEXTIL.

(Método de la ASTM) (Ref. No. 104)

El AOS es determinado por el cribado de partículas esféricas de tamaño conocido a través de un geotextil. El AOS, también frecuentemente referido como D_{95} , es definido como el tamaño de malla estándar, en mm, para el cual menos del 5% de las partículas de vidrio pasan a través del-

geotextil.

El procedimiento de prueba es como sigue:

Una muestra de prueba del geotextil con un diámetro neto de 0.20 m es introducida en un equipo de cribado. 50-g de partículas de vidrio de un intervalo de tamaño conocido son después colocados sobre el geotextil. Las partículas de vidrio son después cribadas por 10 minutos con una vibración lateral y es determinado el porcentaje de material que pasa a través del geotextil. Este procedimiento es repetido con fracciones más gruesas hasta el punto en el cual 5% o menos pasan a través del geotextil. La distancia de malla del tamiz estándar, que precede a este punto, es llamada el AOS. Ya que los tamices son numerados a un estándar, el AOS puede ser fácilmente expresado como un número de tamiz estándar. El número AOS encontrado en esta forma puede ser considerado como la magnitud de la abertura más grande en el geotextil. Una advertencia es dada en los estándares de la ASTM acerca de cuales fracciones de tamaño deberán ser usadas. Otras fracciones pueden ser también usadas. También, es dada información acerca de la temperatura y la humedad a la cual la prueba deberá ser llevada a cabo. El aparato debe ser adecuado con los medios para evitar la formación de electricidad estática. Pueden ser provistas fracciones de diferentes tamaños y condiciones.

El objetivo de este método, la determinación de la magnitud del tamaño de abertura máxima, es muy semejante al método del Laboratorio de Hidráulica de Delft (Holanda). También el método por sí solo en el cual son cribadas fracciones conocidas del material a través del geotextil, es similar. La diferencia entre este método y el del Labo

ratorio de Hidráulica de Delft radica en el uso de partículas esféricas de vidrio en lugar de las partículas de arena, en el tiempo de cribado, en el procedimiento de cribado y en que la vibración es horizontal en lugar de vertical.

E) DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS GEOTEXTILES.

(Laboratorio de Hidráulica de Delft, Holanda)
(Ref. No. 104).

Los parámetros característicos de tamaño de abertura O_{90} y O_{98} son determinados usando una prueba granulométrica en la cual el geotextil es colocado en un bastidor de cribado estándar (200 mm de diámetro), y usado para cribar una fracción de arena estrechamente definida.

Los intervalos de las fracciones de arena concuerdan con las distancias de malla nominales de los tamices sucesivos en conformidad al estándar holandés NEN 2560. El equipo de cribado que es usado tiene una frecuencia de vibración de 50 Hz y una amplitud vertical de 0.75 mm, que es el máximo movimiento relativo al punto medio. Unas series de fracciones de arena en orden de tamaño de la abertura de filtración máxima, son cribadas con el geotextil, y el porcentaje en peso de la arena que permanece sobre y en el filtro después de 5 minutos de cribado es determinado. En un principio, 50 gramos de arena seca son cribados para cada tamaño de cada fracción. Los parámetros, O_{90} y O_{98} , son después encontrados por interpolación. Estos parámetros pueden ser definidos como sigue:

O_{90} corresponde al diámetro promedio de arena de la fracción de la cual el 90% en peso permanece sobre o en el

geotextil después de 5 minutos de cribado.

O₉₈ corresponde al diámetro promedio de arena de la fracción de la cual el 98% en peso permanece sobre o en el geotextil después de 5 minutos de cribado.

O₉₈ da una aproximación práctica de la abertura de filtro máxima y juega, por lo tanto, un papel importante en el criterio de apretamiento de la arena para un geotextil bajo situaciones de carga cíclica intensa. El O₉₈ es también referido como el O_{MAX}.

O₉₀ es un parámetro más cualitativo, que es dependiente de la duración del cribado. También gobierna para cuál valor el geotextil es apretado por la arena en condiciones de carga estacionaria.

De las definiciones anteriores es obvio que los parámetros O₉₀ y O₉₈ no pueden ser usados como valores para los cuales una distribución estadística de tamaños de abertura en un geotextil esté relacionada. De hecho, una distribución tal no puede ser establecida con la prueba de granulometría.

Con la excepción del método de la BAW (de Alemania Occidental), todos los métodos considerados dan una característica que es una aproximación del tamaño de abertura máxima. Una distribución estadística de tamaños de abertura no puede ser determinada a partir de cualquiera de los métodos descritos.

III.2.5) METODOS DE PRUEBA PARA PROPIEDADES QUIMICAS.

1) EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACION POR

LOS RAYOS ULTRAVIOLETA.
(ASTM, EUA) (Ref. No. 52).

Esta prueba sirve para evaluar la resistencia de los geotextiles a la luz ultravioleta en situaciones donde es posible una exposición significativa, por ejemplo, en cercas de sedimentos.

Un geotextil es estable a los rayos ultravioleta cuando tiene la capacidad de conservar su resistencia y soportar el deterioro por la exposición a la luz solar. Todos los geotextiles basados en polímeros son sujetos en grado variable a la degradación por el componente ultravioleta de la luz solar. Para propósitos más prácticos, lleva demasiado tiempo probar las telas a la exposición directa del sol; por consiguiente, una prueba acelerada ha sido desarrollada utilizando un aparato de arco-xenón.

Dos series de especímenes de 500 mm x 300 mm son cortados de la misma pieza de material. Una serie es expuesta en el aparato por varios minutos a la luz de 340 Nanómetros de longitud de onda con una intensidad de 0.5 w/m^2 en un ciclo de 102 minutos de luz únicamente, seguido por 18 minutos de rocío de agua y luz. Las dos series de especímenes son comparadas usando la prueba de tensión de tira de 50 mm.

Ventaja de la prueba.- Permite obtener resultados más rápidos que por la mera exposición de las telas a la luz solar y, ya que no da valores absolutos, es recomendada sólo como un medio para valorar el mejoramiento en la resistencia a la luz ultravioleta de los geotextiles que han sido estabilizados con rayos ultravioleta.

Desventajas de la prueba.- Se requiere un aparato especial. El arco-xenón es bastante cercano a la luz solar, pero la exposición de telas a la luz solar natural puede dar resultados significativamente diferentes.

2) RESISTENCIA A LA TEMPERATURA. (ASTM D 794) (Ref. No. 63).

La ASTM describe la prueba de alta temperatura para los plásticos. Únicamente el procedimiento para exposición al calor es especificado; el método de prueba está siendo gobernado por el uso potencial final. El calor es aplicado usando un horno con flujo de aire controlado y con entrada sustancial de aire fresco. Dos tipos de prueba son descritos: calor continuo y calor cíclico. En el horno, el calor es gradualmente incrementado hasta que la falla ocurra. La falla es definida como un cambio en apariencia, peso, dimensión u otra propiedad que altere el material a un valor tal que ya no sea útil para el propósito en cuestión. La prueba puede tomar de minutos a semanas, dependiendo de la velocidad del aumento de temperatura. La prueba de calor cíclico aplica repetidamente calor a un valor constante hasta la falla.

Se debe tener precaución en el uso de altas temperaturas cuando se apliquen materiales calientes como un asfalto o un sellador de juntas sobre los geotextiles debido a su alta sensibilidad a la temperatura.

El método D 746 señala el efecto de temperatura fría sobre plásticos y, en particular, las propiedades de resistencia a la fragilidad y al impacto. A varias temperaturas, los especímenes son probados por dispositivo de impacto específico, en una modalidad de prueba de viga en canti

liver. La fragilidad es definida como "aquella temperatura, estimada estadísticamente, a la cual el 50% de los especímenes fallarían en la prueba especificada".

Desventaja de la prueba.- Se requieren numerosas muestras para la prueba, debido a que es requerido un valor estadístico.

3) DETERIORO POR ENTIERRO DE LAS TELAS.

(Método 28.3 de GGSB4-GP-2) (Ref. No. 63).

La Junta Nacional de Investigación de Canadá ha probado los efectos de entierro en las telas, reconociendo de este modo que el suelo es un material muy variable. Un suelo puede variar de 99% orgánico a 100% inorgánico y tener un amplio intervalo de valores de pH y variar grandemente en composiciones elementales y contenido de microorganismos. La prueba involucra muestras de tela de 12x12 cm de poliéster, polipropileno y telas de bicomponente de nylon-polipropileno.

Las muestras son removidas en intervalos de tres meses y son probadas de acuerdo con la prueba de presión de diafragma (reventón de Mullen) conocida en el método D 774 de la ASTM. Una prueba futura involucraría otras telas y un amplio rango de condiciones de suelo.

4) RESISTENCIA A LOS REACTIVOS QUÍMICOS.

(ASTM D543) (Ref. No. 63).

El ASTM cubre esta área bajo el título de "Resistencia de los Plásticos a los Reactivos Químicos". El método de prueba incluye provisiones para reportar cambios en pe-

so, dimensiones, apariencia y propiedades de resistencia. También son hechas provisiones para varios tiempos de exposición a reactivos a temperaturas elevadas y también se incluye una lista de 50 reactivos estándar.

Algunas compañías han evaluado la mayoría de sus fibras bajo una amplia variedad de compuestos (ácidos, hidróxidos, soluciones salinas, químicos orgánicos, etc.) - Muchas de los cuales fueron probadas a diferentes concentraciones y temperaturas. Después de la exposición especificada, las muestras fueron lavadas, secadas al aire, y después acondicionadas a 70° F y a una humedad relativa del 65% por 16 horas.

ANEXO III'-1.

PROPIEDADES MAS IMPORTANTES DE LOS GEOTEXILES POR FUNCION QUE DESEMPEÑAN.

(Ref. No. 7)

a) TRANSPORTE DE AGUA

- 1) Permeabilidad en el plano.
- 2) Espesor de la tela.
- 3) Densidad.
- 4) Compresibilidad.

b) SEPARACION

- 1) Resistencia al punzonamiento.
- 2) Resistencia al rasgamiento.
- 3) Resistencia a la tensión multiaxial.
- 4) Resistencia al reventón.
- 5) EOS y resistencia al taponeamiento.
- 6) Estabilidad química.
- 7) Estabilidad biológica.
- 8) Coeficiente de fricción.
- 9) Resistencia de la junta (costura).

c) FILTRACION

- 1) EOS y resistencia al taponeamiento.
- 2) Permeabilidad normal.
- 3) Permeabilidad en el plano.

- 4) Estabilidad biológica.
- 5) Estabilidad química.
- 6) Estabilidad a la luz ultravioleta.

d) REFUERZO DEL SUELO Y TALUDES.

- 1) Resistencia a la tensión multiaxial.
- 2) Elongación de Grab.
- 3) Flujo.
- 4) Resistencia al punzonamiento.
- 5) Resistencia al reventón.
- 6) Resistencia al rasgamiento.
- 7) Coeficiente de fricción.
- 8) Permeabilidad en el plano.
- 9) Permeabilidad normal.
- 10) Estabilidad química.
- 11) Estabilidad biológica.
- 12) Resistencia de la junta (costura)

e) REFUERZO DE LA CARPETA ASFALTICA.

- 1) Estabilidad al calor.
- 2) Resistencia a la tensión multiaxial.
- 3) Elongación de Grab.
- 4) Resistencia al rasgamiento.
- 5) Coeficiente de fricción.
- 6) Porcentaje de asfalto absorbido.

ANEXO III'2.

INTERVALOS DE PROPIEDADES IMPORTANTES Y DE PRUEBAS TÍPICAS
PARA GEOTEXTILES COMERCIALMENTE DISPONIBLES.

Espesor _____	10 a 200 mils.
Masa _____	113 a 567 g/0.836 m ²
Porcentaje de área abierta _____	2 a 35%
Resistencia a la tensión (de Grab) _____	45.4 a 907.2 Kg/tela de 2.54 cm de ancho.
Elongación a la falla _____	20 a 200%
Módulo tangencial inicial _____	136.1 a 1360.8 Kg/tela de 2.54 cm de ancho
Potencial de flujo _____	bajo a moderado
Resistencia a la rasgadura tra- pezoidal _____	23 a 91 Kg.
Permeabilidad (a través del plano) _____	0.006 a 1.83 m/hora
Permeabilidad (en el plano) _____	0.0003 a 0.28 m ³ /hora tela de 0.305 m.
Resistencia a los químicos _____	generalmente no hay problema
Resistencia a la temperatura _____	generalmente no hay problema
Resistencia al deterioro por entierro _____	pérdidas de resistencia menores del 30% en 10 años
Resistencia a la luz ultra- violeta _____	todos los polímeros son sensibles a la luz en gra- dos variables.

(Ref. No. 61)

ANEXO III'3.

TABLAS DE PROPIEDADES DE ALGUNOS PRODUCTOS DE GEOTEXTILES ACTUALMENTE EN USO.

TABLA III'1.

NOMBRE DEL PRODUCTO: AMOCO CIVIL ENGINEERING FABRICS
 FABRICANTE: AMOCO FABRICS COMPANY (E.U.A.)

PROPIEDAD	T I P O				
	2002	2006	4545	4553	4557
Resistencia a la tensión, 1b (ASTM D 1682)	200	275	90	160	250
Elongación, % (ASTM D 168 2)	20	20	60	60	70
Resistencia al reventón, psi (prueba de tensión de Mullen)	400	600	230	250	470
Resistencia al punzonamien_ to, 1b (ASTM D 751. Modi_ ficada)	75	120			140
Intemperismo acelerado, % de resistencia retenida (Métodos CCC-T-191 y 5804)	70	70	70	70	70
Tamaño de abertura equiva_ lente, No.de malla (CW-02215,U.S.)	100/50	70/30	70mfn	70mfn	70mfn
Coefficiente de permeabilidad, cm/seg (carga descendente de 75 mm a 25 mm).			0.2	0.25	0.15

(Ref. No. 1)

TABLA III'2 NOMBRE DEL PRODUCTO: EXXON GEOTEXTILE FABRICS
 FABRICANTE: EXXON CHEMICAL AMERICAS (E.U.A.)
 CONSTRUCCION: TEJIDO.
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO

PROPIEDADES	<u>GTF110</u>	<u>GTF150</u>	<u>GTF200</u>	<u>GTF300</u>
Resistencia a la tensión de Grab, lb (ASTM .01.85.02/ propuesta)	110	130	200	300
Tensión de tira a lo ancho, lb/pulg (ASTM .01.81.06/ propuesta)	-	-	170	240
Módulo secante @ elongación de 10%, lb/pulg (ASTM .01.81.06/ propuesta)	-	-	670	900
Elongación, % (ASTM .01.81.06/ propuesta)	20	20	20	20
Rasgadura trapezoidal, lb (ASTM .01.80.01/propuesta)	55	55	90	115
Punzonamiento, lb (ASTM .01.82.03/propuesta)	60	65	100	135
Reventón de Mullen, psi (ASTM D-751/3786)	300	310	475	600
Estabilidad a los rayos ultra_violeta.Resistencia Retenida, % (FEDTM-191)	-	-	70	70
Coefficiente de permeabilidad, k, en cm/seg (ASTM 03.80.05/ propuesta)	0.01	0.01	0.01	0.01

CONTINUACION TABLA 111'2.

PROPIEDADES	GTF 110	GTF 150	GTF 200	GTF 300
Tamaño de abertura equivalente				
No. equivalente de malla de -				
los E.U.A.	100/70	100/70	70/50	70/50

NOTA: La aplicación principal de estos productos es en la -
estabilización de superficies pavimentadas y sin pavil
mentar. (Ref. No. 29)

TABLA III'3. NOMBRE DEL PRODUCTO: FIBRETEX.
 FABRICANTE: CROWN ZELLERBACH (E.U.A.)
 CONSTRUCCION: NO TEJIDO PERFORADO POR AGUJAS
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO.

PROPIEDADES DE LA TELA	PROPIEDADES TÍPICAS			
	GRADO			
	<u>150</u>	<u>200</u>	<u>300</u>	<u>400</u>
. Espesor (mils) ASTM D-1777	50	60	90	110
. Resistencia de Grab (lb) ASTM D-1682	110	130	210	260
. Elongación (%) ASTM D-1682	110	125	140	160
. Resistencia a la rasga_ dura trapezoidal ASTM D-2263	50	60	75	100
. Resistencia al reven_ tón (psi) ASTM D-751	220	250	350	450
. Permeabilidad al agua, k (cm/s)	0.30	0.30	0.30	0.30
. Velocidad de flujo del agua, normal a la tela, carga de 6 pulg.(gal/ min/ft ²)	420	360	320	280
. Tamaño de abertura equi valente, malla estándar de - los EUA.	70-100	70-100	70-100	70-100
. Intervalo de resistencia*(pH)	1-13	1-13	1-13	1-13
* a agentes químicos.	(Ref. No. 15)			

**TABLA III'4. NOMBRE DEL PRODUCTO: HATE
 FABRICANTE: HUESKER SYNTHETIC GMBH & CO. (R.F.A.)
 CONSTRUCCION: TEJIDO**

		T I P O			
		C 50.002	C 10.340	C 00.520	C 50.535
Material	Urdimbre:	Poliétileno	Poliéster	Poliétileno	Poliétileno
	Trama:	Polipropileno	Poliéster	Poliétileno	Poliétileno
Acabado:	Estable a los rayos ultravioleta				
Color:		Negro	Blanco	Negro	Negro
Tamaño de malla, mm:		0.06-0.15	± 0.15	± 0.75	± 0.35
Permeabilidad al agua (10 cm de columna de agua: (l/m ² /seg.)		± 100	± 50	± 500	± 450
Resistencia a la tracción (DIN 53857)					
Urdimbre, da N/5 cm:		± 220	± 350	± 100	± 220
Trama, da N/5 cm:		± 250	± 320	± 100	± 210
Elongación a la ruptura, %	Urdimbre:	± 25	± 20	± 30	± 30
	Trama:	± 25	± 20	± 20	± 25
Peso, g/m ² :		± 225	± 225	± 100	± 220

(Ref. No. 51)

TABLA III'5. NOMBRE DEL PRODUCTO: LOTRAK
 FABRICANTE: DON & LOW LTD (ESCOCIA)
 CONSTRUCCION: TEJIDO
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO.

