

CARACTERIZACIÓN DE GEOSINTÉTICOS PARA USO VIAL

¹Ing. Botasso, Gerardo; ²Fensel, Enrique; ³Ricci, Luis

Calle 60 esq. 124 Teléfono: +54-221-489 0413

lemac@frlp.utn.edu.ar www.frlp.utn.edu.ar/lemac

LEMaC: Centro de Investigaciones Viales, UTN Facultad Regional La Plata

1.RESUMEN

La utilización de los Geosintéticos en la Ingeniería Vial se ha visto incrementada en una forma sostenida en los últimos años. Estos productos presentan una serie de ventajas que son la principal causa del aumento del empleo de los mismos en todo el mundo. Entre estas ventajas cabe destacar: facilidad de puesta en obra, economía de producto, ahorros de tiempos de ejecución, posibilidad de soluciones medioambientales correctas, empleo de mano de obra no calificada y utilización de materiales de calidad verificable.

Por esta razón, estos materiales están tomando cada vez más protagonismo en la construcción de las vías de comunicación. Este protagonismo no sólo se debe al aumento que este rubro representa en el presupuesto total de las obras, sino también a la importancia de las responsabilidades técnicas para las cuales son diseñados. Por ello, este trabajo plantea la caracterización de los productos con un perfil netamente vial para valorar las prestaciones que en esta disciplina se ponen de manifiesto, teniendo como objetivo dar una herramienta al constructor vial, con la cual pueda establecer un control de calidad adecuado a la necesidad planteada en el uso del producto.

Se realiza un análisis del marco normativo y de las principales determinaciones a realizar para una adecuada caracterización de Geosintéticos empleados en pavimentos flexibles.

1 Director del LEMaC

2 Responsable Área Medio Ambiente y Obras Civiles

3 Becario del Área Medio Ambiente y Obras Civiles

2. INTRODUCCIÓN

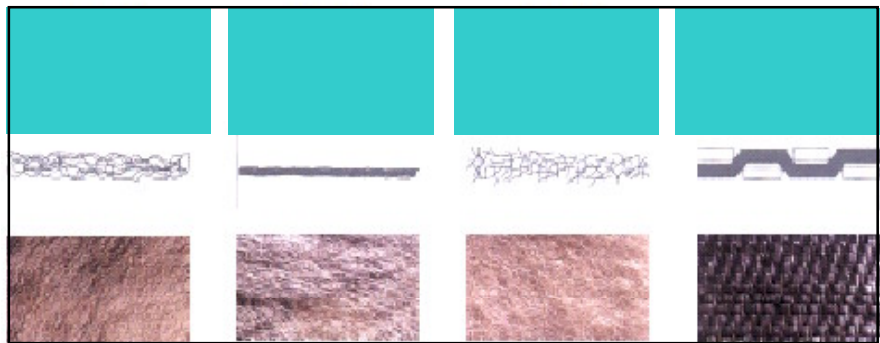
Existen varios campos de aplicación de los Geosintéticos dentro del mundo de la construcción y la edificación: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras. Los Geosintéticos comprenden productos manufacturados a partir de procedimientos principalmente de extrusión (geoplásticos), productos que incluyen en su fabricación tecnología textil (geotextiles) y productos formados por ambas tecnologías: textil y plástica. El término genérico Geosintético designa un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de fieltro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

Dentro de este grupo de textiles técnicos se hallan diferentes productos en función de determinadas características:

3. GEOTEXTILES

Fieltro o manto fabricado con fibras sintéticas, cuyas funciones se basan en la capacidad de filtración y en sus altas resistencias mecánicas, siendo éstas: separar, filtrar, drenar, reforzar y proteger. Pueden fabricarse de diferentes formas y sus aplicaciones abarcan prácticamente todos los campos de la ingeniería civil en donde se esté en contacto con el terreno.

El geotextil es un material textil (tejido) permeable, a base de polímero (natural o sintético), pudiendo ser no tejido (de fibra cortada o filamento continuo) o tejido, usado en contacto con el suelo o con otros materiales.



GEOMEMBRANAS

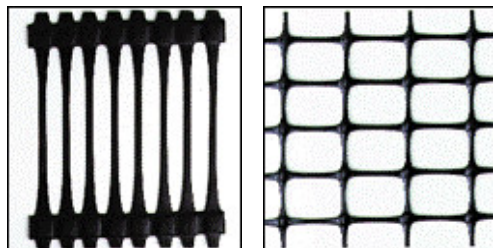
Las geomembranas son láminas de impermeabilización, cuya función principal es evitar el paso de líquidos y se emplean en sistemas de impermeabilización tales como: túneles, rellenos sanitarios, depósitos, almacenamiento de agua o cubiertas planas de edificación. Estas pueden ser de PVC, HDPE, Polipropileno, asfálticas, etc.

PRODUCTOS RELACIONADOS

Son aquellos que por sí solos o adosados a un geotextil cumplen funciones tales como: refuerzo, drenaje en el plano, control de erosión, etc. Dentro de ellos se encuentran: Geomallas, Geored, Geoceldas y Geomantas.

GEOMALLAS o GEOGRILLAS: para refuerzo

Estructura plana a base de polímero constituida por una malla abierta y regular de elementos resistentes a la tracción, pudiendo estar fabricados por láminas perforadas o tejidos ligados por procesos térmicos o de encolado, en la cual las aberturas tienen dimensiones

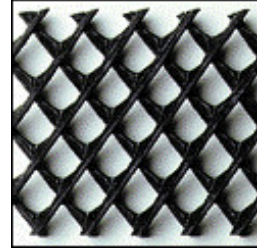


superiores a las de los constituyentes, es usado en contacto con el suelo o con otros materiales.

En lugar de ser tejidos de mallas apretadas, no tejidos o tejidos de punto; las geogrillas son plásticos con una configuración de mallas abiertas, es decir que tienen aberturas grandes. Además pueden ser estiradas para mejorar sus características mecánicas (láminas perforadas) o directamente fabricadas por los métodos textiles tradicionales (tejidos).

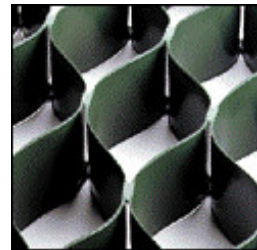
GEORED O GEOESPACIADORES

Estructura tridimensional permeable constituida de filamentos, fibras y/u otros elementos (sintéticos o naturales) a base de polímeros, ligados por medios mecánicos, térmicos o químicos y/o por cualquier otro medio, es usada en contacto con el suelo o con otros materiales, por ejemplo, para mantener partículas, raíces y pequeñas plantas en el suelo.



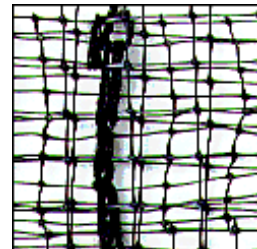
GEOCELDA

Estructura tridimensional permeable a base de polímeros (sintéticos o naturales), con forma de matriz de celdas huecas, constituida por bandas de geotextiles o geomembranas ligadas alternativamente y usada en contacto con el suelo o con otros materiales.



GEOMANTAS

Estructura plana a base de polímeros (naturales o sintéticos) constituida por una red densa y regular cuyos elementos están ligados por nudos o por procesos térmicos, y cuyas aberturas tienen dimensiones superiores a las de sus constituyentes, usadas en contacto con el suelo o con otros materiales.



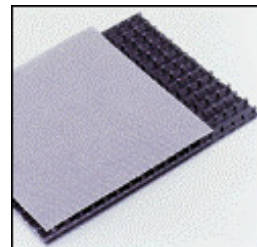
GEOSINTÉTICO BENTONÍTICO

Estructura ensamblada en fábrica, constituida de materiales sintéticos y materiales bentoníticos de baja conductividad hidráulica (por ejemplo bentonita) que se presenta en forma de lámina, usada en contacto con el suelo y/u otros materiales. Su constitución es tipo sándwich con un material bentonítico entre dos geotextiles o un geotextil y una geomembrana. Se mantiene su integridad estructural mediante el agujado, cosido o ligado con adhesivo. Se lo utiliza solo o en conjunto con una geomembrana como barrera hidráulica.

