



MANUAL TÉCNICO MUROS DE CONTENCIÓN PAISAJÍSTICOS

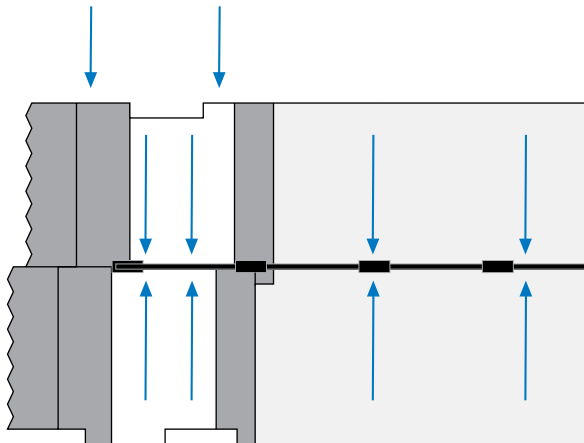


Prefraga[®]



MUROS DE CONTENCIÓN

MUROS DE TIERRA REFORZADA



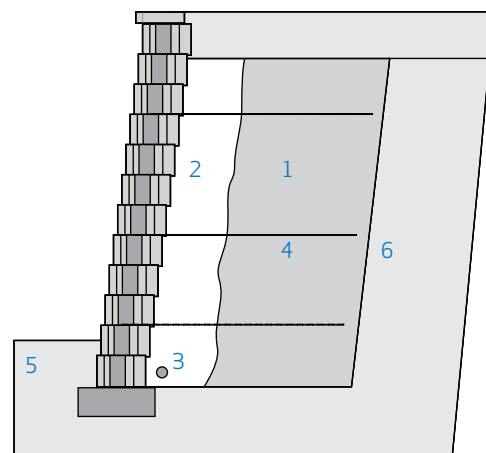
La cimentación de estos muros se dimensiona en base a criterios de ELS (Estado Límite de Servicio), es decir, su diseño no condiciona la estabilidad del muro.

La principal razón de su colocación es la de evitar que los asentamientos diferenciales que tienen lugar en el terreno ocasionen grietas y fisuras en las piezas que empeorarían las cualidades estéticas del paramento del muro.

Se debe conseguir además un cierto empotramiento en la base, enterrando una determinada altura de piezas, que en la mayoría de los casos suele ser igual al 10% de la altura total del muro.

Para alturas pequeñas (hasta 1.3m) y si las sobrecargas no son importantes, el sistema es capaz de resistir como un muro de gravedad, es decir, sin ningún tipo de refuerzo. En el resto de los casos, que son la gran mayoría, es cuando se aprovecha la mayor ventaja de este tipo de muros: el terreno entra en juego en el sistema, ayudando al muro a resistir las sollicitaciones de empuje a las que se ve sometido.

Se refuerza el trasdós del muro colocando unas geomallas sintéticas unidas a las piezas y ancladas en el relleno del trasdós. De forma que, a grandes rasgos, las fuerzas de rozamiento que aparecen entre georedes y terreno en la zona pasiva equilibran a las fuerzas de empuje de la zona activa, consiguiendo así la estabilidad del sistema.



Sección Típica de un muro de tierra reforzada:

- 1.- Terreno compactado.
- 2.- Grava de drenaje.
- 3.- Tubo de drenaje.
- 4.- Geomallas de refuerzo.
- 5.- Resguardo.
- 6.- Terreno natural

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA PARA DISEÑAR UN MURO.

1. Datos geotécnico del terreno

Es importante, para optimizar la distribución de geomallas, conocer los parámetros geotécnicos del terreno: ángulo de rozamiento, peso específico y capacidad portante. Una pequeña variación en el ángulo de rozamiento implica un aumento considerable de la cuantía de georred a colocar.