PROPIEDAD	T I P O				
	10/7	13/12	16/15	35/30	45/45
Resistencia a la tensión de tira de 200 mm urdimbre (Kn/m)	18	18	19	36	47
trama	9	13	18	43	45
Elongación a la ruptura (%) urdimbre	32	32	33	26	13
trama	31	23	23	16	13
Resistencia al punzonamiento prueba de CBR (N)	1500	1750	2100	3500	4000
prueba de penetración de cono a 1 m (mm)	17	17	17	8	11
tamaño de poro 90% más fino que(micrones)	230	290	300	230	500
Permeabilidad al agua, aproximada para una carga de 500 mm (1/m ² /seg)	14	13	12	11	17
Efecto de acidez o alcalinidad del suelo natural	0	0	0	0	0
Efecto de la luz ultravioleta peso g/m ²)	90	100	120	200	240
El polipropileno usado contiene un inhibidor de la luz ultravioleta					
Espesor de la tela bajo 2 KN/m ² (mm).	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6
Gravedad específica	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

(Ref. No. 23)

TABLA III'6. NOMBRE DEL PRODUCTO: MIRAFI
 FABRICANTE: MIRAFI INCORPORATION (E.U.A.)

PROPIEDAD	T I P O			
	1500 HP	1600 HP	2100 HP	2300 HP
Peso, oz/yd ² (ASTM D 3776-79)	15.0	16.0	21.0	23.0
Resistencia de Grab, lb (ASTM D 1682-64)	750	1150x250	1150x550	1000
Elongación de Grab, % (ASTM D 1682-64)	15-35	15-35	15-35	15-35
Resistencia al reven- tón de Mullen, psi (ASTM D 3786-80)	1500+	1200	1500+	1500+
Espesor, milésimas de pulg (ASTM D 1777-64)	60	70	75	80
Coeficiente de permeabili- dad, k, en cm/seg. (CFMC GET-2)	0.01	0.01	0.01	0.03
Velocidad de flujo de agua cf/min/sf (CFMC GET-2)	30	30	75	50
Tamaño de Abertura equiva- lente (EOS) malla std. EUA (COE CW-02215-77)	30-120	50+	50+	30-120

NOTA: Estos productos tienen como función específica el
 refuerzo de suelos.

(Ref. No. 70)

TABLA III'7. NOMBRE DEL PRODUCTO: POLYFELT TS
FABRICANTE: CHEMIE LINZ AG (AUSTRIA)
CONSTRUCCION: NO TEJIDO, ENLAZADO POR AGUJAS
COMPOSICION DEL POLIMERO: POLIPROPILENO.

CARACTERISTICAS MECANICAS	T I P O				
	TS500	TS600	TS700	TS750	TS800
Peso/Area, g/m ² (AFNOR GO-104 DIN 53854)	140	200	280	350	400
Espesor, mm bajo 0.02 bar	1.50	2.00	2.60	3.00	3.30
1.00 bar	0.70	0.95	1.30	1.55	1.80
2.00 bar	0.60	0.75	1.00	1.25	1.45
(EDANA 30074 DIN 53855/3)					
No. de poros bajo 0.02 bar (0.2 N/cm ²) (cálculo)	8.8	8.1	7.4	6.8	6.5
Resistencia al perforado, N (DIN 54307)	1350	1800	2600	3000	3400
Resistencia a la tracción, N/5 cm (ASTM D 4595)	450	640	900	1050	1150
Resistencia a la tracción, N/5 cm (DIN 53857/2)	430	600	860	1000	1100
Elongación a la ruptura, % (DIN 53857/2)	50-80	50-80	50-80	50-80	50-80
Elongación mínima al 30% de la fuerza de tracción %	20	20	20	20	20
Resistencia a la tracción GRAB en espécimen de 100x 150 mm, N (ASTM D 1682)	510	760	1080	1320	1500
Resistencia a la tensión GRAB en espécimen de 200x200 mm, N (ASTM D 1682)	590	880	1200	1400	1600

CARACTERISTICAS MECANICAS	T I P O				
	TS500	TS600	TS700	TS750	TS800
Elongación a la ruptura, % (ASTM D 1682)	50-80	50-80	50-80	50-80	50-80
Resistencia a la ruptura ulte_rior (DESGARRE), N (DIN 53363)	180	275	365	420	500
Prueba a la penetración de cono por caída libre, mm (C.I.T. de Finlandia)	15.4	12.0	10.0	8.1	7.2
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS					
Abertura eficaz de poros Dw, mm	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07
valor K (flujo vertical), cm/s (10 ⁻²) para:					
0.02 bar	50	50	50	40	40
1.00 bar	10	10	10	10	10
2.00 bar	6	6	6	6	6
Valor K(flujo horizontal),cm/s (10 ⁻²) para:					
0.02 bar	100	100	90	80	80
1.00 bar	20	20	10	10	10
2.00 bar	10	9	9	9	8
Flujo de agua Q (vertical), l/s. m ² columna de agua de 10 cm para:					
0.02 bar	330	250	190	130	120
1.00 bar	140	110	80	65	60
2.00 bar	118	80	58	55	52

NOTA: Todas las normas para las características hidráulicas corresponden al Instituto Franzius de Hanover.

(Ref. No. 9)

TABLA III'8. NOMBRE DEL PRODUCTO: SUPAC W
 FABRICANTE: PHILLIPS FIBRES CORPORATION (EUA)
 CONSTRUCCION: TEJIDO

PROPIEDAD	G R A D O				
	3WS	4WS	5WS	6WS	6WM
Peso, oz/yd ² (ASTM D 3776)	3.0	4.0	5.1	6.5	6.5
Espesor, milésimas de pulg (ASTM D1777)	10	20	20	25	25
Resistencia a la tensión, lb (ASTM D 1682)	125	200	290	320	325
Elongación, % (ASTM D 1682)	25	25	25	25	25
Resistencia al punzonamiento, lb (ASTM D 751)	40	120	135	150	115
Resistencia al reventón de M_u llen, psi (ASTM D3786)	230	400	500	650	375
Coeficiente de permeabi- lidad al agua, cm/seg	0.010	0.008	0.010	0.015	0.11
CD ⁺⁺	0.014	0.013	0.016	0.027	0.013
Velocidad de flujo, gal/ft ² /min	20	10	10	20	130
CC ⁺	50	45	50	75	365
CD ⁺⁺	50	45	50	75	365
EOS (Cuerpo de Ingenieros, CW-02215)	40	40	70	45	35
Resistencia a la rasgadura trapezoi- dal, lb (ASTM)	60	105	110	130	110
Resistencia a la abrasión, lb (ASTM D 1175)	-	-	80	110	150
Resistencia a la tensión al 10% de elongación (módulo), lb (ASTM D 1682)	80	120	130	165	155
Area abierta, % (Cuerpo de Ingenieros, AD-745-085)	<1	<1	<1	<1	7-8

+ Carga constante de 50 mm
 ++ Carga descendente de 200 a 100 mm (Ref. No.88)

TABLA III'9. NOMBRE DEL PRODUCTO: STABILENKA
 FABRICANTE: ENKA INDUSTRIAL SYSTEMS (HOLANDA)
 CONSTRUCCION: TEJIDO
 POLIMERO(S) CONSTITUYENTE(S): URDIMBRE: POLIESTER
 TRAMA: POLIAMIDA

	G R A D O				
	150/45	200/45	300/45	400/50	400/100
Urdimbre (largo) resistencia a la tensión última, KN/m	150	200	300	400	400
Elongación a la ruptura, %	9	9	9	10	10
Resistencia a elongación del 6%, KN/m	75	100	150	200	200
TRAMA (ancho)					
Resistencia a la tensión última, KN/m	45	45	45	50	100
Elongación a la ruptura, %	20	20	20	18	18
PROPIEDADES DE LA TELA					
Densidad, Mg./m ³	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Peso de la tela, g./m ²	365	450	590	845	945
Permeabilidad al agua para una carta de agua de 10 cm, l/m ² . s	11	14	18	2.5	67
Análisis granulométrico 0-90 μ m	200	340	235	73	540
FLUJO					
Flujo después de 2 años a una relación de esfuerzos del 50%, %	2	2	2	2	2

(Ref. No. 4)

TABLA III'10 NOMBRE: TENAMAT
 FABRICANTE: DELAWARE VALLEY CORPORATION (EUA)
 CONSTRUCCION: NO TEJIDO
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIESTER O POLIETILENO

	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>12</u>
PROPIEDADES DIMENSIONALES					
Masa por unidad de área, oz/ yd ² (ASTM D 3776)	4	6	8	10	12
Espesor, milésimas de pulg. (ASTM D 1777)	95	105	110	145	160
PROPIEDADES MECANICAS					
Tensión de Grab/Elongación, lb/% (ASTM D 1682)	61/113	85/113	115/120	170/115	190/90
Reventón de Mullen, psi (AST D 3786)	170	205	245	372	416
Punzonamiento, lb (ASTM D 3787)	43	69	78	119	157
Rasgadura trapezoidal, lb (ASTM D 2263)	45	53	69	90	116
PROPIEDADES HIDRAULICAS					
Tamaño de abertura equivalen te, malla estándar (CWO-02215)	60-70	60-70	60-70	80-100	100-120
Permeabilidad, gal/mfn/ft ²	195	184	152	132	122

{ Ref. No. 20 }

TABLA III'11. NOMBRE DEL PRODUCTO: TERRAM
 FABRICANTE: ICI FIBRES GEOTEXTIL GROUP (INGLATERRA)
 CONSTRUCCION: POLIPROPILENO TEJIDO
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO.

PROPIEDADES MECANICAS	G R A D O				
	W/ <u>7-7</u>	W/ <u>12-12</u>	W/ <u>15-15</u>	W/ <u>20-5</u>	W/ <u>30-5</u>
RESISTENCIA A LA TENSION					
(En muestra de 200x200 mm)					
Carga de ruptura-longitudinal, KN	15	25	32	40	-
Alargamiento a la falla-long, %	8	12	12	11	-
Carga de ruptura-transversal, KN	15	25	32	10	-
Alargamiento a la falla-trans, % (ASTM 61-201)	6	8	8	8	-
RESISTENCIA A LA TENSION					
(en muestra de 1 m de ancho)					
Carga de ruptura-longitudinal, KN	70	120	150	200	300
Carga de ruptura-transversal, KN	70	120	150	50	50
Módulo de trabajo-long MN (ICI GL 803)	-	-	-	2.2	-
RESISTENCIA A LA RASGADURA					
Cafda de cono, mm (EMPA)	10	10	5	10	-
RESISTENCIA AL REVENTON					
CBR, KN (DIN 54, 307-A)	4.5	8.0	10.0	-	-
PROPIEDADES HIDRAULICAS					
Permeabilidad (Flujo de agua), l/m ² . s (ICI PTL D 527 A)	25	25	25	35	-
TAMANO DE PORO					
Adición del 90%, μm	400	350	350	300	-

CONTINUACION TABLA III'11.

PROPIEDADES MECANICAS

Adición del 50% μ m (ICI PTL D 706)	250	250	250	-	-
--	-----	-----	-----	---	---

OTRAS PROPIEDADES

Peso por m ² /g (nominal)	400	570	750	570	750
--------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

(Ref. No. 56)

TABLA III'12. NOMBRE DEL PRODUCTO: TERRATEX
FABRICANTE: WEBTEC, INC. (E.U.A.)
CONSTRUCCION: NO TEJIDO
POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO.

PROPIEDAD	G R A D O				
	N02	N04	N06	N08	N10
Resistencia a la tensión de Grab, 1b (ASTM D1682)	65	110	185/205	270/300	340/300
Elongación de Grab, % (ASTM D 1632)	20	60	80	80	80
Rasgadura trapezoidal, 1b (ASTM D 2263)	25	50	75	85	110
Reventón de Mullen, psi (ASTM D 3786)	-	275	350	450	525
Resistencia al punzonamiento, 1b (ASTM D 751)	-	70	110	145	175
Coefficiente de permeabilidad, cm/seg	0.2	0.2	0.2	0.25	0.25
Tamaño de abertura equivalente, malla std EUA.	70-100	70-100	80+	80+	100+
Espesor, milésimas de pulg. (ASTM D 1777)	25	60	65	110	120
Peso, oz/yd ² (ASTM D 3776)	2.1	4.0	4.5	8.0	10.0

(Ref. No. 105)

TABLA III'13. NOMBRE DEL PRODUCTO: TERRATRACK
 FABRICANTE: TERRAFIX FILTER FABRICS LTD (CANADA)
 CONSTRUCCION: TEJIDO
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO.

PROPIEDAD	G R A D O			
	24-11	24-15	200 W	400 W
Masa, g/m ²	106	125	180	228
Espesor, mm	0.51	0.45	0.72	0.75
Tensión de Grab, N	697	713	900	1400
Reventón de bata, N	710	890	2000	3400
Reventón de Mullen, MPa	2.07	2.50	3.5	4.4
E.O.S., μm	297	300	300	300
Permeabilidad K, cm/s (10 ⁻³)	5.2	5.0	11.2	5.0
Elongación a la ruptura, %	27	25	20	25
Rasgadura, N				
Urdimbre	300	375	722	750
Trama	300	390	718	750

(Ref. No. 100)

TABLA III'14 NOMBRE DEL PRODUCTO: TREVIRA SPUNBOND
 FABRICANTE: HOECHST FIBRES INDUSTRIES (E.U.A.)
 CONSTRUCCION: NO TEJIDO PERFORADO POR AGUJAS
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIESTER

PROPIEDAD	T I P O D E F I E L T R O					
	1115	1120	1127	1135	1145	1155
. PESO POR AREA (g/m ²)	150	200	270	350	450	550
. ESPESOR (mm) (ASTM D-1777)	2.2	2.5	3.2	3.8	4.5	5.3
. RESISTENCIA A LA TENSION (GRAB) (daN) (DL/DT) (ASTM D-1682)	58/49	78/69	116/100	151/133	191/173	234/216
. ELONGACION (%) (GRAB) (ASTM D-1682)	85/95	85/95	85/90	90/95	90/95	90/95
. RESISTENCIA A LA RASGADURA (TRAPEZOIDAL) (daN) (ASTM D 1117)	22/20	29/27	45/42	58/58	82/80	91/89
. RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO (daN) (ASTM D-751)	27	40	56	69	89	116
. RESISTENCIA AL REVENTON (MULLEN) (KPa) (ASTM D-3786)	32	44	55	73	87	116
. VELOCIDAD DE FLUJO DE AGUA VERTICAL (1/s) (Prueba del Instituto Franzius de Hanover)	21	19	18	17	15	14
. EOS (CW-02215)	70 +	50-70	70-100	70+-100+	100-120	120+

DL= Dirección longitudinal.

DT= Dirección transversal.

(Ref. No. 45)

TABLA III'15. NOMBRE DEL PRODUCTO: TYPAR
 FABRICANTE: DU PONT
 CONSTRUCCION: NO TEJIDO, ENLAZADO POR HILADO
 POLIMERO CONSTITUYENTE: POLIPROPILENO.

