



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos.*  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



# **ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA APLICACIÓN DE SISTEMAS FLEXIBLES PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS.**

Trabajo realizado por:

***Alberto Garmendia Gutiérrez***

Dirigido:

***Elena Blanco Fernández***

Titulación:

**Grado en Ingeniería Civil**

Santander, Junio de 2017

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

## ÍNDICE

<b>1. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE PROTECCIÓN DE TALUDES MEDIANTE SISTEMAS FLEXIBLES</b> .....	3
<b>1.1 MEMBRANAS FLEXIBLES</b> .....	3
1.1.1 REDES DE CABLE .....	3
1.1.2 MALLAS DE ALAMBRE .....	4
1.1.2.1 Mallas de alambre de baja resistencia .....	4
<b>1.2 PANTALLAS DINÁMICAS</b> .....	4
<b>1.3 PANTALLAS ANTIDERRUBIO</b> .....	5
<b>2 MÉTODOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS FLEXIBLES</b> .....	7
2.1 Sistema Tecco.....	7
2.2 Modelo de talud infinito para suelos .....	9
2.3 Modelo de talud en varias cuñas .....	9
2.4 Modelo talud infinito (Maccaferri).....	11
2.5 Diseño mediante métodos numéricos .....	11
2.6 MÉTODO DE DISEÑO DE PANTALLAS DINÁMICAS .....	12
2.6.1 Programa RocFall.....	12
2.7 MÉTODO DE DISEÑO DE PANTALLAS ANTIDERRUBIO .....	13
<b>3 ESTUDIO PARTICULAR DEL PUERTO DE LAS HOCES DE BARCENA (N-611)</b> .....	14
<b>3.1 ANTECEDENTES</b> .....	14
<b>3.2 SITUACIÓN GEOLOGICA</b> .....	15
<b>3.3 TRAMOS DE ESTUDIO</b> .....	16
3.3.1 TRAMO 1 .....	16
3.3.2 TRAMO 2 .....	17
3.3.3 TRAMO 3 .....	18
3.3.4 TRAMO 4 .....	19
3.3.5 TRAMO 5 .....	21
3.3.6 TRAMO 6 .....	23
3.3.7 TRAMO 7 .....	25
3.3.8 TRAMO 8 .....	26
3.3.9 TRAMO 9 .....	27
<b>3.4 PLANOS</b> .....	29
<b>3.5 PRESUPUESTO</b> .....	31
<b>4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35



## 1. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE PROTECCIÓN DE TALUDES MEDIANTE SISTEMAS FLEXIBLES

Los sistemas flexibles son un método de protección de taludes en los que existe una problemática evidente tanto de desprendimientos como caída de rocas o piedras. Sus funciones pueden ser variadas y no siempre implican el evitar dicho desprendimiento puesto a que a veces su objetivo es hacer de barrera ante estas o simplemente el guiado en la caída de la roca evitando que llegase eventualmente a la calzada. Existen diversos tipos de métodos flexibles los cuales generalmente suelen estar formados por redes de cable o malla de alta o baja resistencia fijados mediante anclajes.

A continuación se procede a un resumen de los principales métodos, así como de su diseño.

### 1.1 MEMBRANAS FLEXIBLES

#### 1.1.1 REDES DE CABLE

Están constituidas por paños formados por cables de acero galvanizado que se entrecruzan entre si en forma cuadrada o rectangular y se unen en sus cruces mediante bulones. La red se fija al talud mediante cables de refuerzo y cables perimetrales y se usan anclajes de cable para a su vez, arriostrar estos mismos al talud. Los cables de los paños centrales han sido pretensados antes de su colocación y para sujetarlo se usa una placa de anclaje que es constituida por una tuerca que es roscada en el bulón. Este método se considera un método activo, es decir que se supone que la red ejerce una presión vertical a la pared haciendo un empuje que evite el deslizamiento del talud. Sin embargo, se ha demostrado que esta afirmación no es del todo correcta [\(1\)](#).



*Foto de un sistema de redes de cable tomada en el tramo de las hoces de Bárcena en la N-611 (Cantabria).*

### 1.1.2 MALLAS DE ALAMBRE

En este caso la red está constituida por una malla formada por alambres la cual se presenta en una disposición parecida a la de las redes de cable con las diferencias de que en este caso los alambres no están pretensados. Además estos se entrecruzan entre sí en forma cuadrada o de rombo y vienen suministradas en formada de rollos que se unen entre sí mediante clips o cables de cosido. También se pueden usar cables perimetrales de manera opcional para fijar dichas mallas al perímetro.