Clasificación de las tierras según Casagrande

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	DENOM. UNSC	ANG. ROZAMIENTO (Ø)
Buena	Arenas, Gravas	GW, GP, GM, GC, SW, SP	32° - 36°
Moderada	Arenas Limosas y Arcillosas	SM, SC	28° - 32°
Mala	Limos, Arcillas baja plasticidad	ML, CL, OL	25° - 30°

3. Evacuación de agua

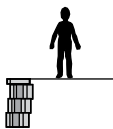
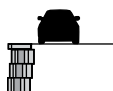
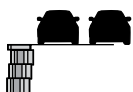
Según los niveles freático o las características del muro, se debe diseñar un plan de evacuación del agua para evitar que esta afecte al muro. Esta evacuación se puede llevar a cabo mediante canales de desagüe en la coronación, taludes en la base del muro, salidas de tubos del trasdós del muro u otras consideraciones.

2. Geometría del muro

Es de vital importancia conocer las dimensiones, sobre todo en altura, para las cuales se hace el diseño del muro, ya que la cuantía de geomallas depende en gran medida de la altura del muro. La longitud de las geomallas de refuerzo será, en condiciones normales, del 70% de la altura del muro, necesitando un mínimo de 1m de geomalla en la parte activa del trasdós.

4. Sobrecargas y uso del muro

Dependiendo del uso que tenga el muro, se le asignarán unas sobrecargas tales como:

Pasos peatonales, jardines, contención de tierras	5 KPa (510 Kg/m ²)	
Trafico ligero de vehículos	10 KPa (1.020 Kg/m ²)	
Trafico pesado, carreteras	15 KPa (1.530 Kg/m ²)	

También hay que tener en cuenta, a la hora de contar las cargas a soportar por el muro, el acabado en talud en la coronación, las cargas que pueden ocasionar las viviendas o la colocación de recrecido sobre este.

MUROS DE CONTENCIÓN

PROCESO DE CÁLCULO:

En la actualidad, en España existe un vacío normativo para este tipo de muros, puesto que el manual existente para el diseño de estructuras de suelo reforzado es bastante antiguo y está siendo objeto de una profunda renovación.

A día de hoy, los procesos de cálculo más desarrollados y ampliamente contrastados por la práctica son los códigos americanos, basados en el método de los estados límites. El código utilizado por PREFRAGA S.A. para la metodología de cálculo así como las recomendaciones constructivas es el FHWA-NHI-00-043 del Departamento de Transportes de U.S.A (U.S. Federal Highway Administration). Sin embargo, nuestro departamento técnico utiliza también como apoyo el “Manual de Dimensionamiento de Muros de Tierra Reforzada” (Desing Manual For Segmental Retainig Walls) que edita la Nacional Concrete Masonry Association (NCMA), de la cual Prefraga S.A. es socio.

Para la asistencia al cálculo, la oficina técnica de Prefraga S.A. utiliza el Software desarrollado por Adama Engineering, Inc. para la FHWA.

Desde la creación del concepto de tierra reforzada y su aplicación al diseño de muros de contención, se han propuesto y usado multitud de métodos de diseño. La practica actual consiste en determinar la geometría y los refuerzos necesarios para prevenir los fallos de estabilidad usando el método de los equilibrios límite.

Para afrontar este estudio, se orientan los cálculos en tres determinaciones generales:

Estabilidad externa (trata la sección de cálculo como una masa homogénea de terreno y lo evalúa de acuerdo con los modelos de fallo tradicionales para un muro de gravedad (vuelco, deslizamiento, hundimiento)).

Estabilidad interna (consiste en la evaluación de las superficies de deslizamiento potenciales dentro de la masa reforzada).

Estabilidad global (análisis combinado de la estabilidad externa-interna).