GEOCOMPUESTOS

Es un ensamblado manufacturado de materiales, de los cuales al menos uno de los componentes es un producto Geosintético, usado en contacto con el suelo o con otros materiales.

Los geocompuestos consisten en una combinación de geotextiles y georedes; geogrillas y geomembranas; o geotextiles, geogrilla, y geomembrana; o alguno de estos cuatro Geosintéticos con otro material (por ejemplo: algunos suelos, láminas de plástico deformado, cables de acero, etc.). Las áreas de aplicación son numerosas, entre las que se encuentran: separación, refuerzo, filtración, drenaje y barrera de vapor.



4. FUNCIONES

Denominamos función de un Geosintético al papel específico que realiza en una estructura de suelo - Geosintético. Es una tarea o capacidad específica que se espera que el producto realice durante la totalidad del proyecto o durante la instalación.

Un Geosintético puede desempeñar más de una función al mismo tiempo para una aplicación dada. Típicamente, se determina que una función es más importante y se considera la función primordial del Geosintético, con cualquier otra función concurrente considerada como secundaria.

El identificar la función que va a desempeñar el Geosintético es uno de los pasos iniciales en un proceso de diseño con Geosintético. Las funciones del Geosintético guían al ingeniero a la elección apropiada del material, según las propiedades y métodos de ensayo del material.

Diferentes autores e investigadores han desarrollado clasificaciones para las funciones de los Geosintéticos, que varían en número desde cuatro hasta varias docenas. Un número de escritores recientes han usado un sistema que contiene seis funciones diferentes de los Geosintéticos: **separación, filtración, refuerzo, drenaje, protección y barrera**. No todas las funciones son proporcionadas por cada tipo de Geosintético. Los diferentes Geosintéticos y las funciones que posiblemente éstos desempeñan se muestran en la tabla 1.

	Geotextiles	Geocompuestos	Geomembranas	Geomallas
Separación	X			
Filtración	X	X		
Refuerzo	X			X
Drenaje	X ⁽¹⁾	X		
Protección	X			
Barrera	X ⁽²⁾		X	

Tabla 1

(1) En ciertas aplicaciones de rellenos sanitarios.

(2) Cuando está saturada con una capa ligante.

Cada una de estas funciones puede estar definida en términos del papel que éste desempeñe durante la instalación, es decir, en los diferentes campos de aplicación, como se muestra en la tabla 2, en donde se destacan con que función primaria o secundaria posiblemente actúe de acuerdo a su aplicación.

Campos de Aplicación	FUNCIONES DEL GEOSINTÉTICO					
	Separación	Filtración	Refuerzo	Drenaje	Protección	Barrera
Caminos	X	XX	XX	XX		
Reasfaltado			XX			X
Construcciones Ferroviarias	X	X				
Construcciones Hidráulicas	XX	X				
Drenajes	XX	X		XX		
Campos Deportivos	X	X				
Terraplenes	X	XX	XX	XX		
Drenes Verticales		X		X		
Muros de Contención			X	XX		
Túneles				X	X	
Depósitos de Líquidos y Desechos			XX	XX	X	

Tabla 2

X : Función principal

XX: Función Secundaria

5. APLICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS EN CAMINOS:

A) OBRA NUEVA

Generalidades:

Una de las causas principales de la falla de los pavimentos y caminos es la contaminación de la base de agregado y la pérdida resultante en la resistencia del mismo. Cuando se coloca agregado sobre una subrasante, la capa inferior se contamina con ésta. Con el tiempo, la carga y la vibración del tránsito va hundiendo el agregado del pavimento en la subrasante, causando la migración hacia arriba del limo y la arcilla. En sitios húmedos, el tránsito de la construcción causa el bombeo de los finos de las subrasantes débiles hacia la capa de agregado. Todas estas condiciones disminuyen el espesor efectivo del agregado destruyendo, de esta forma, el apoyo del camino y reduciendo su rendimiento y vida útil.

Como se dijo, los Geosintéticos proporcionan cuatro funciones importantes, las cuales aumentan el funcionamiento del camino: separación, estabilización, refuerzo y drenaje. El Geotextil a seleccionar dependerá de cuales funciones son las más adecuadas para el proyecto. Tanto los Geosintéticos tejidos como los no tejidos proporcionan una separación a largo plazo entre la base de agregado y la subrasante. Al separar estos dos materiales, el Geotextil mantiene el espesor original de las capas del camino. Esta es la función más importante de los Geotextiles para caminos, particularmente cuando se construyen sobre suelos con subrasantes de resistencia débil a moderada ($CBR < 7$). El Geotextil también permite usar una base de agregado para el pavimento con una granulometría más abierta y de alta permeabilidad, lo que mejora el drenaje. Al disminuir la pérdida de agregado y aumentar su permeabilidad, se incrementa considerablemente el rendimiento y la vida útil del pavimento. Los Geosintéticos tejidos y no tejidos de mayor resistencia proporcionan estabilización además de su función principal de separación. A través de la estabilización, un Geotextil puede aumentar la capacidad efectiva de carga de los suelos con subrasantes de baja resistencia. Un Geotextil para estabilización reduce el bombeo de la subrasante, la excavación adicional y el espesor requerido del agregado.

La separación, la estabilización y el refuerzo son necesarios para la construcción sobre suelos con subrasantes débiles ($CBR < 2$). Los Geosintéticos tejidos, de alto módulo para refuerzo, proporcionan una plataforma esencial para construir una base de camino competente y minimizar los requerimientos de profundidad de relleno. Estos productos son ideales cuando se espera que el agua fluya de la subrasante a la base de agregado.

El Geosintético puede constituirse como un material que aumenta la seguridad ante la falla de base local en la construcción de caminos. La formación de ahuellamientos, debido a la alta carga de ejes de vehículos pesados, es una característica de caminos no pavimentados con subbases "blandas". Para mantener caminos de este tipo permanentemente en uso es muy importante *minimizar la formación de ahuellamientos de manera de evitar la formación de fallas en la base.*

Una posibilidad de evitar fallas locales es el *aumento del espesor de la capa portante*, con el objeto de tener una mejor repartición de la carga y disminuir la tensión normal. Esta solución, implica un aumento de los costos que alcanzan proporciones significantes en ciertos casos. También es importante señalar que un buen relleno es difícil de encontrar y sus volúmenes son ocasionalmente escasos.

Otra posibilidad para evitar fallas de base locales y garantizar el tránsito vehicular es el mejoramiento o *estabilización del suelo con cal, cemento o aditivos químicos.* No obstante,

esta posibilidad no siempre es realizable, fundamentalmente por la imposibilidad de adecuar el equipamiento constructivo a las condiciones del terreno.

La *construcción con Geosintéticos* representa una alternativa a las posibilidades antes descritas. La utilización de estos materiales como capa separadora logra disminuir espesores de la capa portante y con ello los costos de movimiento de suelos y aporte de material.

Algunas experiencias han demostrado un aumento del 60% en el valor de la capacidad portante de un suelo arcilloso saturado ($VSR < 0,5\%$) al colocarse un Geotextil no tejido entre el suelo de la subrasante y la base estabilizada superior. En principio se pensó que la aportación del Geotextil venía dada solamente por un *efecto de membrana* en la estructura resistente a nivel de la subrasante. También se pueden observar estudios en cuanto a la variación de los módulos resilientes, en donde se concluye que esa resulta una aportación adicional. Pero fundamentalmente las principales acciones a destacarse son:

- Mejor drenaje
- Aumento de la velocidad de consolidación del subsuelo
- Formación más plana y homogénea del asentamiento
- Mejor redistribución de los esfuerzos
- Impide la migración de finos y el mezclado entre suelos de subrasante con los suelos de base

6. MANTENIMIENTO Y RENOVACIÓN DE PAVIMENTOS:

Generalidades:

Durante los primeros años de la década del '70, la demanda mundial de reducción de los costos de reparación de pavimentos asfálticos para carreteras ha impulsado el desarrollo de una nueva tecnología de repavimentación: *la combinación de materiales Geosintéticos con productos de revestimiento asfáltico*.