*Foto de una malla de alambre con anclajes.*

#### 1.1.2.1 Mallas de alambre de baja resistencia

Podemos encontrar también mallas de baja resistencia, las cuales son empleadas rellenando huecos de las redes de cable haciendo la función de complemento o colocadas sobre el talud con la función de conducir las rocas a la cuneta o de sujeción de estas una vez han sido ya deslizadas.

## 1.2 PANTALLAS DINÁMICAS

Están formadas por postes anclados al terreno que constituyen redes de captaciones formadas por cables de simple torsión a través de mallas de cierre y fijadas al terreno a través de cables soporte.

Las pantallas dinámicas son sistemas flexibles diseñados para retener caídas de rocas. Se basan en la combinación de resistencia a deformaciones plásticas a partir de sus elementos disipadores de energía y a través de su propia estructura y en resistencia a deformaciones elásticas las cuales transforman en energía cinética esta deformación de sus componentes.

Parte importante de esta absorción de deformación se consigue mediante unos elementos llamados disipadores de energía que se sitúan en los cables del monte del lado del monte de la pantalla dinámica. Dichos pueden ser a su vez ser de varios tipos según su forma de disipar la energía (fricción, corte, deformación o fractura).



*Foto de una pantalla dinámica articulada tomada en el tramo de las Hoces de Bárcena en la N-611 (Cantabria).*

Podemos encontrar pantallas estáticas empotradas en la base (generalmente a un muro de hormigón), las cuales tienen una resistencia a impactos mucho menor debido a los momentos que se generarían y pantallas articuladas en las cuales tienen una base articulada que permite su colocación en cualquier pendiente de talud y en la cual si se disponen elementos disipadores de energía puede llegar a resistir impactos (5).

### 1.3 PANTALLAS ANTIDERRUBIO

Formadas por redes de cable y/o mallas de acero con una forma anular empleado generalmente acero de alta resistencia. La barrera absorbe cargas tanto dinámicas como estáticas lo que permite a la red mantener su efecto protector incluso cuando está llena de detritos. En este caso la función es la de dejar pasar materiales líquidos (principalmente agua) y evitar el paso de materiales sólidos que puedan fluir junto con el líquido (derrubios de rocas o flujo de lodos).

Pueden llegar a medir hasta 25 metros de ancho en casos excepcionales y suelen tener entre 2 y 6 metros de altura. Las mallas están atadas a los lados mediante anclajes y en estas barreras también vamos a encontrar disipadores de energía como podemos observar en la siguiente figura:



*Fotografía de una pantalla antiderrubio en el Parque Shenandoah, Virginia, EEUU. [\(7\)](#).*

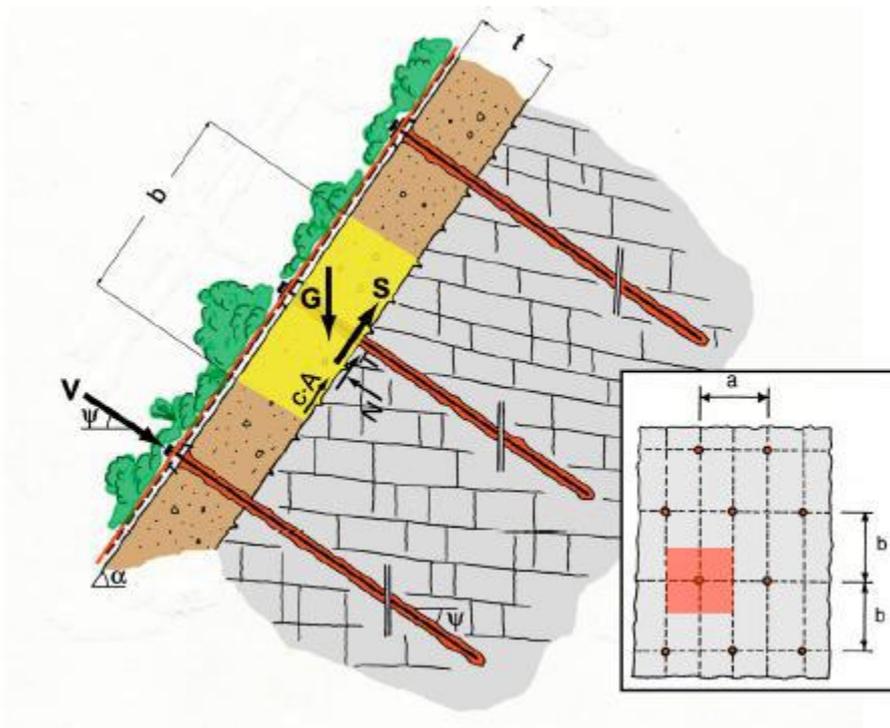
## 2 MÉTODOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS FLEXIBLES

### 2.1 Sistema Tecco

Este método ha sido desarrollado por el mayor fabricante a nivel mundial de este tipo de revestimientos (Geobrugg).