Los factores de seguridad mínimos para cada tipo de fallo son los siguientes:

ESTABILIDAD EXTERNA

- Estabilidad al deslizamiento 1,5
- Estabilidad al vuelco 2,0
- Capacidad portante del terreno 2,5

ESTABILIDAD INTERNA

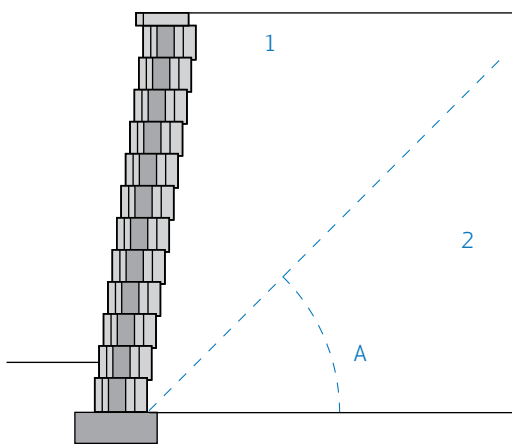
- Rotura por plastificación a tracción de la geomalla en el punto de máxima tensión 1,5
- Deslizamiento de la geomalla por falta de anclaje en la zona pasiva 1,5
- Fallo de la conexión por rotura de la geomalla 1,5
- Fallo de la conexión por deslizamiento de la geomalla 1,5
- Fallo de la conexión por rotura del mecanismo resistente de la misma 1,5

ESTABILIDAD GLOBAL

- Estabilidad global del conjunto 1,3

CALCULO DEL EMPUJE DEBIDO A LA PRESIÓN LATERAL.

Existen dos metodologías comúnmente aceptadas para el cálculo de los efectos de la presión lateral: teorías de Coulomb y Rankine. La primera de ellas, supone que el terreno adyacente al muro se encuentra en un estado límite de equilibrio a lo largo de una superficie de fallo teórica que pasa por el pie del muro y que delimita una cuña activa, cuya inclinación se obtiene a partir de consideraciones de equilibrio. En cambio, la teoría de Rankine desprecia el rozamiento favorable entre el trasdós del muro y el terreno, y localiza invariablemente la línea de fallo formando un ángulo con la horizontal de $(45^\circ + \phi'/2)$.



- 1.- Zona Activa; parte del terreno que empuja.
 2.- Zona Pasiva; parte del terreno que resiste.
 $A = (45^\circ + \phi'/2)$ Plano de fallo.

El código de cálculo de la FHWA desprecia de forma conservadora la incidencia del rozamiento entre el trasdós del muro y las tierras de relleno. Por tanto, nos conduce a la teoría de Rankine, donde el empuje producido (F1) viene dado por:

$$F1 = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

El empuje debido a la sobrecarga de tráfico (F2) se calcula como:

$$F2 = q H K_a$$

Donde :

K_a : coeficiente de empuje activo.

γ : peso específico del suelo.

q : sobrecarga uniformemente distribuida.

El coeficiente de empuje activo se determina según:

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2)$$

(para muros cercanos a la vertical, $\pm 8^\circ$ y talud horizontal en coronación)

$$K_a = \cos \beta \left[\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'}} \right]$$

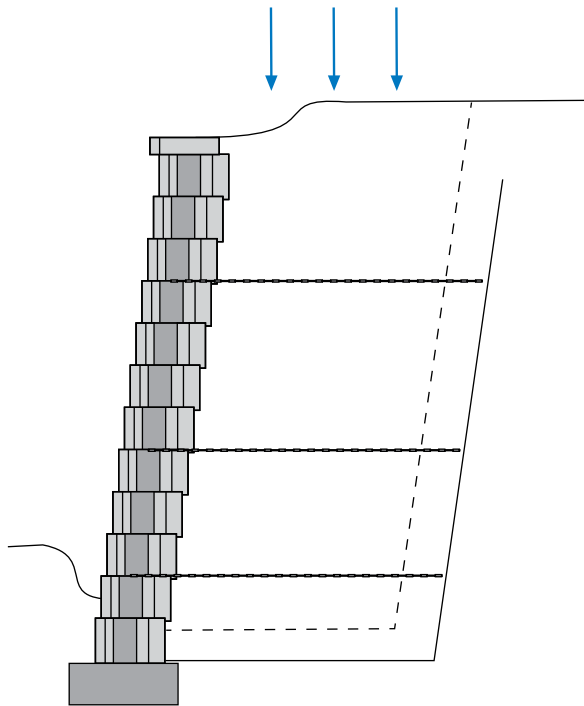
(talud inclinado en coronación β)