PROPIEDADES	G R A D O				
	3207	3267	3337	3407	3407-2
Peso unitario, g./m ²	68	90	110	136	150
Espesor bajo 2 KN/m ² , en mm	0.36	0.41	0.45	0.46	0.48
20 KN/m ² , en mm	0.33	0.36	0.40	0.43	0.44
200 KN/m ² , en mm	0.29	0.34	0.35	0.39	0.40
RESISTENCIA A LA TENSION					
- Prueba de tira de 5 cm, KN/m (DIN 53857)	2.8	3.4	4.0	6.3	7.5
Elongación a carga máxima, % (ISO 5081)	25	25	25	26	32
- Prueba de tira de 10 cm do- blada, KN/m (DIN 53857-2)	3.1	4.1	5.0	7.6	8.8
Elongación a carga máxima, %	35	40	40	40	40
- Ancho de 10 cm restringido, KN/m (SN 198461)	3.2	3.9	5.2	7.6	9.5
Elongación a carga máxima, % (EMPA)	30	27	30	31	38
- A lo ancho (50 cm), KN/m (NF-G 38-014)	3.5	4.7	5.6	8.8	10.7
Elongación a carga máxima, %	31	35	35	35	43
- Resistencia de Grab, N (DIN 53858)	270	360	440	565	710
- Resistencia de Grab, N (ASTM 1682)	285	390	470	680	780

CONTINUACION TABLA III'15

PROPIEDADES	G	R	A	D	O
	3207	3267	3337	3407	3407-2
- Elongación a carga máxima %	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60
Pistón de CBR, N (DIN 54307)	500	690	830	1270	1500
Resistencia al reventón, KN/m ² (ASTM D 3786)	580	750	1000	1350	1370
Resistencia a la rasgadura trapezoidal, N (ASTM D 1117)	125	200	270	370	380
Penetración de cono, mm (SØRLIE)	50	43	36	29	30
Resistencia al punzonamiento, N (ASTM D 3787)	100	120	150	225	250
Coefficiente de Permeabilidad, K					
Bajo 2 KN/m ² (EMPA/ITF/	25	13	10	7	5
Bajo 200 KN/m ² DE VOORST)	9	7	6	5	3.5
Permitividad					
Bajo 2 KN/m ² (EMPA/ITF)	5.5	3.1	2.0	1.5	1.1
Bajo 200 KN/m ²	4.4	2.0	1.8	1.2	0.9
Velocidad de flujo a una carga de 10 cm (DE VOORST)	260	210	160	100	75
Transmisividad (EMPA)					
Bajo 20 KN/m ² , 10 ⁻⁶ m ² /s	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Bajo 200 KN/m ² , 10 ⁻⁶ m ² / s	0.05	0.07	0.1	0.15	0.15
Tamaño máximo de poro (Ø95)					
- Cribado en seco, µm (DE VOORST)	340	280	210	165	140
- Cribado húmedo, µm (EMPA, Franzius)	290	240	180	160	130
- Cribado hidrodinámico, (NF-G 38-017)	270	250	190	140	130

(Ref. No. 25)

IV) ESPECIFICACIONES.

IV.1) INTRODUCCION.

Durante los últimos años, mucho trabajo ha sido - realizado para calificar y cuantificar los beneficios que pueden ser obtenidos del uso de los geotextiles y han sido hechos esfuerzos básicamente para establecer especificaciones que guen al ingeniero en la selección del geotextil más adecuado entre una gama de geotextiles normalmente disponibles. Sin embargo, debido a diferentes intereses de cada uno de los países en que se aplican los geotextiles y a las barreras lingüísticas, principalmente, la aproximación a estos problemas ha variado considerablemente de país a país, resultando consecuentemente muchas especificaciones para los geotextiles, aún cuando son usadas para aplicaciones similares. (Ref. No. 52).

Es importante indicar que a pesar de las diferencias existentes de especificaciones de un país a otro, siempre comprenden alguno o la totalidad de los siguientes puntos:

- 1) Descripción de la aplicación.
- 2) Requisitos del material (propiedades).
- 3) Requisitos de empaquetado e identificación.
- 4) Requisitos de muestreo.
- 5) Detalles de construcción.
- 6) Medición y pago.

Las especificaciones aquí presentadas son:

- a) De tipo normativo: comprenden algunas especificaciones

establecidas por diversas autoridades de los Estados-
Unidos vinculadas con obras civiles.

- b) Especificaciones del fabricante: que orientan sobre -
el tipo de geotextil que será usado para una aplica_-
ción en particular y detallan la forma en que el geo_
textil será instalado.

- c) Otras especificaciones: que básicamente comprenden -
una guía para la selección del geotextil (de acuerdo
a valores de las diferentes propiedades relevantes -
del producto) para una aplicación específica.

IV.2) ALGUNAS ESPECIFICACIONES NORMATIVAS.

IV.2.1) NORMAS DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA SUBDRENAJE.

+ Para telas adyacentes a suelos granulares que contengan 50% o menos en peso de partículas-malla 200, se requiere que:

$$\frac{85\% \text{ del tamaño del suelo}}{\text{tamaño de abertura de la malla EOS.}} \geq 1$$

donde EOS es el tamaño de abertura equivalente. Eso es, - el número de malla estándar en los Estados Unidos que tiene aberturas lo más cercanas en tamaño a las aberturas de la tela filtrante. El EOS de la tela es el retenido en el número de malla estándar, de los EEUU en esta fracción. - Además, el área abierta total de la tela no deberá exceder del 36%.

+ Para telas adyacentes a suelos más finos que el anterior, el EOS no deberá ser más grande que la abertura en la malla No. 70 estándar de los Estados Unidos (0.0083 pulgadas) y el área abierta de la tela no podrá exceder del 10%.

+ Para reducir la ocurrencia de taponeamiento de la tela durante su tiempo de vida, la tela deberá tener un EOS no menor que la abertura de la malla No. 100 estándar de los EEUU (0.0059 pulg) o un área abierta menor del 4%.

IV. 2.2) ESPECIFICACION DEL SERVICIO FORESTAL DEL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.

SECCION 720 TELA FILTRANTE PLASTICA.

720.01 GENERAL. La tela filtrante plástica deberá ser una hoja permeable de hilo tejido plástico de monofilamento en un patrón uniforme con aberturas claras y medibles. El hilo de plástico será un polímero sintético compuesto de por lo menos 85% en peso por polipropileno, etileno, o cloruro de polivinilo, y contendrá estabilizadores adicionados al plástico base para hacer a los filamentos resistentes al deterioro debido a la exposición a los rayos ultravioleta y/o al calor. La tela deberá ser calandrada de tal modo que los hilos mantengan su posición relativa unos con otros. Los bordes de la tela serán ribeteados para evitar que los hilos exteriores se retiren de la tela. La tela estará libre de defectos, rasgaduras, agujeros o imperfecciones.

El contratista proporcionará un certificado de fábrica o declaración firmada por un oficial de la compañía fabricante de la tela. El certificado de fábrica o declaración certificará que la tela cumple los requisitos establecidos en estas especificaciones.

720.02 PRUEBA DE ACEPTACION PARA LA TELA PLASTICA FILTRANTE. Todas las marcas de tela plástica filtrante que serán usadas cumplirán con los requisitos de esta especificación cuando sean probadas de acuerdo con los procedimientos contenidos en el documento del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos intitulado "Guide Specifications Plastic Filter Cloth". No. CE 1310, Mayo 1973.

720.03 TELAS PROBADAS POR EL CUERPO DE INGENIEROS. Las telas plásticas filtrantes de la tabla IV.1 han sido probadas por el Cuerpo de Ingenieros y encontradas de cumplir los requisitos de especificación para los tipos de -

tela enlistados en la tabla IV.3. Subsección 720.05.

720.04 TELA NO PROBADA PREVIAMENTE. Si el contratista elige usar una tela filtrante diferente a las enlistadas en la Subsección 720.03, él proporcionará los resultados de la prueba ejecutada como se prescribe en la Subsección 720.02. Los resultados de la prueba serán proporcionados por lo menos 60 días antes de la instalación.

720.05 REQUISITOS FISICOS Y DE RESISTENCIA. La tela filtrante plástica cumplirá los requisitos listados en la tabla IV.2 y los requisitos de resistencia listados en la tabla IV.3. A menos que sea mostrado de otra manera en los planos, serán usadas las telas filtrantes del tipo AB enlistadas en la tabla IV.3.

720.06 CLAVOS DE SEGURIDAD. Los clavos para asegurar la tela serán de acero, de un mínimo de 3/16 pulg. de diámetro, y por lo menos 15 pulg. de longitud. Otros dispositivos de seguridad equivalentes pueden ser sustituidos si son recomendados por el fabricante.

TABLA IV.1 TELAS PROBADAS POR EL CUERPO DE INGENIEROS DEL
EJERCITO DE LOS ESTADOS UNIDOS.

MANUFACTURANTE	MARCA	MACLA E.O.S. No. *	PORCIENTO DE AREA ABIERTA	RESISTENCIA A LA ABRASION **
Carthage Mills, Inc.	Filter x	100	4.6	Baja
Erosion Control Div.	Poly-Fil_ ter X	70	5.2	Alta
	Poly-Fil_ ter GB	40	24.4	Alta
Advance Construction	Erosion Con trol	100	4.3	Alta
Specialities Co.	Fabric (Tipo I)			
Erco System Inc.	Hicolon 65411	30	36.0	Baja

* E.O.S. es el "tamaño de abertura equivalente" y es de-
finido como el número de malla estándar de los E.U.A.-
que tiene aberturas más próximas en tamaño a la abertu-
ra de la tela filtrante.

** Para "alta" resistencia a la abrasión, la pérdida de -
resistencia después de la prueba no excederá del 70% y
las resistencias al desgaste no deben ser menores de -
100 lb en la dirección principal más fuerte y de 55 -
lb en la dirección principal más débil.

TABLA IV.2 REQUISITOS FISICOS MINIMOS PARA TELA
FILTRANTE PLASTICA

PRUEBA	% DE RESISTENCIA MINIMA DE LA RESISTENCIA A LA TENSTON SIN DESGASTE
Tratamiento alcalino	90
Tratamiento ácido	90
Tratamiento a baja temperatura	85
Tratamiento a alta temperatura	80
Presión de oxígeno	90
Congelamiento/deshielo	90
Climatómetro	65
	Resultado de prueba
Fragilidad	No hay fallas a -60° F
Cambio de peso en agua	Menos del 1.0%

(Ref. No. 63)

TABLA IV.3 REQUISITOS DE RESISTENCIA MINIMA SIN DESGASTE
PARA TELA FILTRANTE PLASTICA.

TIPO DE TELAS TELA	DIRECCION PRINCIPAL MAS FUERTE (TENSION, lb)	DIRECCION PRINCIPAL MAS DEBIL (TENSION, lb)	RESISTENCIA A:		RUPTURA DE JUNTA (lb)	
			REVENTON (lb/pu ¹ g ²)	PUNZONA MIENTO (lb)		
AB	Poly-Filter X	200	200	510	125	195
	Poly-Filter GB					
	Erosion control fabric					
C	Nicolon 66411	180	100	250	65	90
	Filter X					

(Ref. No. 63)

TABLA IV.4 NORMAS DE TELA USADAS POR LA REGION B (DISTRITO SUR) DEL SERVICIO FORESTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS.

PROPIEDAD DEL TEXTIL	TIPO DE USO CONSTRUCTIVO			
	CERCAS DE SEDIMENTACION	REFUERZO DE CAMINOS	SUBDREHAJES RELLENOS DE GRAVA	REVESTIMIENTO O ZAMPEADO
Tipo de tela	No tejida	No tejida	No tejida	No tejida o tejida
Permeabilidad del agua [(gal/min)/pie ²]	500	400	350	350
Espesor (mils) ^a	70	70	90	100
Resistencia de Grab (lb) ^b	-	100	90	200
Elongacion de Grab (%)		15 mínimo 20 máximo		
Resistencia al Reventon (lb/pulg ²) ^c	200	-	250	400
Elongacion al 40% (%)		50 pulg en 24 hr.		
Rasgadura trapezoidal (lb/pulg ²) ^d	50	50	-	90
Degradacion a los rayos ultravioleta (% mín.de pérdida anual)	25	-	-	-
EOS (tamaño de abertura equivalente)	70 mínimo 100 máximo	-	-	-
Sifonaje (qts/hr para tela de 2 pulg)	-	0.3	0.3	0.3

(Ref. No. 63)

a Prueba D-1777 de la ASTM

b Prueba D-1682 de la ASTM

c Prueba D-231 de la ASTM

d Prueba D-2263 de la ASTM

TABLA IV.5 ESPECIFICACIONES PARA TELA DE MUESTRA DE LA DIVISION DE CAMINOS DEL DEPARTAMENTO DEL TRANSPORTE DEL ESTADO DE ALABAMA (EUA)

PROPIEDAD DE LA TELA	TIPO DE USO CONSTRUCTIVO							
	SUBDRENES		REVESTIMIENTO DE AGREGADO		ZAMPEADO	REFUERZO		
	TEJIDA	NO TEJIDA	TEJIDA	NO TEJIDA		TEJIDA	TEJIDA	
Resistencia de GRAB (lb) ^a	200	90	200	90	200	200	90	
Elongacion de GRAB (%)	-	50	-	50	-	10-35	50	
Resistencia al reventon (lb/pulg ²)	500	-	500	-	500	500	-	
Resistencia al punzonamiento (lb)	120	-	120	-	120	120	-	
Resistencia a la abrasion (lb) ^c	55	-	55	-	55	55	-	
Resistencia a la ruptura de junta (lb)	180	-	180	-	180	180	-	
Permeabilidad ^e mfnima (cm/seg)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.033	0.02	
máxima (cm/seg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.038	0.3	
Coefficiente de friccion (tela/agregado)	-	-	0.4	0.4	-	-	-	
Suelos granulares (50% > No. 200) d85/EOS, mfnimo (%)					4			
Area abierta, mfnimo (%)					35			
Suelos finos (50% < No.200) EOS					70-100			
Area abierta (%)					4-10			

a Prueba D-1682 de la ASTM

b Prueba D-751 de la ASTM

c Pruebas D-1175 y D-1682 de la ASTM

d Prueba D-1683 de la ASTM

e Prueba de Permeabilidad para Telas Filtrantes de la División de Caminos de Alabama.

(Ref. No. 63)

TABLA IV.6 ESPECIFICACION PARA TELA DE INGENIERIA DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DEL ESTADO DE CALIFORNIA (EUA) DIVISION DE CAMINOS.
(Ref. No. 63)

PROPIEDAD	ESPECIFICACION
Peso, ASTM D-1910 (oz/yd ²)	4.0 mnimo
Espesor, ASTM D-1777 (Mils)	50 mnimo
Resistencia a la tensión, ASTM D-1682 (lb)	100 mnimo
Elongación, ASTM D-1682 (%)	50 mnimo
Ductilidad (resistencia x elongación)	6000 mnimo

TABLA IV.7 ESPECIFICACION PARA TELA DE INGENIERIA DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DEL ESTADO DE ILLINOIS.

PROPIEDAD	ESPECIFICACION
Peso, ASTM D 1910 (oz/yd ²)	4.0 mnimo
Resistencia de Grab, ASTM D 1682 (lb)	100 mnimo
Elongación de Grab, ASTM D 1682 (%)	60 mnimo
Tela para retener suelo > 106 μ m (malla No. 140)	
Tela para pasar suelo > 25 μ m.	

(Ref. No. 63)

IV.2.6) ESPECIFICACIONES DEL ESTADO DE NEW HAMPSHIRE.
(Abril 30, 1980)
DISPOSICION ESPECIAL
Item 593 - Tela de Ingenierfa.

DESCRIPCION.

1.1) Este trabajo constará del suministro y colocación de la tela de ingenierfa como se muestre en los planos o sea ordenada.

MATERIALES.

2.1) La tela a ser usada para este ítem será aprobada por el Ingeniero de Materiales e Investigación antes de ser incorporada en el trabajo. La aprobación de una tela será dada basándose en una evaluación de las propiedades físicas y resultados de prueba presentados por el fabricante. Las peticiones para aprobación estarán hechas a la División de Materiales e Investigación mínimo cuatro semanas antes del uso de la tela.

2.1.1) La tela no tejida constará de fibras sintéticas enlazadas para proporcionar un material fuerte y permeable al agua.

La tela no tejida cumplirá los requisitos contenidos en la tabla IV.2.

2.1.2) La tela tejida constará de fibras sintéticas tejidas para proporcionar un material fuerte y permeable al agua. Después de la tejedura, la tela será calandrada para mantener su forma, y las orillas serán ribetadas.

Las telas tejidas cumplirán con los requisitos contenidos en la tabla IV.9.

TABLAS IV.8 Y IV.9

ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE
 DEL ESTADO DE NEW HAMPSHIRE (EUA)
 TABLA IV.8 REQUISITOS PARA TELA DE INGENIERIA NO
 TEJIDA.

PRUEBA	METODO	REQUERIMIENTO
.Resistencia a la tensión (Grab)	ASTM D 1682 (Espécimen probado mojado)	Mfn. 100 lbs
.Elongación de Grab	ASTM D 1682 (Espécimen probado mojado)	Mfn. 50%

TABLA IV.9 REQUISITOS DE TELA DE INGENIERIA TEJIDA

PRUEBA	METODO	REQUERIMIENTO
.Resistencia a la tensión (Grab) *(Tela sin desgaste)	ASTM D 1682	200 lbs. mfnimo en cualquier di_ rección principal
.Resistencia al reventón *(Tela sin desgaste)	ASTM D 751, Probador del reventón de diafragma	500 psi mfn.
.Resistencia al punzona_ miento. *(Tela sin desgaste)	ASTM D 751, Máquina de prueba a la tensión con mordazas de anillo	120 lbs. mfn.

* Tela sin' desgaste está definida como la tela en la condi_
 ción recibida del fabricante o distribuidor.

IV.2.7) ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE
DEL ESTADO DE OHIO (EUA)

Especificación Suplementaria 939

Tela Filtrante

(Marzo 16, 1981)

La tela filtrante estará compuesta de fibras polimé_ ricas no biodegradables fuertes arregladas en una tela - tejida o no tejida que satisfecerá los requisitos conteni_ dos en la tabla IV.10.

Además, la tela estará libre de cualquier tratamien_ to que pueda alterar significativamente sus propiedades - físicas. Durante todos los períodos de envío y almacena_ miento, la tela estará envuelta en una cubierta protecto_ ra de uso rudo para protegerla de la luz directa del sol, lodo, suciedad y otros desechos.

El fabricante presentará datos de prueba certifica_ dos para cubrir cada envío de material.