Dicho método, que procede de los estados del sur de EE.UU. y que se desarrolló para prevenir la formación de las denominadas "fisuras de reflexión" en la superficies de caminos de asfalto, ha sido adoptado de forma generalizada y se ha convertido en uno de los principales campos de aplicación de los materiales Geosintéticos.

En general, los factores que determinan la duración de la superficie de una carretera asfáltica nueva son la fatiga por flexión, el envejecimiento natural, la formación de ahuellamientos, la abrasión, la formación de grietas por efecto de la temperatura y las grietas de reflexión.

En la actualidad, se está enfrentando el problema de sistemas de carreteras que están envejeciendo y presupuestos de mantenimiento que van escaseando. Uno de los principales contribuyentes al deterioro de los caminos es el agua que se encuentra debajo del pavimento, la cual reblandece el suelo de la subrasante lo que a su vez destruye la capacidad estructural del pavimento. Un pavimento con una base que se sature en un tiempo del 10% de diseño, tendrá solamente un 50% de la vida útil de un pavimento donde el agua se mantiene fuera de la base. Gran parte de esta agua entra por las fisuras y poros de la superficie del pavimento.

Los Geosintéticos especiales para pavimentación y las membranas de reparación están diseñadas para reducir la infiltración del agua y las grietas reflectivas, ahorrando, de esta forma los ciclos costosos de repavimentación. Se ha comprobado que éstas prolongan la vida útil de carreteras, calles urbanas, estacionamientos, pistas de aterrizaje y accesos de aeropuertos. Estos productos tan versátiles se utilizan en pavimentos de asfaltos nuevos,

por debajo de las capas de pavimentos rígidos y flexibles, así como por debajo de pavimentos sellados por tratamientos de superficie.

En el mercado se ofrecen Geosintéticos de polipropileno no tejido agujado para la pavimentación, los cuales ofrecen una barrera contra la humedad sobre todo el ancho de la superficie de pavimentación, cuando se combina con una capa ligante de cemento asfáltico. También para este propósito, existen membranas impermeabilizantes y autoadheribles para la reparación eficaz de grietas y juntas del pavimento o para sellar cubiertas de puentes. El producto es un compuesto formado por el Geotextil no tejido revestido con cemento asfáltico y un mastic adhesivo ruberizado (con adición de caucho). El mastic adhesivo se une fácilmente a la superficie del pavimento existente, permitiendo la instalación rápida y sencilla del producto. La capa de asfalto sobre el Geotextil no tejido asegura una excelente unión con la carpeta del pavimento.

También existen compuestos, por ejemplo de tres capas, consistentes en asfalto impermeable intercalado entre una tela no tejida y una tejida de alto módulo. El compuesto de una membrana extra fuerte para la reparación del pavimento con alta resistencia a la tracción y excelente resistencia a la delaminación, amortigua y disipa eficazmente las tensiones del pavimento que causan el agrietamiento reflectante.

Aplicación del Geotextil para pavimentos:

El efecto de los Geotextiles para pavimentos en la duración de la superficie de carreteras asfálticas y su incorporación a la construcción asfáltica es un mecanismo complejo, que está determinado por diversos parámetros: tipo de tejido, tipo de mezcla asfáltica, impregnación, estructura de la superficie y construcción general. No es posible evaluar el rendimiento de los tejidos para pavimentos considerando simplemente su resistencia a tracción.

Los principales factores que contribuyen a prolongar la vida útil de una carretera son la *función de sellado* que realiza el tejido para pavimentos impregnados en asfalto, la considerable *uniformidad de la unión* y la *resistencia a la fatiga por flexión* de la capa superior de mezcla asfáltica.

Especificaciones de los Geosintéticos para pavimentos:

Según el reglamento PG3 (Pliego de Especificaciones Técnicas de España) las características mecánicas exigibles a Geosintéticos para pavimentos son las que se describen en la tabla 3.

Grupo	e(KN/m) (valor mínimo)	Rt(KN/m) (valor mínimo)	Rpd(KN/m) (valor mínimo)	Función del Geotextil
0	6.4	16	20	SEPARACION
1	4.8	12	25	
2	3.2	8	30	
3	2.4	6	35	
0	2.7	9	30	FILTRO
1	2.1	7	35	
2	1.5	5	40	
3	1.2	4	45	

Tabla 3

Donde los grupos 0, 1, 2 y 3 son agrupaciones de materiales de similares características.

RT = Resistencia a tracción (KN/m) (UNE EN ISO 10319) Medida en la dirección principal (de fabricación o perpendicular a ésta) en que la resistencia sea mínima.

Rpd = Resistencia a perforación dinámica (mm) (UNE EN 918)

$$e(\text{KN/m}) = RT (\text{KN/m}) \cdot e_r$$

e_r = Deformación unitaria en rotura

Se menciona además que estas especificaciones serán desarrolladas en la brevedad para nuestro país en el IRAM, en donde el LEMaC participa activamente.

Etapas constructivas:

A continuación, se mencionan las diversas etapas de trabajo. Figura 1.