Luego el empuje debido a las presiones laterales será el resultante de la suma de ambas expresiones:

$$F = F1 + F2 = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a + q H K_a$$

MUROS DE CONTENCIÓN

ESTABILIDAD EXTERNA A CAPACIDAD PORTANTE.



Se requiere que la tensión vertical en la base calculada por el método de distribución de presiones de Meyerhof, no exceda la máxima capacidad portante del terreno de cimentación con un factor de seguridad previamente fijado.

El ancho de la base para el estudio de la distribución de presiones de Meyerhof o "cimiento equivalente" viene fijado por la expresión:

$$B = L - 2e$$

Donde : L: longitud de la base del terreno reforzado.

E: excentricidad de la resultante R debida a la suma de momentos en la base del terreno reforzado respecto al centro de masas.

La resultante R debe ser igual a la suma de las fuerzas verticales en la sección de suelo reforzado, luego:

$$e = \frac{F_T (\cos \beta) h/3 - F_T (\sin \beta) L/2 - V_2 (L/6)}{V_1 + V_2 + F_T \sin \beta}$$

Se calcula la tensión equivalente del terreno:

$$\sigma = \frac{V_1 + V_2 + F_T \sin \beta}{L - 2e}$$

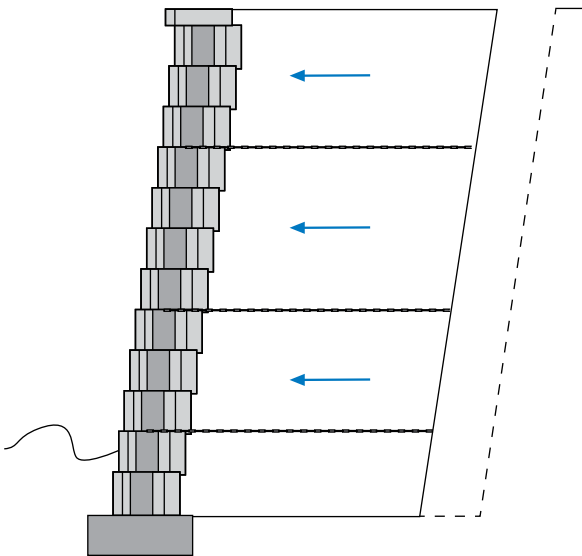
Determinamos la capacidad portante última del terreno de cimentación basándonos en las teorías clásicas de la mecánica de suelos:

$$q_{ult} = c_f N_c + 0.5(L) \gamma_f N_\gamma$$

Finalmente, comprobamos que:

$$\sigma_v \leq q_a = \frac{q_{ult}}{FS}$$

ESTABILIDAD EXTERNA AL DESLIZAMIENTO.



$$FS_{\text{deslizam.}} = \frac{\sum P_{\text{Resistentes}}}{\sum P_{\text{Desestabilizadoras}}}$$

Donde la fuerza resistente es la menor de la resistencia de rozamiento a lo largo de la base del muro o en cualquier línea de debilidad detectada cerca de ésta. El empuje pasivo del terreno en el intradós del muro correspondiente al empotramiento de las primeras hiladas se desprecia de forma conservadora.

