



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-795-0808  
Fax: 706-693-4400

Mirafi® Products

- HS-Series
  - HP-Series
  - X-Series
  - N-Series
  - Filterweave®
  - Miragrid® (XT)
  - Silt Fence
- Miramat®
  - Miratak
  - Mirapave
  - Geotubes®
  - MC1212
  - SRW-Series

Project \_\_\_\_\_

Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_

Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

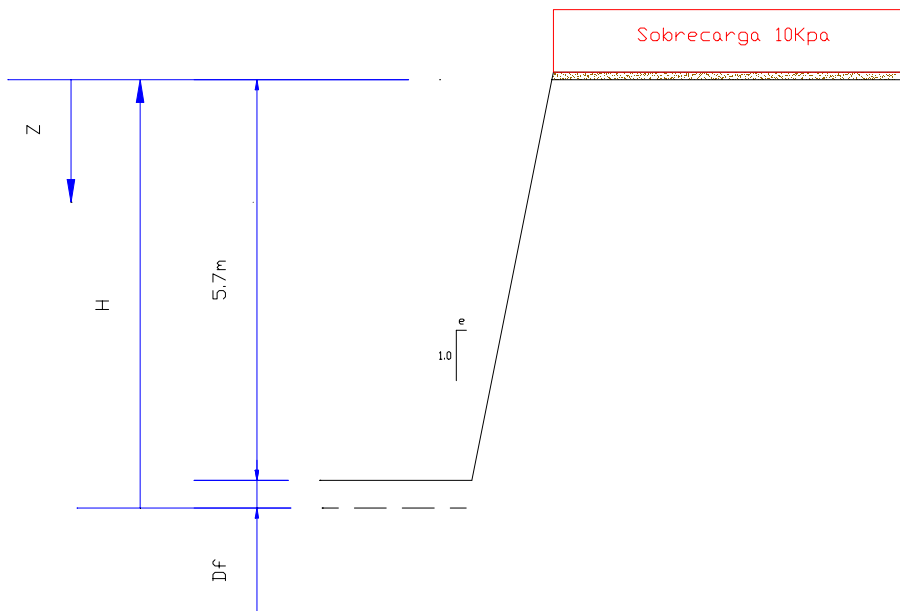
Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Scale \_\_\_\_\_

Diseño de un Muro Reforzado con Geosintéticos

Diseñar un muro de contención de 5.7m de altura, el cual soportará un área de almacenamiento, con una carga muerta de 10kPa (1.01ton/m<sup>2</sup>). El muro va a ser construido con un suelo granular, el cual tiene un peso unitario de  $\gamma=18\text{kN/m}^3$ ,  $\phi=36^\circ$  y  $C=0.0\text{ kPa}$ . Se utilizará un Geotextil tejido, con una resistencia a la tensión última de 50kN/m y un coeficiente de interacción suelo – Geosintético de 70%. Un factor de seguridad de estabilidad global de 1.4 se utilizará, junto con los correspondientes factores de reducción para resistencia de diseño.

Geometría del Muro:



Antes de entrar a diseñar el muro, es necesario determinar la profundidad de empotramiento del muro, para tener un suelo de fundación firme y nivelado; se hace referencia a la siguiente tabla:

Profundidad de Empotramiento

Pendiente en frente del Muro	Profundidad Mínima de Empotramiento, $D_f$ (ft)
Horizontal (Muros)	$H_c'/20$
Horizontal (Terraplenes)	$H_c'/10$
3H:1V	$H_c'/10$
2H:1V	$H_c'/7$
<b>Requerimiento Mínimo</b>	<b>0.5 ft</b>

Así pues,  $D_f$ , tomando  $H=5.70\text{m}$  (18.70ft), resultando  $D_f=0.93\text{ft}$  (0.285m), aprox. 0.30m; resultando  $H_c=6.0\text{m}$ .



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-795-0808  
Fax: 706-693-4400

Mirafi® Products

- HS-Series
- HP-Series
- X-Series
- N-Series
- Filterweave®
- Miragrid® (XT)
- Silt Fence

- Miramat®
- Miratak
- Mirapave
- Geotubes®
- MC1212
- SRW-Series

Project \_\_\_\_\_

Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_

Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Scale \_\_\_\_\_

A continuación, se procede a determinar la Resistencia de Diseño a Largo Plazo, LTDS, teniendo en cuenta los factores de reducción indicados,

$$LTDS = \left( \frac{T_{ult}}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CD} \times RF_{BD}} \right)$$

$$LTDS = \left( \frac{50}{1.2 \times 2.5 \times 1.15 \times 1.1} \right) kN/m$$

$$LTDS = \frac{50}{3.795} kN/m$$

$$LTDS = 13.20 kN/m$$

De acuerdo a los datos de suelo de relleno, se procede entonces a determinar el coeficiente de presión activa del Suelo,  $K_a$ :

