



Dimensionado de sistemas flexibles para la contención superficial de taludes

Jordi Coll
27/03/2025

BIANCHINI INGENIERO
MACCAFERRI **B**



1. Introducción.
2. Ensayos de caracterización. Tracción y punzonamiento.
3. Vida útil esperada (Durabilidad).
4. Tipologías de membranas y aplicaciones.
5. Dimensionamiento de los sistemas.
6. Conclusiones

1. INTRODUCCIÓN.



1. INTRODUCCIÓN.

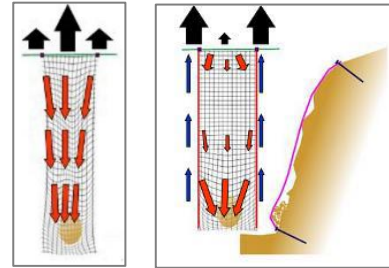
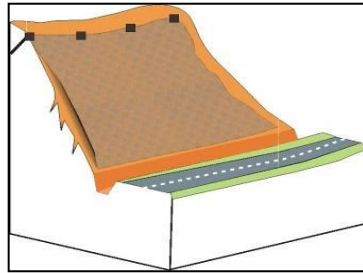


1. INTRODUCCIÓN.

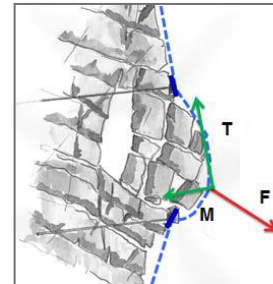
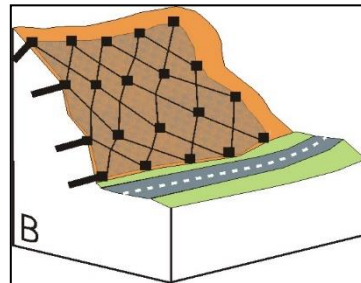


*Las protecciones que permiten mitigar el riesgo contra la caída de bloques rocosos se pueden dividir en dos categorías: **Sistemas en cortina** y **Sistemas bulonados**.*

Sist. en cortina:



Sist. bulonados:

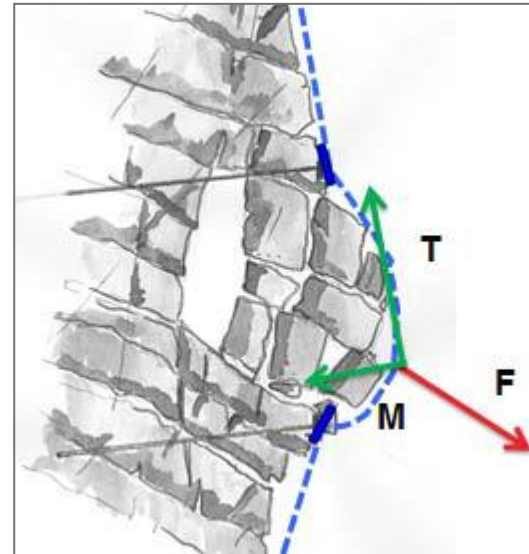
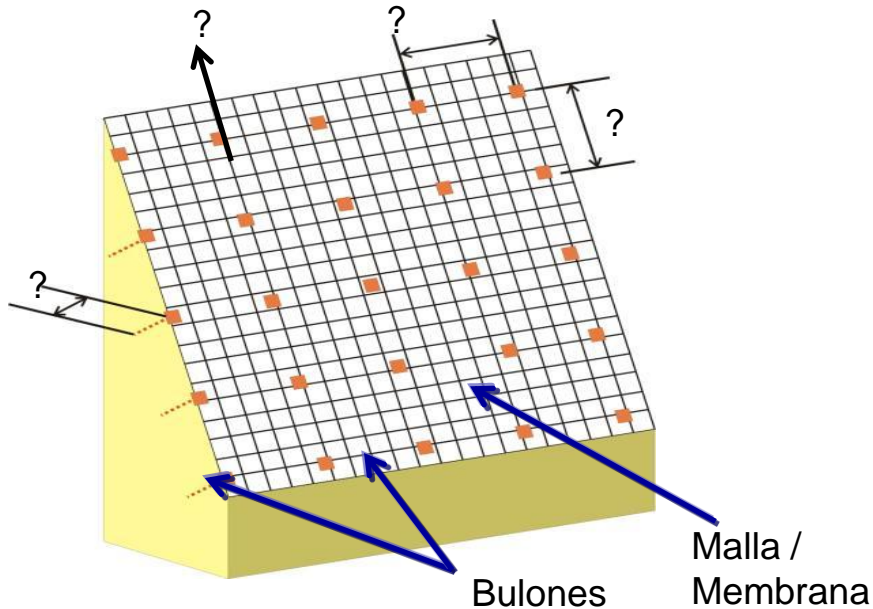