El sistema flexible TECCO® para estabilización de taludes es fabricado a base de alambres de acero de alta resistencia a la tracción en combinación con anclajes en suelos y en rocas. Este sistema resulta adecuado para estabilizar taludes de suelos, sedimentos y rocas. La razón principal es que después de limpiar, nivelar y perfilar la superficie, la malla de alambre de acero TECCO®, se puede pretensar sobre el mismo talud con una fuerza definida mediante la instalación de anclajes para suelo o para roca junto con placas de fijación. Los anclajes principales sujetan firmemente la malla de alambre de acero. Sólo se necesitarán anclajes adicionales cortos donde la malla deba ser adosada tanto como sea posible sobre superficies irregulares o cerca de los extremos

El sistema se basa principalmente en el criterio de rotura de Mohr Coulomb:



*Esquema con todas las fuerzas actuantes en un talud revestido.*

Todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo deslizante se muestran en la Figura. En este esquema no se considera la presión hidrostática, debido a la lluvia o al suelo saturado, ni presiones de flujo que actúen sobre el cuerpo deslizante. La fuerza  $G$  representa el peso muerto



del cuerpo cúbico. El término  $c \cdot A$  describe la influencia que tiene la cohesión del suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento que se está investigando con un ángulo de inclinación  $\alpha$  con respecto a la horizontal. La fuerza  $V$  es una fuerza de pretensión estabilizadora en la dirección del perno de anclaje, que sirve para pretensar la malla de acero contra la cabeza del perno. Al apretar la tuerca la placa de fijación y, por lo tanto, la malla se oprimen fuertemente contra el terreno provocando que la malla se tense presionando el suelo y traspasando fuerzas hacia el interior del suelo. La inclinación de la fuerza  $V$  con respecto al plano horizontal tiene un ángulo  $\psi$ . La fuerza  $S$  representa una fuerza de corte que va ser absorbida por el perno de anclaje y transferida a la capa estable de suelo. Las fuerzas de reacción  $N$  y  $T$  están aplicadas sobre la capa de suelo y actúa en dirección normal y tangencial con respecto al cuerpo deslizante.

Al resolver las consideraciones de equilibrio referente al cuerpo cúbico de la figura y teniendo en cuenta el criterio de falla de Coulomb se obtiene la siguiente ecuación que es formulada para la obtención de la fuerza de corte  $S$  en función de parámetros geométricos y geotécnicos, así como, la fuerza de pretensión  $V$  y del coeficiente de reducción de la resistencia al corte  $\gamma$  que serán empleados una vez obtenidos para el dimensionamiento de la red:

$$S(KN) = \frac{1}{\gamma_{mod}} [\gamma_{mod} G \sin \alpha - V \gamma_{mod} \cos(\alpha + \varphi) - cA - [G \cos \alpha + V \sin(\alpha + \varphi)] \tan \phi]$$

El coeficiente de reducción de la resistencia al corte  $\gamma_{mod}$  es un concepto que se obtiene mediante variaciones estadísticas. (8).

El sistema TECCO® para estabilización de taludes está constituido por cuatro componentes principales, los que están dimensionados para trabajar en conjunto:

- Malla de alambre de acero de alta resistencia.
- Pernos de anclaje.
- Placas de fijación del sistema TECCO.
- Clips de conexión TECCO.

Este sistema ha sido probado mediante numerosos ensayos en laboratorio y con colaboración de universidades:

- Ensayos de tracción directa.
- Ensayos de conexiones de los paneles de mallas.
- Ensayos de sistema de placa.
- Ensayos de punzonamiento en placa.
- Sistemas de conexión de clips.



## 2.2 Modelo de talud infinito para suelos

Este modelo fue propuesto por Almudena Da Costa García y César Sagaseta en la universidad de Cantabria y consiste en determinar la presión necesaria a ejercer sobre el talud por medio de una membrana activa.

Se asume que el talud tiene una altura infinita de manera que las fuerzas que actúan por encima y por debajo del cuerpo deslizante son iguales. A la acción de la membrana y los pernos de anclaje añadimos la fuerza normal  $p$  y la fuerza de corte  $t$  puede ser expresada a su vez como  $t=p \tan \delta$ .