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{36}{2} \right)$$

$$K_a = 0.26$$

y los empujes laterales debidos al empuje de suelo y por efecto de sobre carga, en función de la profundidad del muro, se tiene:

$$\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hs,c}$$

$$\sigma_h = K_a \gamma z + K_a q$$

$$\sigma_h = (0.26)(18)(z) + (0.26)(10)$$

$$\sigma_h = 4.68z + 2.6$$

Teniendo los empujes horizontales en función de la profundidad del muro, se determina entonces la separación vertical entre capas, así:

$$S_v = \frac{LTDS}{\sigma_h \cdot F.S}$$

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68z + 2.6) \cdot 1.4}$$

Así para varias profundidades, puede determinarse entonces la separación requerida de las capas; el Factor de Seguridad utilizado, es un factor de Seguridad Global, que puede estar entre 1.3 y 1.4.

Para  $z=6.0m$ , se tiene entonces:

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68z + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68(6.0) + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = 0.307m \approx 0.30m$$



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-795-0808  
Fax: 706-693-4400

Mirafi® Products

- HS-Series
- HP-Series
- X-Series
- N-Series
- Filterweave®
- Miragrid® (XT)
- Silt Fence

- Miramat®
- Miratak
- Mirapave
- Geotubes®
- MC1212
- SRW-Series

Project \_\_\_\_\_  
 Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_  
 Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
 Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
 Scale \_\_\_\_\_

Para esta profundidad, se especifican capas de refuerzo cada 0.30m, hasta z=4.50m, cuando la separación cambia a:

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68z + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68(4.5) + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = 0.4m$$

Para z=3.3m:

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68z + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68(3.3) + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = 0.52m \approx 0.50m$$

Para z=1.3m:

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68z + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = \frac{13.2}{(4.68(1.3) + 2.6) \cdot 1.4}$$

$$S_v = 1.08m \approx 0.65m$$

Para conocer el número de capas en cada tramo de muro, se toman los Δz y se obtiene entonces:

- 6.0 < z < 4.50, Δz=1.50m, S<sub>v</sub>=0.30m, resultando entonces 5 capas de Geotextil
- 4.5 < z < 3.3, Δz=1.2m, S<sub>v</sub>=0.4m, teniendo 3 capas de Geotextil
- 3.3 < z < 1.30m, Δz=2.0m, S<sub>v</sub>=0.50m, como resultado 4 capas de Geotextil
- 1.30 < z < 0.0m, Δz=1.30m, S<sub>v</sub>=0.65m, resultando 2 capas de Geotextil

Conociendo las separaciones verticales entre las capas de Geotextil, se procede a determinar la longitud de desarrollo, L<sub>e</sub>, de las mismas, así:

$$L_e = \frac{S_v \sigma_h F.S}{2(c + \gamma z \tan \delta)}$$

$$L_e = \frac{S_v (4.68z + 2.60) \cdot 1.4}{2(0 + 18z \tan 24^\circ)}$$

$$L_e = \frac{S_v (6.55z + 3.64)}{16.0z}$$

y,

$$L_r = (H - z) \tan(45 - \frac{\phi}{2}) = (6.0 - z) \tan(45 - \frac{36}{2})$$



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-795-0808  
Fax: 706-693-4400

Mirafi® Products

- HS-Series
  - HP-Series
  - X-Series
  - N-Series
  - Filterweave®
  - Miragrid® (XT)
  - Silt Fence
- Miramat®
  - Miratak
  - Mirapave
  - Geotubes®
  - MC1212
  - SRW-Series

Project \_\_\_\_\_

Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_

Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Scale \_\_\_\_\_

Con H=6.0m y conociendo las separaciones verticales de cada capa, se puede proceder a tabular los resultados:

Cálculo de Longitudes Horizontales de Capas de Refuerzo

Capa	Prof. z (m)	Separación Sv (m)	Le (m)	Le (min) (m)	Lr (m)	Lcalc (m)	L esp (m)
14	0.65	0.65	0.49	1.00	2.72	3.72	4.00
13	1.30	0.65	0.38	1.00	2.39	3.39	
12	1.80	0.50	0.27	1.00	2.14	3.14	
11	2.30	0.50	0.25	1.00	1.88	2.88	3.00
10	2.80	0.50	0.25	1.00	1.63	2.63	
9	3.30	0.50	0.24	1.00	1.37	2.37	
8	3.70	0.40	0.19	1.00	1.17	2.17	
7	4.10	0.40	0.19	1.00	0.97	1.97	2.00
6	4.50	0.40	0.18	1.00	0.76	1.76	
5	4.80	0.30	0.14	1.00	0.61	1.61	
4	5.10	0.30	0.14	1.00	0.46	1.46	
3	5.40	0.30	0.14	1.00	0.31	1.31	
2	5.70	0.30	0.13	1.00	0.15	1.15	
1	6.00	0.30	0.13	1.00	0.00	1.00	