Características principales de diseño:

Resist. a la Tracción

Resist. a la Tracción
+
Resist. a punzonamiento

*Todo sistema flexible para a contención superficial de taludes se compone de **BULONES + MALLA + CABLES** y dado que tiene función estructural **se debe dimensionar a servicio (ELS) y a rotura (ELU)***



1. INTRODUCCIÓN.



1. INTRODUCCIÓN.



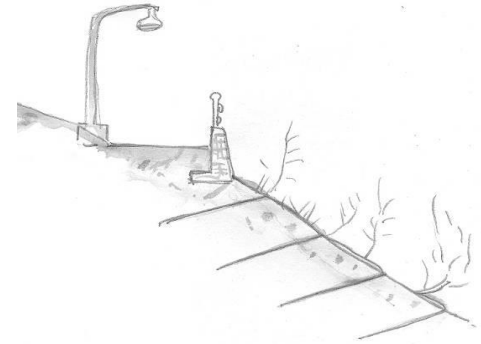
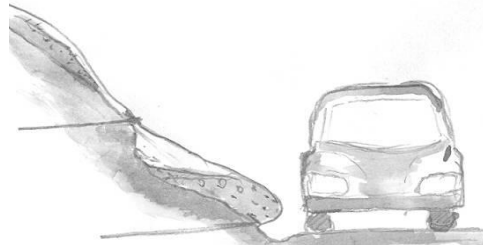
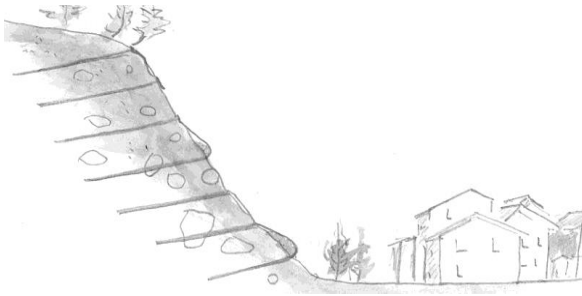
1. INTRODUCCIÓN.



1. INTRODUCCIÓN.



El proceso de diseño se basa en la fiabilidad del modelo de cálculo y en la sensibilidad y experiencia del proyectista.



El proyectista debe fijar la deformación (Factor más limitante) a la hora de diseñar el sostenimiento de membrana + bulones.

En el proceso de diseño, hay algunas cuestiones básicas que deben abordarse:

Los bulones y los cables, son elementos conocidos pero:

¿Cuáles son las características técnicas de la membrana que necesito para mi diseño?

¿Por qué debo elegir una membrana en lugar de otra?

¿Cómo comparo las prestaciones de las diferentes membranas cuando tienen grandes diferencias a nivel geométrico, de apertura de malla y en relación con el material que las constituye?

Las respuestas a estas preguntas no son fáciles, ya que implican muchos detalles.

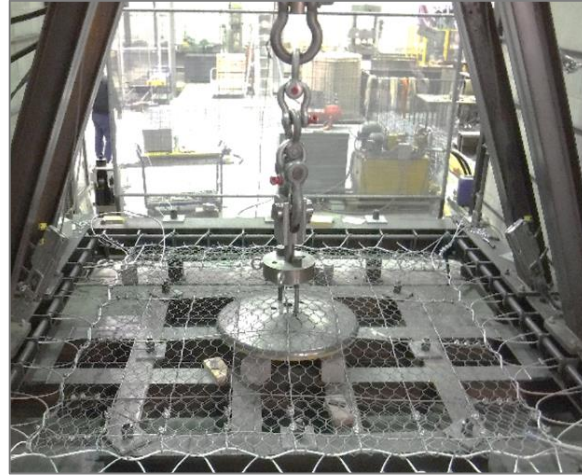
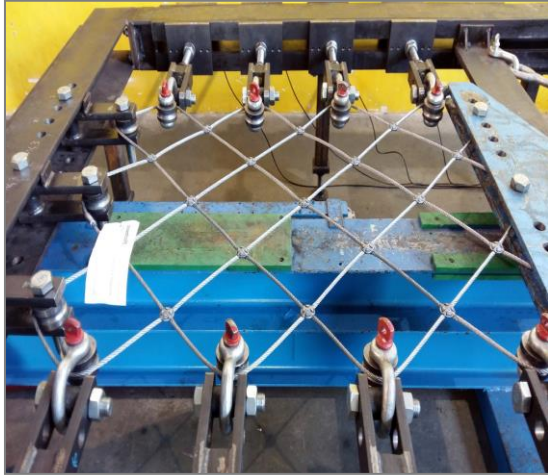
En realidad, responden a tres preguntas principales:

¿Cuánto resisten las mallas?

¿Cuánto deforman?

¿ Qué mantenimiento necesitan o cuánto duran?

2. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN. TRACCIÓN Y PUNZONAMIENTO.

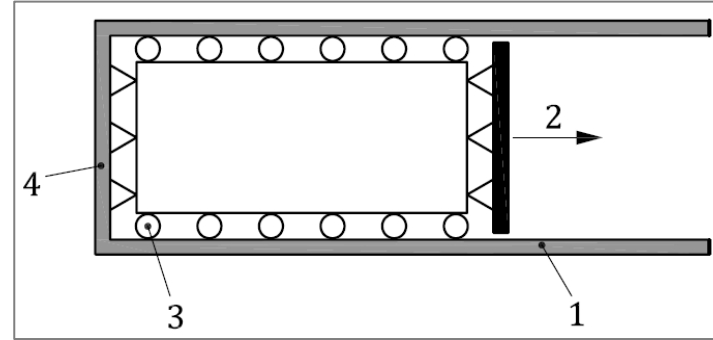
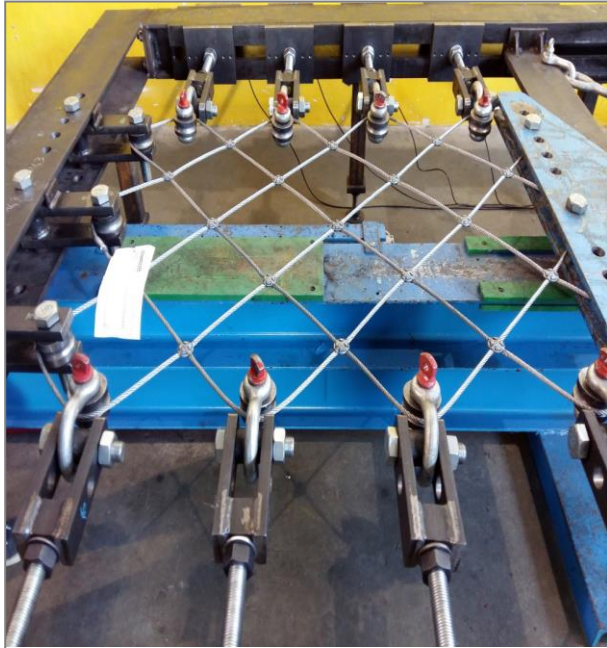


Es necesario realizar ensayos para caracterizar las membranas.



ISO 17746 Redes de cable (2016)
ISO 17745 Redes de anillos (2016)
UNE 10223-3 Mallas DT (2014)

ENSAYO DE TRACCIÓN.



- 1) Marco fijo; 2) Viga móvil;
3) Unión lateral; 4) Extremo fijo

- ***Anchura muestra > 1.000 mm, superficie 1.0 m²***
- ***Viga móvil, resto extremos fijos***
- ***Restricción lateral***

2. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN. TRACCIÓN Y PUNZONAMIENTO.


Resistencia a tracción de los paneles HEA de Maccaferri conforme a la norma ISO 17746

Resistencia a la tracción nominal para paneles HEA (ISO 17746)		
Malla nominal (mm)	Diámetro del cable (mm)	Resistencia a la tracción mínima (kN/m)
250 x 250	8	170 ± 17 kN/m
300 x 300	8	160 ± 17 kN/m
400 x 400	8	125 ± 10 kN/m
250 x 250	10	350 ± 35 kN/m
300 x 300	10	255 ± 15 kN/m
400 x 400	10	185 ± 15 kN/m

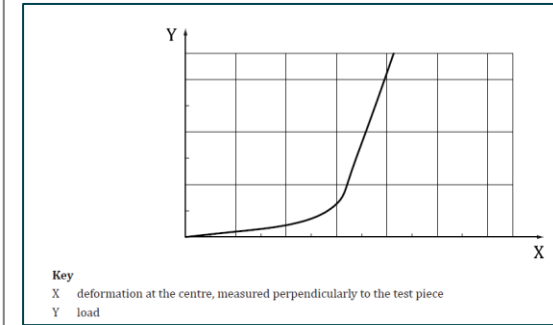
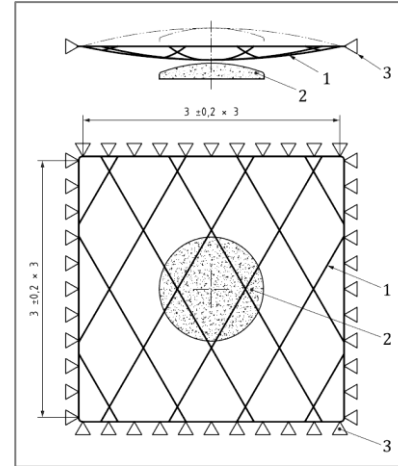


Resistencia a tracción de los paneles LEA de Maccaferri conforme a la norma ISO 17746

Resistencia a la tracción nominal para paneles LEA (ISO 17746)		
Malla nominal (mm)	Diámetro del cable (mm)	Resistencia a la tracción mínima (kN/m)
200 x 200	8	168 ± 9 kN/m
250 x 250	8	146 ± 8 kN/m
300 x 300	8	130 ± 6 kN/m




ENSAYO DE PUNZONAMIENTO.



