

DIMENSIONAMIENTO DEL GEOCOMPUESTO INTERDRAIN PARA EL DRENAJE DEL AGUA DE LLUVIA INFILTRADA EN UN SELLADO DE UN VERTEDERO

ÍNDICE DEL ESTUDIO:

- 1. METODOLOGÍAS PROPUESTAS**
- 2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DRENANTE DE INETRRAIN**
- 3. DIMENSIONAMIENTO DE INTERDRAIN A PARTIR DE LA PERMEABILIDAD DEL SUELO DE COBERTURA**
- 4. EJEMPLO DE LA PRIMERA METODOLOGÍA**
- 5. DIMENSIONAMIENTO DE INTERDRAIN A PARTIR DE LA PLUVIOMETRÍA**
- 6. EJEMPLO DE LA SEGUNDA METODOLOGÍA**
- 7. BIBLIOGRAFIA**

ANEJO 1. CÁLCULO DE RF_{CR}

1. METODOLOGÍAS PROPUESTAS

INTERMAS Geosynthetics plantea dos metodologías para el dimensionamiento de la capacidad drenante del geocompuesto INTERDRAIN en sellados de Vertederos.

- a partir de la permeabilidad del suelo de cobertura
- a partir de la pluviometría de la zona

En las dos metodologías se dimensiona el geocompuesto INTERDRAIN para que éste tenga una capacidad drenante superior a la máxima agua de lluvia que se puede infiltrar en el Vertedero. En estas condiciones la presión del agua será inferior al espesor del geocompuesto drenante, con lo que el agua circula por lámina libre y se evita que se sature el suelo de cobertura.

Si el suelo de cobertura se saturase entonces se incrementaría la presión hidrostática y se disminuiría la fricción entre las capas de geosintéticos con lo que el riesgo de deslizamiento en los taludes del sellado se incrementaría.

En las zonas planas del Vertedero no existe riesgo de deslizamiento por lo que, aunque es necesario e imprescindible disponer de un sistema drenante, no es imprescindible asegurar que la capacidad del sistema drenante sea superior al agua infiltrada.

Por lo comentado anteriormente esta metodología es de aplicación sobretodo en taludes del sellado.

Antes de entrar en la explicación de las dos metodologías propuestas se calculará la máxima capacidad drenante de los geocompuestos estándar INTERDRAIN (corto y largo plazo) cuando trabajan como sistema de drenaje en sellados de Vertederos.

2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DRENANTE DE INETRRAIN

La capacidad drenante de un geocompuesto drenante se estima mediante el Test de Transmisividad (ISO 12958) y depende de 3 factores:

- Gradiente hidráulico
- Presión normal al plano de INTERDRAIN
- Condiciones de contorno

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

2.1. PRESIÓN

Si el geocompuesto drenante INTERDRAIN está colocado horizontalmente la presión normal al plano (σ_v) de INTERDRAIN corresponderá al peso del suelo de cobertura:

$$\sigma_v = \gamma \cdot h + q$$

Dónde:

- γ : peso del terreno (kN/m^3)
- h : altura de tierras (m)
- q : Sobrecarga ($\text{kN/m} = \text{kPa}$)

Suponiendo unos valores usuales de $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$, $h = 0,8 \text{ m}$ y $q = 0 \text{ kPa}$ obtenemos:

$$\sigma_v = \gamma \cdot h + q = (17 \times 0,8) + 0 = 13,6 \text{ kN/m}^2 = 13,6 \text{ kPa}$$

Si INTERDRAIN está colocado en un talud la presión normal al plano será inferior a este valor. Un valor de presión sobre INTERDRAIN de $\sigma = 20 \text{ kPa}$ es conservativo en la mayoría de situaciones.

2.2. GRADIENTE HIDRÁULICO

El gradiente hidráulico que se generará en el interior del geocompuesto es $i = \frac{\delta h}{L} = \text{seno } \beta$, dónde:

- δh : pérdida de altura piezométrica del fluido drenado por el geocompuesto (m).
- L : distancia entre dos puntos de desagüe (tubo de drenaje) a lo largo de la dirección del flujo (m).
- β : Ángulo del talud.