TABLA IV.10 ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE
TRANSPORTE DEL ESTADO DE OHIO (EUA)
REQUISITOS PARA TELAS TEJIDAS

. Resistencia a la tensión (GRAB) (ASTM D 1682)	150 lb, mfn.
. Elongación (ASTM D 1682)	10 - 40%
. Resistencia al reventón (ASTM D 7511)	425 lb., mfn.
. Tamaño de abertura equivalente basado en mallas estándar de los EUA.	30 - 100
. Area abierta	4 - 36%
. Coeficiente de permeabilidad	2×10^{-2} cm/seg, mfn.

REQUISITOS PARA TELAS NO TEJIDAS

. Resistencia a la tensión (GRAB) (ASTM D 1682)	95 lb, mfn.
. Elongación (ASTM D 1682)	60 - 130%
. Resistencia al rasgado (trapezoidal) (ASTM D 1117)	170 lb, mfn.
. Resistencia al reventón (ASTM D 751)	170 lb, mfn.
. Tamaño de abertura equivalente basado en mallas estándar de los EUA.	50 - 100
. Coeficiente de permeabilidad	1×10^{-2} cm/seg, mfn.

IV.3) ESPECIFICACIONES DE FABRICANTE

NORMAS DE LA EXXON CHEMICAL AMERICAS PARA LA SELECCION E INSTALACION DE LOS GEOTEXILES EXXON (Ref. 28)

IV.3.1) ESPECIFICACIONES PARA SELECCION E INSTALACION DE GEOTEXILES PARA ESTABILIZACION DE SUELOS.

REQUISITOS GENERALES.

La tela debe ser una hoja permeable compuesta de un hilo polimérico no biodegradable fuerte o de fibra dispuesta en una red estable que mantenga su estructura relativa durante el manejo, colocación, y servicio a largo plazo. Debe tener una buena resistencia al deterioro por temperaturas ambientales, a los ácidos y a las condiciones alcalinas, y debe ser indestructible ante los microorganismos e insectos. El material debe ser resistente, a corto plazo, (hasta su colocación) al deterioro por la luz ultravioleta, o protegido hasta su colocación, como lo haya recomendado el fabricante. Durante el envío y al macenamiento, los rollos de tela deben ser protegidos contra el deterioro debido al sol, lodo, suciedad, polvo, y otras condiciones deletéreas en todo tiempo hasta su uso.

REQUISITOS DE INSTALACION.

1) Si existen condiciones moderadas del lugar, o sea, CBR mayor que 1, el sitio debe ser limpiado, desyerbado y sobre excavado para diseñar la rasante, teniendo cuidado de escarificar toda la capa superior del suelo, los suelos blandos, y cualquier otro material inconveniente. Las operaciones de prueba de compactación ligera serán consideradas para ayudar a localizar materiales inadecuados -

que deban ser removidos. Cavidades aisladas, donde una sobreexcavación sea requerida, deben ser rellenadas, para favorecer un drenaje positivo. Opcionalmente, podrán ser instalados drenes especiales con desagües para drenar estas áreas aisladas.

2) Durante las operaciones de escarificado, debe tenerse cuidado de no molestar a la subrasante. Esto puede requerir el uso de bulldozers ligeros o motoconformadora para suelos de baja resistencia o suelos no cohesivos saturados y suelos de baja cohesividad. Para terrenos extremadamente blandos, se debe tomar en consideración no excavar los materiales de la superficie de modo que se pueda tomar ventaja de la alfombrilla de raíces, si ésta existe. En este caso, toda la vegetación debe ser cortada de acuerdo con la superficie del terreno. Las raíces que extiendan por debajo de la superficie del terreno no deben ser removidas. Los árboles y tocones deben ser cortados al ras de la superficie del terreno y se debe colocar aserrín o arena sobre aquellas áreas para proteger la tela.

3) Una vez que la subrasante a lo largo de un segmento particular del alineamiento del camino ha sido preparada, el geotextil debe ser desenrollado en la línea con la colocación del agregado del nuevo camino. Las operaciones de campo pueden acelerarse si el geotextil es precosido a anchos de diseño tales que pueda ser desenrollado en una hoja continua. El aumento en el costo debe ser pesado contra los beneficios del precosido. La tierra no debe ser dragada a través de la subrasante. El rollo entero de la tela debe ser colocado y desenrollado tan uniformemente como sea posible. Las arrugas y pliegues en la tela deben ser removidos extendiéndola y estacando conforme sea requere

rido.

4) Los rollos paralelos deben ser traslapados, cosidos, o unidos según sea requerido. Los requerimientos específicos se verán en detalle posteriormente.

5) Para curvas, la tela debe ser doblada o cortada y traslapada en la dirección de la curva (la tela previamen en la parte superior). Los dobleces en la tela deben ser engrapados o clavados 5 pies (1.53 m) en el centro.

6) Cuando la tela intersecta un área pavimentada existente, la tela debe prolongarse a la orilla del viejo sistema. Para ensanchado o intersectamiento de caminos existentes donde la tela ha sido usada, debe tomarse en consideración el anclaje de la tela con la orilla del camino. Idealmente, la orilla del camino debe ser excavada por abajo de la tela existente, y la tela existente cosida a la nueva tela. Los traslapes, grapas y clavos también pueden ser utilizados.

7) El agregado de la subbase debe ser amontonado en un extremo de la tela y en las orillas de esta o sobre el agregado previamente colocado. Para subrasantes muy suaves, la altura de las pilas debe estar limitada para evitar fallas del camino inducidas por construcción.

8) Antes de cubrir, la condición de la tela debe ser observada por un ingeniero calificado con experiencia en el uso de telas para determinar que no haya agujeros, rasgaduras, etc., ocurridos en la tela. Si algunos defectos son observados, la sección de la tela que tiene el defecto debe ser reparada colocando una nueva capa de tela que se extenderá más allá del defecto en todas direcciones -

con el traslape mínimo requerido para rollos paralelos. - Alternativamente, la sección defectuosa puede ser reemplazada.

9) La primera capa de agregado debe ser emparejada con el relleno previamente colocado a 12 pulgadas, o al espesor de diseño si es menos que 12 pulgadas antes de la compactación. Nunca debe ser permitido equipo en el camino con menos de 8 pulgadas (6 pulgadas para CBR mayor que o igual a 2) de agregado compactado sobre la tela. Para suelos extremadamente blandos, probablemente se requerirán vehículos de construcción de peso ligero para pasar la primer capa. Los vehículos de construcción deben ser limitados en tamaño y peso tal que al acanalamiento en la primer capa no sea mayor de 3 pulgadas. Si las profundidades de acanalamiento exceden 3 pulgadas, es necesario disminuir el tamaño y/o peso de los vehículos de construcción.

10) La primera capa de agregado de la subbase debe primero ser compactada pasando con un bulldozer y después compactando con un compactador de rodillos lisos para obtener una densidad compactada mínima. Para suelos muy blandos, la densidad de diseño no debe ser anticipada para la primer capa y como tal, los requisitos de compactación deben ser reducidos. Una recomendación sería requerir un nivel de compactación de 5% menos que la densidad de especificación requerida.

11) La construcción debe ser ejecutada paralela al alineamiento del camino. El volteo no debe ser permitido en la primera capa del agregado de la subbase. Pueden ser construidos desvíos a la orilla del camino para facilitar la construcción.

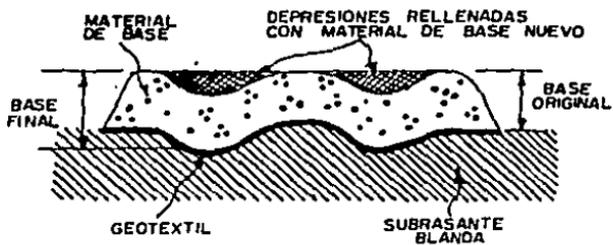


FIG. IV - 1
(REF. No. 28)

12) Si la tela es usada bajo la función de refuerzo, el pretensado de la tela debe ser considerado. Para el pretensado, el área debe ser probada pasando un vehículo de llantas de hule de carga pesada tal como un camión de volteo cargado. La carga por rueda debe ser equivalente a la máxima esperada en el sitio. El vehículo debe hacer como mínimo cuatro pasadas sobre la primer capa en cada área del lugar. Alternativamente, una vez que el agregado de diseño ha sido colocado, el camino puede ser usado antes de la pavimentación de modo que el preesfuerzo en la tela en áreas claves pueda ser obtenido.

13) Algunas depresiones formadas durante la construcción deben ser rellenadas para mantener una cubierta adecuada sobre la tela. De otro modo, estas depresiones deberán ser rebajadas ya que esto disminuiría la cantidad de cubierta de agregado entre las depresiones.

14) Todos los sobrantes de agregado de subbase deberán ser colocados en capas sueltas que no excedan 9 pulgadas en espesor y compactados a la densidad especificada.

TRASLAPES.

Los traslapes pueden ser usados para proporcionar continuidad entre los rollos de tela adyacentes a través de resistencia friccional entre los traslapes. En aplicaciones de no refuerzo, o sea, donde la única función de diseño del geotextil es la separación, son requeridos suficientes traslapes para evitar el apachurramiento del suelo en la zona de contacto con la tela. La cantidad de traslape depende principalmente de las condiciones del suelo y el potencial del equipo para acanalar al suelo.

Si la subrasante no se acanalara bajo actividades de construcción, solamente un traslape mínimo suficiente para proporcionar alguna resistencia al halado es requerido. Conforme el potencial de acanalamiento y la presión del suelo se incrementa, el traslape requerido aumenta. Ya que el acanalamiento potencial puede estar relacionado con el CBR, éste puede ser usado como una norma para el mínimo traslape requerido.

REQUISITOS DE TRASLAPE MINIMO RECOMENDADOS

<u>CBR</u>	<u>TRASLAPE MINIMO</u>
Mayor que 2	1,5 pies
1 - 2	2-3 pies
0,5 - 1	3 pies o cosido
Menor que 0.5	Cosido
Todos los extremos del rollo	3 pies o cosido

La tela puede ser engrapada o clavada en los traslapes para mantenerlos en su lugar durante las actividades de construcción. Deben ser puestos clavos de 10 a 12 pulgadas de largo en el centro para rollos paralelos y 5 - pies en el centro para extremos de rollo.

Los anchos de tela deben ser seleccionados tal que los traslapes de rollos paralelos ocurran a la línea central y en el hombro. Los traslapes no deben ser puestos a lo largo de los lugares donde las ruedas principales pasan.

Los traslapes en el extremo de los rollos deben estar en la dirección de la colocación del agregado (rollo-

previo en la parte superior).

UNIONES.

Las uniones cosidas son especificadas cuando es requerida la transferencia de esfuerzo y/o carga de una capa a otra. Cuando las costuras son requeridas, se recomienda que éstas cumplan los mismos requisitos de resistencia a la tensión para diseño y durabilidad que son exigidos para la tela, en la dirección perpendicular a la costura (como lo determinan los mismos métodos de prueba). Todas las uniones de fábrica o campo deben ser cosidas con hilo que tenga la misma o mayor durabilidad y resistencia que el material de la tela. Son recomendadas las "uniones en J" con puntadas de entrelazamiento. Alternativamente, si son usadas las uniones planas, las costuras deben ser hechas doblemente con puntadas paralelas espaciadas no más de 1/4 a 1/2 pulgada. La doble costura es requerida para proporcionar un factor de seguridad contra puntadas erradas no detectadas. La resistencia de la tela puede ser realmente mayor que la especificada, para proporcionar resistencias de la costura igual a la resistencia a la tensión especificada.

DETALLES DE UNIONES TÍPICAS DE LOS GEOTEXILES



COLOCACION INADECUADA : NO PUEDE SER INSPECCIONADA
O REPARADA - DEBERA SER EVITADA DONDE SEA POSIBLE



FIG. IV - 2
(REF. No. 28)

IV.3.2.) ESPECIFICACIONES PARA SELECCION E INSTALACION DE GEOTEXILES PARA CONTROL DE SEDIMENTOS.

La selección de una cerca de sedimentación apropiada requiere un conocimiento de las condiciones del lugar y severidad del uso. Las diferentes aplicaciones pueden requerir variaciones en la configuración de los postes o refuerzo adicional.

En la tabla IV.11 se especifican algunas propiedades de tela recomendadas.

NOTAS:

Todos los valores numéricos representan valores promedio mínimos del rollo, es decir, cualquier rollo en el lote debe cumplir o exceder los valores en la tabla - IV.11.

Las propiedades físicas recomendadas son proporcionadas para dos clasificaciones de aplicación: estándar y de uso rudo. La última es recomendada cuando se anticipan cargas de sedimentos y volúmenes de agua grandes.

La cerca de sedimentación usada será una cerca de sedimentación prefabricada con tela alrededor unida a los postes o será ensamblada en el campo de acuerdo a las siguientes normas de instalación.

La tela debe ser una hoja permeable compuesta de un hilo polimérico no biodegradable fuerte, o de una fibra orientada en una red estable que mantenga su estructura relativa durante el manejo, colocación y servicio a largo

TABLA IV.11

PROPIEDADES DE TELA RECOMENDADAS (Ref. No. 28)

Propiedades de la tela	Método de prueba	CLASIFICACION DE LA APLICACION	
		Estándar	Uso Rudo
.Resistencia a la tensión (Grab) (lbs).	ASTM D-1682	110	450
.Resistencia al reventón (Mullen) (lbs)	ASTM D-751/3786	250	800
.Resistencia a la rasgadura trapezoidal (lbs)	ASTM D-1117	50	150
.Elongación de Grab (%)	ASTM D-1682	20	20
.Estabilidad a la luz ultra violeta (% resistencia retenida - después de 500 hrs de exposición a arco carbono)	FEDTM 191	> 90	> 70
.Coeficiente de permeabilidad (K) (cm/s).	ASTM .03.80.05 (propuesta)	.02	.05
.Tamaño de abertura equivalente (número equivalente de malla de EUA)	ASTM .03.81.08 (propuesta)	70 - 50	70-50
.Velocidad de flujo de agua - vertical (GPM/ft ²)	Carga descendente D-4491-85	22	48

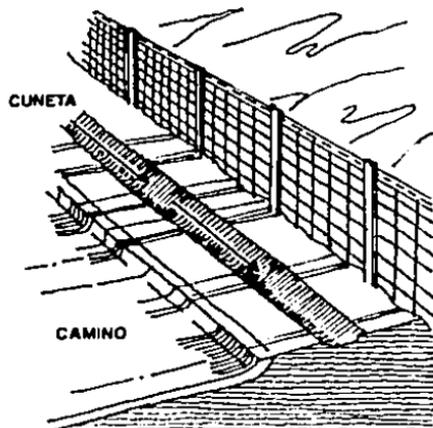
plazo. Debe tener una excelente resistencia al deterioro por temperaturas ambientales, ácido y condiciones alcalinas, y debe ser indestructible a microorganismos e insectos. El material debe ser resistente al deterioro por luz ultravioleta y protegido hasta la colocación como lo haya recomendado el fabricante de tal manera que el deterioro no ocurra. Durante el envío y almacenamiento, los rollos de tela deben estar protegidos contra el deterioro debido al sol, lodo, suciedad, polvo y otras condiciones deletéreas en todo tiempo hasta su uso.

REQUISITOS DE INSTALACION EN LA BASE.

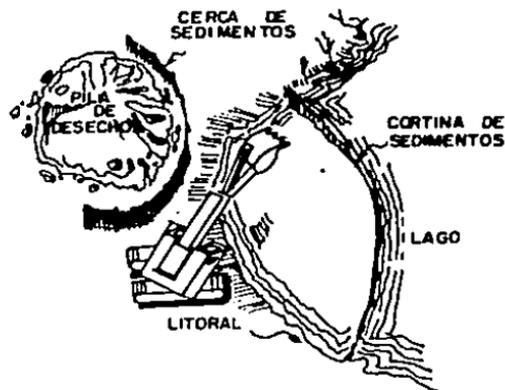
1) Primero, una pequeña trinchera de base debe ser excavada a lo largo de la línea donde la cerca de sedimentación va a ser colocada. La trinchera debe ser de una profundidad de 6" (mínimo) y 6" de ancho. El material excavado debe ser colocado al frente del lado de aguas arriba de la trinchera para facilitar su relleno posterior.

