

# Permeabilidad Normal al Plano en Productos Geosintéticos

Autores: **Luis Delbono, Luis Ricci, Enrique Fensel, Gerardo Botasso**

LEMaC: Centro de Investigaciones Viales  
[www.frlp.utn.edu.ar/lemac](http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac)

Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata  
Calle 60 y 124 La Plata. Buenos Aires  
Teléfono: 00 54-221-5890413

email: [lemac@frlp.utn.edu.ar](mailto:lemac@frlp.utn.edu.ar)

Fecha de recepción : 12/04/06

Fecha de aceptación : 30/05/06

## Normal Permeability to the Plane in Geosintetic Products

### Resumen

En la Argentina no es común que se caractericen en forma continua los geotextiles, por lo cual el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales, se propuso iniciar el montaje de un aparato que permita determinar una importante propiedad hidráulica en los geotextiles, como lo es la permeabilidad normal al plano. Este trabajo refleja la metodología y soluciones de las experiencias efectuadas para la realización del ensayo.

**Palabras clave:** permeabilidad normal, índice de pérdida de carga, índice de velocidad, carga hidráulica.

### Abstract

In Argentina it is not common that geotextiles be characterized in continue form, that's why the LEMaC, Highway Center Research, proposed to initiate an device assembly that allows to determine an important hydraulic geotextiles property, like it is the normal permeability to the plane. This work reflects the methodology and solutions of the experiences carried out to the achievement of the test.

**Key words:** normal permeability, loss of load index, speed index, hydraulic load.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En una serie de experiencias se utilizaron, entre otras, muestras de geotextil no tejido de filamento continuo soldado térmicamente. El material base del producto es un polímero estabilizado, el cual constituye fibras de 45 micrones de diámetro promedio. Es considerado un producto de baja permeabilidad.

Los primeros ensayos se llevaron a cabo en el Centro LEMaC siguiendo los linea-

mientos marcados por la norma IRAM 78007, con los siguientes objetivos:

- Perfeccionamiento del instrumental para su correcto funcionamiento
- Práctica de la metodología de ensayo
- Identificación de problemas en la metodología
- Prueba del nuevo sistema de cierre hidráulico (arandelas de silicona)
- Mantenimiento de niveles de carga constante
- Centrado y fijación de la muestra.

## 2. IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD NORMAL AL PLANO

El ensayo de permeabilidad normal al plano tiene importancia, fundamentalmente, en aquellos productos que serán utilizados en aplicaciones geotécnicas, concernientes a la ingeniería civil, donde se requiera el flujo de agua a través de ellos. Casos comunes son los geotextiles utilizados en obras que requieren múltiples usos como:

- Consolidación profunda de terrenos
- Abatimiento de napa freática
- Captación y evacuación de fluidos (líquidos y gases)
- Alivio de empujes hidrostáticos

La trascendencia de estos casos demuestran que el control de calidad de los geosintéticos, en lo referente a esta propiedad hidráulica, se ve altamente justificado.

### 3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO SEGÚN NORMA

El ensayo se llevó a cabo siguiendo la norma IRAM 78007 (Instituto de Racionalización Argentina de Materiales), basándose en la ISO/DIS 11058, siendo su correspondiente la ASTM D 4491-85.

#### 3.1 Métodos

Actualmente la norma IRAM 78007 propone dos métodos de ensayo:

- Método de carga hidráulica constante
- Método de carga hidráulica variable

Por sencillez en el equipamiento y menor costo de implementación se optó por el estudio y desarrollo del ensayo por el método de carga hidráulica constante.

Este método básicamente propone hacer circular un flujo de agua a través de un geosintético manteniendo el nivel hidráulico constante y se recoge en un determinado tiempo un cierto volumen de agua. Con dichos parámetro se establecen el índice de pérdida de carga y el índice de velocidad. Si bien estas determinaciones no proporcionan en forma directa el valor de permeabilidad de la muestra, sus valores son aptos para establecer el nivel de aceptación o no del material.

#### 3.2 Colocación de la probeta y preparación

El ensayo de permeabilidad normal al plano se inicia acondicionando la muestra de ensayo y colocándola en el permeámetro. Posteriormente, se somete el geotextil sin carga a un flujo de agua unidireccional, con régimen de agua constante cargando el permeámetro hasta que haya una diferencia de carga a través de la muestra de 50 mm de columna de agua, la cual debe estabilizarse en un tiempo de 5 minutos; si la misma no se equilibra en ese tiempo se comprueba que no exista aire atrapado y se repite el procedimiento; de no cumplirse en el segundo intento, el ensayo no tendrá validez.