2.3. CONDICIONES DE CONTORNO

El Test de Transmisividad se puede realizar utilizando 2 placas:

- placas rígidas de aluminio (simulan un contacto rígido, como una geomembrana o hormigón)
- placas flexibles de neopreno (simulan un contacto flexible, como el suelo o una lámina de bentonita)

A bajas presiones (hasta 30 kPa) las diferencias entre los valores de drenaje entre distintas condiciones de contorno son poco significativas.

2.4. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DRENANTE A CORTO PLAZO DE INTERDRAIN

Mediante la Norma ISO 12958 obtenemos la capacidad drenante de los geocompuestos INTERDRAIN sometidos a presión 20 kPa y gradientes hidráulicos $i=1$, $i=0,5$ e $i=0,1$. Cuando el gradiente hidráulico real no se corresponde con uno de los ensayados ($i=1$, $i=0,5$ e $i=0,1$) se utiliza la expresión de Rimoldi para estimar la capacidad drenante real.

$$q_{i_2} = q_{i_1} \frac{\sqrt{i_2}}{\sqrt{i_1}} \quad (\text{Rimoldi, 1989})$$

Dónde:

- q_{i_1} = capacidad drenante correspondiente al gradiente ensayado $i = i_1$
- q_{i_2} = capacidad drenante desconocida correspondiente al gradiente no ensayado $i = i_2$
- i_1 = gradiente hidráulico ensayado inmediatamente superior al gradiente no ensayado (i_2)
- i_2 = gradiente hidráulico no ensayado

En la siguiente tabla se muestran las capacidades drenantes a corto plazo de INTERDRAIN sometidos a 20 kPa y distintos gradientes hidráulicos:

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

CARACTERÍSTICAS VERTADERO			CAPACIDAD DRENANTE DE INTERDRAIN ($q_{\text{INTERDRAIN}}$)					
gradiente	ángulo talud	presión	$q_{\text{GMG 412}}$	$q_{\text{GMG 512}}$	$q_{\text{GLG 612}}$	$q_{\text{GM 412}}$	$q_{\text{GM 512}}$	$q_{\text{GL 612}}$
-	°	kPa	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m
0,02	1,15	20	0,06	0,11	0,17	0,13	0,15	0,23
0,05	2,87	20	0,09	0,16	0,27	0,21	0,23	0,36
0,1	5,74	20	0,13	0,28	0,38	0,30	0,33	0,51
0,2	11,54	20	0,22	0,42	0,58	0,52	0,59	0,81
0,3	17,46	20	0,27	0,51	0,71	0,64	0,73	1,00
0,4	23,58	20	0,31	0,60	0,82	0,74	0,84	1,15
0,5	30	20	0,35	0,67	0,92	0,83	0,94	1,28
0,6	36,87	20	0,48	0,90	1,16	0,98	1,27	1,48
0,7	44,43	20	0,52	0,97	1,25	1,05	1,37	1,60
0,8	53,13	20	0,55	1,04	1,34	1,13	1,47	1,71
0,9	64,16	20	0,59	1,10	1,43	1,19	1,56	1,81
1	90	20	0,62	1,16	1,50	1,26	1,64	1,91

Tabla 1. Capacidad drenante a corto plazo de los geocompuestos drenantes INTERDRAIN sometidos a 20 kPa de presión (sellado de un Vertedero) y a distintos gradientes. Fuente: INTERMAS NETS S.A.

2.5. CAPACIDAD DRENANTE A LARGO PLAZO DE INTERDRAIN

La capacidad drenante a largo plazo de los geocompuestos no se corresponde con la obtenida en el Test de Transmisividad. Esta debe de minorarse mediante unos factores de reducción que tienen en cuenta la fluencia, la intrusión del geotextil en la georred, la colmatación química y biológica.

$$q_{\text{largo plazo}} = q_{\text{test}} / (RF_{\text{in}} \cdot RF_{\text{cc}} \cdot RF_{\text{bc}} \cdot RF_{\text{cr}}) \quad (\text{GRI Standard})$$

En la siguiente tabla se describen los factores reductores (www.landfilldesign.com):

- RF_{in} : factor de reducción por deformación elástica o intrusión de los geotextiles en la georred.
- RF_{cc} : factor de reducción por colmatación química y/o precipitación de agentes químicos en el espacio ocupado por la georred de drenaje.
- RF_{bc} : factor de reducción por colmatación biológica en el espacio ocupado por la georred
- RF_{cr} : factor de reducción por efecto de la fluencia (creep).
- $q_{\text{largo plazo}}$: capacidad de drenaje real del geocompuesto a largo plazo
- q_{test} : capacidad de drenaje del geocompuesto obtenida a partir del Test de Transmisividad.

