

# Geotextiles (\*)

Por **SILVIO TONUS**

Ingeniero

*El empleo de textiles sintéticos (geotextiles) en obras públicas se está generalizando, a pesar de su relativa novedad, por las numerosas aplicaciones que encuentran, en la mejora de la capacidad portante de terrenos, aptitud a la filtración, resistencia, etc. En el artículo se comentan las propiedades y características que deben reunir estos materiales.*

## 1. INTRODUCCION

El uso de materiales textiles en la construcción no es nada nuevo, pero su desarrollo ha estado limitado por el alto costo de estos fabricados. El desarrollo de los «no tejidos» hacia finales de la década de los 60 ha sido de gran importancia en el «boom» de esta aplicación.

El neologismo «geotextiles» lo sugirió J. P. Giroud, en la conferencia internacional sobre el uso de estos fabricados en geotecnia, en 1977 en París.

Hoy un número importante de ingenieros tienen conciencia de que:

- Interponer un geotextil en el suelo permite el uso de materiales de calidad limitada e incluso mediocre.
- El geotextil es un elemento que separa diferentes materiales sólidos, pero que permite el paso del agua.
- El geotextil, en condiciones de grandes deformaciones, refuerza materiales blandos de baja capacidad portante.

## 2. BREVE DESCRIPCION DE LOS GEOTEXTILES

Los geotextiles se fabrican generalmente de fibras sintéticas, tales como:

- Acrílicas.
- Nylon.
- Polietileno.
- Polipropileno.
- Poliéster.
- Poliamidas.

Pueden distinguirse tres clases principales de productos, según las técnicas de fabricación:

- *Fabricados tejidos:*  
Entrelazado de filamentos, hilos o cintas en trama y urdimbre.
- *Fieltros:*  
Filamentos continuos o clasificados, con los que se forma una malla por medio de agujas.



El presente artículo es el texto de la conferencia sobre geotextiles pronunciada por el autor el 22 de noviembre de 1983 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de Madrid.

— *"No tejidos" unidos térmicamente:*

Filamentos continuos que se unen por calor.

Otros productos menos comunes son:

— *"No tejidos" unidos químicamente.*

— *Compuestos:*

Fabricados en multicapa, diseñados para usos específicos.

Dentro del tercer grupo se encuentra, entre otros, el TYPAR, producto de DUPONT que se fabrica en Luxemburgo. Este fabricado se compone de filamentos continuos, 100 % polipropileno, unidos térmicamente.

En el proceso de fabricación se consigue una alta resistencia a tracción y una íntima unión de los filamentos por calor y presión.

### 3. PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS GEOTEXTILES

Las principales funciones de los geotextiles son:

- *Separación:* Para evitar la contaminación de los materiales de buena calidad del subsuelo.
- *Soporte:* Para permitir la distribución de esfuerzos puntuales. Para reforzar el suelo, haciéndolo resistente a esfuerzos a tracción.
- *Filtración:* Para permitir que el agua pase a través pero, al mismo tiempo, se retengan las partículas del suelo.

Todas estas funciones son a menudo complementarias.

Veamos ahora más en detalle estas funciones y analicemos las ventajas que los geotextiles proporcionan a la industria de la construcción y qué propiedades se requieren del fabricado.

#### Separación

El uso de los geotextiles como capas de separación es de interés, porque su estructura es totalmente diferente de la de los suelos: poseen

continuidad, flexibilidad, deformabilidad y alta resistencia a tracción.

La principal consecuencia de estas propiedades es que se evita la mezcla de dos tipos de suelos con diferentes características y propiedades.

En la construcción de carreteras, los geotextiles permiten la instalación de árido sobre una base muy pobre, al evitar la pérdida de material que se introduce en ella.

Al mismo tiempo puede conseguirse una compactación mejor, lo que resulta en una capacidad portante más alta de la capa de árido.

Estas ventajas van cobrando más importancia, ya que las carreteras, por razones ecológicas o económicas, tienden a ser construídas en regiones donde las condiciones del suelo son mediocres.

La degradación de las carreteras se debe, a menudo, a la disminución de la capacidad portante o el incremento de la susceptibilidad al hielo del árido, causada por el «pumping» de los finos bajo cargas dinámicas.