Observación: Nótese que se han calculado las longitudes de desarrollo, L, sin tener en cuenta la separación vertical de las capas, Sv, y la longitud de traslapo, Lo, cuyo requerimiento mínimo debe ser de 1.0m. Revisando esto para la última capa, z=0.65m, se tiene:

$$L_o = \frac{S_v \sigma_h F.S}{4(C_a + \gamma z \tan \delta)}$$

$$L_o = \frac{S_v (4.68z + 2.60)1.4}{4(0 + 18z \tan 24^\circ)}$$

$$L_o = \frac{0.65(4.68 \cdot 0.65 + 2.60)1.4}{4(0 + 18 \cdot 0.65 \cdot \tan 24^\circ)}$$

$$L_o = 0.25m \approx 1.0m$$

La longitud total de las capas de refuerzo, para efectos del cálculo de cantidades, está dado por:

$$L_T = S_v + L_o + L$$

Hasta este punto, se ha diseñado el Muro Reforzado desde el punto de vista de análisis interno; sin embargo, es necesario llevar a cabo el análisis de estabilidad externa para asegurarnos que el muro es estable.



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-735-0808  
Fax: 706-693-4400

### Mirafi® Products

- HS-Series
- HP-Series
- X-Series
- N-Series
- Filterweave®
- Miragrid® (XT)
- Silt Fence
- Miramat®
- Miratak
- Mirapave
- Geotubes®
- MC1212
- SRW-Series

Project \_\_\_\_\_  
 Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_  
 Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
 Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
 Scale \_\_\_\_\_

## Análisis de Estabilidad Externa

### 1.0. Factor de Seguridad para Deslizamiento:

Se analizan las Fuerzas Resistentes VS las Fuerzas Motores,

$$F.S._{des} = \sum \frac{\text{Fuerzas Resistentes}}{\text{Fuerzas Motores}} \geq 1.50$$

Así pues, basados en los parámetros mecánicos del suelo, se tendrá entonces que la Fuerza Horizontal resultante,  $P_{ah}$ , debido al empuje lateral del suelo y la sobre carga, está dada por:

$$P_{ah} = \left[ \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 + K_a qH \right] \cos \phi$$

$$P_{ah} = \left[ \frac{1}{2} (0.26)(18)(6.0)^2 + (0.26)(10)(6.0) \right] \cos 36^\circ$$

$$P_{ah} = 80.77 \text{ kN/m}$$

La fuerza resistente,  $R_s$ , estará dada por el peso de la masa de suelo reforzado, teniendo en cuenta la longitud horizontal de la capa de refuerzo más corta,  $L=2.0\text{m}$ :

$$R_s = W \cdot \tan \phi = \gamma \cdot L \cdot H \cdot \tan \phi$$

$$R_s = (18)(2.0)(6.0) \tan 36^\circ$$

$$R_s = 156.93 \text{ kN/m}$$

Así pues, el Factor de Seguridad para deslizamiento,

$$F.S._{des} = \frac{156.93}{80.77} = 1.943$$

$$1.943 > 1.50, \text{ o.k.}$$

### 2.0. Factor de Seguridad para Volcamiento:

Para el cálculo del Factor de Seguridad para Volcamiento, se analizan los momentos resistentes con relación a los momentos motores, con respecto a la pata del muro, así:

$$F.S._{volc} = \sum \frac{\text{Momentos Resistentes}}{\text{Momentos Motores}} \geq 2.0$$

Entonces, para la resultante, tanto por empuje de suelos, como por efectos de sobre carga, los momentos actuantes,  $M_a$ , están dados por:

$$M_a = \left[ \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 (\cos \phi) \right] \cdot \frac{H}{3} + [K_a qH (\cos \phi)] \cdot \frac{H}{2}$$

$$M_a = [(68.15)(2.0) + (12.62)(3.0)] \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-735-0808  
Fax: 706-693-4400

### Mirafi® Products

- HS-Series
- HP-Series
- X-Series
- N-Series
- Filterweave®
- Miragrid® (XT)
- Silt Fence
- Miramat®
- Miratak
- Mirapave
- Geotubes®
- MC1212
- SRW-Series

Project \_\_\_\_\_  
 Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_  
 Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
 Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
 Scale \_\_\_\_\_