En una clausura de un Vertedero los factores de reducción de los geocompuestos drenantes utilizados para el drenaje del agua de lluvia son los siguientes (www.landfilldesign.com):

- $RF_{\text{in}} = 1,0 - 1,2$
- $RF_{\text{cr}} =$ depende del tipo de geocompuesto = 1,19 (caso de los geocompuestos INTERDRAIN)
- $RF_{\text{cc}} = 1,0 - 1,2$
- $RF_{\text{bc}} = 1,2 - 3,5$

Los cálculos de RF_{cr} de INTERDRAIN se adjuntan en el anejo 1.

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

3. DIMENSIONAMIENTO DE INTERDRAIN A PARTIR DE LA PERMEABILIDAD DEL SUELO DE COBERTURA

Esta metodología de diseño se basa en dimensionar el geocompuesto drenante INTERDRAIN que tenga una capacidad drenante superior al agua de lluvia infiltrada. El valor máximo de agua de lluvia infiltrada en el talud se estima mediante la Ley de Darcy, a partir de la permeabilidad del suelo de cobertura.

Es un método conservativo puesto que la permeabilidad del suelo de cobertura nos indica la máxima cantidad de agua que se puede infiltrar.

Esta metodología es la recomendada cuando se conoce la permeabilidad del suelo de cobertura.

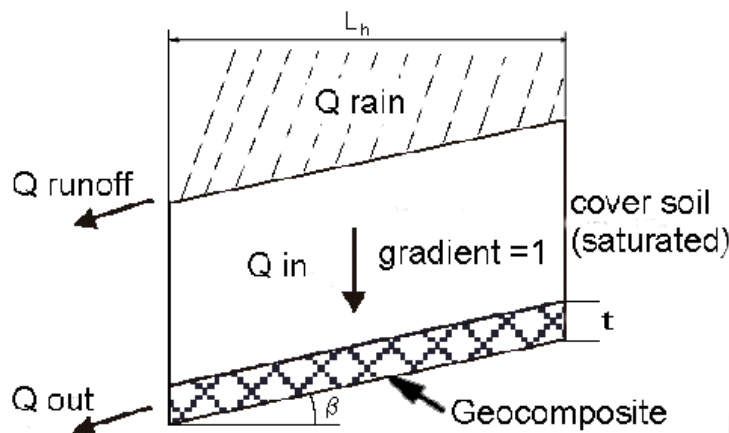


Figura 1. Esquema de los flujos de agua en una clausura. Fuente: www.landfilldesign.com

Mediante la Ley de Darcy se estima la máxima cantidad de agua que sobrepasa el suelo de cobertura:

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

Dónde:

- $Q = Q_{IN}$ = caudal de agua que atraviesa el suelo de cobertura (m³/s)
- $K = K_{cobertura}$ = permeabilidad del suelo de cobertura (m/s)
- i = gradiente hidráulico = 1 (el flujo de infiltración es vertical) (adimensional)
- A = Área = $L_h \cdot 1$ (m²)
- L_h = Proyección horizontal de la longitud del talud (m)

$$Q_{IN} = K_{cobertura} \cdot 1 \cdot L_h \cdot 1$$

Q_{IN} es la máxima cantidad de agua que llegará al geocompuesto drenante. Por lo tanto el geocompuesto drenante INTERDRAIN, en las condiciones reales de la obra, deberá de drenar más que Q_{IN} :

$$Q_{INTERDRAIN} > Q_{IN} = K_{cobertura} \cdot L_h$$

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

4 EJEMPLO DE LA PRIMERA METODOLOGÍA

4.1. HIPÓTESIS

Supongamos que debe de colocarse un geocompuesto drenante INTERDRAIN para drenar el agua de lluvia infiltrada en un talud de un Vertedero con las siguientes características:

- L = Longitud del talud = 15 m
- β = Ángulo del talud = 24°
- h = Altura de suelo de Cobertura
- Permeabilidad del suelo de cobertura = 10^{-6} m/s

El geocompuesto drenante utilizado será de la gama GMG.