- **Marco cuadrado de 3x3 m**
- **Dispositivo de presión Ø 1.0 m**
- **Restricción en todos los bordes**
- **Muestra de gran tamaño. Representativo.**

Resistencia al punzonamiento y desplazamiento en la red de cable HEA según ISO 17746

Resistencia al punzonamiento para los paneles HEA (ISO 17746)				
Malla nominal (mm)	Diámetro del cable (mm)	Carga de punzonamiento mínima (kN)	Desplazamiento de punzonamiento (mm)	
250 x 250	8	260 ± 15	240	
300 x 300	8	250 ± 15	280	
400 x 400	8	200 ± 15	260	
250 x 250	10	410 ± 25	300	
300 x 300	10	400 ± 25	310	
400 x 400	10	300 ± 20	310	

3. VIDA ÚTIL ESPERADA. DURABILIDAD.

*Además de las características mecánicas el proyectista debe evaluar el tipo de ambiente en que se va a trabajar para determinar la elección de la malla adecuada. En 2014, la EN 10223-3 introdujo un concepto innovador: la **vida útil esperada**.*



3. VIDA ÚTIL ESPERADA. DURABILIDAD.

ENSAYO NIEBLA SALINA

ZnB

Galvanizado	Duración mínima (horas)
ZnB	200
ZnA	500
Zn95 Al5 clase B	500
Zn95 Al5 clase A	1000
Zn90 Al10 clase A	1000
Zn90 Al10 clase A	2000