2) Posteriormente, los postes de la cerca deben ser dejados en el lado trasero o de aguas abajo de la trinchera. Los postes deben ser clavados de manera que 1/3 de la altura del poste esté enterrado. Cuando se instale una cerca de sedimentación prefabricada con tela atada a los postes, éstos deben ser clavados de modo que un mínimo de 6" de la tela sean enterrados en el terreno. Los postes deben ser colocados con una separación de 2 a 10 pies, dependiendo del volumen anticipado de escurrimiento. La mayoría de las cercas de sedimentación prefabricadas tienen postes espaciados aproximadamente de 7 a 10 pies, lo cual es normalmente adecuado. Si hay un lugar -

A LO LARGO DE CAMINOS



DRAGADO Y CONTROL DE SEDIMENTOS DE DESECHOS



ALREDEDOR DE PILAS DE MATERIALES

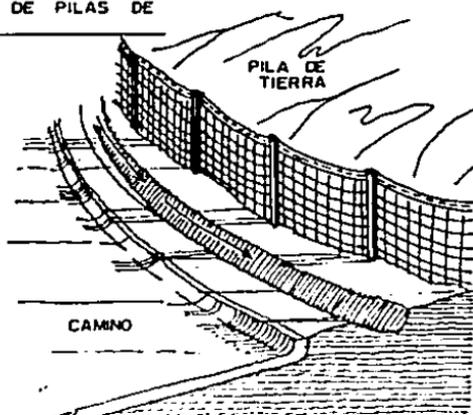


FIG. IV - 3 APLICACIONES TÍPICAS DE CERCAS DE SEDIMENTOS (REF. No. 28)

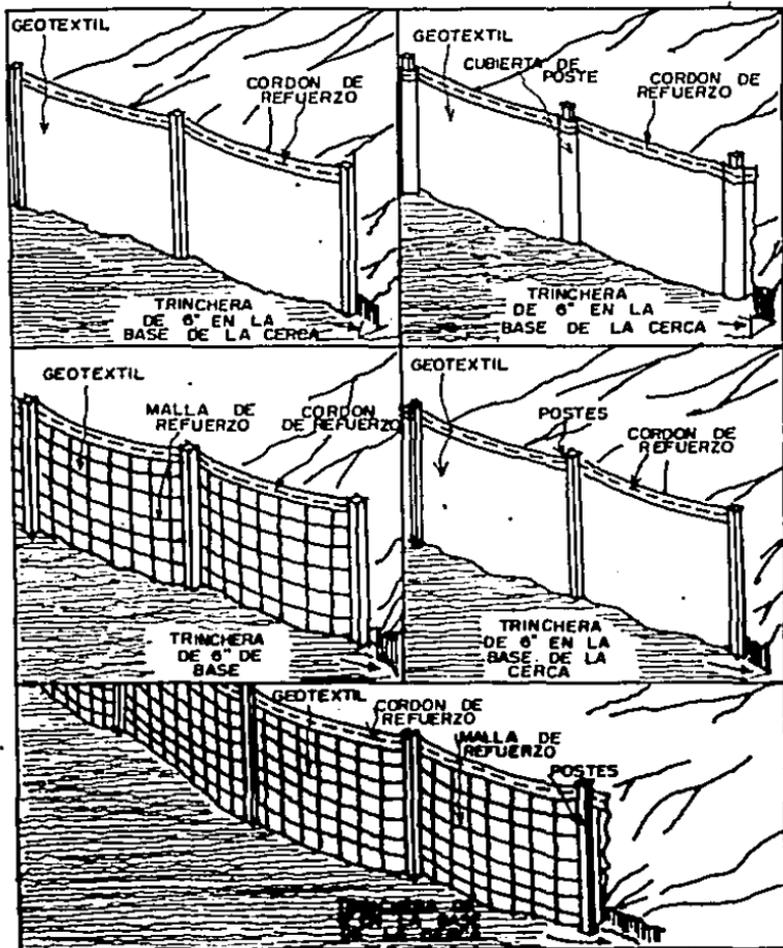


FIG. IX-4 DIFERENTES OPCIONES DE POSTE Y REFUERZO
(REF. No 28)

bajo donde la mayoría de los sedimentos tienden a recolectarse, puede ser requerido un espaciamiento más cerrado y las cercas de sedimentación prefabricadas pueden ser res_paldadas con postes extras. Los postes deben ser de madera dura o metal con suficiente resistencia para soportar una carga completa de sedimento depositado.

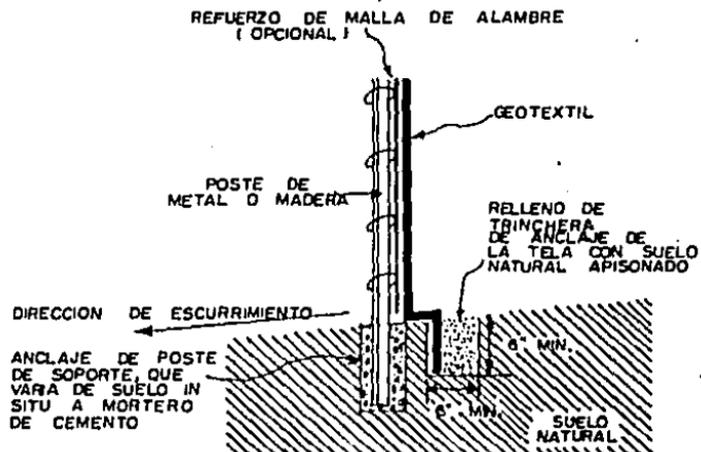
3) Si una cerca de sedimentación prefabricada no está siendo usada, la tela debe ser atada a los postes. Esto puede ser hecho de varias formas dependiendo del tipo de tela que está siendo usada. Si se usa una tela con --bolsas" cosidas, los postes deben estar insertados en las bolsas antes de que ellos sean clavados. Esta asegurará el espaciamiento y ajuste apropiado. Las telas con costura de cordón de refuerzo en el dobladillo deben ser ranuradas en el dobladillo en la posición del poste, cuidando no ranurar el cordón. El cordón debe ser halado un poco (de 4" a 6"), torcido en una gaza, y colocado apretadamente sobre la parte superior del poste. La gaza debe estar hecha de tal modo que la tensión en la cerca de sedimentación apriete la gaza alrededor del poste.

4) Finalmente, la trinchera debe ser rellenada con el material excavado y apisonada de modo que al menos 6"-de la tela estén seguramente clavadas dentro del terreno para evitar la socavación.

5) Las cercas de sedimentación deben chequearse periódicamente, especialmente después de las lluvias, y las -formaciones excesivas de sedimentos deben ser removidas -de tal modo que la cerca de sedimentación pueda continuar funcionando como se planeó. Como una alternativa, una hilera adicional de cerca de sedimentación puede ser insta_

lada talud arriba de la hilera inicial.

6) La tela debe unirse a los postes de madera usando como mínimo tres clavos de 1" con rondanas de 1" por poste. El engrapado en la tela del poste no es recomendado.



NOTA: DEPENDIENDO DE LA CONFIGURACION, AMARRAR LA TELA A LA MALLA DE ALAMBRE, POSTES DE ACERO O DE MADERA

FIG. IV - 5

DETALLES TÍPICOS PARA LA CONSTRUCCION DE CERCAS DE SEDIMENTOS

(REF. No. 28)

IV.3.3.) ESPECIFICACIONES PARA SELECCION E INSTALACION DE GEOTEXTILES PARA DRENAJE.

El diseño de un sistema de filtración o drenaje con geotextil requiere la consideración de un número de factores importantes, incluyendo:

- La evaluación de la naturaleza crítica de la aplicación y condiciones del sitio.
- Las características del suelo que está siendo retenido y drenado, o sea, el tamaño de grano, permeabilidad, etc.
- Las condiciones hidráulicas predominantes o anticipadas para aquella aplicación particular, incluyendo: dirección(es) de flujo, flujo estacionario o dinámico, etc.
- Las condiciones de instalación y servicio esperadas a ser encontradas.
- Las propiedades físicas y características del geotextil que ha de ser usado, o sea, sus capacidades de retención.

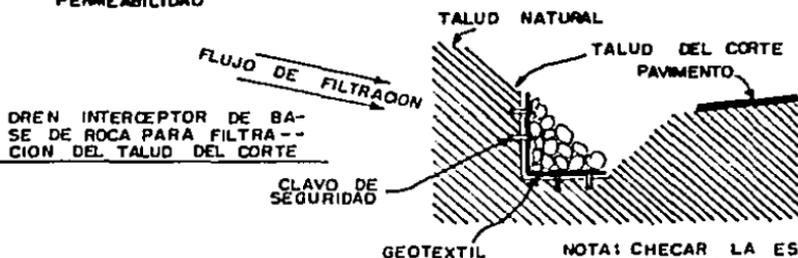
REQUISITOS GENERALES

- . La tabla IV.12 resume los geotextiles Exxon que cumplen o exceden los requisitos de propiedades físicas antes declaradas.
- . La tabla IV.13 discute las características y propiedades de durabilidad del geotextil. También se incluyeron no_

SUBDREN DE TRINCHERA ENVUELTO POR TELA



MATERIAL GRUESO DE
GRANULOMETRIA ABIERTA
PARA MAXIMA
PERMEABILIDAD



DREN INTERCEPTOR DE TRINCHERA PARA
FILTRACION DEL TALUD DEL CORTE

NOTA: CHECAR LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TALUD ANTES DE CORTAR A LA BASE PARA INSTALAR EL DREN

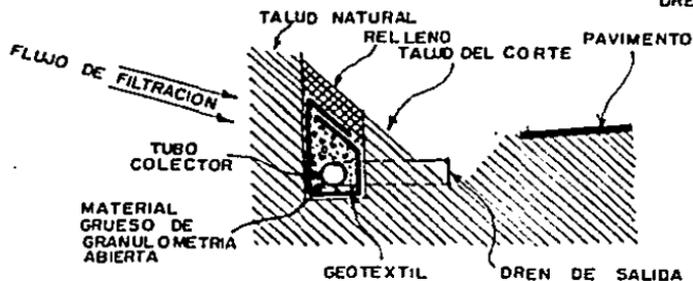


FIG. IV - 6 EJEMPLOS DE GEOTEXILES USADOS EN APLICACIONES DE DRENAJE (REF No 28)

tas y definiciones de términos comprendidos en las tablas.

Se recomienda que todos los sistemas de drenaje con geotextiles sean diseñados usando las tablas antes referidas u otras normas y criterios de diseño apropiados. La selección de un geotextil basada únicamente en propiedades físicas mínimas no se recomienda.

NOTA: Se debe tener cuidado en el diseño y construcción de aplicaciones de drenaje cuando ellas involucren:

- Riesgo de pérdida de vida, potencial para daño estructural significativo, o donde los costos de reparación excedan por mucho a los costos de instalación.
- En suelos tubificables o de granulometría incompleta, altos gradientes hidráulicos, o condiciones de flujo cíclico o de retorno.
- Suelos problema, que consten principalmente de limos y arenas uniformes que pasan en un 85% la malla No. 100.
- Suelos muy finos en una condición suelta con altos gradientes hidráulicos.

REQUISITOS DE INSTALACION.

Los procedimientos constructivos usados para hacer una trinchera de drenaje pueden resumirse como sigue:

- 1) En la etapa apropiada de construcción de caminos, la trinchera de subdrenaje es excavada en el suelo natu-

- ral adyacente al alineamiento del camino. En suelos - de cohesión extremadamente baja y donde existe un alto nivel freático, las trincheras con lados verticales - pueden no ser técnicamente posibles y, en tales casos, las trincheras en forma de "V" con el ángulo de talud- apropiado para la estabilidad deben construirse.
- 2) Después de que la trinchera es construida, el geotex- til debe ser cortado al ancho requerido, incluyendo to- lerancias para una colocación no apretada en la trin- chera, y un doble traslape de la tela en la parte supe- rior de la trinchera después de la colocación del sue- lo filtrante. El textil debe ser colocado en la trin- chera a lo largo de su alineamiento. Se debe tener - cuidado de colocar la tela tensadamente contra el sue- lo para que no ocurran espacios vacíos tras la tela. - También, deben ser evitadas las arrugas o pliegues. - Los extremos para rollos subsecuentes deben ser trasla- pados un mínimo de 18 pulgadas. La tela, que finalmen- te será usada en el doble traslape superior, debe ser- temporalmente usada para cubrir el material excavado - colocado a cada lado de la trinchera, para proteger al subdren de la contaminación inadvertida por la caída - de suelo dentro de la zanja y del mezclado con el mate- rial filtrante.
 - 3) Una capa inicial de material granular, con tamaño de - partícula más grande que los agujeros en el tubo debe- ser colocada en el fondo de la trinchera y después de- be ser puesto el tubo perforado o ranurado (si es re- querido) y ajustado a un nivel tal que ocurra un dreña- je apropiado.
 - 4) El sobrante del material granular debe ser luego pues-

to en la trinchera y compactado, normalmente por equipo vibratorio. La compactación es necesaria para asentarse el sistema tela-suelo granular contra la subrasante y para reducir el asentamiento en el área del hombro. - Las telas listadas bajo la categoría de "no protegidas" en la tabla IV.12, pueden requerir esfuerzos de compactación muy altos.

- 5) Después de la compactación, los dos bordes sobresalientes del geotextil deben ser traslapados en la parte superior del material granular filtrante compactado, y luego, el material producto de la excavación, subbase de hombro mejorada, u otro material debe ser colocado y compactado al grado deseado. El traslape protegerá al material granular de la contaminación. Se recomienda un traslape mínimo de 12 pulgadas para asegurar una protección completa.

TABLA IV.12

(Ref. No. 28)

TABLA DE PROPIEDADES FISICAS MINIMAS
 APLICACIONES DE DRENAJE Y FILTRACION

	Resistencia de Grab ASTM D-1682 (mínimo en la dirección principal)	Resistencia al punzona- miento ASTM D 751- 68	Resistencia al reventón (psi)	Rasgadura Trapezoi- dal ASTM D-117 (cualquier dirección)	AOS (EOS)de la tela	% Area Abierta	Coefficiente de permeabilidad
--	---	---	-------------------------------------	---	---------------------------	----------------------	-------------------------------------

Tela protegida (5)
(Propiedades mínimas)

80 lbs. 25 lbs. 130 25 - - -

Exxon GTF-125 D
(no tejido)

100 50 140 45 100/50 - .1

Exxon GTF-400 E
(Tejido de monofila-
mento)

400/225 160 525 115/65 70 6 .01

Tela sin proteger (4)
(propiedades mínimas)

180 80 290 50 - - -

Exxon GTF-225 D
No tejido

275 120 420 135 100 - .1

Exxon GTF-400 E
(Tejido de monofilamento)

400/250 160 525 115/65 70 6 .01

(ver tabla IV.13 para explicación de las notas 4 y 5)

TABLA IV.13

PROPIEDADES MINIMAS RECOMENDADAS PARA GEOTEXILES USADOS EN APLICACIONES DE DRENAJE Y FILTRACION NO CRITICAS¹ /NO SEVERAS²

I) Propiedades de durabilidad mínimas.

- A) Las fibras utilizadas en la manufactura de geotextiles consistirán en polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de cuando menos 85% en peso de poliolefinas, poliésteres o poliamidas.
- B) Los geotextiles con baja resistencia a la degradación por la luz ultravioleta (Más del 30% de pérdida de resistencia con 500 horas de exposición, ASTM D-4355) no deben estar expuestas a la luz solar por más de 7 días, mientras que los geotextiles con alta resistencia a la degradación por la luz ultravioleta no deben ser expuestos más de 30 días.

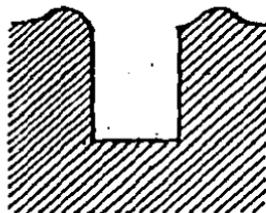
II) Notas y definiciones.

- 1) Las aplicaciones críticas involucran el riesgo de pérdida de vida, potencial de daño estructural significativo, o donde los costos de reparación excederían por mucho a los costos de instalación.
- 2) Las aplicaciones severas incluyen suelo con granulometría incompleta o suelo tubificable, gradientes hidráulicos altos, o condiciones de flujo cíclico o de retorno.
- 3) Todos los valores numéricos en la tabla IV.12 que representan valores de rollo promedio mínimos, o -

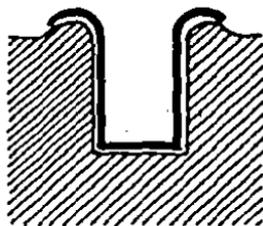
sea, valores medidos para una muestra (promedio de los resultados de los especímenes), deben cumplir o exceder los valores especificados.

- 4) Las aplicaciones de filtración y drenaje no protegidas para telas son donde los esfuerzos de instalación son más severos que en las aplicaciones protegidas, o sea, es usado un agregado angular muy afilado, es especificado un grado pesado de compactación, o la profundidad de la trinchera es mayor de 10 - - pies.
- 5) Las aplicaciones de drenaje y filtración protegidas son aquellas donde la tela es usada con superficies de nivelación uniformes que no tengan protuberancias angulosas afiladas, ni sea usado agregado angular - afilado, los requisitos de compactación son ligeros, y las trincheras son menores que 10 pies en profundidad.

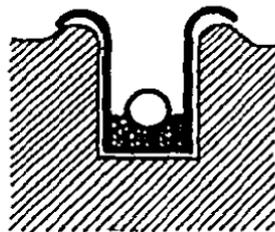
FIG. IX-7 PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE UN SUBDREN RECUBIERTO DE LA TELA (REF. No 28)



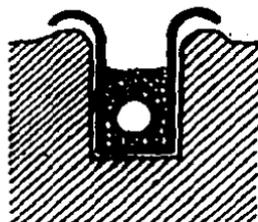
1. ZANJA EXCAVADA



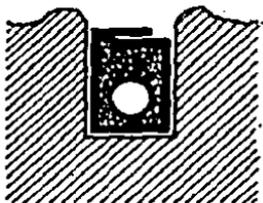
2. COLOCACION DE LA TELA



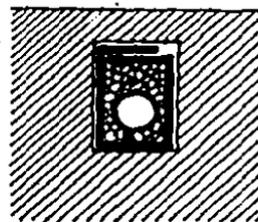
3. COLOCACION DE LA CAPA INICIAL DEL MATERIAL GRANULAR Y DEL TUBO



4. COLOCACION / COMPACTACION DE MATERIAL GRANULAR RESTANTE



5. ENVOLTURA DEL MATERIAL POR LA TELA EN LA PARTE SUPERIOR



6. COMPACTACION DEL RELLENO

IV.3.4) ESPECIFICACIONES PARA SELECCION E INSTALACION DE GEOTEXILES PARA CONTROL DE EROSION.