#### 3.3 Determinación de la carga hidráulica máxima (H<sub>máx</sub>)

La determinación de la carga máxima es una de las acciones previas de mayor importancia, ya que será un parámetro base para la ejecución del ensayo. El procedimiento que indica la norma es para establecer una pérdida de carga (H<sub>máx</sub>) tal que la velocidad de flujo sea lo más cercana a 60 mm/seg, se carga el geotextil con una columna de agua inicial de 20 mm, se recoge un cierto volumen de fluido midiendo el intervalo de tiempo en el que se efectúa la recolección (mínimo 30 seg), y se determina la velocidad de flujo mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{Vol * Rt}{A * t}$$

Donde:

- v = velocidad de flujo en mm/seg
- Vol = volumen recogido en m<sup>3</sup>
- Rt = factor de corrección por temperatura del agua
- A = área del permeámetro
- t = tiempo transcurrido en segundos

Determinada esta velocidad y considerando una relación lineal se estima gráficamente o analíticamente la carga máxima para una velocidad de 60 mm/seg.

*Nota: Para productos de baja permeabilidad, la carga máxima deberá ser de 250 mm, midiéndose la velocidad correspondiente.*

Carga hidráulica H (m)	Volumen de agua V (m <sup>3</sup> )	Tiempo t (seg)	Manómetro Vt (m/seg)	Temperatura del agua T (°C)	Corrección de viscosidad R <sub>t</sub>	Velocidad v (mm/seg)
0,00			-			0,000
0,02	0,0019	30	-	21	0,97632874	31,492
0,04			-			60,000

Esta tabla sirve para determinar la carga máxima (H<sub>máx</sub>) por relación lineal al cargar el permeámetro con 20 mm de carga estando centrada en la muestra

Tabla N° 1

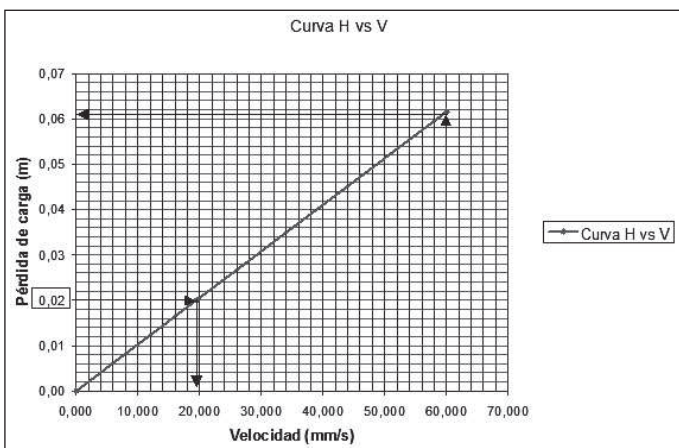


Gráfico N° 1: Determinación de la carga máxima

### 3.4 Ensayo con carga máxima

Determinada la carga máxima se procede a su estabilización en el permeámetro. Una vez alcanzado su nivel, se espera que permanezca estable durante un lapso mínimo de 30 segundos, se recoge el agua durante este período de tiempo o hasta que el volumen sea como mínimo 1 litro. Para dicho volumen se determina la velocidad de flujo.

### 3.5 Ensayo con cargas restantes

Se repite el procedimiento para cuatro pérdidas de carga hidráulicas de valor 0,8, 0,6, 0,4 y 0,2 veces la pérdida de carga máxima (H<sub>máx</sub>). Para cada una de estas cargas se determina la velocidad del flujo.

Los pasos descritos anteriormente son efectuados en una probeta, los mismos deben repetirse para 4 especímenes más.

### 3.6 Trazado de curvas y determinación de parámetros índices

Los resultados encontrados se grafican de manera de obtener los valores de índice de pérdida de carga e índice de velocidad (Gráfico N° 2).

**Índice de pérdida de carga:** pérdida de carga correspondiente a una velocidad de 20 mm/seg a través de la muestra, redondeada al milímetro.

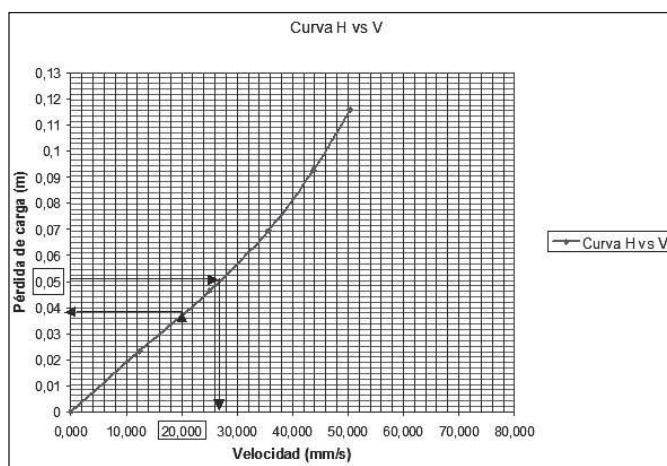


Gráfico N° 2: Gráfico correspondiente a un geotextil de 150 gramos

**Índice de velocidad:** velocidad correspondiente a una pérdida de carga de 50 mm a través de la muestra, redondeada al mm/seg.