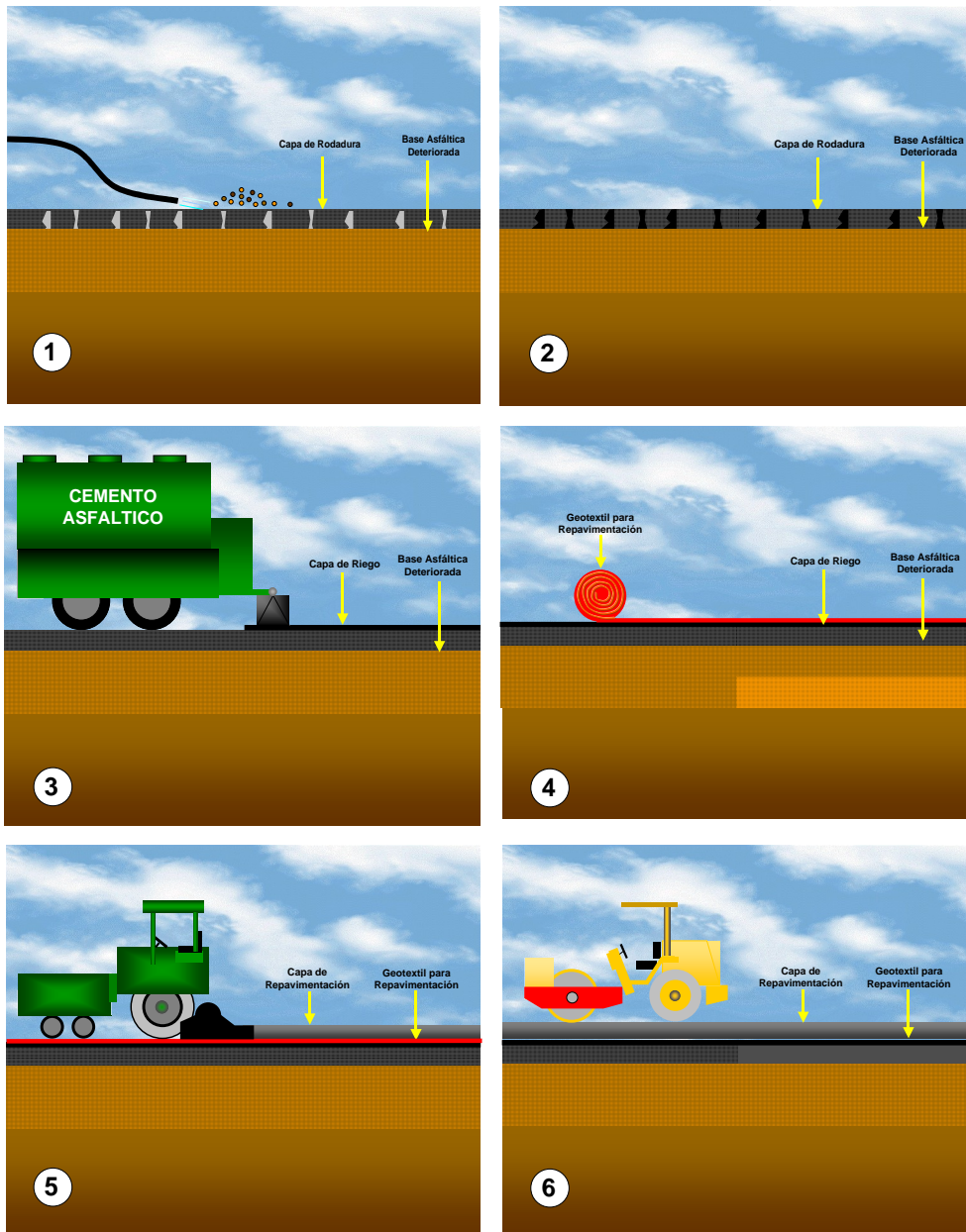


Figura 1

7. REDUCCION DE GRIETAS REFLECTIVAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS

Generalidades:

Existe una aplicación especial de los Geosintéticos que ha sido discutida en gran medida en los últimos tiempos y es la *reducción de grietas reflectivas en pavimentos asfálticos*. Muchas marcas comerciales han sabido desarrollar telas y técnicas constructivas para que sea controlado el problema de la reflexión de fisuras desde la base al pavimento, o desde el pavimento antiguo al nuevo.

Estos sistemas, generalmente consisten de una tela de polipropileno no tejida (Geotextil no tejido) saturada con una capa de ligante asfáltico. Cuando el Geotextil se coloca entre el pavimento original y una sobrecapa de asfalto, o entre la base y el pavimento nuevo, se convierte en parte integral de la sección de la carretera, formando una *barrera contra la infiltración de agua y reduciendo el agrietamiento reflectante* de la nueva superficie asfáltica.

Una cantidad significativa de agua de lluvia se infiltra a través de los pavimentos de mezcla asfáltica y de concreto de cemento portland, saturando y debilitando los materiales de la base y de la subrasante. Si los materiales de base de un pavimento están saturados tan sólo un 10% del tiempo, la vida útil de ese pavimento se reducirá un 50%. La mayoría de los pavimentos, no tienen capas adecuadas de base abiertas, con drenaje libre que drenen rápidamente este agua infiltrada, para así evitar la saturación de la base de la carretera. El Geotextil, cuando se satura con la capa ligante de cemento asfáltico, se convierte en una barrera de humedad en el pavimento, impidiendo esta infiltración antes de que llegue a las capas de base y a la subrasante. El módulo resiliente de las capas de la subrasante típicas y de la base, puede aumentar significativamente, simplemente manteniendo estas capas a un nivel de humedad bajo. Minimizando la humedad de la base de la carretera también se puede ayudar a eliminar los problemas de congelación y deshielo del pavimento.

El pavimento flexible de mezcla asfáltica va a, eventualmente, desarrollar grietas por fatiga debido a los esfuerzos por tensión cuando se deflexione. La inclusión de la entrecapa de Geotextil trae como resultado, un pavimento con esfuerzos a la tracción reducidos ampliamente, al compararse con pavimentos monolíticos que no tienen esta inclusión. El resultado es un gran aumento a la resistencia a la fatiga del pavimento nuevo o de las sobrecapas. La capa de espesor mediano, de Geotextil saturada con asfalto, también absorbe esfuerzos provenientes de las discontinuidades del pavimento existente. Pequeños movimientos, asociados con grietas y juntas viejas, son disipados dentro del sistema Geotextil-ligante, en lugar de ser transferidos hacia las capas superiores como agrietamiento reflectivo. Esta disipación de esfuerzos es efectiva sobre grietas y juntas de pavimentos de H° o de mezcla asfáltica.

El Geotextil es también efectivo en la prolongación de la vida de la superficie sellada con una capa de tratamiento superficial impermeable, ya que la capa de tela saturada con asfalto, proporciona una cámara reforzada fibrosa para la gravilla. El desprendimiento del agregado pétreo se reduce apreciablemente y el agrietamiento superficial se retarda.

8. CARACTERIZACIÓN

Principales ensayos a realizar sobre un Geosintético:

El presente trabajo busca ajustar una metodología de ensayo para caracterizar los geosintéticos en nuestro país, buscando cubrir la ausencia de control de calidad en estos materiales.

El LEMaC Centro de Investigaciones Viales forma parte del subcomité de Geosintéticos de IRAM, en el cual se discuten y establecen las normas argentinas al respecto. El IRAM (Instituto Argentino de Normalización) es una asociación civil sin fines de lucro, cuyas finalidades específicas, en su carácter de Organismo Argentino de Normalización, son establecer normas técnicas y la aplicación de la normalización como base de la calidad.

Debido a la experiencia obtenida con esta participación y sumado a un profundo análisis que se ha realizado de las normativas tanto americanas como europeas, y basados en el criterio de evaluar las características del Geosintético que respondan a un uso, se ha confeccionado el presente listado de ensayos, que son ineludibles a la hora de caracterizar estos materiales. Ver tabla 4.

Se le da prioridad a los aspectos funcionales tales como las características mecánicas, físicas, hidráulica, geotécnicas y de durabilidad, consideradas las mínimas de un listado general de 50 ensayos de una sistemática general.

Ensayo		Norma
Ensayos para determinar las características físicas y mecánicas		
A	"Método estándar para determinar la masa por unidad de área en Geotextiles"	ASTM D5261 IRAM 78002
B	"Método estándar para medir el espesor nominal de Geotextiles y Geomembranas"	ASTM D5199 IRAM 78004
C	"Método estándar para determinar la carga de rotura y elongación de Geotextiles" (GRAB BREAKING TEST)	ASTM D4632
D	"Método estándar para determinar el comportamiento resistente de Geomembranas a través del método de tracción de la banda ancha"	ASTM D4885
E	"Método estándar para evaluar la resistencia al desgarro trapezoidal en Geotextiles" (TRAPEZOIDAL TEAR TEST)	ASTM D4533
F	"Método estándar para determinar la abertura aparente de poros en Geotextiles"	ASTM D4751
G	"Método estándar para evaluar el índice de resistencia a la penetración estática de Geotextiles, Geomembranas y productos relacionados"	ASTM D4833 IRAM 78011
H	"Ensayo de perforación dinámica" (ensayo por caída de un cono)	IRAM 78009
Ensayos para determinar las características hidráulicas y geotécnicas		
I	"Método estándar para evaluar la permeabilidad al agua de Geotextiles"	ASTM D4491
J	"Método estándar para determinar permeabilidad (en corriente plana) de Geotextiles y productos relacionados"	ASTM D4716 IRAM 78010
K	"Determinación de las características de permeabilidad al agua normal al plano, sin carga"	IRAM 78007
Ensayos para determinar las características de durabilidad		
L	"Método estándar para evaluar el deterioro de Geotextiles expuestos a la luz ultravioleta y agua (Aparato tipo arco de Xenón)"	ASTM D4355

Tabla 4

A) Masa por unidad de área:

La masa por unidad de superficie se relaciona con la uniformidad del Geosintético e indirectamente con el resto de las características del mismo.

El peso o la masa por unidad de superficie de un Geosintético puede obtenerse mediante las recomendaciones, por ejemplo, de las normas ASTM D1910 e IRAM 78002. El peso de un Geosintético se expresa por unidad de área pesando pequeñas probetas de ensayo circulares o cuadradas, de dimensiones conocidas, cortadas de distintas posiciones y distribuidas por todo el ancho y largo de la muestra, Ej. : gramos por metro cuadrado

(gramaje), o también en metros por kilogramo, en cuyo caso se debe especificar también el ancho de la tela.