Al actuar como una membrana-filtro, el geotextil permite evacuar el exceso de agua en el terreno, reteniendo los finos.

La separación de material seleccionado en una base pobre permite la construcción incluso en condiciones climáticas adversas, cuando el trabajo normalmente ha de detenerse.

El uso de un geotextil en carreteras permanentes permite alguna economía en áridos. Un efecto más importante es el incremento de la vida de servicio de la carretera.

El coste extra del geotextil (menos de un 1 % del coste total de la obra) puede dar como resultado enormes economías en mantenimiento y reconstrucción.

Para conseguir una óptima función como separador, un geotextil debe tener las siguientes importantes características:

- Suficiente alargamiento en rotura.
- Buena resistencia al desgarró y punzonamiento.
- Adecuadas características filtrantes.

### Soporte-refuerzo

El interés en usar un geotextil conjuntamente con otro material con mayor o menor cohesión es reforzar la masa del suelo, haciéndolo resistente a esfuerzos de tracción.

El geotextil actúa como un refuerzo y elemento de enlace entre las partículas. La presencia de un fabricado continuo permite que cargas puntuales se propaguen y distribuyan uniformemente.

Los geotextiles permiten la construcción de carreteras temporales sobre terrenos pantanosos, marismas, turbas o suelo finos muy compresibles.

Los caminos agrícolas o forestales se encuentran a menudo en condiciones precarias. Nuevas capas de árido deben instalarse cada año para rellenar los baches que se producen. Estos problemas pueden resolverse extendiendo el geotextil en una superficie nivelada, protegiéndolo con una capa de árido relativamente pequeña.

El Georgia Institute of Technology, en Atlanta (USA), realizó un estudio para determinar el efecto de los geotextiles en el terreno.

En fosos circulares de 2,44 y 0,9 m. de diámetro se colocó arcilla (CBR = 1 %) y una capa de árido.

Se aplicó una carga dinámica de 5 kg/cm.<sup>2</sup> al sistema, a través de una placa de carga de diámetros de 15 y 30 cm.

Se utilizaron dos módulos de carga para simular el tráfico.

- a) Tráfico lento (carga máxima en 2 segundos).
- b) Tráfico rápido (carga máxima en 0,2 segundos).

Los resultados del ensayo en el foso grande mostraron que, para alcanzar la misma deformación, eran necesarios siete veces más ciclos de carga cuando se utilizaba TYPAR 136.

Ensayos comparativos con otros materiales en el foso de 0,9 m. mostraron mejores resultados del polipropileno térmicamente unido.



Se apreció que el comportamiento del geotextil está relacionado con el módulo inicial.

Los tres tipos principales de geotextiles tienen distinto comportamiento esfuerzo-deformación.

- Los tejidos tienen un módulo inicial muy alto, pero un bajo alargamiento en rotura.

Las deformaciones que normalmente se dan en carreteras temporales causan alargamientos del geotextil muy cerca del alargamiento en rotura.

- Los fabricados como fieltros tienen un módulo inicial bajo. Se aprecia una gran deformación antes de que las fibras comiencen a reaccionar al esfuerzo. De esta forma, se da una gran deformación del conjunto árido-suelo desde el mismo comienzo de la aplicación.

TYPAR tiene un alto módulo inicial, lo que resulta en un efecto de soporte inmediato, con todavía una importante elongación a rotura, lo que da un margen de seguridad suficiente.

De esta forma, el polipropileno unido térmicamente tiene un comportamiento esfuerzo-deformación óptimo para la aplicación como soporte en la construcción de carreteras.

### Ahorro de áridos

Basados en este estudio y nuestra experiencia de diez años, puede realizarse un cálculo

aproximativo de ahorro de material que se consigue con el uso de un geotextil:

- Para carreteras temporales solamente o para la primera capa de árido de una carretera definitiva permite que se utilice como acceso en período de construcción (deben sucederse deformaciones para inducir esfuerzos en el fabricado); puede considerarse un incremento efectivo del CBR del suelo igual a tres puntos.

*Ejemplo:* Si un suelo con CBR de 3 % y un tráfico de «X» carga por eje y día requiere una profundidad de árido de 35 cm.; el uso de TY-PAR permitiría una construcción que está basada en un suelo de  $3 + 3 = 6$  %, con una profundidad de árido resultante de 25 cm. (10 cm. de economía).