4.2. CÁLCULO DE LA MÁXIMA CANTIDAD DE AGUA QUE DEBERÁ DRENAR INTERDRAIN

$$Q_{\text{INTERDRAIN}} > Q_{\text{IN}} = K_{\text{cobertura}} \cdot L \cdot h$$

$$Q_{\text{INTERDRAIN}} > 10^{-6} \cdot L \cdot \cos \beta = 10^{-6} \cdot 15 \cdot \cos 24^\circ = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s} = \mathbf{0,014 \text{ l/m} \cdot \text{s}}$$

El gradiente hidráulico que se generará en el interior del geocompuesto será $i = \text{seno } 24^\circ = 0,4$.

4.3. CAPACIDAD DRENANTE DE INTERDRAIN

En la tabla 1 se elige la fila correspondiente a $i=0,4$ y obtenemos las capacidades drenantes de los distintos geocompuestos drenantes INTERDRAIN:

gradiente	ángulo talud	Presión	q _{GMG 412}	q _{GMG 512}	q _{GLG 612}	q _{GM 412}	q _{GM 512}	q _{GL 612}
-	°	kPa	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m
0,4	23,58	20	0,31	0,60	0,82	0,74	0,84	1,15

Tabla 2. Capacidad drenante a corto plazo de INTERDRAIN sometido a $i=0,4$ y $\sigma=20$ kPa. Fuente: INTERMAS NETS S.A.

4.4. CAPACIDAD DRENANTE A LARGO PLAZO DE INTERDRAIN

$$RF_{\text{in}} \cdot RF_{\text{cc}} \cdot RF_{\text{bc}} \cdot RF_{\text{cr}} = 1,1 \cdot 1,19 \cdot 1,1 \cdot 2 = 2,88$$

gradiente	ángulo talud	Presión	q _{GMG 412}	q _{GMG 512}	q _{GLG 612}	q _{GM 412}	q _{GM 512}	q _{GL 612}
-	°	kPa	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m
0,4	23,58	20	0,11	0,21	0,28	0,26	0,29	0,40

Tabla 3. Capacidad drenante a largo plazo de INTERDRAIN sometido a $i=0,4$ y $\sigma=20$ kPa. Fuente: INTERMAS NETS S.A.

4.5. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

- **FS_{GMG 412}** = $q_{\text{GMG 412}} / q_{\text{IN}} = 0,11 / 0,014 = \mathbf{7,8}$
- **FS_{GMG 512}** = $q_{\text{GMG 512}} / q_{\text{IN}} = 0,21 / 0,014 = \mathbf{15}$
- **FS_{GLG 612}** = $q_{\text{GLG 612}} / q_{\text{IN}} = 0,28 / 0,014 = \mathbf{20}$

Toda la gama de INTERDRAIN asegura un correcto drenaje.

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

5. DIMENSIONAMIENTO DE INTERDRAIN A PARTIR DE LA PLUVIOMETRÍA

Cuando no es posible estimar la permeabilidad del suelo de cobertura se recomienda utilizar esta segunda metodología, basada en asociar un coeficiente de infiltración a la pluviometría de la zona.

5.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Del total de lluvia que cae en un talud de un Vertedero la mayor parte se convertirá en escorrentía superficial, otra parte se evaporará o será absorbida por la vegetación (procesos de evaporación y evapotranspiración) y el resto se infiltrará en el interior del Vertedero.

$$Q_{\text{lluvia}} = Q_{\text{escorrentía superficial}} + Q_{\text{EVT/EV}} + Q_{\text{infiltración}}$$

$Q_{\text{infiltración}}$ se puede estimar asociando un cierto coeficiente de infiltración (f), que dependerá de varios factores (inclinación de la superficie, tipo y cantidad de vegetación, permeabilidad del terreno, etc.).

$$Q_{\text{infiltración}} = f \cdot Q_{\text{lluvia}}$$

5.2. HIPÓTESIS

Se pueden considerar 2 situaciones de cálculo:

- Situación A) Primer año de funcionamiento de la clausura
 Situación B) Sellado definitivo

La primera situación (A) sucede cuando la vegetación aún no se ha desarrollado completamente. La segunda situación (B) sucede cuando la vegetación ya se ha desarrollado completamente.