B) Ensayo de Espesores a presiones prefijadas (IRAM 78004-1)

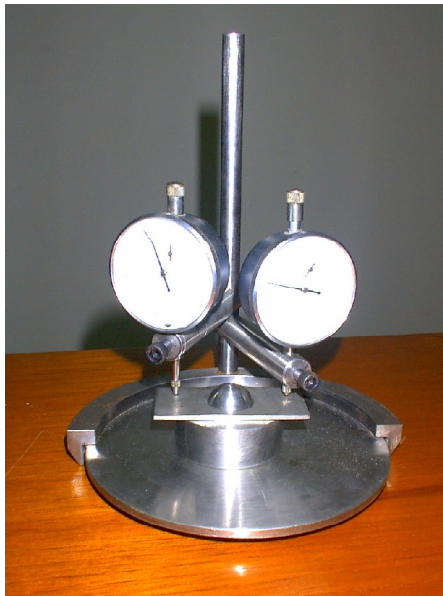
Espesor: Distancia tomada entre dos placas paralelas de referencia, que se mide al aplicar una presión en un tiempo determinado sobre la probeta.

Espesor nominal: Espesor determinado cuando se aplica una presión de $2,00 \pm 0,001$ KPa sobre la probeta de ensayo.

Aparatos:

Los aparatos necesarios para la ejecución del ensayo son:

- 1) Pie de presión: El pie de presión debe tener una superficie lisa, plana y circular, con un área de $25 \text{ cm}^2 \pm 0,2 \text{ cm}^2$. Este debe ser apto para ejercer presiones de 2 KPa, 20 KPa y 200 KPa, en forma perpendicular al plano de la probeta.
- 2) Placa de referencia: La placa de referencia tendrá una superficie plana cuya medida será superior a 1,75 veces el diámetro de la superficie del pie de presión. En nuestras experiencias se ha utilizado una placa de referencia de $d = 16 \text{ cm}$.
- 3) La precisión del aparato medidor del espesor deberá ser:
1 % para productos de espesor $\geq 1 \text{ mm}$
0,01 mm para los productos de espesor $< 1 \text{ mm}$



Vista del aparato medidor de espesores



Placa de referencia, pie de presión con tetón, porta flexímetros, flexímetros y geotextil

En nuestro caso, el aparato que registra el espesor consta de una placa base de acero inoxidable, a la cual se le adosó un porta flexímetro, que permite la colocación de dos flexímetros diametralmente opuestos, los cuales registran las medidas con una precisión de 0,01 mm. El pie de presión está formado por un tocho de acero inoxidable del diámetro que requiere la norma. El mismo fue provisto de un tetón en su parte superior, para que al aplicar carga ésta sea centrada y se distribuya de manera correcta. También está provisto de una placa de referencia, en la cual apoyan los vástagos de los flexímetros.

El peso del pie más el tetón y la placa de referencia es de 500 gr, con lo cual queda aplicada en su área el primer rango de presiones (2 KPa).

Para el registro del espesor se toman ambas lecturas, una por cada flexómetro, para cada estado de carga y se calcula el promedio de ambas determinaciones. Desterrando de este modo cualquier desviación por falta de paralelismo entre la placa de referencia y el pie de presión.

Observaciones:

Del procedimiento empleado en estas determinaciones se puede objetar que el mecanismo empleado no asegura un paralelismo entre el pie de presión y la placa de referencia.

Sin embargo, este aspecto queda subsanado por la implementación de mediciones diametralmente opuestas, con las cuales se consigue un promedio y, en consecuencia, una eliminación o disminución considerable de este error. Figura 2.

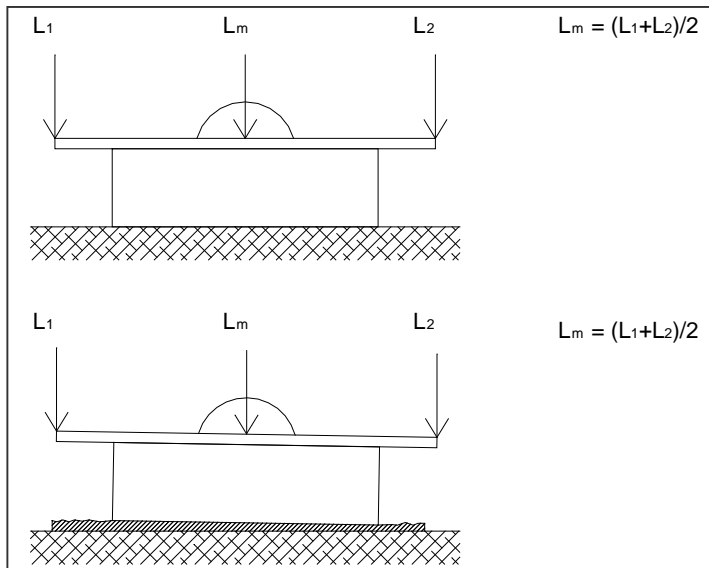


Figura 2

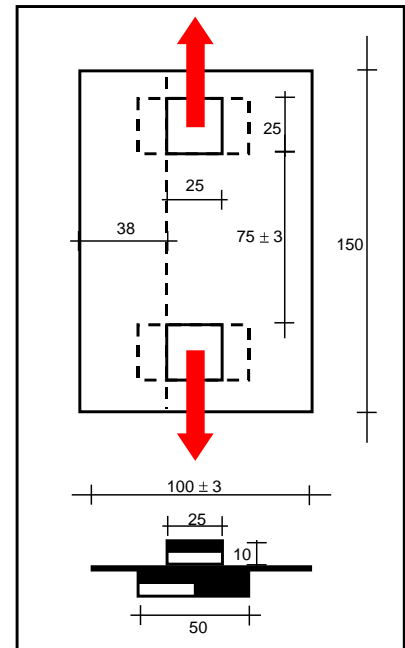


Figura 3

C) Ensayo de tracción (Grab Test)

También llamado de resistencia a la tracción en carga concentrada, se diferencia del ensayo de tracción en tiras en que el ancho de las probetas es mayor que la impronta de las mordazas de la máquina que tracciona la muestra. Figura 3. Mediante este artificio, una parte del espécimen provee anclaje a los filamentos sin ser específicamente sometido a esfuerzo.

Algunas de las normas para este ensayo son: DIN 53858; EFG 07-120; ASTM D1682-4632; IRAM 78012. Las mismas difieren, entre otras características dimensionales de la máquina y probetas, en los valores de velocidad de ensayo, lo que se expone en la tabla 5:

Norma de Ensayo	Velocidad de Ensayo
DIN 53858	100mm/min
NFG 07-120	20s
ASTM D 1682-4632	30s ó 300mm/min

Tabla 5

Este ensayo es la mayor simulación de las solicitaciones cuando sobre un Geosintético se presiona un elemento punzante (piedra) en forma descendente, o se ejerce un esfuerzo lateral sobre el elemento (aun presionado).

Una solicitación como la descrita se presenta en operación cuando: un vehículo frena, acelera o dobla sobre la superficie del camino (las tensiones se transmiten paralelamente

a la superficie); y cuando se compacta el agregado en una trinchera de drenaje (se presiona la piedra contra los laterales y se vibra en forma descendente). Esta propiedad será de importancia crítica en todas las aplicaciones en que, durante la etapa de construcción, transite equipo pesado sobre agregado de grueso calibre.

D) Ensayo de Tracción en probetas anchas

La distinción básica entre este método y los métodos para medir las propiedades de tracción en los Geosintéticos es el ancho de la probeta.

En este método, el ancho es mayor que el largo de la probeta, ya que algunos Geosintéticos tienen tendencia a encogerse (curvarse) bajo carga en el largo de la probeta. El mayor ancho reduce el efecto de encogimiento de tales materiales y proporciona una relación más próxima al comportamiento esperado del mismo sobre el terreno, así como un procedimiento para la comparación de Geosintéticos entre sí.