## Filtración

Los geotextiles son materiales permeables que pueden utilizarse como filtros siempre que su permeabilidad sea compatible con la del suelo.

Los geotextiles se utilizan para remplazar filtros granulares bien graduados, permitiendo así el uso de áridos más económicos y con alta permeabilidad (gravilla, arena gruesa o árido de machaqueo).

Los geotextiles son más consistentes en calidad que el árido seleccionado. Son imputrescibles y resistentes al moho, insectos y productos químicos.

Los sistemas de drenaje se construyen más económica y rápidamente y en cualquier condición climática.

## ¿Cómo filtra un geotextil?

Después de su instalación, el flujo del agua lleva partículas finas del suelo a través del fabricado, permitiendo así un filtro graduado natural, que se instala junto al fieltro. Este filtro natural impedirá el posterior lavado del suelo.

A causa de la delgada estructura del fabricado, los finos pasan a través del geotextil

unido térmicamente, sin quedar atrapados en él.

De esta forma, la permeabilidad permanece inalterada y no existe riesgo de colmatación.

## Criterios para la elección del filtro

Los filtros granulares convencionales deben cumplir las siguientes condiciones (Terzaghi):

$$\frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{85} \text{ suelo}} < 4 \text{ a } 5$$

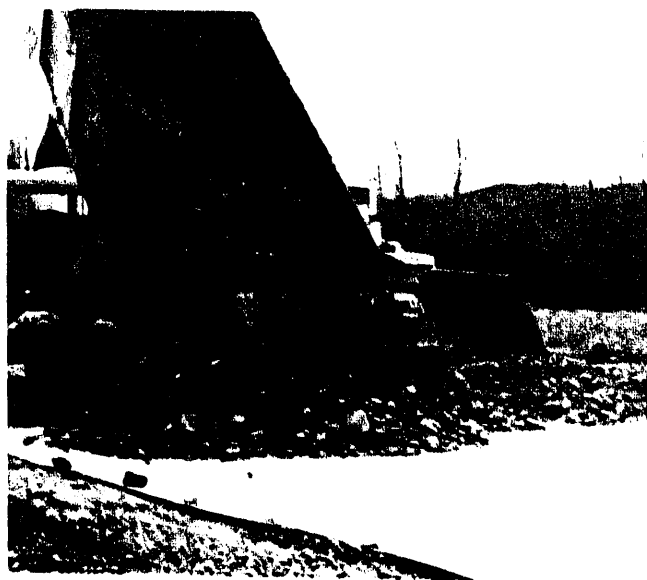
para evitar «pumping». El lavado del terreno daría como resultado la inestabilidad de su estructura por pérdida de finos.

$$\frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{15} \text{ suelo}} > 4 \text{ a } 5$$

para garantizar suficiente permeabilidad. Una acumulación de agua sobre el filtro resultaría en un incremento de la presión del agua sobre los poros, causando pérdidas de las propiedades mecánicas del suelo.

Sin embargo, como las características hidráulicas de un geotextil vienen definidas por los poros, las fórmulas de Terzaghi no son ya válidas.

Un geotextil puede definirse por la «distribución del tamaño de sus poros», similar a la «distribución del tamaño de las partículas» de un suelo.



Desgraciadamente existen mas de 20 condiciones para un filtro.

Una de ellas, comúnmente adoptada es:

$$\frac{P_{85}}{D_{85}} \ll 1-2 \text{ (para suelos sin cohesión)}$$

( $P_{85}$  = diámetro en el que el 85 % de los poros de geotextil son menores).

La distribución del tamaño de los poros de los productos unidos térmicamente es correlativa a su peso. A más peso/m.<sup>2</sup> los poros son de menor tamaño.

Las zanjas de drenaje a lo largo de una carretera pueden encontrar muchos tipos de suelo, con diferente permeabilidad y distribución del tamaño de las partículas. Sería muy poco práctico elegir un tipo de geotextil para cada tipo de suelo.

En realidad, los productos unidos térmicamente de 112 y 136 gr/m.<sup>2</sup> han dado buenos resultados con la mayor parte de los suelos (desde arena fina a arcillas sedimentarias), siempre que la pendiente sea relativamente baja.