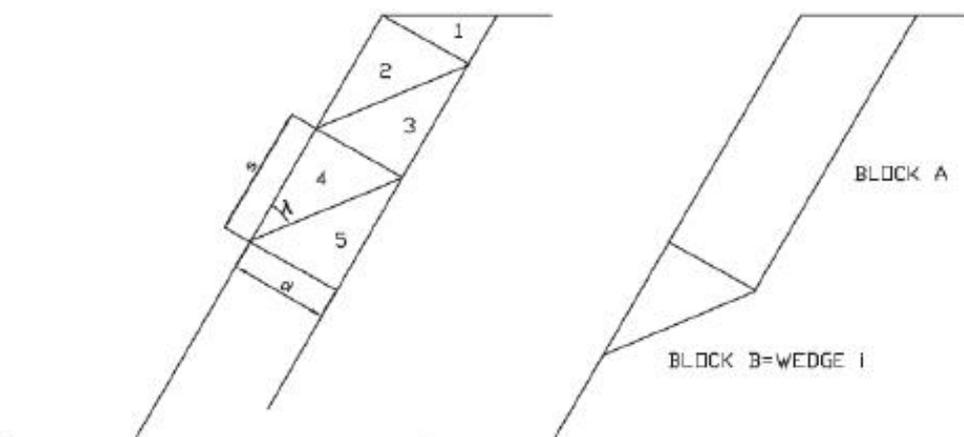
El valor de  $p$  se obtiene resolviendo la ecuación de equilibrio de fuerzas en dos direcciones en una porción del talud, tal como muestra la figura:

$$p = \frac{\gamma h(\sin \beta - \cos \beta \frac{\tan \phi}{FoS}) + \gamma w \frac{h \cos \lambda}{(\cos \beta - \lambda)} \frac{tg \phi}{FoS} - \frac{c}{FoS}}{\frac{\tan \phi}{FoS} + \tan \delta}$$

Una vez obtenidos los valores de las fuerzas  $p$  y  $t$ , estos podrán ser usados para diseñar los tipos de pernos de anclaje y malla que requiere el sistema para estabilizar el talud (2).

## 2.3 Modelo de talud en varias cuñas

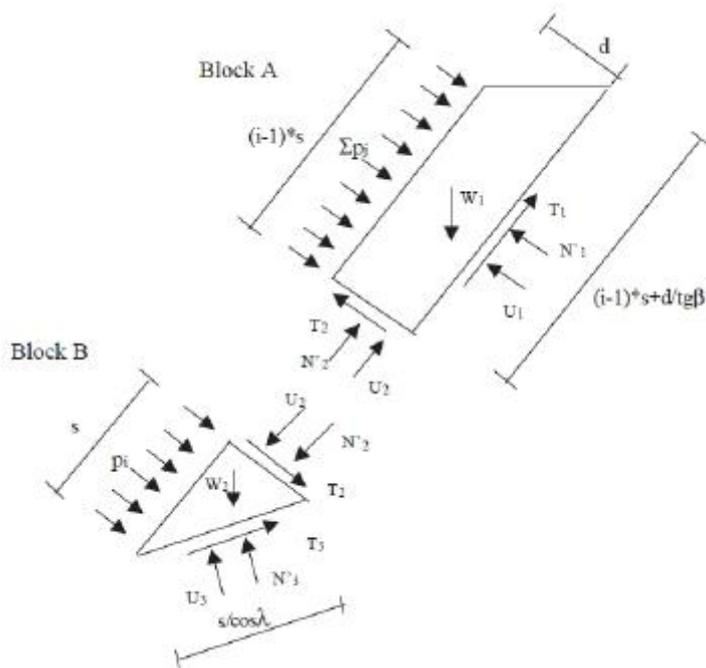
Se trata de un mecanismo de falla del suelo del talud, propuesto por Almudena da Costa. Se basa en el concepto de una falla plana paralela a la pendiente del talud. Sin embargo, se aplica la descomposición en cuñas inestables para que el efecto de la altura del talud sea tomado en consideración.



Talud en cuñas (3).

En este modelo, así como en el caso del talud infinito, la hipótesis central es que la malla es capaz de ejercer una presión  $p$  en el suelo que evita el deslizamiento.

El método de solución consiste en establecer el equilibrio de fuerzas de la cresta hasta la el pie de la pendiente, entre un bloque superior y la cuña inferior.



Esquema de las fuerzas que actúan en cada cuña(4).

En el primer paso del cálculo, el bloque A está formado solo por la cuña 1 y el bloque B por la cuña 2.  $i+1$  cuñas. Para el cálculo iterativo  $i$  veces, el bloque A esta formado por 1, 2,...,  $i$  cuñas y el bloque B por cuña  $i+1$ . Se establecen 4 ecuaciones, 2 ecuaciones por bloque, teniendo en cuenta el equilibrio de fuerzas en dos direcciones normales (deslizamiento de la superficie y su perpendicular) y deben ser resueltas 4 incógnitas:  $n_1, n_2, n_3$  y  $n_4$ .