Hipótesis situación A):

- Lluvia de diseño correspondiente a un período de retorno de $T=2$ años
- $Q_{\text{EVT/EV}} = 0$
- Coeficiente de infiltración (valores conservadores):
 - $f_{\text{zonas planas}} = 0,6 - 0,8$
 - $f_{\text{taludes}} = 0,3 - 0,4$

Hipótesis situación B):

- Lluvia de diseño correspondiente a $T=25$ años (valor utilizado en sellados)
- $Q_{\text{EVT/EV}} > 0$
- Coeficiente de infiltración (valores conservadores):
 - $f_{\text{zonas planas}} = 0,3 - 0,6$
 - $f_{\text{taludes}} = 0,05 - 0,2$

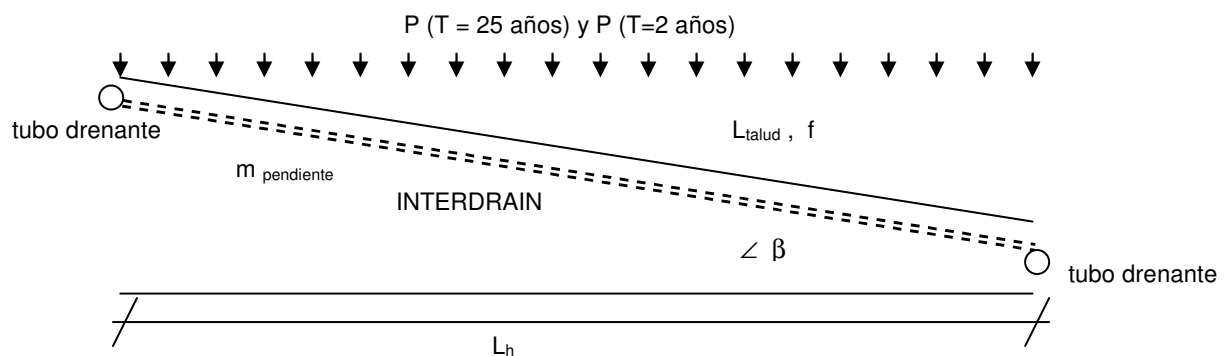


Figura 2. Esquema del sellado. Fuente: INTERMAS NETS S.A.

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

5.3. MÉTODO DE DISEÑO

El geocompuesto drenante INTERDRAIN deberá de tener una capacidad drenante ($q_{\text{INTERDRAIN}}$) mayor que la máxima agua que se pueda infiltrar a lo largo de todo el talud ($q_{\text{infiltración}}$):

- $q_{\text{INTERDRAIN}} > q_{\text{infiltración}}$
- $q_{\text{infiltración}} = f \cdot L_h \cdot P_{\text{lluvia}} \cdot \cos \beta$
- $q_{\text{INTERDRAIN}} > f \cdot L_h \cdot P_{\text{lluvia}} \cdot \cos \beta$

6. EJEMPLO DE LA SEGUNDA METODOLOGÍA

6.1. HIPÓTESIS

Los taludes del Vertedero tendrán las siguientes características:

- L = Longitud del talud = 15 m
- β = Ángulo del talud = 24°
- h = Altura de suelo de Cobertura

La pluviometría será de:

- $P_{T=2 \text{ años}} = 75 \text{ mm/h}$ ($T=2$ años)
- $P_{T=25 \text{ años}} = 120 \text{ mm/h}$ ($T=25$ años)

Los coeficientes de infiltración serán:

- $f_{\text{primer año}} = 0,4$
- $f_{\text{sellado definitivo}} = 0,1$

6.2. CÁLCULO DE LA MÁXIMA CANTIDAD DE AGUA QUE DEBERÁ DRENAR INTERDRAIN

El agua que deberá drenar el geocompuesto drenante INTERDRAIN será:

$$q_{\text{infiltración}} (T=2 \text{ años}) = P_{T=2 \text{ años}} \cdot L_h \cdot \cos(\beta) \cdot f_{\text{primer año}}$$

$$q_{\text{infiltración}} (T=25 \text{ años}) = P_{T=25 \text{ años}} \cdot L_h \cdot \cos(\beta) \cdot f_{\text{sellado definitivo}}$$

$$q_{\text{INTERDRAIN corto plazo}} > 75 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h} \cdot 15 \text{ m} \cdot \cos(24^\circ) \cdot \cos(24^\circ) \cdot 0,4 = 375,5 \text{ l/m} \cdot \text{h} = \mathbf{0,10 \text{ l/m} \cdot \text{s}}$$

$$q_{\text{INTERDRAIN largo plazo}} > 120 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h} \cdot 15 \text{ m} \cdot \cos(24^\circ) \cdot \cos(24^\circ) \cdot 0,1 = 150,2 \text{ l/m} \cdot \text{h} = \mathbf{0,04 \text{ l/m} \cdot \text{s}}$$

6.3. CAPACIDAD DRENANTE A CORTO PLAZO DE INTERDRAIN

En la tabla 1 se elige la fila correspondiente a $i=0,4$ y obtenemos las capacidades drenantes de los distintos geocompuestos drenantes INTERDRAIN:

gradiente	ángulo talud	Presión	$q_{\text{GMG 412}}$	$q_{\text{GMG 512}}$	$q_{\text{GLG 612}}$	$q_{\text{GM 412}}$	$q_{\text{GM 512}}$	$q_{\text{GL 612}}$
-	°	kPa	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m
0,4	23,58	20	0,31	0,60	0,82	0,74	0,84	1,15

Tabla 4. Capacidad drenante a corto plazo de INTERDRAIN sometido a $i=0,4$ y $\sigma=20$ kPa. Fuente: INTERMAS NETS S.A.

6.4. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A CORTO PLAZO (1 AÑO)

Se utiliza la capacidad drenante a corto plazo de INTERDRAIN y la cantidad de agua de lluvia en la situación A)

- $\mathbf{FS_{GMG 412}} = q_{\text{GMG 412}} / q_{\text{IN}} = 0,31 / 0,10 = \mathbf{3,1}$
- $\mathbf{FS_{GMG 512}} = q_{\text{GMG 512}} / q_{\text{IN}} = 0,60 / 0,10 = \mathbf{6,0}$
- $\mathbf{FS_{GLG 612}} = q_{\text{GLG 612}} / q_{\text{IN}} = 0,82 / 0,10 = \mathbf{8,2}$

Toda la gama de INTERDRAIN asegura un correcto drenaje.

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

6.5. CAPACIDAD DRENANTE A LARGO PLAZO DE INTERDRAIN

$$RF_{in} \cdot RF_{cc} \cdot RF_{bc} \cdot RF_{cr} = 1,1 \cdot 1,19 \cdot 1,1 \cdot 2 = 2,88$$

gradiente	ángulo talud	Presión	q _{GMG 412}	q _{GMG 512}	q _{GLG 612}	q _{GM 412}	q _{GM 512}	q _{GL 612}
-	°	kPa	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m	l/s/m
0,4	23,58	20	0,11	0,21	0,28	0,26	0,29	0,40

Tabla 5. Capacidad drenante a largo plazo de INTERDRAIN sometido a $i=0,4$ y $\sigma=20$ kPa. Fuente: INTERMAS NETS S.A.

6.6. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LARGO PLAZO (100 AÑOS)

Se utiliza la capacidad drenante a largo plazo de INTERDRAIN y la cantidad de agua de lluvia infiltrada en la situación B.

- **FS_{GMG 412}** = $q_{GMG 412} / q_{IN} = 0,11 / 0,04 = 2,7$
- **FS_{GMG 512}** = $q_{GMG 512} / q_{IN} = 0,21 / 0,04 = 5,2$
- **FS_{GLG 612}** = $q_{GLG 612} / q_{IN} = 0,28 / 0,04 = 7,0$

Toda la gama de INTERDRAIN asegura un correcto drenaje a largo plazo.