La permeabilidad es otro criterio de elección, pero no tan importante como la distribución del tamaño de poros.

Realmente, cualquier clase de geotextil tiene un valor «K» mayor de  $10^{-4}$  m/segundo, que es equivalente al valor «K» de una arena gruesa. Ello significa que un geotextil será al menos de 10 a 100 veces más permeable que el suelo en el que se instala.

Los fieltros tienen generalmente una permeabilidad mayor al agua que los productos unidos térmicamente.

Sin embargo, las partículas del suelo se retendrán en el fabricado y la presión del terreno causará al geotextil grueso una fuerte compresión, que resulta en una permeabilidad efectiva, similar a aquella de los geotextiles unidos térmicamente, cuyo espesor permanece casi inalterable.

En la presa de Goronjo, en Nigeria, un dique de tierra de 7 km. de longitud y 14 m. de altura, se proyectó un filtro granular, graduado para el



drenaje del fondo. A causa de la dificultad para encontrar el material filtrante adecuado, se decidió reemplazarlo con 300.000 m.<sup>2</sup> de geotextil.

Se eligió TYPAR 270 gr., en competencia con tres fieltros distintos, después de que extensos ensayos de laboratorio mostraran que la permeabilidad permanecía inalterada bajo presión, y que el producto no se colmataba.

### Obras hidráulicas

El control de la erosión en ríos, lagos, costas marítimas y la protección de taludes en presas son importantes aplicaciones donde los geotextiles actúan como membranas de separación y de filtro.

Al igual que en obras de drenaje, los geotextiles reemplazan a los filtros granulares graduados, para conseguir una construcción más rápida, más económica y más uniforme.

Muchos ingenieros han construido, y siguen proyectando, sistemas para el control de la erosión, donde el fabricado se deposita sobre el terreno, para ser después protegido y cubierto con escollera grande, cuyo tamaño sea compatible con los esfuerzos hidráulicos.

Esta forma de utilizar los geotextiles puede ser muy atractiva, pero no es correcta.

Para conseguir su función como filtro es de

vital importancia asegurar un buen contacto del geotextil con el terreno por medio de una capa de árido de tamaño máximo de 5 a 10 cm.

Si el fabricado se sujeta al terreno por sólo unos pocos puntos (los huecos entre la escollera grande son importantes), la fuerza del oleaje comenzará a abombar el geotextil. Los fiños bajo el geotextil perderán completamente sus propiedades mecánicas (cohesión) y llegará a sobresaturarse (suspensión en agua). Esto puede producir una excesiva pérdida de partículas del suelo a través del fabricado (no se creará el filtro natural).

La capa de árido de 5 a 10 cm. que recomendamos antes evitará estos problemas y, al mismo tiempo, asegurará que el geotextil no es dañado al colocar la escollera.

### El proyecto Delta

Una aplicación interesante de TYPAR tuvo lugar en el llamado «Oosterschelde Storm Surge Barrier», en Holanda.

La construcción de una compuerta de 3 km. de longitud sobre un brazo de mar dará como resultado un incremento en la velocidad de la marea hasta 5,5 m/segundo.

Se depositaron sobre un fondo marino, para prevenir la erosión por las corrientes, unos colchones de fabricación especial de 200 m. de longitud y 40 m. de anchura, compuestos por un tejido reforzado con acero, una membrana filtro TYPAR y bloques de hormigón colocados como lastre.

Para prevenir la erosión, bajo los 66 muros rompeolas, de 20.000 toneladas cada uno, que componen la compuerta, se colocaron sobre el lecho marítimo colchones multicapa de 200 X 400 m., compuestos por un fabricado tejido reforzado y tres capas de arena, gravilla fina y gruesa, todas separadas por una membrana filtro TYPAR; el lecho marino fue vibrocompactado.

Se construyó una planta especial para fabricar estos colchones, que son enrollados en cilindros flotantes, transportados al lugar y depositados sobre el lecho marino a 20 o 30 m. de profundidad.

Se han utilizado 7.000.000 de m.<sup>2</sup> de TYPAR en este proyecto.