## 2.4 Modelo talud infinito (Maccaferri)

Este modelo fue propuesto por un fabricante para diseñar redes de cable anclados al suelo, los que en su folleto técnico son considerados como sistemas flexibles parcialmente activos (los anclajes se consideran activos porque se tesan y las membranas se consideran pasivas porque no se les aplica ninguna pretracción inicial). La información de este documento proviene de un software de libre distribución de la compañía para facilitar el diseño de las soluciones específicas de los sistemas flexibles de membrana en combinación con pernos de anclaje. Su campo de aplicación se centra en las inestabilidades en taludes rocosos, en el momento en que se produce la falla (análisis equilibrio límite). La hipótesis principal del fabricante es que hay una capa paralela al talud con un grosor específico.

En el software del fabricante se utilizan dos mecanismos de falla; en el primero, el talud es considerado como infinito con una capa inestable de espesor  $s$ , y en el segundo se considera que cuñas locales pueden deslizarse a través de un ángulo específico de discontinuidad de la roca  $\alpha$ . El mecanismo de talud infinito se emplea para dimensionar los bulones y el mecanismo de fallas locales en forma de cuña lo emplean para dimensionar las membranas.

## 2.5 Diseño mediante métodos numéricos

Una vez conocidas las dimensiones del círculo o cuña pésimos se realiza una simulación numérica de la interacción de la membrana con la masa inestable del talud desde el momento en el que se produce el deslizamiento (rotura) hasta que se estabiliza dicho deslizamiento al ser detenido por la membrana.

En los ensayos de simulación numérica se representa a la red y malla como una membrana elástica (que no soporta momentos flectores). Se va tanteando en la simulación con el parámetro  $E$  de la membrana hasta conseguir igualar las curvas carga-flecha del ensayo real y de la simulación. De esta manera se corrobora la hipótesis de comportamiento lineal de la red de cables y malla de alambre consideradas como una membrana elástica.



## 2.6 MÉTODO DE DISEÑO DE PANTALLAS DINÁMICAS

Para el diseño de las pantallas habrá que tener en cuenta múltiples factores que dependerán principalmente de la geometría del talud y de la roca, así como del material del que estén constituidos. En función de una posible caída de roca desde el punto más alto del talud con su inclinación máxima y teniendo en cuenta los rebotes que esta tendrá podemos calcular a partir de ciertos programas informáticos (Stone es el programa principal) cual será la altura máxima de pantalla que necesitaremos así como la energía en KJ que tendrá que absorber la pantalla.

Existen también ensayos inclinados o verticales que permiten obtener diversos parámetros. A medida que la altura de caída es menor, la velocidad real discrepa más aun de la velocidad teórica, lo que hace distanciarse más la igualdad de la energía cinética de la potencial.

Hasta cierto rango de energía las pantallas en general se deforman en forma proporcional para resistir el choque pero al pasar este umbral, algo sucede en el comportamiento de los sistemas, que induce a que los diseños incluyan elementos que eviten que la pantalla se deforme mucho, ya que esto significaría la rotura del sistema o la ineficacia del mismo.

### 2.6.1 Programa RocFall

RocFall es un programa de análisis estadístico diseñado para ayudar con la evaluación de pendientes en riesgo de caídas de rocas. Las variables de energía, velocidad y "altura de rebote" para toda la pendiente son determinados por el programa, al igual que la ubicación de los extremos de roca. Las distribuciones de energía, velocidad y altura de rebote también se calculan a lo largo del perfil de pendiente. Las distribuciones pueden ser representadas gráficamente y las estadísticas completas se calculan automáticamente.

RocFall también puede ayudar a determinar las medidas correctivas: las propiedades de material de cada segmento de pendiente se pueden cambiar permitiendo la comparación de resultados. La información sobre la energía cinética y la ubicación del impacto en una barrera puede ayudar a determinar la capacidad, el tamaño y la ubicación de las barreras. RocFall también proporciona información de barrera comercial. Los usuarios pueden definir una barrera personalizada o seleccionar una de las barreras predefinidas.

Este programa será utilizado posteriormente en este estudio para ayudar en el cálculo de una pantalla dinámica.



## 2.7 MÉTODO DE DISEÑO DE PANTALLAS ANTIDERRUBIO

Principalmente estas pantallas pueden actuar de dos maneras:

- Mitigando los desechos por deshidratación.
- Simplemente reteniendo los desechos.

Para el diseño de estas nos tendremos que hacer 3 preguntas principales:

- ¿Cuál es el flujo de escombros?
- ¿De qué forma va a tener que actuar la barrera durante el proceso de llenado?
- ¿Cuáles son los límites físicos de dicha barrera?