7. BIBLIOGRAFIA

- | | |
|--|---|
| EPA (1998) | Lining of Waste Containements and other Impoundment Facilities. Cincinnati. Ohio, |
| Eseverri, A (2004) | Soluciones drenantes con georredes. Revista Subsuelo y Obra Urbana nº 9. Junio 2004 |
| Eseverri, A (2005) | Sellado del Vertedero de Serrallarga. Revista Infoenviro.nº7. Agosto 2005 |
| Koerner, R. M. (1998). | Designing with Geosynthetics. 4th Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA |
| Giroud, J.P., Zhao, A, and Richarson, G.N (2000) | Effect of Thickness reduction on Geosynthetic Hidraulic Transmissivity. <i>Geosynthetic International, Vol.7 Nos. 4-5, pp.</i> |
| Giroud, J.P., Zhao, A, (2000) | Design of Liquid Collection Layers with Radial Flor. <i>Geosynthetic International, Vol.7 Nos. 4-5, pp.</i> |
| Giroud, J.P., Zornberg, J.G., and Zhao,A. (2000) | Hydraulic Desing of Geosynthetic and Granular Liquid Collection Layers. <i>Geosynthetic International, Vol.7 Nos. 4-5, pp.</i> |
| Rimoldi, P (1989) | Transmissivity and flow-rate of geosynthetic drainage products. Tenax Technical Report. |
| UNE 104425 | Materiales sintéticos. Puesta en Obra. Sistemas de impermeabilización de Vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad. |
| GRI Standard–GC8 (2001) | Determination of the Allowable Flow Rate of a Drainage Geocomposite. |
| AASHTO (1996) | Standard Specification for Geotextiles, Designation: M288-96. <i>American Association of State Transportation and Highway Officials, Washington, D.C.</i> |
| ENV 1897 | Geotextiles y productos relacionados. Determinación de las propiedades de fluencia en la compresión. |
| ENV 12225 | Geotextiles y productos relacionados. Método para determinar la resistencia microbiológica mediante un ensayo de enterramiento en el suelo. |
| UNE-EN ISO 12958 | Geotextiles y productos relacionados. Determinación de la capacidad de flujo en su plano. |
| ISO/TR 12960 | Geotextiles y productos relacionados. Método de ensayo de protección para la determinación de la resistencia a los líquidos. |
| UNE CR ISO 13434 | Guía para la durabilidad de los geotextiles y los productos relacionados con geotextiles |
| ASTM D1621-00 | Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics |
| www.landfillsdesign.com | Página web dedicada al dimensionamiento con geosintéticos en Vertederos. |

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.

ANEJO 1. CÁLCULO DE RF_{CR} DE LOS GEOCOMPUESTOS DRENANTES INTERDRAIN

RF_{CR} es particular de cada producto. Los geocompuestos INTERDRAIN están constituidos por una georred de polietileno de alta densidad de elevada resistencia a la compresión y excelente comportamiento a largo plazo por lo que RF_{CR} será menor que el de otros productos de distintos materiales y configuraciones.

Estudios recientes realizados por Giraud et al. (2000) muestran una relación entre la reducción de la capacidad de drenaje por efecto de la fluencia y el espesor de la georred (sólo la georred, no el geocompuesto).

La relación es la siguiente:

$$RF_{CR} = \left[\frac{(t_{CO} / t_{original}) - (1 - n_{original})}{(t_{CR} / t_{original}) - (1 - n_{original})} \right]^3 \quad \text{Giraud et al. (2000)}$$

Dónde:

- $t_{original}$: espesor de la georred sin estar sometida a ninguna carga (cm).
- t_{co} : espesor de la georred medida instantes después de recibir una presión dada (cm).
- t_{cr} : espesor de la georred a largo plazo, después de 100 años (cm).
- $n_{original}$: porosidad inicial sin estar el producto sometido a ninguna carga (-).