Las normas que siguen el principio de este método, aunque con algunas variantes en el procedimiento, son ISO 10319:1993, AENOR UNE-EN ISO 10319:1996 e IRAM 78012:2001.

Según la normativa Argentina, el resumen del procedimiento es el siguiente: se mantiene una probeta de ensayo, entre todo su ancho, en las mordazas de una máquina de tracción que se desplaza a una determinada velocidad, mientras se aplica una fuerza longitudinal a la probeta hasta que la misma rompe. El valor de la carga máxima, medida en el dial de la máquina de tracción, constituirá la resistencia a tracción del producto. Este ensayo utiliza probetas de 200 mm de ancho y 100 mm de largo.

E) Ensayo de Desgarramiento

El ensayo consiste en ejercer un esfuerzo de corte en dirección normal a una lámina de Geosintético, sobre la que se ha practicado un corte en "V".

Se conforma así un concentrador de tensiones, a partir del cual se propagará la rotura.

El procedimiento de ensayo es el siguiente: se prepara una muestra del Geosintético, cortada en forma trapezoidal o de manera que entre las improntas de la mordaza quede una figura trapezoidal.

En el centro de dicho espacio se efectúa un corte de 25 mm de largo, sobre el cual se inducirá el desgarramiento.

F) Ensayo de Abertura Eficaz de Poros (AOS) (ASTM D4751-99):

Abertura aparente de poros (AOS), para un Geotextil: Propiedad que indica el tamaño aproximado de partículas que pasan efectivamente través de un Geotextil.

Resumen del método:

Una muestra de Geotextil es colocada en un marco de tamiz, y esferas de vidrio graduadas son colocadas en la superficie del Geotextil. El Geotextil y el marco son sacudidos lateralmente para que el vibrado induzca a las esferas a pasar a través de la muestra de ensayo. El procedimiento es repetido en la misma muestra para diferentes tamaños de esferas, hasta que la abertura aparente de poros haya sido determinada.

Aparatos:

Tamizador mecánico: Debe ser usado un tamizador mecánico, el cual imparte movimientos laterales y verticales al tamiz, haciendo que las partículas reboten y se acomoden con respecto a la superficie del tamiz. El agitador del tamiz debe ser un dispositivo de frecuencia constante con un brazo que le dé a aquél el movimiento adecuado para las esferas de vidrio.

Taza (o platillo), cobertura (o tapa), y tamices de 200 mm de diámetro (8”).

Esferas de vidrio, en granulometrías acordes con la tabla 1. Sólo es necesario tener a mano la cantidad de fracciones de tamaño necesarias para el rango de geotextiles para el cual se va a hacer el ensayo. La puesta a punto del tamaño de las micro esferas debe ser verificada antes de cada uso, por tamizado sobre el par de tamices mostrado en Tabla 6. Prepare por lo menos 50 gr de cada fracción de tamaño a usar, antes de comenzar el ensayo.

Granulometría de las esferas				Designación del tamaño de la esfera	
Pasa		Retenida		mm	Tamiz #
mm	Tamiz #	mm	Tamiz #	mm	Tamiz #
2,000	10	1,700	12	1,700	12
1,400	14	1,180	16	1,180	16
1,000	18	0.850	20	0.850	20
0.710	25	0.600	30	0.600	30
0.500	35	0.425	40	0.425	40
0.355	45	0.300	50	0.300	50
0.250	60	0.212	70	0.212	70
0.180	80	0.150	100	0.150	100
0.125	120	0.106	140	0.106	140
0.090	170	0.075	200	0.075	200

Tabla 6

Balanza, con una capacidad adecuada a la masa previstas de la muestras, y una precisión de $\pm 0,05$ gr.

Eliminador de electricidad estática, para prevenir la acumulación de la misma cuando las partículas están siendo sacudidas sobre la superficie del geotextil. Son aceptables los dispositivos antiestáticos que se consiguen comercialmente, como así también los “sprays” antiestáticos.

Horno secador.

Cacerola, tacho, platillo (para recoger las esferas tamizadas).

Método de la U.S. Corps of Engineers:

Este método se basa en la norma ASTM D4751 y define a la abertura eficaz o abertura equivalente de poros , AOS, como el número de la serie normaliza de tamices cuya abertura coincide con las del geotextil.

El principal inconveniente de esta metodología es conseguir bolillas de cristal con determinada granulometría. Y es aquí donde se tiene la mayor diferencia con la norma, utilizando para este procedimiento la siguiente granulometría:

- 1) N° 120 a 100 (125 \square a 149 \square)
- 2) N° 100 a 80 (149 \square a 177 \square)
- 3) N° 80 a 70 (177 \square a 210 \square)
- 4) N° 70 a 60 (210 \square a 250 \square)

Resulta muy importante aclarar que este método solo es aplicable a Geotextiles no tejidos, donde la abertura



Tamizador mecánico MACOTEST

de malla a determinar es pequeña en relación a las fracciones de microesferas consideradas.

Consideraciones sobre el tamizado:

Del proceso de clasificación de las microesferas, se ha comprobado que durante su tamizado, se han obtenido notables diferencias en las granulometrías que se realizan sobre muestras de distinto tamaño.

Se supone que esta dispersión se debe a que, en porciones muy grandes, el proceso de tamizado no es del todo efectivo.

Es por ello, que se ha decidido y se recomienda tamizar porciones del material que no excedan un peso aproximado de 50 gr durante el lapso de 15 min y mediante la implementación del tamizador mecánico.



Geotextil preparado para ser ensayado

G) Ensayo de resistencia a la Penetración estática de Geotextiles según normativa Argentina

Este ensayo ha sido tomado del ámbito de la ingeniería vial y es una imitación del ensayo CBR. Cuantifica la dificultad con que un Geosintético puede ser perforado por un elemento punzante que, soportado estáticamente sobre la tela, sea presionado enérgicamente sobre la misma.

La importancia del ensayo de penetración estática:

La creciente utilización de productos Geotextiles en la Obra Vial hace tener en cuenta la necesidad de evaluar las propiedades de dichos materiales. Uno de los primeros ensayos analizados por el LEMaC fue el de Penetración Estática, procediéndose para esto al análisis de la normativa Argentina (IRAM 78011) y la de los EEUU (ASTM D4833).

En resumen, el procedimiento de ensayo descrito por ambas normas es muy similar, planteando penetrar la muestra de Geotextil mediante un pistón, con una velocidad de desplazamiento constante, midiendo la carga y el hundimiento.

Del estudio surge que las principales diferencias se encontraron en el instrumental utilizado, optándose por la norma IRAM 78011, debido a las razones que a continuación se describen:

- Es una norma vigente en nuestro país.
- Los elementos utilizados son, en su mayoría, instrumental que se encuentra en un laboratorio vial o que se puede adaptar.

Creemos que este ensayo es de vital importancia para la caracterización de un Geotextil, como así también que evalúa en forma directa las condiciones de uso.

La propiedad analizada por el ensayo es de relevancia crítica en los sistemas de control de erosión en los que la protección se realice con elementos punzantes y de gran peso (como gaviones) o, en la aplicación del geotextil como protección. La resistencia al punzonamiento estático deberá ser a sí mismo considerada en los casos en que sobre una capa de agregado punzante transite maquinaria de gran porte.

La importancia del ensayo reside en el hecho que, ante cualquiera de las situaciones antes mencionadas, el Geotextil puede fallar y, si lo hace, pierde la mayoría de las funciones para las cuales fue colocado. Dejando de esta manera inutilizado el material, con la pérdida del mismo y los costos que ello conlleva.

Primeros ensayos de resistencia a la penetración:

Con el instrumental desarrollado en el Centro se realizaron las primeras experiencias de penetración estática en Geotextiles.