### 3.7 Esquema del permeámetro para determinar permeabilidad normal al plano.

FIGURA N° 1

## 4. INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS PARA EL ENSAYO

### 4.1 Desarrollo de nuevo sistema de cierre hidráulico

Uno de los grandes defectos identificados en los procesos del ensayo fue la falta de efectividad en el cierre hidráulico en la junta o brida. El problema que se planteaba era que muchos de los productos permiten el flujo del agua en su plano, fenómeno conocido como permeabilidad planar, por lo que el cierre mediante o-rings no era efectivo. Necesitábamos entonces una junta que pueda deformarse de manera tal que sujete al espécimen y

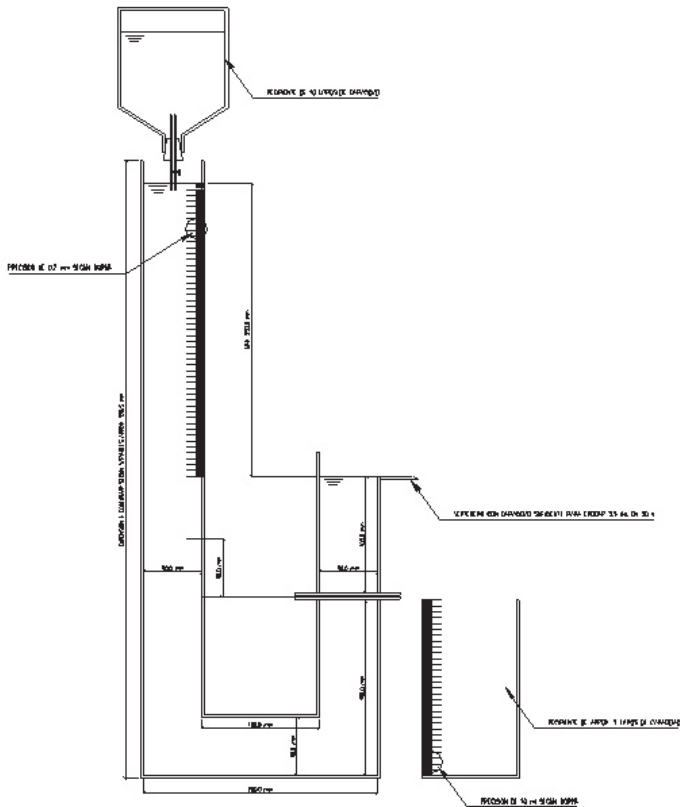


Figura N° 1

sobre su lateral produzca un cierre hermético que no permita el escurrimiento del agua en esa dirección.

Con estos lineamientos se idealizó un cierre constituido por dos arandelas de goma de forma tal que permita el sellado de la muestra, como se puede apreciar en la Figura N° 2.

Uno de los inconvenientes que se presentó posteriormente al colocar las

arandelas, fue que estas se deformaban ocasionando una disminución en el diámetro interno del permeámetro, lo que dificultaba la realización del ensayo, por lo que a partir de este inconveniente se canalizaron distintas soluciones:

- Fabricación de un anillo externo a la arandela que impida su deformación
- Reemplazo de las arandelas de goma por arandelas de silicona

Se optó por el uso de la silicona que tiene una mejor adherencia al material acrílico del permeámetro, cumpliendo satisfactoriamente con la función original de la arandela de goma, esta solución, después de varias experiencias en muestras

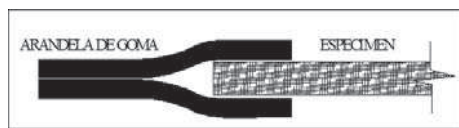


Figura N° 2

de distintos espesores no ha producido pérdidas, situación buscada para obtener correctas lecturas de ensayo; por lo que se ha logrado vencer esa dificultad.

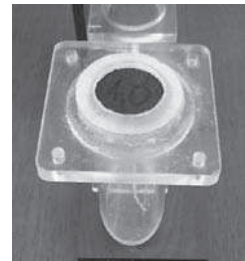


Foto N° 1

#### 4.2 Mantenimiento de carga hidráulica constante

Durante los procesos de ensayo se advirtió que la regulación de los caudales de alimentación del permeámetro requería una llave con mayor precisión que la que podía brindar la llave esférica disponible hasta el momento. Por lo que se decidió reemplazarla por una válvula esclusa (Foto N° 2), la cual permitió una operatoria mucho más efectiva en el desarrollo de las tareas.