### 4. ¿COMO ESPECIFICAR UN GEOTEXTIL?

Hemos visto cuáles son las funciones de los geotextiles y su comportamiento.

Las propiedades del fabricado, de más importancia para cada función, pueden resumirse de la siguiente manera:

#### Separación

Resistencia a tracción moderada.

Alargamiento mayor que 25 o 30 %.

Distribución del tamaño de poros adecuado.

#### Soporte/refuerzo

Buena resistencia a tracción (más de 300 N/5 cm.).

Alargamiento mayor del 30 %.

Alto módulo inicial.

Alta energía de trabajo.

#### Filtración

$$\frac{P_{85}}{D_{85}} \ll 1-2$$

Baja influencia de la presión del suelo sobre la permeabilidad.

No tendencia a la colmatación.

Buena resistencia química.

Para asegurar una función apropiada, el geotextil debe resistir esfuerzos durante su instalación. Se requiere una resistencia suficiente al desgarrar y al punzonamiento, si se utilizan áridos o piedras de aristas agudas.

En la tabla siguiente damos algunos ejemplos de propiedades mínimas en función del uso final del producto.

## GEOTEXTILES

|                                             |            |         | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  |
|---------------------------------------------|------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Resistencia a tracción.....                 | DIN 53857  | N/5 cm. | 150                | 300                | 450                | » 450              |
| Elongación a rotura.....                    | DIN 53857  | %       | > 25               | > 30               | > 30               | » 35               |
| Módulo secante a 10 % de elongación...      | DIN 53857  | N/5 cm. | —                  | > 1.000            | > 2.000            | —                  |
| «Grab test».....                            | DIN 53858  | N       | 350                | 450                | 750                | » 750              |
| Resistencia al desgarro.....                | ASTM D1117 | N       | 200                | 350                | 450                | » 450              |
| Permeabilidad al agua «K».....              |            | m/s.    | > 10 <sup>-4</sup> | > 10 <sup>-4</sup> | > 10 <sup>-4</sup> | > 10 <sup>-4</sup> |
| Máximo tamaño de poro O <sub>98</sub> ..... |            | mm.     | *                  | —                  | —                  | **                 |

- 1) Campos de deporte, separación sin cargas de tráfico pesado y drenajes.
  - 2) Carreteras de acceso a obra y rurales.
  - 3) Carreteras permanentes, de acceso con tráfico pesado y suelos muy blandos.
  - 4) Sistemas de control de la erosión, presas.
    - Condiciones filtrantes.
    - Condiciones filtrantes de ensayos de laboratorio para presas.
- DIN 53857: Muestra de 5 cm. de anchura y 20 cm. de longitud.  
 DIN 53858: Muestra de 10 cm. de anchura y 15 cm. de longitud.  
 ASTM D1117: Desgarro trapezoidal.

## 5. CONCLUSION

Durante los últimos años, los geotextiles han demostrado ser de gran valor para la industria de la construcción, permitiendo la realización de proyectos rápidos, económicos y seguros. Permiten también al ingeniero ser imaginativo y, a menudo, permiten construcciones que no serían posibles sin estos materiales.

La comprensión de las funciones de los geotextiles, que son múltiples para cualquier estructura dada, permite ahora al ingeniero elegir el geotextil adecuado por una vía menos pragmática.

En muchos países se han formado «Comités de Geotextiles», con el objetivo de suministrar al proyectista más información científica al proyectar una estructura que incluye estos materiales.

Hay todavía mucho trabajo a realizar, pero no deberíamos olvidar que estamos aún en la fase adolescente del uso de los geotextiles.

## BIBLIOGRAFIA

- O. GICOT y J. PERFETTI: «Geotextiles. Conceiving and designing engineering structures».
- «Second International Conference on Geotextiles», volúmenes 1, 2 y 3. Las Vegas. Agosto, 1983.
- V. CASTAGNETTA, G. CESARI y M. PUCCIO: «Prove di caratterizzazione dei geotessili per l'impiego come filtro in una grande diga in terra». Centro Edile. Milano, 1982.
- J. LAVIN, C. MURRAY, L. MURCH, Q. ROBNETT y J. LAI: «Prospects for spunbonded fabrics in civil engineering». Non Woven Fabrics Conference. Manchester, 1980.