0 h



500 h



750 h

ZnA



0 h




1000 h



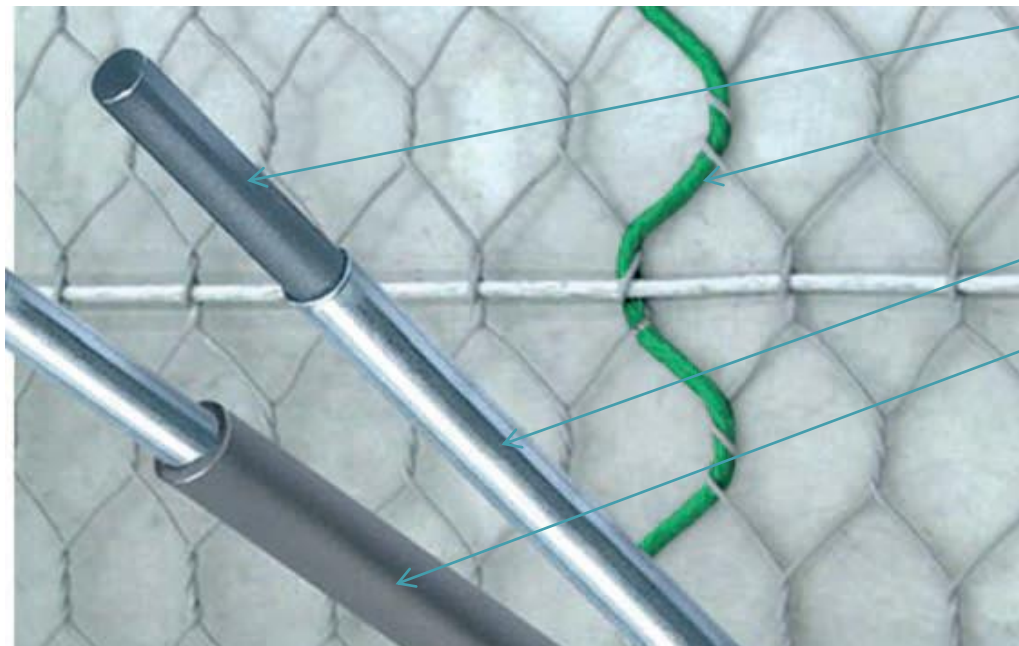
1250 h

3. VIDA ÚTIL ESPERADA. DURABILIDAD.

Nivel medioambiental del lugar ^a (según la tabla 1 de la Norma EN ISO 9223:2012)	Material del revestimiento plástico	Revestimiento	Clase ^b (EN 10244-2)	Vida útil estimada del producto (año)	Atmosfera				
<p>Agresividad baja: (C2) Condiciones secas</p> <p>Zona templada, entorno atmosférico poco contaminado, por ejemplo, zonas rurales, pueblos pequeños (a más de 100 m por encima del nivel del mar). Zona seca o fría, entorno atmosférico con poco tiempo de humedad, por ejemplo, desiertos, zonas subtropicales</p>	-	Cinc	A	25	<p>Agresividad muy alta: (C5) Condiciones húmedas</p> <p>Zona templada y subtropical, entorno atmosférico altamente contaminado y/o importantes efectos de cloruros, por ejemplo, zonas industriales, zonas costeras, emplazamientos abrigados en el litoral.</p> <p>Zona subtropical y tropical (mucho tiempo de humedad), entorno atmosférico altamente contaminado con SO₂ (más de 250 µg/m³) incluyendo los efectos asociados y la producción de efectos muy importantes de los cloruros, por ejemplo, zonas extremadamente industriales, zonas costeras y marinas en contacto ocasional con niebla salina</p>	Cloruro de polivinilo (PVC)	Aleación Zn95%/Al5%	A	120
	-	Aleación Zn95%/Al15%	A	> 50		Poliamida (PA6)	E		
	-	Aleación Zn90%/Al10%	A	> 120		Cloruro de polivinilo (PVC)	A		
	-	Aleación Zn90%/Al10%	A	> 120		Poliamida (PA6)	E		
	-	Cinc	A	10		Cloruro de polivinilo (PVC)	A		
	-	Aleación Zn95%/Al15%	A	25		Poliéster (P) Poliamida (PA6)	E		
<p>Agresividad media: (C3) Condiciones secas</p> <p>Zona templada, entorno atmosférico medianamente contaminado o con algunos efectos de cloruros, por ejemplo, zonas urbanas, zonas costeras con bajo sedimento de cloruros, por ejemplo, zonas subtropicales y tropicales, atmósfera con baja contaminación</p>	-	Cinc	A	10	<p>Agresividad extrema: (CX)</p> <p>Zona subtropical y tropical (mucho tiempo de humedad), entorno atmosférico altamente contaminado con SO₂ (más de 250 µg/m³) incluyendo los efectos asociados y la producción de efectos muy importantes de los cloruros, por ejemplo, zonas extremadamente industriales, zonas costeras y marinas en contacto ocasional con niebla salina</p>	Cloruro de polivinilo (PVC)	Aleación Zn90%/Al10%	A	
	-	Aleación Zn95%/Al15%	A	25		Cloruro de polivinilo (PVC)	A		
	-	Aleación Zn90%/Al10%	A	> 50		Poliéster (P) Poliamida (PA6)	E		
	Cloruro de polivinilo (PVC)	Aleación Zn95%/Al15%	A	> 120					
	Poliamida (PA6)	Aleación Zn90%/Al10%	A	> 120					
	Poliéster (P) Poliamida (PA6)	Aleación Zn90%/Al10%	E	> 120					

3. VIDA ÚTIL ESPERADA. DURABILIDAD.

POLIMAC®


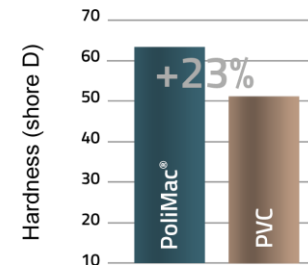
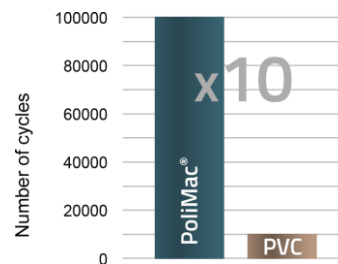
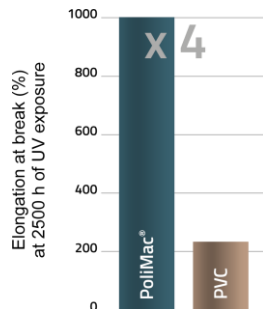


Acero


Distintivo Bianchini

<i>Tipo de Protección</i>	<i>Tipo de protección</i>	<i>Durabilidad en ambiente C3</i>
<i>Galvanizado</i>	<i>Galmac 4R clase A (90% Zn-10% Al)</i>	<i>50 años</i>
<i>Recubrimiento polimérico</i>	<i>PoliMac</i>	<i>120 años</i>

3. VIDA ÚTIL ESPERADA. DURABILIDAD.



RESISTENCIA A RADIACIÓN
ULTRAVIOLETA
ISO 4892-3; ISO 527-1



10x RESISTENCIA ABRASIÓN
EN 60229 "Cables eléctricos"