Foto N° 2

#### 4.3 Equipo modular

Se construyó un equipo modular complementario (Foto N° 3) que permite una plena organización para llevar a cabo correctamente el ensayo de permeabilidad, obteniéndose mediante el mismo correc-

tas cargas hidráulicas con la elevación del tanque reservorio de agua.

El equipo modular cuenta con las siguientes dimensiones:

Alto : 262 cm  
 Ancho : 75 cm  
 Profundidad : 43 cm



Foto N° 3

#### 4.4 Oxímetro

El oxímetro es un dispositivo destinado a la medición de oxígeno disuelto en agua. La reglamentación es muy exigente en lo referente a este parámetro, llegando a estipular un máximo de oxígeno disuelto en el fluido de 6 mg/l equivalentes a 6 ppm.

- Equipo : Oxímetro
- Marca : FIELDS
- Modelo : Gamma 5 Digital
- Dispositivo de medición : Celda polarográfica
- Rango de medición : 0 – 15 ppm



Foto N° 4

#### 4.5 Instrumental complementario

El ensayo se complementa utilizando distintas herramientas de medición como son:

- Termómetros
- Cronómetros
- Recipientes de medición de volúmenes de líquido

#### Ejemplo

Se efectuaron ensayos sobre probetas de un mismo material, el cual sigue las

siguientes características: geotextil no tejido agujeteado producido con fibras de poliéster, considerado un producto de baja permeabilidad de 150 g, también se ensayaron de 200 g, 400 g, 600 g y 700 g.

Vale decir que en los ensayos se encontraron resultados similares y dentro del mismo orden de magnitud.

### 5. CONSIDERACIONES FINALES

En la puesta a punto del equipo, se fue ajustando la metodología de ensayo, encontrándose una pérdida en el permeámetro ubicada en la rama ascendente de la unión con la brida. La misma fue reparada mediante la implementación de un adhesivo sellador con base siliconada.

Se colocaron tornillos del diámetro equivalente a los orificios de la base del permeámetro mejorando la metodología del centra-

Permeabilidad al agua normal al plano			LEMaC / UTN	
N° de Lab. =	Producto = Geotextil 150 gramos		Inf. N° Exped. =	
Fecha =	Temp. de ensayo = 22° C	H.R.% =	Inf. N° Laborat. =	
<b>Método de carga hidráulica constante</b>				
	<b>Muestra</b>	<b>Índice de pérdida de carga (m)</b>	<b>Índice de velocidad (m/s)</b>	
	1	0,013	0,08	
	2	0,0063	0,079	
	3	0,0118	0,078	
	4	0,0208	0,0493	
	5	0,0336	0,032	
	<b>Promedio</b>	0,0171	0,06366	
	<b>Máximo</b>	0,0336	0,08	
	<b>Mínimo</b>	0,0063	0,032	

Tabla N° 2: Ejemplo

do de las bridas y la muestra en el proceso de armado, previo al ensayo. Esto es de suma importancia para el mantenimiento de la sección constante del permeámetro para obtener resultados correctos.

Se observó que muestras de poco espesor se deforman cuando se las somete al flujo, por lo que se colocó una malla de apertura de 10 mm detrás del espécimen para sostenerlo durante el ensayo, teniendo en cuenta la dirección del flujo; esto se encuentra estipulado por la Norma.

En este momento se están realizando ensayos sobre muestras de distintas empresas con geotextiles de las mismas características.

Las modificaciones realizadas serán incluidas en el comité de Normas del IRAM.

## **6. CONCLUSIONES**

Las primeras experiencias han servido para satisfacer muchos de los objetivos planteados en este informe.

- La metodología de ensayo quedó afianzada y estudiada.
- El nuevo cierre hidráulico tiene un correcto funcionamiento para el ensayo de geotextiles.
- Se materializó el mantenimiento de la carga hidráulica constante gracias a la implementación de una válvula esclusa y la construcción del modular.
- Se ha avanzado en la utilización del instrumental requerido, en donde se tienen avances día a día y experiencia a experiencia.
- El costo del equipo hace que se pueda implementar como un equipo de control de obra.

Se plantean como posibles caminos a recorrer en el futuro, el ensayo de distintos tipos de materiales, ya sean geotextiles (tejidos y no tejidos), geocompuestos, geomantas, etc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Norma IRAM 78007. Geotextiles y productos relacionados, Determinación de las características de permeabilidad al agua normal al plano, sin carga.
2. Esquema de Norma IRAM 78026. Geosintéticos, Clasificación, funciones y usos.
3. Geosintéticos. Desde la fabricación a su aplicación en obra. LEMaC Centro de investigaciones Viales – CIT INTI Centro de Investigación y Desarrollo Textil. Año 2003.