Los momentos resistentes están dados por:

$$M_{RS} = W_n \cdot \frac{L_n}{2}$$

$$M_{RS} = (H\gamma L_n) \cdot \frac{L_n}{2}$$

$$M_{RS} = [(6.0)(18)(2.0) \cdot 1.0 + (3.70)(18)(1.0) \cdot 2.5 + (1.80)(18)(1.0) \cdot 3.5] kN \cdot m/m$$

$$M_{RS} = (216 + 166.5 + 113.4) kN \cdot m/m$$

$$M_{RS} = 495.90 kN \cdot m/m$$

Así pues, el Factor de Seguridad para volcamiento,

$$F.S._{volc} = \frac{495.90}{174.16} = 2.83$$

$$2.83 > 2.0, \text{ o.k.}$$

### 3.0. Factor de Seguridad para Capacidad Portante:

Para el cálculo de este factor de seguridad, se hace referencia a la teoría de cimentaciones superficiales, donde la capacidad de soporte del suelo de fundación, está dada por la siguiente expresión:

$$q_{ult} = CN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

donde:

- C: Cohesión del Suelo de Fundación
- $\gamma$ : Peso Unitario del Suelo de Fundación
- $D_f$ : Profundidad de Empotramiento
- B: Ancho de la Base del Muro
- $N_c, N_q, N_\gamma$ : Factores de Capacidad de Soporte de Terzaghi

El Factor de Seguridad está dado entonces por la siguiente expresión:

$$F.S._{C.P} = \frac{q_{ult}}{q_{act}} \geq 2.0$$

Entonces se tiene:

$$q_{act} = \gamma h + \text{sobrecarga}$$

$$q_{act} = (18 \cdot 6 + 10) kN/m^2$$

$$q_{act} = 118 kN/m^2$$



TC Mirafi

365 South Holland Drive  
Pendergrass, GA 30567  
Tel: 706-693-2226  
Toll Free: 888-795-0808  
Fax: 706-693-4400

Mirafi® Products

- HS-Series
  - HP-Series
  - X-Series
  - N-Series
  - Filterweave®
  - Miragrid® (XT)
  - Silt Fence
- Miramat®
  - Miratak
  - Mirapave
  - Geotubes®
  - MC1212
  - SRW-Series

Project \_\_\_\_\_

Sheet No. \_\_\_\_\_ Of \_\_\_\_\_

Calculated By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Checked By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Scale \_\_\_\_\_

La Capacidad portante del suelo será:

Para  $\phi=36^\circ$ , los factores de Capacidad de Carga de Terzaghi, son:

$N_c=50.59$ ,  $N_q=37.75$ ,  $N_g=56.31$

Entonces:

$$q_{ult} = CN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{ult} = 0.0 \cdot 50.59 + (18)(0.30)(37.75) + \frac{1}{2} (18)(2.0)(56.31) \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ult} = 1217.43 \text{ kN/m}^2$$

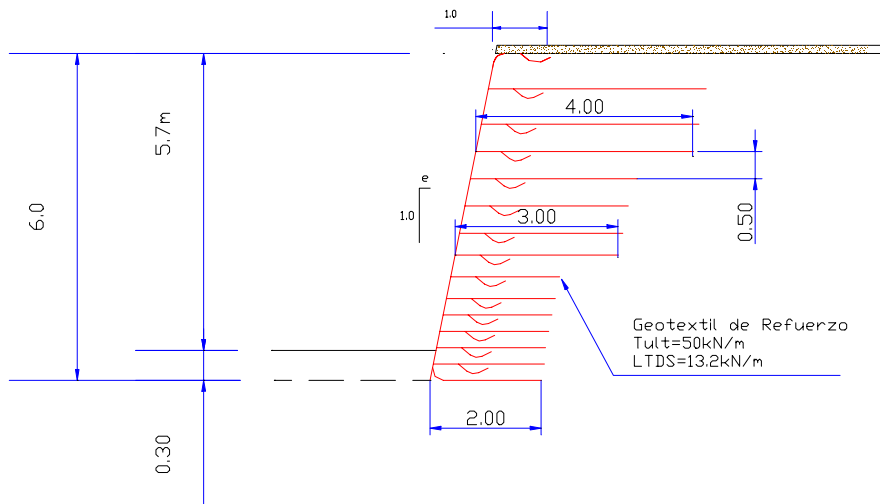
El factor de Seguridad será pues:

$$F.S.C.P = \frac{q_{ult}}{q_{act}}$$

$$F.S.C.P = \frac{1217.43}{118} = 10.32$$

$10.32 \gg 2.0$ , o.k

Por último, se procede a la etapa de dibujo de planos, especificación de materiales y cantidades definitivas.



Sección Transversal Muro de Contención Reforzado con Geotextil