MAYOR DUREZA
ASTM D 2240

4. TIPOLOGÍAS DE MEMBRANAS Y APLICACIONES.



MALLA DT



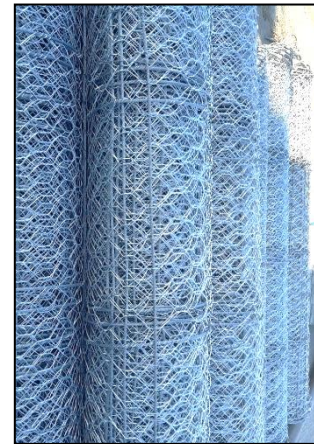
MACMAT R



STEELGRID HR



STEELGRID HS



MACARMOUR



LEA / HEA

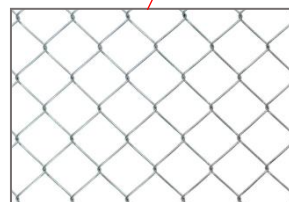
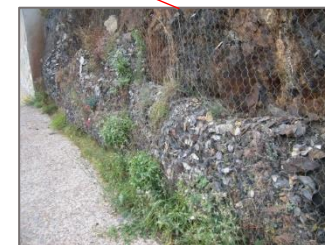
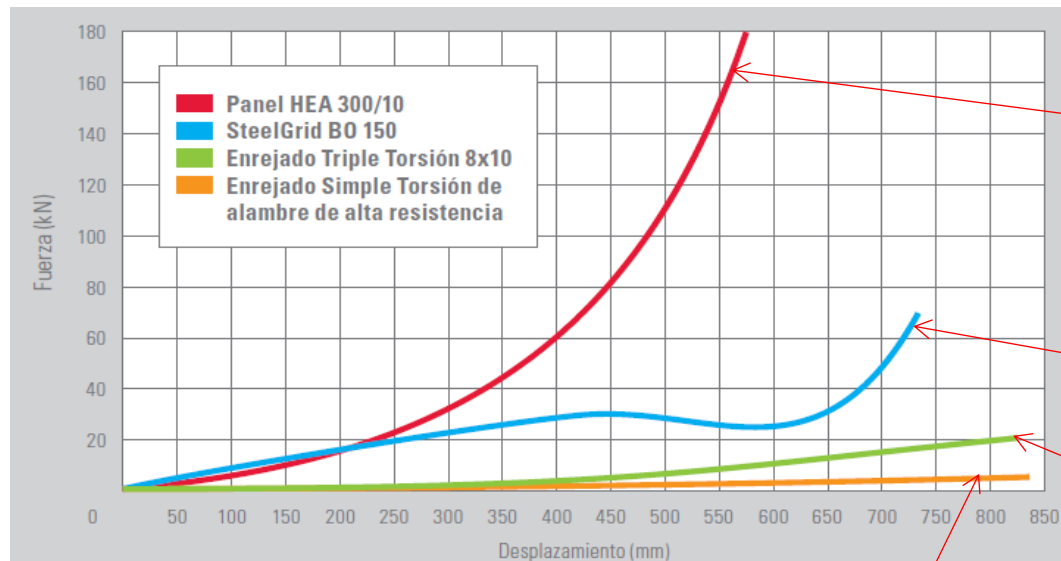
4. TIPOLOGÍAS DE MEMBRANAS Y APLICACIONES.

MACARMOUR

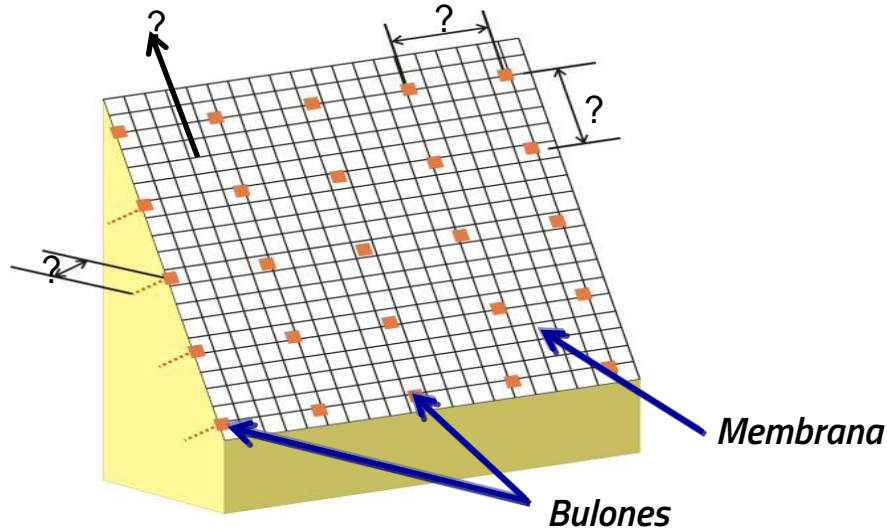


4. TIPOLOGÍAS DE MEMBRANAS Y APLICACIONES.

Comparativa:



- Ensayo CARGA-DEFORMACIÓN A ESCALA REAL
- LOCALIZACIÓN: PONT BOSET- AOSTA, ITALIA



Objetivos:

- *Mejorar la estabilidad superficial.*
- *Prevenir la caída de bloques*
- *Reducir el coste de mantenimiento.*
- *Mantener en el lugar los bloques o el material inestable.*

Cuestiones principales:

- *¿Cuál es el procedimiento de cálculo para los anclajes?*
- *... y para el revestimiento?*

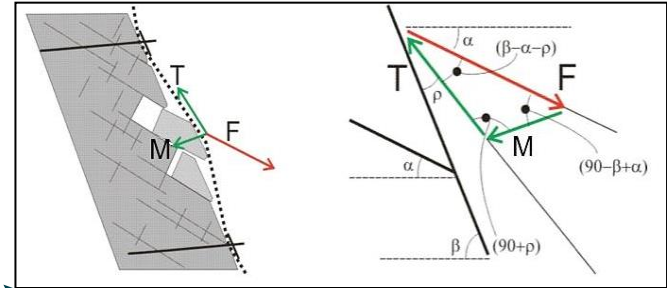
5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS.

www.edesign.maccaferri.com

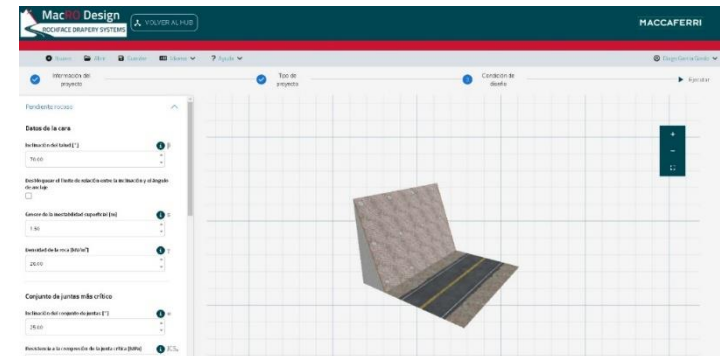


Talud en Roca

Conceptualización



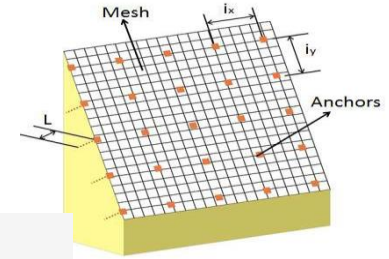
Software ONLINE



5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS.

El diseño de estos sistemas podría ser de gran dificultad.

Maccaferri dispone de 2 herramientas que facilitan esta labor:



Proyectos recientes [7] Añadir nuevo proyecto +

Nombre	Última actualización	Tipo	
Illa Matesa	miércoles, 16 de octubre de 2024, 16:01	Macro1	
UTE Cercedilla-Cotos_D3	viernes, 11 de octubre de 2024, 16:51	Macro1	
UTE Cercedilla-Cotos_D12	viernes, 11 de octubre de 2024, 16:41	Macro1	
UTE Cercedilla-Cotos_D6	viernes, 11 de octubre de 2024, 16:31	Macro1	
UTE Cercedilla-Cotos_D5_D13	viernes, 11 de octubre de 2024, 16:16	Macro1	
UTE Cercedilla-Cotos_D4	viernes, 11 de octubre de 2024, 15:53	Macro1	
Centelles (Barcelona)	viernes, 4 de octubre de 2024, 12:17	Macro1	

Nuevo Proyecto

Detalle del proyecto

Nombre del proyecto *

N° del proyecto

Propietario *

Ubicación

Latitud

Longitud

Detalles del diseñador

Firma del diseñador *

Estado de la empresa diseñadora *

Ciudad de la empresa diseñadora *

Notas

Siguiente

MacRO Design para el dimensionado de sistemas en roca calcula y comprueba la longitud mínima del bulón y su patrón, con el fin de mejorar la condición de equilibrio de la parte superficial del talud y verifica la membrana más adecuada.

5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS.



The screenshot displays the MacRO Design software interface for Rockface Drapery Systems. The top navigation bar includes the Maccaferri logo and a 'VOLVER AL HUB' button. The main workspace is divided into a left sidebar for project information and a central area for analysis results. The analysis results are presented in a table with two main sections: 'Análisis del deslizamiento de la zona superficial' and 'Análisis de la malla'. The table shows FOS_R and Tasa de trabajo del ancla values for both sections. A red box highlights the 'No Satisfactorio iterando hasta ser satisfactorio' status for the surface sliding analysis, while green boxes highlight 'Satisfactorio ajustando FS' and 'Satisfactorio' for the mesh analysis. A grid and a partial view of a rockfall protection system are visible at the bottom.



Análisis del deslizamiento de la zona superficial		Análisis de la malla	
FOS _R	Tasa de trabajo del ancla	FOS _R	Tasa de trabajo
<u>1.05</u> ✓	87.16% ✓	<u>1.44</u> ✓	69.31% ✓

5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS.