El diseño del geotextil de control de erosión debe - considerar:

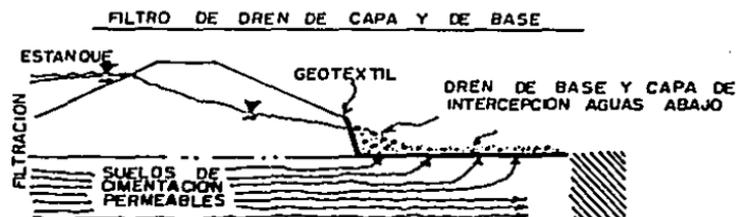
- Naturaleza crítica o no crítica de la instalación.
- Potencial de tubificación del suelo debido a las - condiciones de flujo de retorno.
- Permeabilidad del geotextil comparada con la del - suelo natural.
- Potencial de taponeamiento del geotextil por el - suelo adyacente.
- Condiciones de instalación y servicio a las que el geotextil puede estar sujetado.

REQUISITOS GENERALES.

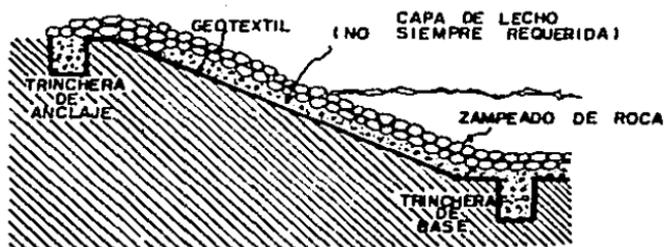
La tabla IV.14 incluye las características de los - geotextiles y proporciona notas y definiciones. Los re-
quisitos físicos mínimos se muestran en la tabla IV.15.

La tela de control de erosión debe estar diseñada - conforme a lo arriba referido u otras normas apropiadas - que tomen en consideración las propiedades de suelo prote-
gido. Estas incluyen, pero no están limitadas a: tamaño-
de grano o granulometría, cohesividad, permeabilidad, ero-
sionabilidad, esfuerzos de instalación, potencial de abra-
sión, composición química, etc. La selección del geotex-
til no debe estar basada sólo en propiedades físicas.

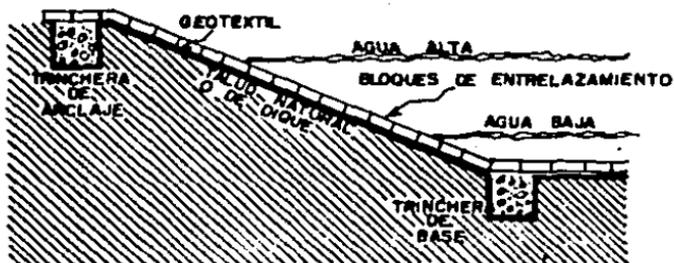
FIG. IV-8
(REF No. 28)



CAPA FILTRANTE DE ZAMPEADO



FILTRO SUBYACENTE DE MARGEN O CANAL



APLICACIONES TÍPICAS DE CONTROL DE EROSION

NOTA: Se debe tener cuidado en el diseño y construcción - de aplicaciones de control de erosión cuando ellas - involucren:

- . Riesgo de pérdida de la vida, potencial de daño - estructural significativo, o donde los costos de - reparación exceden por mucho a los costos de ins - talación.
- . Suelos con granulometría incompleta o tubifica - bles, altos gradientes hidráulicos, o condiciones de flujo cíclico o de retorno.
- . Suelos problema, los cuales consisten primariamen - te de limos y arenas uniformes que en un 85% pase la malla No. 100.
- . Suelos muy finos en una condición suelta con al - tos gradientes hidráulicos.

REQUISITOS DE INSTALACION.

Para la colocación de la tela, el talud debe estar - nivelado para proporcionar una superficie uniforme.

La tela debe ser colocada sueltamente; sin embargo, - los pliegues y arrugas en la tela deben ser evitados.

Los rollos adyacentes de la tela deben ser traslapa - dos un mínimo de 18 pulgadas. Los traslapes deben ser - clavados usando clavos de acero de seguridad, normalmente de 3/16 de pulgada de diámetro y 18 pulgadas de largo, y - puntiagudos en un extremo, y ajustados con rondanas metá - llicas de 1.5 pulgadas de diámetro al otro extremo. Los - clavos deberán estar espaciados a lo largo de los alinea -

mientos de los traslapes a una distancia aproximada de 3-pies centro a centro. La tela debe ser clavada en una - condición suelta para que se conforme fácilmente a la su- perficie del terreno y al movimiento interno de la roca.

Alternativamente, el contratista puede elegir el co- ser la tela. La resistencia de la costura de la tela en- la dirección perpendicular a la junta debe cumplir en un- 90% del mínimo requerido.

Para la colocación de la berma de roca, debe tenerse cuidado en evitar el rasgamiento del geotextil. La berma de roca debe ser colocada sobre la tela en un tiempo sufi- ciente para evitar el daño por la luz ultravioleta a la - tela, en la forma como lo especifique el fabricante. De- no ser así, la tela podrá permanecer descubierta no más - de una semana para geotextiles no tratados o susceptibles al daño por la luz ultravioleta y 30 días para geotexti- les protegidos contra la luz ultravioleta o de baja sus- ceptibilidad a la luz ultravioleta, de la manera como lo- determine el ingeniero.

La colocación de la roca debe iniciar en la base del área de protección requerida alrededor del talud desplazán- dose hacia arriba del talud. Preferiblemente, las rocas- deben ser colocadas del centro hacia afuera. En caso de- que las rocas no pesen más de 100 libras debe ser permiti- do que rueden hacia abajo del talud. La altura de cada- de la roca debe ser menor a 3 pies, a menos que una prue- ba de campo demuestre que no dañarán la tela a alturas de caída mayores. El emparejado de diseño puede ser ejecuta- do durante la colocación. El reemparejado de los taludes después de la colocación del zampeado no será permitido.

Si son esperados movimientos fuertes de agua, la tela debe ser clavada en la parte superior del dique, o elzampeado prolongado más allá de la tela varios pies en la base y en la cresta del talud. Los criterios de la agencia existentes para protección de márgenes sin geotextiles convencionales pueden ser utilizados para localizar la base del sistema de protección contra la erosión. Si la socavación ocurre en la base y las rocas más allá de la tela son también socavadas, ocurrirá un efecto "convergente" en el geotextil. La unidad completa así descendiende hasta que la sección convergida es estabilizada.

Sin embargo, si el geotextil se extiende más allá de las rocas y ocurre la socavación, la tela se sacudirá por la acción del agua, causando una aceleración en la formación de un foso de socavación en la base. Los métodos de trinchera requieren la excavación de una trinchera al pie del talud. Esta puede ser una buena alternativa para una nueva construcción; sin embargo, debe ser evaluada con respecto a la estabilidad del talud.

El apriete en la parte superior puede consistir en enterrar la parte superior de la orilla del geotextil en una trinchera poco profunda. Esto proporcionará resistencia a la socavación por el escurrimiento de agua sobre la margen y dará estabilidad cuando ocurra una tormenta mayor que las anteriores. Sin embargo, a menos que sean esperadas cantidades excesivas de escurrimiento y de flujos de corriente que sean relativamente pequeños, este paso será normalmente omitido.

TABLA IV.14

PROPIEDADES MINIMAS RECOMENDADAS PARA GEOTEXILES USADOS EN APLICACIONES DE CONTROL DE EROSION NO CRITICAS 1/NO SEVERAS².

I.- Propiedades de durabilidad mínimas.

- A) Las fibras utilizadas en la manufactura de geotextiles constarán de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de al menos 85% en peso de poliolefinas, poliésteres, o poliamidas.
- B) Los geotextiles con baja resistencia a la degradación por luz ultravioleta (más del 30% de pérdida de resistencia con 500 horas de exposición, ASTM - D-4355) no deben ser expuestos a la luz del sol por más de 7 días.

Los geotextiles con alta resistencia a la degradación ultravioleta no deben ser expuestos más de 30 días.

II.- Notas y definiciones.

- 1) Las aplicaciones críticas involucran el riesgo de pérdida de vida, potencial de daño estructural significativo, o donde los costos de reparación exceden por mucho a los costos de instalación.
- 2) Las aplicaciones severas incluyen suelos tubificables o con granulometría incompleta, gradientes hidráulicos altos, o condiciones de flujo cíclico o de retorno.

- 3) Todos los valores numéricos que representan valores de rollo promedio mínimos, o sea, los valores medidos para una muestra (promedio de los resultados de todos los especímenes) deben cumplir o exceder los valores especificados.
- 4) Las aplicaciones de control de erosión no protegidas son aquellas donde las telas son usadas bajo condiciones donde los esfuerzos de instalación son más severos que protegidos, o sea, la altura de colocación de la roca debe ser menor de 3 pies y el peso de la roca no debe exceder de 250 libras. Son requeridas pruebas de campo donde la altura de colocación de la roca excede de 3 pies o donde el peso de la roca excede de 250 libras.
- 5) Las aplicaciones de control de erosión protegidas son aquellas donde la tela es usada en estructuras o bajo condiciones donde la tela es protegida por un colchón de arena o colocando roca de "altura de caída cero".

TABLA IV.15
 TABLA DE PROPIEDADES FISICAS MINIMAS (Ref. No. 28)
 APLICACIONES DE CONTROL DE EROSION

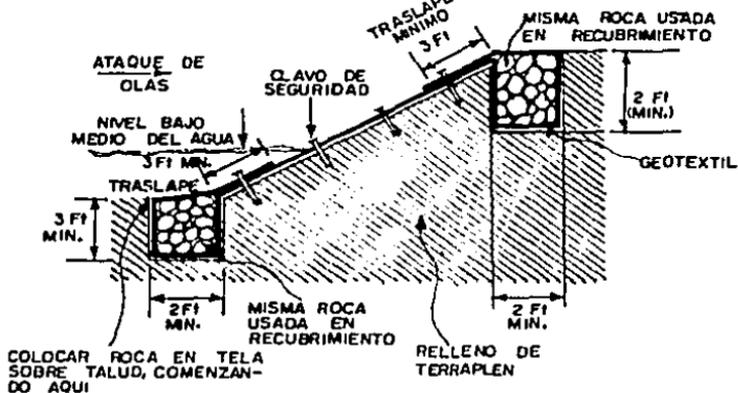
	Resistencia de Grab ASTM D-1682 (mínimo en la dirección principal)	Resistencia al punzonamiento ASTM D-751-68	Resistencia al reventón (psi)	Rasgadura Trapezoidal ASTM D 117 (cualquier dirección)	AOS (EOS) de la tela	% Área Abierta	Coefficiente de Permeabilidad
Tela protegida ⁽⁵⁾ (Propiedades mínimas)	90 lbs (20%)	40 lbs	145	30	-	-	-
Exxon GTF-125 D (No tejido)	100	50	140	45	100/50	-	.1
Exxon GTF-400 E (Tejido de Monofilamento)	400/225	160	525	115/65	70	6	.01
Tela no protegida ⁽⁴⁾	200 (20%)	80	320	50	-	-	-
Exxon GTF-225 D (No tejido)	275	120	420	135	100	-	.1
Exxon GTF-400 E (tejido de Monofilamento)	400/250	160	525	115/65	70	6	.01

- Los números en (%) representan la deformación a la resistencia última.

- Ver tabla IV.14 para explicación de las notas 4 y 5.

FIG. IX-9
(REF. No 28)

SECCION TRANSVERSAL DE RECUBRIMIENTO Y TRINCHERAS CLAVES



SECCION TRANSVERSAL USANDO TRINCHERA CLAVE CUANDO LAS CONDICIONES DEL SUELO NO PERMITEN LA CONSTRUCCION DE UN MURO VERTICAL

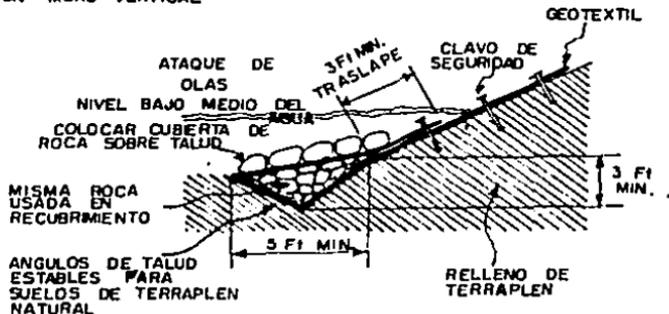


TABLA IV.16
 ESPECIFICACIONES SUGERIDAS PARA TELAS INGENIERILES
 EN APLICACIONES DIVERSAS (Ref. No. 63)
 TIPO DE USO CONSTRUCTIVO

PROPIEDAD DE LA TELA	REFLEXION DE GRIETAS	CAMINOS SOBRE SUELOS DE SOPORTE POBRE	DRENAJES	a CONTROL DE EROSION	
				-1 ft	+2 ft
Espesor, mnimo (mils)	60	60	NA ^b	60	100
Permeabilidad al agua (cabeza de 4") (gal/min/ft ²)	200	200	300	300	200
Resistencia a la tensión de Grab longitudinal y transversal (lb/pulg)	90	90	90	90	200
Elongación de Grab, longitudinal y transversal (mnima, máxima) (%)	20, 70	15, 70	15, 70	15,70	15,60
Resistencia al corte trapezoidal, mnimo longitudinal y transversal (lb)	50	50	50	50	100
energía al punzonamiento mnima (pie-lb x 10 ⁻²)	NA	4.5	4.5	4.5	9.0
prolongación bajo carga continua del 40% a estabilidad, máxima (hrs)	NA	24	NA	24	24
Propiedad de antiobstruccionamiento relación de gradiente máxima	NA	3	3	3	3
Punto de reblandecimiento (°F)	325	NA	NA	NA	NA
Eficiencia de filtración, % máxi_ ma (µm.)	100	100	100	100	100
Resistencia al reventón (Mullen) Mnima (lb/pulg ²)	NA	200	200	200	500
Flujo de agua en el plano/sifonaje/ mnimo [(qt/hr)/tela 2 pulg]	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3

a.- El -1ft y +2ft se relaciona con el tamaño de zampeado, en cada caso se asume que las rocas son dejadas caer de una altura no mayor de -

3 fts. Las mismas propiedades se relacionan con las Especificaciones Normativas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, donde -1 equivale al uso sin una capa de protección de arena. Las especificaciones de -1ft también son aplicables al uso en cercas de sedimentos.

b.-No aplicable.

TABLA IV.17
REQUISITOS MINIMOS PARA GEOTEXILES EN LA CONSTRUCCION
DE TUNELES (Ref. No. 35)

Propiedades		Prueba	Valores	
mecánica	Peso superficial Estimado	DIN 53854	500 g/m ²	700 g/m ²
	espesor	DIN 53855/3 a 2.0 bar	1.8 mm	2.5 mm
	Prueba CBR x-s	DIN 54307	2800 N	3500 N
	Resistencia a la tensión de franja	DIN 53857/2	800 N/5 cm	1000 N/5cm
	Alargamiento a la ruptura, mfn/máx.	DIN 53857	50%/130%	50%/130%
química			Completamente resistente contra la solubilidad en un intervalo de pH entre 2 y 13 a temperaturas de 0°C y 30°C	
hidráulica	Permeabilidad al agua	Instituto Franzius de Hanover	K= entre 10 ⁻¹ y 10 ⁻² cm/seg; la permeabilidad K que ha de ser estimada en un pedazo de prueba de un doblez de 0.1 m de ancho que ha de ser colocado en posición vertical al geotextil con una presión de 2 bar y un gradiente hidráulico de i = 0.	
	Tipo de fibra		Uniforme, no arrugada (sección transversal redonda)	

TABLA IV.18 CLASIFICACION DE LAS EXPECTATIVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS TELAS SINTETICAS^a

CATEGORIA	(Ref. No. 63)	RETENCION DEL SUELO (μm) ^b	PERMEABILIDAD AL AGUA [(l/m ²)/seg] ^c	RESISTENCIA A LA TENSION (kg/5cm)	
	PROPOSITO			Urdimbre	Trama
Telas de separación de suelo	Evitar en el suelo la variación de las características de mixtura (ejemplo: granular/orgánico)	50-100	> 75	> 175	> 100
Telas filtrantes hidráulicas	Contener el suelo requerido y permitir el libre pasaje del agua tanto bajo condiciones laminares como turbulentas.				
trabajo ligero		50-500	> 100	> 200	> 125
trabajo severo		50-500	> 150	> 200	> 150
Telas filtrantes hidráulicas para distribución de cargas o esfuerzos	Inherentes en estas telas, - además de las características de los filtros hidráulicos, - esta la capacidad de reducir los factores de esfuerzo y de carga.	50-500	> 150	> 1000	> 150
Telas para fines especiales	Proporcionar la combinación requerida de las posibilidades de arriba para cumplir con condiciones específicas, incluyendo telas diseñadas para ser usadas en conjunción con técnicas de aplicación especializadas.				
			Como lo dicten los requisitos del proyecto.		