La obtención y acondicionamiento de las probetas se realizó según la norma tratada (IRAM 78011), procediendo a la perforación de las mismas (con sacabocado de igual diámetro al del tornillo pasante) para posibilitar su colocación en los anillos de sujeción. Se ensayó un material constituido por un polímero estabilizado, no tejido y soldado térmicamente de reconocida marca comercial, cuya cartilla técnica especifica un valor de 1550 N (158,16 Kg) de resistencia a la penetración estática para el gramaje de 150 gr/m². Los ensayos se realizaron en tres formas diferentes; las cuales consistieron en:

Carga directa en un solo proceso de carga, con la velocidad de norma (50 mm/min), hasta alcanzar el máximo recorrido del vástago del flexímetro. Registrándose únicamente la penetración máxima alcanzada y la carga para dicha penetración. Procedimiento éste recomendable para aquellas determinaciones en las que no se exigen las gráficas de curva-hundimiento. Estas experiencias sirvieron también, para observar atentamente las velocidades con que giraban las agujas de los instrumentos de precisión; utilizando ésta como base para determinar los intervalos, que ha posterior se utilizaron para tomar las lecturas y graficar la curva carga-hundimiento. Recomendamos este último paso para aquellas instituciones que comienzan con este tipo de ensayos. Se han fijado los siguientes intervalos de penetración: 5 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 70 mm; dejando un casillero en blanco para la máxima penetración y carga de rotura.

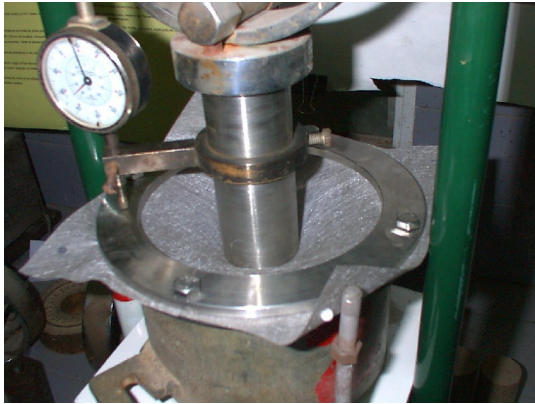
Carga directa con la velocidad normal de ensayo (50 mm/min) en 2 etapas de carga hasta llegar a la rotura. Registrándose valores de penetración (mm) y carga (kg) para los distintos intervalos fijados en el procedimiento anterior. Dicho registro posibilitó el trazado de la curva carga-hundimiento. Pero este procedimiento no es recomendable, ya que se observa un aumento en la resistencia a la penetración debido, posiblemente, a una relajación o recuperación elástica del material a partir de la naturaleza plástica de su constituyente.

Carga directa con la velocidad normal de ensayo (50 mm/min), en una sola etapa, hasta llegar a la rotura. Registrándose valores de penetración (mm) y carga (kg) para los distintos intervalos fijados. Este es el procedimiento más recomendable para ejecutar un ensayo de estas características, ya que a partir de la curva carga-hundimiento se pueden realizar otras conclusiones (módulo de elasticidad, tenacidad), dejadas de lado en un procedimiento que solo registra carga y hundimiento final.

Se puede observar una planilla tipo empleada por el LEMaC, en la cual se registran las cargas para los distintos valores de penetración prefijados, ya sea que la muestra se encuentre en condición seca o húmeda. Pudiendo graficarse, en un mismo esquema, ambas curvas para una adecuada comparación.

N° de Lab.=	Producto=
Fecha=	Temp. de ensayo=
Aro= 1 Tn	Constante= 3.623
Aro= 500 Kg	Constante= 1.497

Muestra Nro.	Penetración mm	Muestra seca		Muestra Nro.	Penetración mm	Muestra húmeda	
		Lect. Dial	CARGA			Lect. Dial	CARGA
1	0	0	0	2	0	0	0
	5	2.00	7.25		5	6.00	8.98
	10	6.00	21.74		10	16.00	23.95
	20	17.50	63.40		20	40.00	59.88
	30	28.00	101.44		30	70.00	104.79
	40	36.00	130.43		40	86.00	128.74
50			50				



Momento del ensayo

Gráfico Muestra N°=1

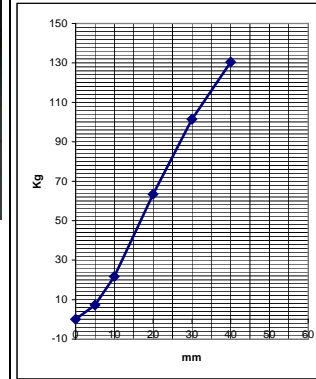
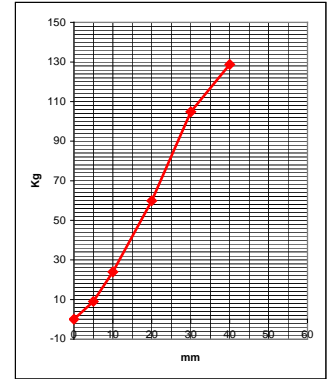


Gráfico Muestra N°=2



H) Ensayo de Penetración Dinámica

El ensayo se basa en el grado de penetración que sufre el Geosintético al recibir el impacto de un cono de acero que se suelta en caída libre desde una altura determinada.

Las normas NT Build 243, UNE EN 918 e IRAM 78009 siguen el principio del ensayo aunque presentan ciertas diferencias en el método.

En la norma IRAM 78009 se mantiene la probeta del Geosintético, colocada horizontalmente entre dos anillos de acero de 150 mm de diámetro interno (molde CBR). Se suelta en caída libre un cono de acero inoxidable de 1000 gr de masa con la punta hacia abajo, desde una altura de 50 cm sobre el centro de la probeta. Una vez que el mismo penetró la probeta, se mide el grado de penetración por la introducción de un cono afilado graduado dentro del orificio. Esta medición constituye la magnitud de la resistencia dinámica que provee el Geosintético.

Una de las diferencias más notorias entre los métodos de las diferentes normativas, es la que expone la norma finlandesa NT Build 243, en la cual el Geosintético se coloca sobre una cama de agua amarrado al anillo de acero (Fig. 4). La ventaja de este método de ensayo es que el Geosintético interactúa con el agua, la cual provee un efecto de amortiguación que ocurre en la práctica.

En términos generales, el principio de ensayo simula la situación que se puede producir durante la instalación del Geosintético, cuando el mismo es impactado por piedras volcadas desde una altura considerable.

La experiencia ha demostrado que aquellos Geosintéticos con un módulo de deformación que se incremente desde valores iniciales bajos, presentan mejores resultados que los que poseen altos valores de dicho parámetro desde el principio.

En la tabla 7 se expone los datos correspondientes a una tela no tejida:

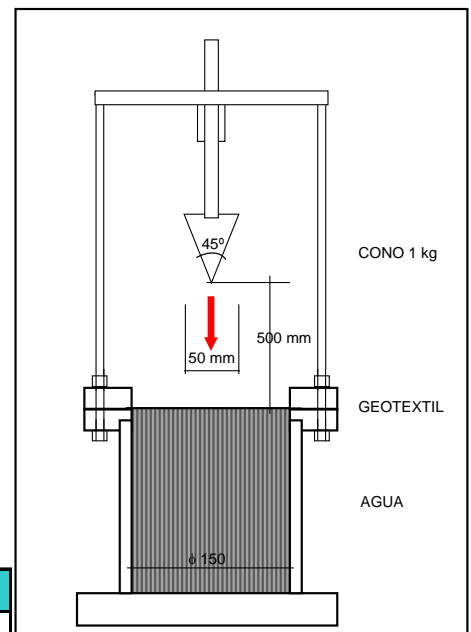


Figura 4

Masa	Método de Fabricación	Polímero	Índice de Penetración
200	Agujeteado	Poliéster	1,7
300	Agujeteado	Poliéster	1,3
400	Agujeteado	Poliéster	0,8

Tabla 7

J) Permeabilidad Planar

Alguna de las normas con las que se puede cuantificar esta propiedad en geotextiles y productos relacionados son la UNE-EN ISO 12958 e IRAM 78010: 2002.

Las mismas establecen un método para determinar la permeabilidad al flujo de agua, bajo carga hidráulica constante, dentro del plano de un geotextil o de un producto relacionado. Figura 5.