Mac S-Design para el dimensionado de sistemas en suelo verifica la membrana más adecuada.



Developed in collaboration with   Back to the Hub

MACCAFERRI Mac S-design

Home Projects

Home / Projects / test / Calculations / test

Input pre-Analysis Design Anchors Analysis Results

Next Save Data Sheet

System Design Factor of Safety

Description	Symbol	Value	Unit
Factor of Safety*	FS_{sys}	<input type="text"/>	-

Mesh Type

Type of mesh Steelgrid HR 30

Nail pattern Squared

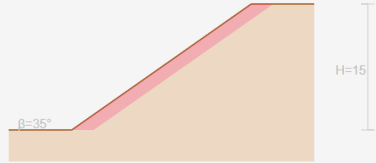
Mesh Mechanical Properties

Description	Symbol	Value	Unit
Longitudinal Tensile strength	T_{long}	<input type="text"/>	kN/m
Transversal Tensile strength	T_{trans}	<input type="text"/>	kN/m
Punch strength	P	<input type="text"/>	kN

Anchor Bar Geometrical Parameters

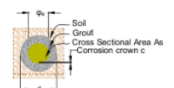
Description	Symbol	Value	Unit
Anchors spacing*	L	<input type="text"/>	m
External Bar Diameter*	ϕ_e	<input type="text"/>	mm
Internal Bar Diameter*	ϕ_i	<input type="text"/>	mm
Bar Radius - Thickness*	t	<input type="text"/>	mm
Drilling hole diameter*	d	<input type="text"/>	mm
Corrosion Crown*	c	<input type="text"/>	mm
Cross Sectional Area*	A_s	<input type="text"/>	mm ²

Next Save

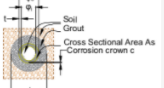


Anchor Bar Details

Case 1: Transversal Cross Section of All-Thread Bar anchored to the ground ($\phi \geq 0$)



Case 2: Transversal Cross Section of Self-Drilling Hollow Bar anchored to the ground ($\phi \geq 0$)



- *El proyectista **requiere** del conocimiento completo de las propiedades de las membranas para poder diseñar los sistemas.*
- *Dado que existen gran variedad de tipos de mallas/membranas, los ensayos deben centrarse en la resistencia a la tracción y la resistencia al punzonamiento. **Las normas ISO 17745:2016 e ISO 17746:2016 son la solución a esta problemática.***
- ***En muy importante llevar a cabo los ensayos de acuerdo con una norma común con el fin de obtener resultados fiables y comparables.***
- *Estas dos normas también establecen **la vida útil del producto, es decir, su durabilidad, en función del tipo de ambiente y del recubrimiento.** La vida útil de la malla debe tenerse en cuenta durante la fase de diseño, junto con las otras características mecánicas, para que coincida con la vida útil de diseño esperada para la intervención.*

- *Las especificaciones de los proyectos deberían de contener las prestaciones mínimas requeridas para el diseño, pero no siempre es así.*
- *Maccaferri ha ensayado sus membranas según las normas internacionales vigentes con el fin de obtener sus prestaciones características e implementarlos en los softwares de diseño. **Valores que se garantizan mediante el mercado CE.** Mercado que **debería ser solicitado** en los pliegos de los proyectos también para estos productos.*

5. CONCLUSIONES.





Declaration of Performance

No.: LEA PANEL ZNA 200 08mm-002DOP-1448-20220422

Essential characteristics	Performance	Harmonised Technical Specifications
Wire rope diameter	8 mm	EAD 230005-00-0106
Minimum rope grade - EN 12385-1	1770	EAD 230005-00-0106
Minimum rope breaking force	40.7 kN	EAD 230005-00-0106
Wire rope coating	Zinc class A	EAD 230005-00-0106
Nominal mesh dimension	200 mm x 200 mm	EAD 230005-00-0106
Mesh tensile strength - ISO 17746	168 (\pm 8) kN/m	EAD 230005-00-0106
Load bearing capacities (punching load) - ISO 17746	350 (\pm 15) kN	EAD 230005-00-0106
Deflection at maximum load - ISO 17746	390 (\pm 13) mm	EAD 230005-00-0106
Clip - Tear breaking - ISO 17746	8.8 (\pm 0.5) kN	EAD 230005-00-0106
Clip- Slipping force - ISO 17746	5.25 (\pm 0.5) kN	EAD 230005-00-0106
Clip coating	Zn Al Mg alloy – 310 g/m ²	EAD 230005-00-0106
Neutral salt spray corrosion resistance with percentage of red rust less than 5% of mesh samples surface	500 (1000) hours	EAD 230005-00-0106

Muchas gracias por su atención

Jordi Coll Pigem
Director Comercial
Tel. 696 409 693
E-mail: j.coll@maccaferri.com