- a Estos valores son arbitrarios pues están basados en la experiencia ganada en - - muchos cientos de proyectos en todas las partes del mundo; son propuestos como - valores que deberán ser usados en aquellos proyectos donde la falla de las te_ - las sintéticas encuentre expectativas de funcionamiento que afectarían seriamente la integridad de un proyecto. Alguna modificación puede ser requerida cuando sean aplicadas a telas no tejidas.

- b Expresado en micrones- la capacidad de retención del suelo depende tanto de las- condiciones del suelo como de las hidráulicas (p.e., una abertura de malla de - 180 μm puede contener con efectividad partículas de 60 μm bajo ciertas condiciones).

- c Columna de agua de 10 cm.

TABLA IV.19

PROPIEDADES FISICAS PROPUESTAS POR HOECHST FIBRES INDUSTRIES PARA ESTABILIZACION DE SUELOS Y SOPORTE DE CARGA.

PROPIEDADES FISICAS	Valor mínimo promedio de rollo (Dirección principal más débil)		
	Subrasante graduada de caminos de uso ligero	Caminos de transporte accidentados.	Caminos de transporte accidentados de uso rudo
	1115	1127	1135
. Resistencia a la tensión (Grab) ASTM D 1682 (Lbs)	90	200	270
. Elongación a la falla ASTM D 1682 (%)	50	60	60
. Resistencia al reventón (Mullen) ASTM D 3786 (PSI)	190	320	430
. Flujo de agua en el plano (qts./hr./2" tela)	.3	.3	.3
. Coeficiente de permeabilidad normal (k) (cm/s) (5 pulgadas de carga constante)	.1	.1	.1
. Tamaño de abertura equivalente CW-02215. Número de malla estándar de EUA mayor que	50	50	50
. Resistencia a la rasgadura trapezoidal ASTM D 1117 (Lbs)	30	60	80
. Resistencia al punzonamiento ASTM D751 (modificada)(Lbs)	40	80	125
. Flujo de agua vertical (gal/mín/ft ²)(5 pulgadas de carga constante.)	100	100	100

TABLA IV.20

PROPIEDADES FISICAS PROPUESTAS POR LA HOECHST FIBRES INDUSTRIAS PARA FERROCARRILES.

	Vfa férrea se- cundaria y des- vfo de baja ve- locidad.	Vfa principal, agujas y cruceros	Vfa principal, agujas y cru- ceros de uso- intenso.	Vfas de ferro- carril, cruce- ros, agujas y frenos de vfa de uso intenso	Subdrenaje de vfa.		COMENTA- RIOS
Estilo de Trevira	1127	1135	1145	1155	1115 Profundidad de trinchera Menos que 10'	1127 10' ó más	
• Resistencia a la tensión (Grab) ASTM D 1682 (lbs)	200 mfn.	270 mfn.	325 mfn.	390 mfn.	90 mfn.	200 mfn.	a
• Elongación a la falla ASTM D 1682 (%)	60 mfn. 110 máx.	60 mfn. 110 máx.	60 mfn. 115 máx.	60 mfn. 115 máx.	50 mfn. NA	50 mfn. NA	b
• Resistencia al reventón (Mullen) ASTM D 3786 (PSI)	320 mfn.	430 mfn.	550 mfn.	650 mfn.	190 mfn.	320 mfn.	
• Resistencia a la rasgadura trapezoidal ASTM 1117 (lbs)	60 mfn.	80 mfn.	120 mfn.	140 mfn.	30 mfn.	60 mfn.	
• Flujo de agua vertical (gal/ min/pie ²) (5 pul. carga constante)	100 mfn.	100 mfn.	100 mfn.	100 mfn.	150 mfn.	150 mfn.	
• Coeficiente de permeabili- dad normal (cm/s) (5 pul.- carga constante)	.1 mfn.	.1 mfn.	.1 mfn.	.1 mfn.	.1 mfn.	.1 mfn.	

Continuación TABLA IV.20

Vfa férrea se cundaria y des vfo de baja ve locidad. Vfa principal, agujas y cruceros Vfa principal, agujas y cru ceros de uso- intenso. Vfas de ferro carril, cruce ros, agujas y frenos de vfa- de uso intenso Subdrenaje de vfa.

Estilo de Trevira	1127	1135	1145	1155	1115	1127	COMENTA- RIOS
					Profundidad de trinchera . Menos que 10'	Profundidad de trinchera . 10' ó más	
. Flujo de agua en el plano/ sifonaje (qtz/hr/2" tela)	.3 mfn.	.3 mfn.	.3 mfn.	.3 mfn.	NA	NA	c
. Tamaño de abertura equiva- lente CW-02215 (número de- mallia estándar de EUA ma- yor que	70	70	70	70	50	50	d
. Resistencia al punzonamien- tamiento ASTM D 751 (modifi- cada) (lbs).	80 mfn.	125 mfn.	150 mfn.	185 mfn.	40 mfn.	80 mfn.	e

a Mfñimo en cualquier dirección.

b Mfñimo y máximo en cualquier dirección.

c Ayudas en consolidación de suelo subsuperficial dejando el agua salir del sistema y reduciendo así la presión de agua de poro.

Tira de 2"x8" remojada en agua por 1 hr. Coloque un extremo de la tela en un recipiente lleno- con agua y deje la tela colgada y mida la cantidad de agua sacada del recipiente.

d Especificación CW-02215 (Nov. 1977) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.

e Modificada como se muestra en los requerimientos del Cuerpo de Ingenieros.

NA No aplicable.

TABLA IV.21

PROPIEDADES FISICAS PROPUESTAS POR LA HOECHST FIBRES INDUSTRIES PARA APLICACIONES DIVERSAS.

Propiedades	Zanja de subdren	Protección de taludes, Revestimientos, prevención de la socavación en pilas	Sobrecapa asfáltica	Cerca de Sedimentos	Comentarios
	1115 1127 Profundidad 10 pies 10 - pies +	1115 1127 1120 1135 Con altura de caída de zampeado (máximo) 0 pies o - lecho de - roca 3 pies	1115	1115	
Resistencia a la tensión (Grab) ASTM D 1682 (lbs)	90 mfn 200 mfn	90 mfn 200 mfn	80 mfn	90 mfn	mfnimo en cualquier dirección
Elongación a la falla ASTM D 1682 (%)	- 50% mfn- 110% máx 110% máx	50% mfn 50% mfn	50% mfn 110% máx	50% mfn 115% máx	mfnimo y máximo en cualquier dirección
Resistencia al reventón ASTM D 3786 (psi)	190 mfn 320 máx	190 mfn 320 mfn	190 mfn	190 mfn	
Coefficiente de permeabilidad normal (cm/s) (5 pulg de carga constante)	- .1 -	.1 .1	-	.1	
Flujo de agua vertical (gal/min/ft ²) (5 pulg de carga constante)	-150 mfn.-	150 mfn 150 mfn	-	150 mfn	
Tamaño de abertura equivalente CW-02215 (Número de malla estándar de EUA mayor que)	- 50 -	50 50	-	50	Especificación del Cuerpo de Ingenieros de EUA CW-02215 (Nov.1977)

CONTINUACION TABLA IV.21

Propiedades	Zanja de subdren	Protección de taludes, Revestimientos, prevención de la socavación en pilas	Sobrecapa asfáltica	Cerca de Sedimentos	Comentarios
	1115 1127 Profundidad 10 pies - 10 pies +	1115 1127 1120 1135 Con altura de caída de zanpeado (máximo) 0 pies o le- cho de roca 3 pies	1115	1115	
• Estabilidad a la temperatura	- -	- -	325°F mfn	-	Punto de reblandecimiento
• Resistencia al punzonamiento ASTM D751 (modificada) (lbs).	40 mfn 80 mfn	40 mfn 80 mfn	25 mfn	40 mfn	Modificado como se muestra en los requisitos del Cuerpo de Ingenieros.
• Resistencia a la rasgadura trapezoidal ASTM D1117 (lbs).	30 60	30 mfn 60 mfn	25 mfn	30 mfn	

ANEXO IV-1

FORMATO PROPUESTO PARA CONTRATO DE SUMINISTRO DE
TELAS FILTRANTES SINTÉTICAS (GEOTEXTILES)

(Ref. No. 84)

ARTICULO 1

- 1.1) El proveedor acuerda entregar con flete pagado a los sitios que le sean señalados por _____ de _____ m del tipo de tela filtrante con un ancho nominal de _____ m que se describe abajo.

La cantidad entregada podrá ser un _____ % más o menos de la cantidad establecida arriba.

- 1.2) La tela tejida deberá satisfacer las siguientes especificaciones:
- a) La tela deberá ser fabricada del tipo de hilos descrito en el artículo 1.3.
- b) La resistencia determinada de acuerdo con el artículo 2.7 deberá ser:
- En la dirección de urdimbre, de por lo menos _____
_____ KN/m;
- En la dirección de la trama, de por lo menos _____
_____ KN/m.
- c) La deformación a la carga máxima, determinada de conformidad con el artículo 2.7, deberá ser:
- En la dirección de urdimbre, por lo menos/cuando mucho _____ %
- En la dirección de la trama, por lo menos/cuando _____ %

mucho _____ ?.

- d) La resistencia al flujo de agua, a través del filtro, determinada de acuerdo con el estándar _____ y expresado como una pérdida de carga, Δh_s , deberá ser menor/mayor _____ mm.
- e) La retención de arena, para arena seca, determinada de conformidad con el estándar _____ y caracterizada por el tamaño de poro 0_{90} , deberá ser menor/mayor que _____ cm.
- f) Si son usados hilos de película de polipropileno - (rajas) en la tela filtrante la tela filtrante deberá tener una expectativa normal/alta de la vida de servicio y deberá ser diseñada como una tela tipo _____ como la define el estándar _____.
- g) La masa por unidad de área, determinada de acuerdo con el artículo 2.8, deberá ser al menos de _____ g/m^2 (Este artículo deberá ser incluido únicamente si es constructivamente esencial).
- h) El ancho de la tela filtrante, determinado de conformidad con el artículo 2.9, deberá ser _____ m con tolerancias permisibles de + _____ m y - _____ m.
- i) La tela filtrante no deberá tener defectos de fabricación tales que no hagan satisfacer las especificaciones adelante descritas.

1.3.) Con respecto a los hilos que han de ser usados en la fabricación de la tela filtrante:

- a) Las siguientes especificaciones deberán ser dadas al cliente por el proveedor tanto para la trama y urdimbre de los hilos.

- Tipo de materia prima (polietileno, polipropileno, poliamidas, poliéster...) a la cual pueden-- ser únicamente adicionados materiales requeridos para:
 - . Fabricación
 - . Mejoría de propiedades mecánicas
 - . Protección contra el efecto de la luz solar
 - . Alargamiento de la vida de servicio.

- Tipo de hilo (hilo de fibra de raja, cintas, hilos de monofilamentos o multifilamentos, etc.)

- Valores nominales, con tolerancias relacionadas, para:
 - . Densidad lineal, en tex (g/Km).
 - . Torsión, en vueltas /m, y dirección de torsión, S o Z.
 - . Deformación en % a la ruptura o a carga máxima.
 - . Esfuerzo específico en N/tex para una deformación particular que ha de ser declarada por el proveedor.

- b) Para hilos fabricados de polipropileno las tolerancias para los artículos atrás enunciados son establecidas en el estándar_____.

- c) Si los hilos de fibras de polipropileno (rajas) son usados, deberán tener una expectativa normal /alta de vida de servicio y deberán ser designados como un hilo tipo_____ como se define en el estándar _____.

- 1.4) La longitud y número de piezas de tela deberá ser - establecido en la siguiente forma:

Tipo _____ Número de piezas _____ Longitud de la -
pieza _____ (m).

- 1.5) La composición de las piezas, para las dimensiones- requeridas, no está permitida tanto en la dirección de urdimbre como de la trama (ver artículos 1.1, - 1.2-h y 1.4).
- 1.6) Las piezas deberán ser entregadas en rollos como si- gue: _____ (empaquete, peso del rollo, etiquetado, - transporte, etc.)
- 1.7) Una prueba de origen para la tela filtrante deberá- ser dada al cliente declarando:
- . El fabricante de la tela.
 - . El (los) fabricante(s) de el (los) hilo(s) y de - las materias primas de las cuales el hilo ha sido manufacturado.
 - . Una descripción o especificación de la tela tejida concerniente.
 - . Tejido.
 - . Número de hilos de trama y urdimbre por unidad de longitud, en número de hilos por m.
 - . Masa por unidad de área, en g/m^2 , con una declara- ción de las tolerancias particulares.

ARTICULO 2. INSPECCIONES.

- 2.1) El cliente o su representante designado establecerá si la tela filtrante entregada cumple o no con los requisitos necesarios.
- 2.2) La inspección será llevada a cabo por el cliente o por el laboratorio de inspección nombrado por él.
- 2.3) Si el proveedor tiene un sistema de control de calidad interno independiente (CCII) a su disposición, deberá discutir con el cliente y/o laboratorio de inspección designado por él, sobre la base del programa del sistema de control de calidad producido por el proveedor, para que el sistema de control de calidad pueda ser usado. El sistema de CCII que ha de ser usado deberá ser hecho accesible para el cliente y/o laboratorio de inspección.
- 2.4) Si el proveedor hace uso de hilos entregados a él bajo el certificado de control de calidad de los hilos puede ser aceptado de conformidad.
- 2.5) Los siguientes estándares deberán ser usados para probar las especificaciones de la tela.
- _____ , fechado el _____. Resistencia al flujo de agua.
- _____ , fechado el _____. Tamaño de poro caracterfstico en condición seca.
- 2.6). El siguiente estándar deberá ser usado para probar las especificaciones del hilo:

_____, fechado el _____. Hilos de polipropileno para telas filtrantes.

- 2.7) La resistencia a la tensión y la deformación a carga máxima de la tela deberá ser determinada usando pruebas de tensión uniaxial. Cada determinación involucra cinco especímenes, tomados de una muestra con un área de por lo menos $5m^2$ y cubriendo todo el ancho de la producción completa, con un mínimo de 1 m de longitud. Los especímenes deberán estar sin daño y tener las siguientes dimensiones:

- Ancho $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$.
- Longitud de por lo menos 100 mm.

Las condiciones de prueba deberán ser como sigue:

- Velocidad de deformación (continua) $5\% \pm 0.1\%$ - mfn. (usando una longitud de espaciamento de 200 mm. ésta concuerda con 10 mm/min.).
- Medición externa de la elongación (que tiene la tela, en lugar del desplazamiento de las mordazas)
- Temperatura del aire $23^\circ \pm 2^\circ\text{ C}$.
- Humedad relativa $50\% \pm 5\%$.
- Longitud de espaciamento, medida entre las mordazas, $200\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$.
- Pretensado al 0.5 % de la carga de ruptura estimada. Cada valor determinado de la resistencia a la tensión de la deformación a la ruptura deberá ser igual o mayor que los valores dados en los artículos 1.2 - b y 1.2 - c, respectivamente.

- 2.8) La masa por unidad de área, y si es necesario el tejido y número de hilos de trama y urdimbre por unidad de longitud, deberán ser determinados para un pedazo de tela filtrante de por lo menos $3m^2$, que cubra el ancho de producción total, con una longitud mínima de 1 m. Este espécimen, que será rectangular, deberá ser recortado del material tendido, sobre una superficie lisa, usando un bastidor cuadrado para troquelado. El ancho y la longitud deberán ser medidos a lo largo de las orillas mientras la tela es presionada por el bastidor.
- 2.9) El ancho de la tela deberá ser medido mientras la tela esté en el (los) rollo(s).
- 2.10) El número de muestras que ha de ser inspeccionado, el cual depende parcialmente del sistema de control de calidad interno independiente, como se designó en el artículo 2.3, y los datos que han de ser dados en el reporte de inspección deberán ser determinados por el cliente en consulta con el laboratorio de inspección.

OBSERVACIONES.

Los siguientes artículos también son normalmente incluidos en el contrato:

- Condiciones generales.
- Enmiendas con relación a los cambios en los costos de mano de obra.
- Enmiendas con relación a los cambios en los precios.
- Cláusulas de tiempo.
- Entrega y pagos.
- Seguridades.

V) CONCLUSIONES.

Los geotextiles, a pesar de ser materiales relativamente nuevos, han ido cobrando cada día más aceptación a nivel mundial en todas aquellas obras de Ingeniería Civil que se relacionan con trabajos en suelo y/o roca.

Los geotextiles son un concepto innovador ya que la materia prima empleada para su producción son las fibras sintéticas, o sea, fibras elaboradas por el hombre mismo. Como es sabido, durante muchos años los materiales utilizados en trabajos de Ingeniería Civil han sido aquellos provenientes de materia prima natural (madera, acero, barro, etc.).

Los geotextiles, por sus propiedades especiales (alta permeabilidad, alta resistencia a la tensión, alta estabilidad a la luz ultravioleta, resistencia al ataque químico y bacteriológico, etc.) constituyen una magnífica alternativa de uso sobre los materiales convencionales; además, la gran mayoría de los materiales tradicionales se ven afectados por diversas acciones del medio ambiente (oxígeno, agua, sol, etc.). Ejemplo de ello es la madera, material que es susceptible al agua y a los agentes biológicos y químicos (se pudre), mientras que el acero lo es al oxígeno (corrosión).