Según la normativa Argentina, el procedimiento consiste en colocar probetas del material, de cómo mínimo 0,3 m en la dirección del flujo y 0,2 m de ancho, libres de burbujas de aire y saturadas, entre 2 placas de espuma, las cuales deben cumplir con requerimientos específicos según las características y/o función inherente al material en estudio.

El conjunto espuma-geotextil-espuma se somete a un esfuerzo normal de 20 KPa aplicado sobre una placa de carga de 0,3 m x 0,2 m y, manteniéndose la presión durante 360 seg. Según la norma IRAM 78010:2002 la apreciación del ensayo esta ligada al comportamiento de la fluencia por compresión a largo plazo, es por lo anterior que para los materiales que presentan fluencia a la compresión, el esfuerzo puede tener tendencia a decrecer durante el ensayo. En este caso, se debe reajustar continuamente el esfuerzo durante el mismo.

Posteriormente, se llena el depósito del equipo hidráulico, hasta el nivel correspondiente al gradiente hidráulico de 0,1 y se deja que el agua atraviese la probeta durante 120 seg.

El agua que ha atravesado el sistema se recoge en el recipiente de medición durante el intervalo de tiempo determinado, se anota el volumen recogido y la temperatura del agua.

Se repite el procedimiento realizando todas las combinaciones posibles entre los gradientes hidráulicos predeterminados de 0,1 y 1,0 y los esfuerzos normales de compresión de 20 KPa, 100 KPa y 200 KPa.

Por último, se calcula la permeabilidad al flujo de agua en el plano $Q_{\text{esf/grad}}$ a 20 °C para cada gradiente hidráulico y cada esfuerzo de compresión normal, con la siguiente formula:

$$Q_{e/g} = V.Rt/W.T$$

siendo:

$Q_{e/f}$: permeabilidad al flujo de agua en el plano por unidad de ancho en m^2/seg

V: volumen medido en m^3

Rt: factor de corrección a una temperatura de agua distinta de 20 °C.

W: ancho de probeta, en metros

T: tiempo en segundos

Los resultados se expresan como la representación gráfica de la permeabilidad en el plano, en función del esfuerzo normal de compresión para los dos gradientes hidráulicos definidos.

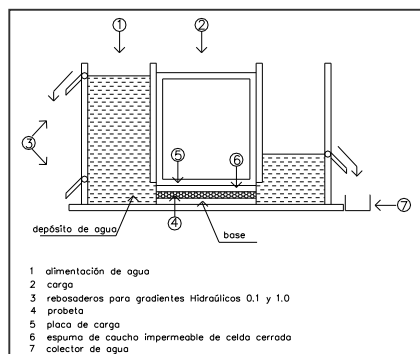


Figura 5 Esquema de aparato para la medición de la permeabilidad planar

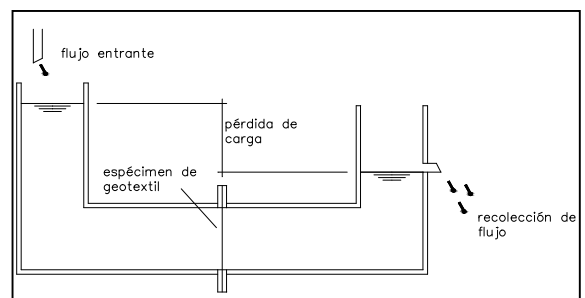


Figura 6 Esquema de aparato para la medición de la permeabilidad normal al plano

K) Permeabilidad al agua normal al plano.

Este ensayo tiene como finalidad determinar las características de permeabilidad al agua, normal al plano, de los geotextiles de una capa o productos relacionados. Figura 6.

La determinación de esta propiedad se puede realizar con 2 métodos, según versa la norma IRAM 78007.

Método de carga hidráulica constante

Mediante el mismo, se somete el geotextil sin carga, a un flujo de agua unidireccional, normal al plano y con régimen de carga hidráulica constante.

El procedimiento consiste en colocar el espécimen bajo agua a temperatura de laboratorio, el cual debe estar libre de burbujas de aire y saturado.

Se ajusta el flujo para mantener la pérdida de carga predeterminada $H_{m\acute{a}x}$, que corresponda a una velocidad de alrededor de 60 mm/s.

Cuando la carga se ha estabilizado durante un mínimo de 30 s, se recoge el agua que pasó a través del sistema en el recipiente de medición.

Se calcula la velocidad de flujo con la formula:

$$v = V.Rt / A.T$$

Siendo: v = velocidad del flujo en m/s

V = volumen medido en m^3

Rt = factor de corrección temperatura del agua

A = área expuesta del espécimen

t = tiempo medido

Se repite el procedimiento anterior para las 4 pérdidas de carga más bajas, de aproximadamente 0,8; 0,6; 0,4 y 0,2 veces la pérdida de carga máxima $H_{m\acute{a}x}$.

Utilizando los datos experimentales V y H se determinan curvas cuadráticas, con las que se establece el índice de velocidad, que es la velocidad con una pérdida de carga de 50 mm, y el índice de pérdida de carga, que es la pérdida de carga a una velocidad de 20 mm/s.

Método de carga hidráulica Variable

La variante de este método con respecto al anterior, es el régimen de carga de tipo variable.

El procedimiento consiste en cargar el cilindro, que contiene el espécimen (colocado cumpliendo las mismas condiciones que el método anterior), hasta una altura tal que se alcance una diferencia de carga de por lo menos 250 mm.

Luego, se libera la columna de agua y con mediciones de variación de la columna de agua y los intervalos de tiempo correspondientes se calcula la velocidad de flujo y utilizando la fórmula:

$$v = \Delta h . Rt / t$$

y la pérdida de carga H .

Los resultados se representan mediante una curva de velocidad de flujo vs. pérdida de carga, con la cual podremos obtener el índice de velocidad y el índice de pérdida de carga.

L) Resistencia a la Luz y a la Intemperie

La norma ASTM D1435, de degradación de plásticos a la intemperie, provee los lineamientos para investigar el comportamiento de los materiales sintéticos al ser expuestos al medio ambiente. En el uso de los Geosintéticos en la construcción, minimizar la exposición de los mismos a los rayos UV es vital, ya que ellos provocan una rápida disminución del esfuerzo de tracción. Para esta prueba se emplea el aparato Xenón 450, con un tiempo de duración del ensayo de 60 horas. La comparación entre la resistencia a la tracción de dos series de probetas, una tratada y la otra sin ser expuesta, provee la medición del grado de deterioro del Geosintético cuando es expuesto a esta radiación.

9. Conclusiones:

- Se ha participado en el diseño de una metodología sintética en IRAM para la caracterización de geosintéticos.
- La misma resulta de sencilla implementación y valora los principales propiedades del geosintético aplicado a la obra civil.
- Gran parte de los ensayos pueden desarrollarse con equipamiento existente en los laboratorios viales.

10. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- Guía Técnica sobre Geosintéticos. Rocap de Dupont.
- Norma IRAM 78011. Ensayo de penetración estática (pistón CBR). IRAM. 2002. República Argentina.
- Norma IRAM 78004-1. Ensayo de Espesores a presiones prefijadas. IRAM. 2002. República Argentina.
- Norma ASTM D4833-00 Standard Test Method for Index Puncture Resistance of Geotextiles, Geomembranes, and Related Products. ASTM. 2000. United States.
- Norma ASTM D4751-99. ASTM. 1999. United States.
- Guidelines for the Certification of Geomembranes as a Component of Composite Liners for Municipal and Hazardous Waste Landfills and for Lining Contaminated Land. Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM). 1994. Alemania.
- Análisis del Uso de los Geotextiles en la Ingeniería Civil. Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos. 1991. República Argentina.
- Engineering use of geotextiles. Departments of The Army and The Air Force. 1995. United States.
- Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Orden FOM/1382/02. 2002. España. Nota Técnica sobre funciones de los geosintéticos, Amoco Fabrics and Fibers Company.
- Criteria for Geosintetics, Chemie Linz AG.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.