Los siguientes pasos para el cálculo son:

1. Calcular el empuje:

$$F_T = K_{af}(\theta', \beta) \frac{1}{2} \gamma_f h^2$$

$$\text{Donde: } h = H + L \tan \beta$$

2. Calcular la Fuerza Desestabilizadora:

$$P_d = F_H = F_T \cos \beta$$

3. Determinar las propiedades de fricción más críticas en la base.

4. Calcular la fuerza resistente por unidad de longitud de muro:

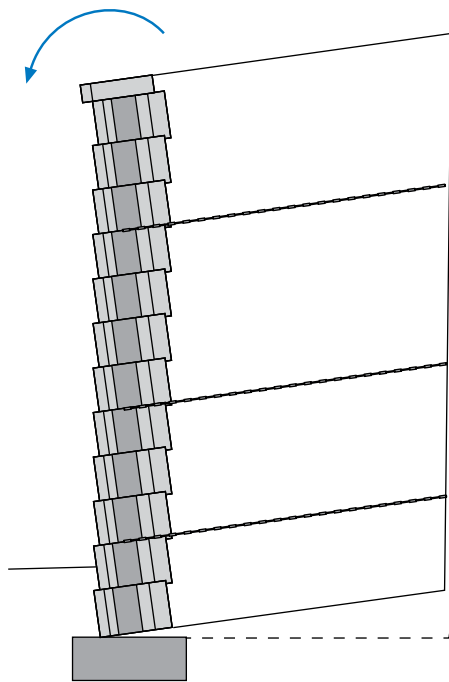
$$P_R = (V_1 + V_2 + F_T \sin \beta) \cdot \mu$$

$$\text{Donde: } \mu = \min [\tan \theta'_f, \tan \theta'_r, \tan \rho \text{ para refuerzos continuos}]$$

Siendo: θ'_f y θ'_r los ángulos de rozamiento de los terrenos reforzados y retenidos respectivamente. El parámetro ρ representa el coeficiente de rozamiento entre la geomalla y el terreno.

MUROS DE CONTENCIÓN

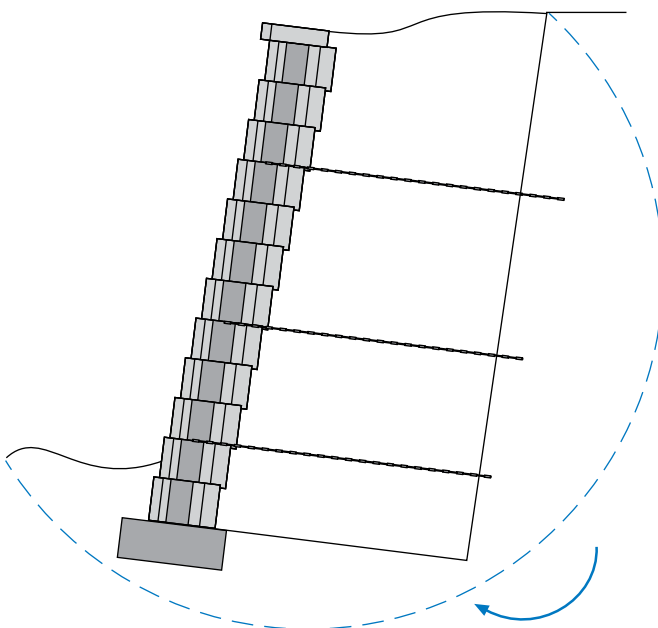
ESTABILIDAD FRENTE AL VUELCO



Se analiza de forma convencional la relación entre los momentos estabilizadores y desestabilizadores de las fuerzas actuantes y se calcula el factor de seguridad, comprobando que es superior al prescrito.