Las cualidades muy particulares de los geotextiles - que pueden ser influidas desde la fabricación de las fibras - traen como consecuencia una mayor durabilidad y seguridad en la estructura en que son empleados, así como una reducción en el mantenimiento requerido para dicha construcción. Por otro lado, este tipo de telas son de fácil transportación e instalación; sustituyen gran

des volúmenes de materiales convencionales (p.e., suelos granulares para filtros) y requieren mucho menos mano de obra. Son de más rápida instalación que los materiales de uso común.

Todo lo anterior se traduce en ahorros significativos en el costo global de la obra. El costo del geotextil mismo es bajo.

Siempre que sean necesarias las funciones de separación, refuerzo, protección, filtración y/o drenaje en una obra de Ingeniería Geotécnica, los geotextiles podrán tener posibilidades de ser utilizados.

Sin embargo, debido a su reciente surgimiento, son necesarias investigaciones más amplias acerca del comportamiento o funcionamiento de los geotextiles. Pues sólo un conocimiento a largo plazo de cómo funcionan los geotextiles en aplicaciones diversas permitirá establecer especificaciones (de materiales e instalación) para los geotextiles de uso universal. A la fecha, las especificaciones que se manejan para uso de los geotextiles en obras de Ingeniería Civil son resultado de experiencias muy particulares de cada país en el que han sido aplicados estos materiales.

Lo anterior también permitirá llegar a estandarizar algunos métodos de prueba que a la fecha no han podido ser estandarizados.

En México ya se han hecho algunas aplicaciones de los geotextiles, sobre todo en el área de control de erosión. Sin embargo, es necesario dar mayor divulgación -

de los beneficios que el uso de los geotextiles puede -
brindar en las obras civiles mexicanas.

BIBLIOGRAFIA
(REFERENCIAS).

- 1) AMOCO FABRICS COMPANY "Propex Engineering Fabrics. Textiles for Geotechniques". Atlanta, EUA.
- 2) AMSLER P. "Railway Track Maintenance Using Geotextile". Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 3) ASTM "Annual Book of ASTM Standards, Soil and Rock Building Stones". Filadelfia, EUA. 1986.
- 4) BASF CORPORATION FIBERS DIVISION "Stabilenka's Specifications". Enka, EUA.
- 5) CARROLL R.G., RICHARDSON G.N. "Geosynthetic Reinforced - Retaining Walls". Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume II. Viena, Austria. 1986.
- 6) CARTER D., LUTTINGER M. "The Developments of Geotextile Applications in Europe and the United States". Vorträge, Statements mit Diskussionen zur 23. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn, Austria. 1984.
- 7) CHEMIE LINZ AG. "Polyfelt TS: Design and Practice". - - Linz, Austria. 1986.
- 8) CHEMIE LINZ AG. "Polyfelt TS: El Geotextil Multifuncional". Linz, Austria.
- 9) CHEMIE LINZ AG. "Polyfelt TS: High Technology Multifunction Geotextiles". Linz, Austria.

- 10) CHEMIE LINZ AG. "Polyfelt TS: The Geotextile of the -
New Generation". Linz, Austria.
- 11) CHEMIE LINZ AG "With Dynastat UV You're in Full Con_
trol". Linz, Austria.
- 12) COLOMBIER G., LARTAUT M., MACHET J.-M. "Reflective -
Cracking: a New Test for SAMI"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex_
tiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 13) COOLEY INCORPORATED. "Cooley... Advances in Geomembra_
nes". 1984.
- 14) CROWN ZELLERBACH CORPORATION. "Fibretex: Geotextile Pa_
ving Fabric for Durable Road Resurfacing". Washougal,
EUA.
- 15) CROWN ZELLERBACH CORPORATION. "Fibretex: Specify with
Confidence". 1980.
- 16) DE GARIDEL R., JAVOR E. "Mechanical Reinforcement of
Low- Volume Roads by Geotextiles".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex_
tiles. Volume IV. Viena, Austria, 1986.
- 17) DE GROOT M., JANSE E., MAAGDENBERG T.A.C., VAN DEN -
BERG C. "Design Method and Guidelines for Geotextile-
Application in Road Construction".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex_
tiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 18) DELAWARE VALLEY CORPORATION. "Non Woven Specialty Fa_
brics & Felts". Lawrence, EUA.

- 19) DELAWARE VALLEY CORPORATION "Tenamat: Geotextile - - Construction Fabrics". Lawrence, EUA.
- 20) DELAWARE VALLEY CORPORATION "Tenamat: Geotextile - - Construction Fabrics. Product Specifications". Lawrence, EUA.
- 21) DIB P.S., AGUIAR P.R. "Tucuruí Dam: Non-Moven Geotextile as One of the Anti-piping Barriers" Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume I. Viena, Austria. 1986.
- 22) DIERICKX W. "Model Research on Geotextile Blocking - and Clogging in Hydraulic Engineering". Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 23) DON & LOW PLC "Lotrak Geotextiles". Dundee, Escocia. Noviembre, 1986.
- 24) DU PONT DE NEMOURS GEOTEXTILE GROUP "Typar Controls - the Earth". Ginebra, Suiza.
- 25) DU PONT DE NEMOURS GEOTEXTIL GROUP. "Typar's Measured Properties". Ginebra, Suiza.
- 26) DU PONT DE NEMOURS GEOTEXTILE GROUP "Typar's Report 4: Would You Like to Build a Road Embankment Here?". Ginebra, Suiza.
- 27) DU PONT DE NEMOURS GEOTEXTILE GROUP "Typar's Suggested Applications". Ginebra, Suiza.

- 28) EXXON CHEMICAL AMERICAS. "Guidelines for Selection and Installation of Exxon Geotextiles". Atlanta, EUA.
- 29) EXXON CHEMICAL AMERICAS "Exxon Geotextile Fabrics Specifications". Atlanta, EUA.
- 30) FINN N.B., SADLER M.A. "A Study of Geotextile Use in Australia".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volumen III. Viena, Austria. 1986.
- 31) GAMSKI K. "Classification of Geotextiles" Vorträge, -
Statements mit Diskussionen zur 23. Internationalen -
Chemiefasertagung.
Dornbirn, Austria. 1984.
- 32) GIROUD J.P. "From Geotextiles to Geosynthetics: a Revolution in Geotechnical Engineering".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume I. Viena, Austria. 1986.
- 33) GIROUD J.P. "Geotextiles: the Road Ahead". Civil Engineering Supplement. Noviembre, diciembre, 1986.
- 34) GÖBEL C., HOY G., PIESKER F. "Retaining Structures -
Made of Earth Reinforced with Textiles"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 35) GOBIET W. "Geotextiles in Tunnel Construction"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.

- 36) GREENWOOD, J.H., MYLES B. "Creep and Stress Relaxation of Geotextiles".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 37) HEIKINHEIMO R. "The Use of Geotextiles for Embankment-Reinforcement in Turku Harbour"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume I. Viena, Austria. 1986.
- 38) HILLIG J., LIEBERENZ K. "Geotextile Reinforcement of a Railroad Structure"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 39) HOARE D.J. "Geotextiles-Compatibility and Use" Civil - Engineering. Inglaterra. Abril, 1986.
- 40) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira-Informe No. 14" - Spartanburg, EUA.
- 41) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond, Filtro - Geotextil. Gufa para Instalación en Carreteras, Patios de Almacenaje, Caminos Vecinales, Estacionamientos de Vehículos Pesados, Etc." Spartanburg, EUA.
- 42) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond, Filtro - Geotextil. Gufa para Uso en Control de Erosión y Sedimentos". Spartanburg, EUA.
- 43) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond, Filtro - Geotextil: Gufa de Instalación en Drenajes, Cajas y Pozos de Instalación, Colectores y Alcantarillado". - Spartanburg, EUA.

- 44) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond, Filtro-Geotextil. Guía de Instalación para Mantenimiento de Vías Férreas". Spartanburg, EUA.
- 45) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond, Filtro-Geotextil para Sistemas de Pavimentación con Asfalto" Spartanburg, EUA.
- 46) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond: Product-Specifications". Spartanburg, EUA.
- 47) HOECHST FIBRES INDUSTRIES "Trevira Spunbond Engineering Fabric: The Plain Facts". Spartanburg, EUA. 1982.
- 48) HOEKSTRA S.E., BERKHOUT H.C. "Geotextile/"Geospacer"-Composites for Environmental Projects" Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume II. Viena, Austria. 1986.
- 49) HOLLIDAY T.M. "What You Need to Know to Get into Geotextiles". Textile World. EUA. Febrero 1982.
- 50) HUESKER SYNTHETIC GMBH & Co. "Hate: Hydraulic Engineering". Gescher, Alemania Occidental.
- 51) HUESKER SYNTHETIC GMBH & Co. "Hate: Product Specifications". Gescher, Alemania Occidental.
- 52) ICI FIBRES GEOTEXTILE GROUP "A Guide to Test Procedures Used in the Evaluation of Civil Engineering Fabrics". Pontypool, Inglaterra. 1981.
- 53) ICI FIBRES GEOTEXTILE GROUP "ICI Geotextiles for Erosion Control". Pontypool, Inglaterra.

- 54) ICI FIBRES GEOTEXTILE GROUP "ICI Geotextiles: The High Technology Products". Pontypool, Inglaterra.
- 55) ICI FIBRES GEOTEXTILE GROUP "Proyectando con Terram" - Pontypool, Inglaterra. 1981.
- 56) ICI FIBRES GEOTEXTIL GROUP "Terram: Construction Membranes". Pontypool, Inglaterra.
- 57) INGOLD T.S. "The Specification of Geotextiles for the Use in Civil Engineering". Vorträge, Statements mit Diskussionen zur 23. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn, Austria. 1984.
- 58) JEWELL R.A. "Material Requirements for Geotextiles and Geogrids in Reinforced Slope Applications". Vorträge, Statements mit Diskussionen zur 23. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn, Austria. 1984.
- 59) KOERNER R.M. "Designing with Geosynthetics". Prentice - Hall. Englewood Cliffs, EUA. 1986.
- 60) KOERNER R.M. "Geosynthetics and their Use in Filtration and Drainage Applications". Symposium on the Use of -- Geotextiles, Geogrids and Geomembranes in Engineering-Practice. Toronto, Ont., Canadá. 1984.
- 61) KOERNER R.M. "Geotextiles for Construction and Engineering". National Development Middle East/Africa. Marzo 1986.
- 62) KOERNER R.M. "Should I Specify a Woven or Non woven?.- Geotechnical Fabrics Report.

- 63) KOERNER R.M., HELSH J.P. "Construction and Geotechnical Engineering Using Synthetic Fabrics". John Wiley and Sons. New York. 1980.
- 64) LAWSON C.R. "Membranes in Geotechnics". Sixth Asian - Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation-Engineering. Singapur. Julio, 1979.
- 65) MAN-MADE FIBER ASSOCIATION, INC. "Man-Made Fibers Guide". Washington, D.C. EUA. 1982.
- 66) MANDAL J.N. "A Goal for Geotextiles"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 67) MANSFIELD R.G. "Nonwovens Continue their March into - New Markets". Textile World. EUA. Marzo 1983.
- 68) MARTIN E. "Properties of Geotextiles Depent upon Manufacturing Parameters"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 69) MIRAFI INC. "Desing Guidelines & Instalation Procedures. Using Mirafi 600 x & 500 x for Unpaved Road & - Area Stabilization". Charlotte, EUA.
- 70) MIRAFI INC. "Mirafi: Products for Construction Applications". Charlotte, EUA. 1984.
- 71) MIRAFI INC. "Desing Guidelines for Subsurface Drainage Structures". Charlotte, EUA.

- 72) MIRAFI INC. "Fabrics for Armored Erosion Protection - of Slopes and Shorelines". Charlotte, EUA.
- 73) MIRAFI INC. "Mirafi: A Family of Products for Cons_ - truction Industry." Charlotte, EUA.
- 74) MIRAFI INC. "Mirafi: Engineered for Tough Challenges" Charlotte, EUA. 1985.
- 75) MIRAFI INC. "Mirafi's Case History: Reinforcement of- Runway 18 Overrun Embankment, Washington National - Airport". Charlotte, USA.
- 76) MIRAFI INC. "Mirafi 140 N: Drainage Fabric". Charlo_ - tte, EUA.
- 77) MIRAFI INC. "Mirafi 500 x, 600x: Ground Stabilization Fabrics". Charlotte, EUA.
- 78) MIRAFI INC. "Mirafi 700x: Armored Erosion Control". - Charlotte, EUA.
- 79) MIRAFI INC. "Mirafi 900 N: Pavement Overlay Fabric". - Charlotte, EUA.
- 80) MOUW K.A.G., NEDERLOF K.D.C., STUIP J., VELDHUIJZEN - VAN ZANTEN R. "Geotextiles in Shore and Bottom Protec_ - tion Works"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex_ - tiles. Volume IV. Vienna, Austria. 1986.
- 81) MURRAY R.T., Mc GOWAN A., ANDRAWES K.Z. "Testing Joints in Geotextiles and Geogrids".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex_ - tiles. Volume III. Vienna, Austria. 1986.

- 82) MYLES B., CARSWELL I.G. "Tensile Testing of Geotextiles."
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 83) NETLON LIMITED "Tensar's Case Study: Flexible Shutte-ring for Concrete Surrounds to Manhole Chambers at - - Spring Lane, Witton, Blackburn". Inglaterra. 1985.
- 84) NIJHOF B., BIRKENFELD S., NEDERLOF K. "Certification,- Standardization and Specification of Geotextiles in - The Netherlands".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 85) PERFETTI J. "A comparison between Woven and Non Woven- Geotextiles." Vorträge, Statements mit Diskussionen - zur 23. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn, - Austria. 1984.
- 86) PERRIER H. "Use of Soil-Filled Synthetic Pillows for - Erosion Protection".
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 87) PERRIER H., BLIVET J.-C., KHAY M. "Experimental and - Actual Use of Geotextile Reinforcement of a Slope"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria.
- 88) PHILLIPS FIBERS CORPORATION "Supac: Phillips Fibers En gineered Geotextiles". Greenville, EUA.

- 89) PHILLIPS FIBERS CORPORATION "The Petromat System", --
Greenville, EUA.
- 90) PLANT G.W., JAROS M.B. "The Design and Construction -
of a Multi-Layered Geotextile-Earth System to Reinsta
te a Failed Slope."
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex
tiles. Volume II. Viena, Austria. 1986.
- 91) PORRAZ J.L.M., SOLAR S.A. "Geogrid-Geotextile System-
to Substitute Mangrove Fascines for Breakwater Cons_
truction"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex
tiles. Volume II. Viena, Austria. 1986.
- 92) RISSEEUW P. "Long Term Behaviour of Heavy Duty Rein_
forcing Mats/Structural Elements in Earth Works". Vor
träge, Statements mit Diskussionen zur 23. Internatio
nalen Chemiefasertagung. Dornbirn, Austria. 1986.
- 93) ROLLIN A.L., LAFLEUR J., LOMBARD G. "Hydraulic Beha_
viour of Geotextiles". Trabajo presentado en el Simp
sium de Alberta sobre Geotextiles. Edmonton, Canadá.-
1983.
- 94) SCHNEIDER H., PÜHRINGER G. "The Separation Function -
of Geotextiles"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex
tiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 95) SCHULZ H., KÖHLER H.- J. "Use of Geotextiles in Hydra
ulic Constructions in the Design of Revetments"
Proceedings of 3rd International Conference on Geotex
tiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.

- 96) SOTTON M. "Durability of Geotextiles". Vorträge, State-ments mit Diskussionen zur 23. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn, Austria. 1984.
- 97) STEVENSON P. "Fabric-Reinforced Embankment Provides - Airport Runway Safety Modification". Geotechnical Fabrics Report. Verano, 1984.
- 98) STEWARD J., WILLIAMSON R., MOHNEY J. "Guidelines for Use of Fabrics in Construction and Maintenance of Low-Volume Roads". Forest Service, Pacific Northwest Region, U.S. Department of Agriculture, Report FHWA-TS-78-205. Junio 1977.
- 99) STUDER J.A., RUTISHAUSER G. "Geotextiles: Progress in Standardization in Switzerland". Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.
- 100) TERRAFIX FILTER FABRICS LTD "Terrafix and Terratrack. Product Specifications". Rexdale, Canada. 1987.
- 101) VAN SANTVOORT G.P.T.M., TROOST G.H. "Reinforced Railway Sleeperbed" Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume I. Viena, Austria. 1986.
- 102) VAN WIJK W. "Economic Justification for the Use of - Geotextiles in Road Constructions". Vorträge, State-ments mit Diskussionen zur 23. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn, Austria. 1984.
- 103) VAN WIJK W., STOERZER M. " UV Stability of Polypropylene".

Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume III. Viena, Austria. 1986.

- 104) VAN ZANTEN R.V. "Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering". A.A. Balkema Publishers. Rotterdam, Holanda. 1986.
- 105) WEBTEC, INC. "Terratex: Fabrics for Construction". Charlotte, EUA.
- 106) WEHR H. "Separation Function of Non-Woven Geotextiles in Railway Construction". Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 107) WERNER G. "Design Criteria for the Separation Function of Geotextiles on the basis of Mechanical Test Procedures". Proceedings of 3rd International Conference on Geotextiles. Volume IV. Viena, Austria. 1986.
- 108) WORLD CONSTRUCTION "Geotextiles' Construction Role Grows Rapidly". Londres, Inglaterra. Julio, 1986.