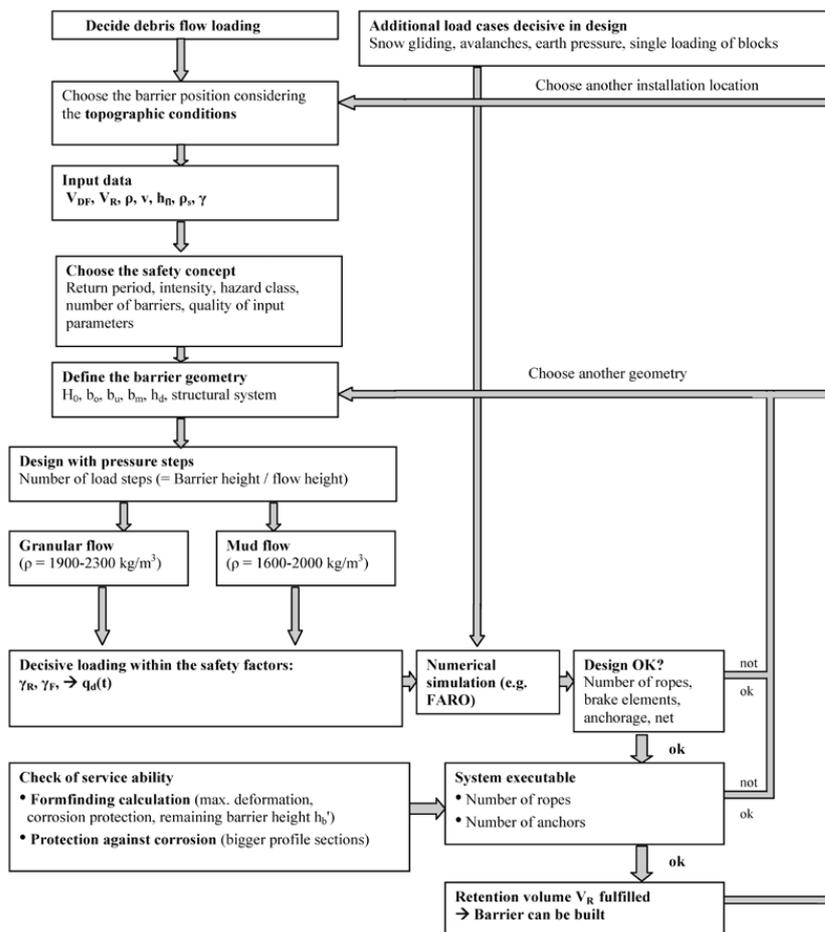


Diagrama para el procedimiento de dimensionado escalonado para barreras flexibles de flujo de detritos (6).

Después de hacernos estas preguntas tendremos que estudiar los parámetros del terreno, los factores de seguridad a utilizar y definir unas dimensiones para la barrera teniendo en cuenta la resistencia a la corrosión. Por último se hará una simulación mediante métodos numéricos.

Cuando todo esto esté correcto se definirán el número de anclajes así como la abertura de malla y la disposición de los elementos disipadores.

### 3 ESTUDIO PARTICULAR DEL PUERTO DE LAS HOCES DE BARCENA (N-611)

El puerto de las Hoces de Bárcena se sitúa en la Comunidad Autónoma de Cantabria y se localiza en la carretera N-611 entre las localidades de Bárcena de Pie de Concha y Pesquera. Hasta la finalización de la A-67 conocida como autovía Cantabria-Meseta en el año 2009, era necesario atravesar este puerto en la comunicación entre Cantabria y Palencia y por tanto también para acceder a la Meseta Central.

El puerto es conocido por sus imponentes curvas (de ahí viene su nombre) que transcurren por un estrecho valle y que permiten ascender desde unos 200 metros sobre el nivel del mar hasta cerca de 600. Antaño la carretera era bastante peligrosa debido al intenso tráfico, especialmente de camiones y sobre todo en invierno por las heladas y la nieve. No obstante desde la apertura de la citada autovía que discurre paralela a esta carretera el puerto tiene un tráfico reducido.

Se ha elegido este tramo de carretera en particular como objeto de estudio, analizando las posibles zonas potencialmente peligrosas y diseñando posibles ejemplos de sistemas flexibles de protección de taludes en estas.

#### 3.1 ANTECEDENTES

A lo largo de los años ha habido desprendimientos en el puerto, lo cual ha dado pie a accidentes y cortes de tráfico en los últimos años. A continuación se muestran algunos ejemplos:

##### **10 febrero de 2006:**

45 toneladas de rocas que cayeron inutilizaron el carril de descenso en dirección a Santander.