$$\Sigma M = \Sigma F_{\text{actuantes}} \cdot d_{\text{actuación}}$$

ESTABILIDAD GLOBAL

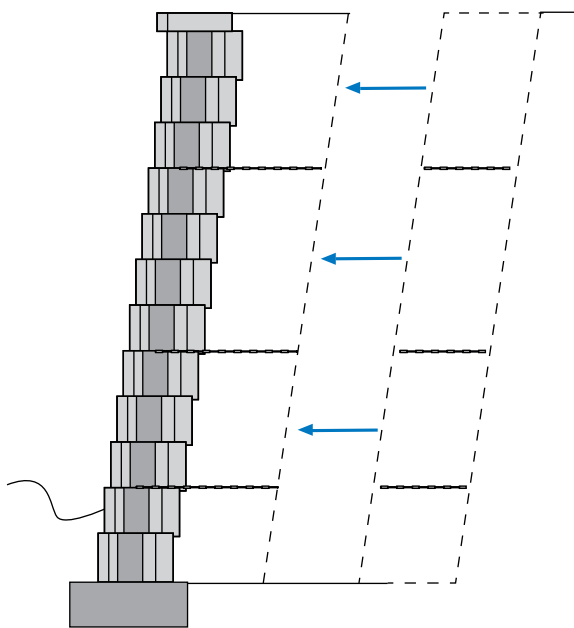


Se utiliza el método modificado de Bishop en el que se ha considerado el muro (entendido como tal desde la cara vista hasta el final del terreno reforzado) sometido a un análisis rotacional por los planos más probables de fallo.

$$FS = \frac{\Sigma [c_i \cdot \Delta x_i + (W_i - t_i \sin \Theta_i) \tan \theta'_i] / m_{\alpha i}}{\Sigma [W_i \sin \alpha_i - t_i (\alpha_i - \Theta_i)]}$$

ESTABILIDAD INTERNA POR PLASTIFICACIÓN DE LA GEOMALLA EN EL PUNTO DE MÁXIMA TENSION

Los pasos de cálculo son los siguientes:



La sobrecarga que recibe la geomalla estará debida a la presión proveniente de la masa de tierras que tiene sobre ella y a cualquier sobrecarga adicional y al espaciamiento entre sucesivas hiladas de refuerzos de geomalla.

- a) Cálculo de las tensiones horizontales en cada nivel.

$$\sigma_H = K_T \cdot \sigma_V \cdot \Delta\sigma_H$$

$$\sigma_V = \gamma_T \cdot Z + \sigma_2 + q + \Delta\sigma_V$$

Donde: K_T es 1 para los refuerzos geosintéticos.

Z es la distancia de la geomalla a la parte superior del muro.

σ_2 es la carga que produce un talud en la coronación del muro.

- b) Cálculo de la máxima tensión en cada refuerzo por unidad de ancho del muro basada en el espaciamiento vertical entre refuerzos.

$$T_{\max} = \sigma_H \cdot S_V$$

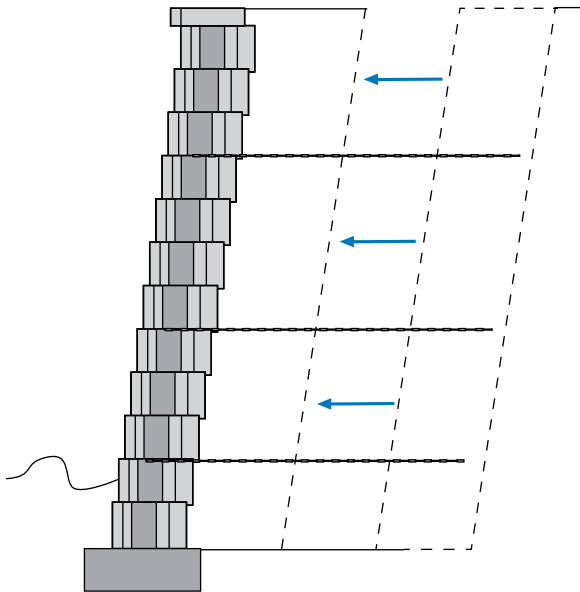
- c) Cálculo de la máxima tensión en cada refuerzo por longitud de muro.

- d) Verificación que la sollicitación en la geomalla sea menor que la respuesta.

$$T_a = \frac{T_{\max}}{R_c}$$

MUROS DE CONTENCIÓN

DESLIZAMIENTO DE LA GEOMALLA POR FALTA DE ANCLAJE EN LA ZONA PASIVA.