Dado que en el Test de Transmisividad (según Norma ISO 12958) se deja estabilizar la muestra unos 15 minutos antes de iniciar el ensayo resulta lógico utilizar:

- t_{co} : espesor de la georred medida a los 15 minutos después de recibir la presión dada (cm).

La porosidad se define como:

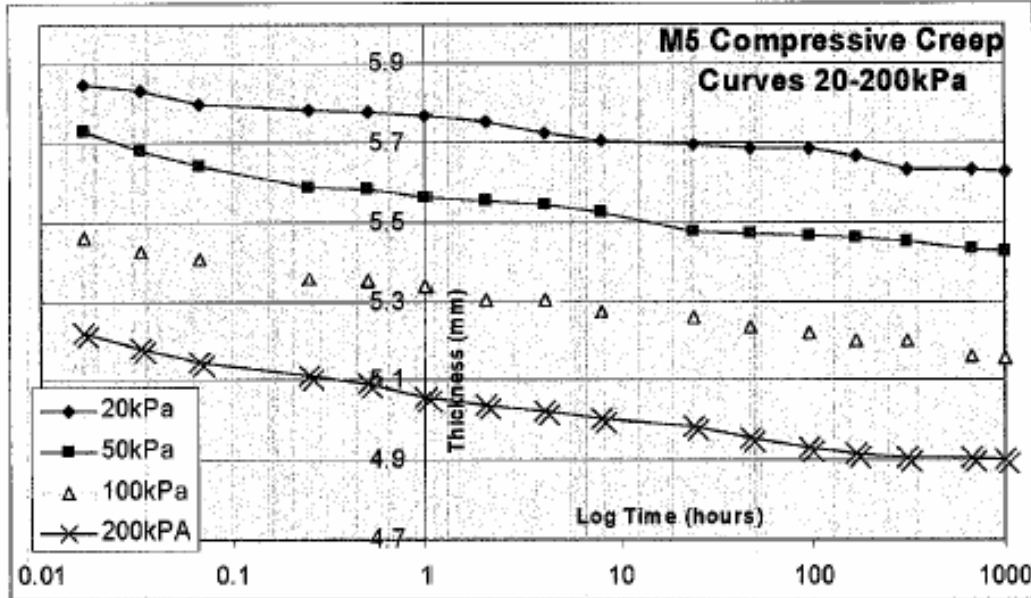
$$n_{original} = 1 - \frac{\mu}{\rho t_{original}}$$

Dónde:

- μ : masa por unidad de área de la georred (g/cm^2).
- ρ : densidad del polímero de la georred (g/cm^3).

Mediante el Test ENV 1897 (Compressive Creep Properties) obtenemos el comportamiento a largo plazo de la georred drenante.

Graph of thickness v log time for sample M5 (20-200kPa)



*Reducción del espesor de la georred drenante INTERDRAIN M5 con el tiempo.
 Fuente: Laboratorio GEOTRAC.*

Los geocompuestos con georred drenante INTERDRAIN tienen una variación del espesor lineal con el logaritmo del tiempo.

A partir del Test ENV 1897, podemos estimar cual será el espesor al cabo de 100 años.

La estimación da un $t_{cr=100 \text{ años}} = 5,5 \text{ mm}$ (espesor a 20 kPa después de 1.000.000 horas = 114 años)

Además:

- $t_{\text{original}} = 5,917 \text{ mm}$ (espesor a 2 kPa)
- $t_{\text{co}=15 \text{ m}} = 5,784 \text{ mm}$ (espesor a 20 kPa después de 15 minutos)
- $\rho = 0,94 \text{ g/cm}^3$ (densidad del polímero)
- $\mu = 650 \text{ g/m}^2 = 0,065 \text{ g/cm}^2$ (masa de la georred).

Obtenemos:

$$n_{\text{original}} = 1 - \frac{0,065}{0,94 \cdot 0,5917} = 0,883$$

$$\mathbf{RFcr} = \left[\frac{(5,784 / 5,917) - (1 - 0,883)}{(5,500 / 5,917) - (1 - 0,883)} \right]^3 = \mathbf{1,19}$$

Este cálculo es producto de nuestros conocimientos revisados y corregidos. INTERMAS declina toda responsabilidad derivada de su uso en proyectos obras, y se entrega sólo a título informativo.