Foto del desprendimiento obtenida del periódico "El Diario Montañés". [\(10\)](#)

**15 febrero de 2005:**

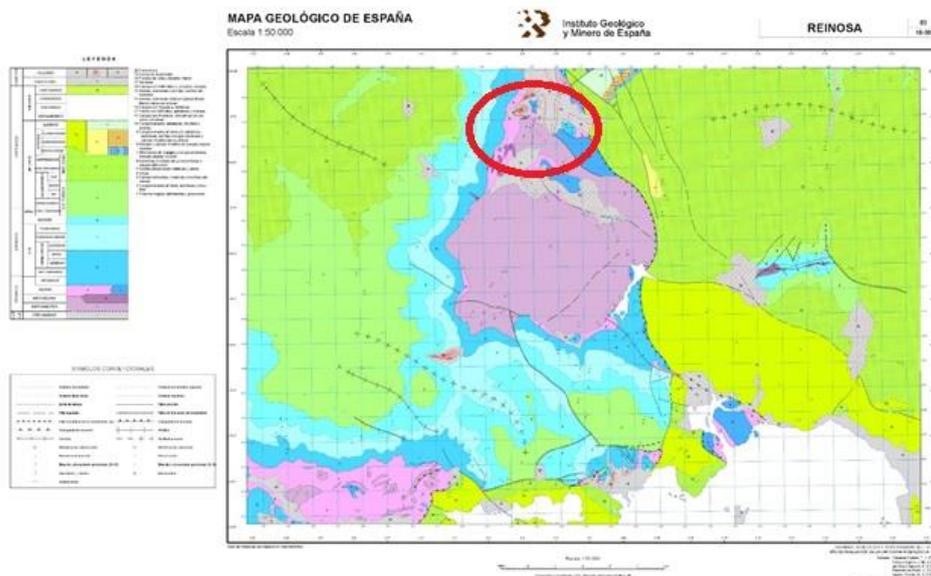
Gran desprendimiento de rocas que mantuvo el puerto cerrado durante varios días.



Foto del desprendimiento obtenida del periódico digital "efe". [\(10\)](#)

### 3.2 SITUACIÓN GEOLOGICA

La zona se encuentra formada principalmente por rocas de tipo calizo y por conglomerados silíceos como podemos observar en el mapa geológico nacional numero 83 (el correspondiente a la zona):



Mapa geológico de la zona

Alberto Garmendia Gutiérrez



### 3.3 TRAMOS DE ESTUDIO

Se procederá a detallar los tramos estudiados para la ubicación de los revestimientos así como la situación en la que se encuentra cada uno, indicando:

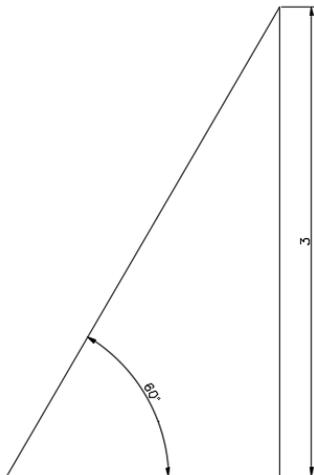
- **Punto Kilométrico**
- **Tipo de terreno**
- **Pendiente del talud**
- **Situación actual**
- **Solución a emplear**
- **Longitud de malla a emplear**
- **Altura de malla emplear**
- **Justificación**

#### 3.3.1 TRAMO 1

**Punto Kilométrico:** 151.4

**Tipo de terreno:** conglomerado silíceo con cobertura vegetal.

**Pendiente del talud:**



**Situación actual:** sin protección.

**Solución a emplear:** malla de baja resistencia.

**Longitud de malla a emplear:** 30 metros.

**Altura de malla emplear:** 3 metros.

**Justificación:** en este caso el talud se encuentra sin ningún tipo de protección y se podían observar pequeños fragmentos de roca en la cuneta que hacen intuir pequeños desprendimientos. Por ellos se propone una malla de baja resistencia para revestir y guiar estos pequeños fragmentos.



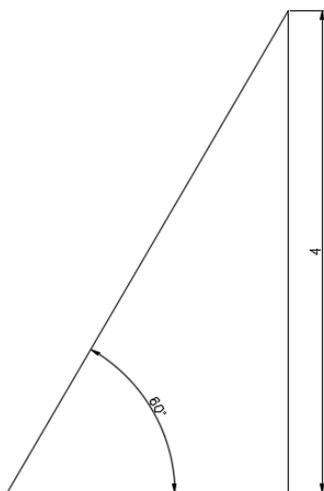
Fotografía tramo 1 en la N-611 (Cantabria).

### 3.3.2 TRAMO 2

**Punto Kilométrico:** 151.5

**Tipo de terreno:** conglomerado silíceo con cobertura vegetal.

**Pendiente del talud:**



**Situación actual:** malla de alambre baja resistencia en malas condiciones.

**Solución a emplear:** malla de baja resistencia (sustitución).

**Longitud de malla a emplear:** 38 metros.

Alberto Garmendia Gutiérrez



**Altura de malla emplear:** 4 metros.

**Justificación:** en este caso la malla se encuentra en muy mal estado, con numerosas roturas y suelta en varios puntos debido a sucesivos desprendimientos carentes de un posterior mantenimiento. Por ello se propone una simple sustitución y recolocación de la existente.