Se calculará la longitud mínima necesaria del anclaje del refuerzo dentro de la zona pasiva del terreno. Se requiere que se satisfaga la inecuación.

$$L_e \geq \frac{FS \cdot T_{\max}}{C \cdot F^* \cdot \gamma \cdot Z_p \cdot R_c \cdot \alpha} \geq 1m$$

Donde: FS es el factor de seguridad frente a arranque.

T_{\max} máxima tensión de refuerzo.

C coeficiente que depende de la naturaleza del refuerzo (C = 2 para geomalla).

α factor de corrección de escala.

F^* factor de resistencia a arranque.

R_c ratio de cobertura ($R_c = 1$).

γZ_p presión del peso del terreno sobre cada refuerzo (debido al peso propio y cargas muertas).

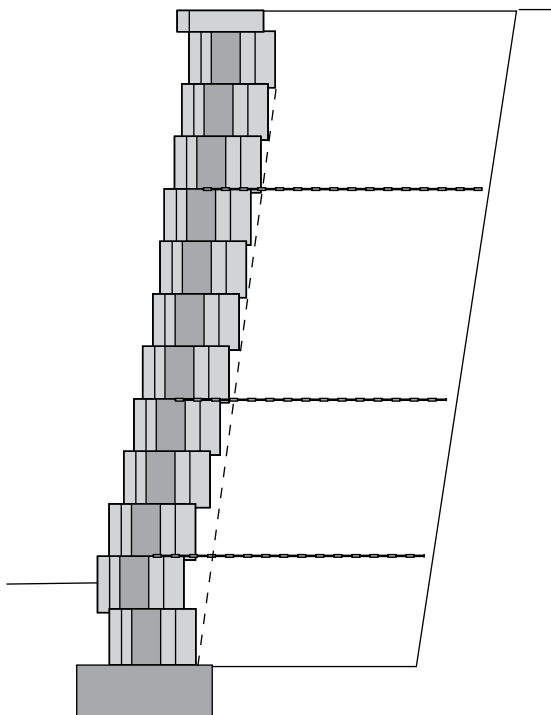
L_e longitud de la geomalla en la zona resistente o pasiva.

La longitud total de refuerzo será igual a la longitud de refuerzo en la zona activa más la longitud de refuerzo en la zona pasiva:

Donde: $L = L_a + L_e$

$L_a = (H - Z) \tan(45 - \phi' / 2)$

CONEXIÓN DE LA GEOMALLA CON LOS BLOQUES



La conexión de los bloques Rockwood® con la geomalla viene determinada por la fuerza de rozamiento del bloque con el elemento de refuerzo y depende de la naturaleza de la geomalla. Esta conexión se ha estudiado en laboratorio a escala real y queda completamente monitorizada.

Las condiciones para la estabilidad son:

Rotura de la geomalla:

$$T_{ac} = \frac{T_{ult}}{RF_d \cdot RF_{id} \cdot RF_c \cdot 1.5}$$

Deslizamiento de la geomalla:

$$T_{ac} = \frac{T_{ult} \cdot CR_s}{1.5}$$

Rotura del mecanismo resistente de la conexión:

$$T_{ac} = \frac{T_{ult} \cdot CR_u}{RF_d \cdot RF_c \cdot 1.5}$$

Donde: T_{ac} : es la tensión respuesta de la geomalla.

T_{ult} : es la tensión última de la geomalla.

RF_d : es un factor reductor por durabilidad.

RF_{id} : tiene en cuenta los daños que pueda sufrir la geomalla durante el proceso de instalación.

RF_c : tiene en cuenta la fluencia de las geomallas.

CR_s y CR_u : son los dos factores que tienen en cuenta el grado de conexión, obtenidos mediante ensayos de laboratorio.



FÁBRICA Y OFICINAS:
Ctra N-II, Km. 443
Apdo. de Correos 51
22520 FRAGA (Huesca)

T. 974.472.645
F. 974.472.775

www.prefraga.es
info@prefraga.es