*Fotografía tramo 2 en la N-611 (Cantabria).*

### 3.3.3 TRAMO 3

**Punto Kilométrico:** 151.5

**Tipo de terreno:** roca caliza con cobertura vegetal.

**Pendiente del talud:** vertical.

**Situación actual:** protección de malla de alambre de baja resistencia.

**Solución a emplear:** sustitución por red cable.

**Longitud de malla a emplear:** 30 metros.

**Altura de malla emplear:** 3 metros.

**Justificación:** en este caso los desprendimientos producidos no han de ser conducidos a la cuneta mediante la malla, sino que deben ser fijados mediante una red de cable debido a que en la situación existente dichos desprendimientos estaban produciendo roturas en la malla de cable y desprendimientos de rocas de cierto diámetro. Además la situación de diaclasamiento de la roca se encuentra más avanzada.



*Fotografía tramo 3 en la N-611 (Cantabria).*

#### 3.3.4 TRAMO 4

**Punto Kilométrico:** 152.0

**Tipo de terreno:** roca caliza.

**Pendiente del talud:** no necesaria.

**Situación actual:** protección de red de cable y una pantalla dinámica en el inferior.

**Solución a emplear:** no necesaria.

**Longitud de malla a emplear:** no necesaria.

**Altura de malla emplear:** no necesaria

**Justificación:** en este punto hubo desprendimientos importantes que provocaron el cierre temporal de la carretera y la colocación de la pantalla dinámica y redes de cable existentes por la empresa "Mallatalud" por lo que el tramo se encuentra protegido actualmente en excelentes condiciones.



*Fotografía de una pantalla dinámica en el tramo 4 en la N-611 (Cantabria).*



*Fotografía de una red de cable en el tramo 4 en la N-611 (Cantabria).*



### 3.3.5 TRAMO 5

**Punto Kilométrico:** 152.1

**Tipo de terreno:** roca caliza.

**Pendiente del talud:** vertical.

**Situación actual:** protección de malla de alambre.

**Solución a emplear:** sustitución en una de las partes por red de cable y cambio de la otra por malla de alambre de baja resistencia.

**Longitud de malla a emplear:** 25 metros.

**Altura de malla emplear:** 3 metros.

**Justificación:** aquí se pueden diferenciar dos partes, una primera en buen estado funcional en la cual se propone sustituirla por una red de cables debido a que se pueden desprender rocas de gran tamaño una segunda en mal estado, con múltiples cortes y mal anclada al talud. Se propone sustituir esta última por una malla de alambre de baja resistencia.



*Fotografía de una malla de alambre en el tramo 5 en la N-611 (Cantabria).*



*Fotografía de una malla de alambre en malas condiciones el tramo 5 en la N-611 (Cantabria).*

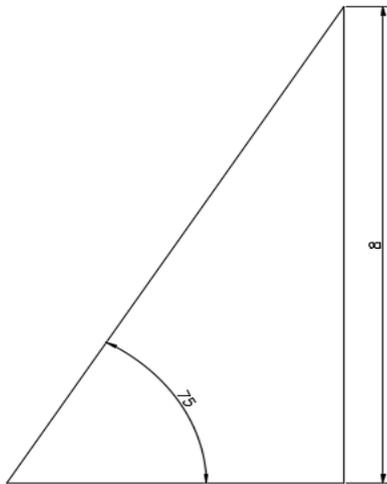


### 3.3.6 TRAMO 6

**Punto Kilométrico:** 152.2

**Tipo de terreno:** roca caliza.

**Pendiente del talud:**



**Situación actual:** parte revestida con red de cables de alta resistencia y parte sin revestir.

**Solución a emplear:** revestimiento de la parte que falta.

**Longitud de malla a emplear:** 7 metros.

**Altura de malla emplear:** 8 metros.

**Justificación:** aquí también encontramos dos partes:

-La primera parte consiste en un revestimiento reciente que se hizo a partir de desprendimientos que hubo en esa zona y el cual se encuentra en perfecta situación funcional.

-La segunda parte es contigua al revestimiento pero se encuentra sin estar protegida y en la cual se puede haber riesgo de caída de rocas de gran tamaño por lo que se propone un revestimiento con red de cables.



*Fotografía de la red de cable existente en el sexto tramo en la N-611 (Cantabria).*



*Fotografía del talud que se propone revestir en el sexto tramo en la N-611 (Cantabria).*

Alberto Garmendia Gutiérrez

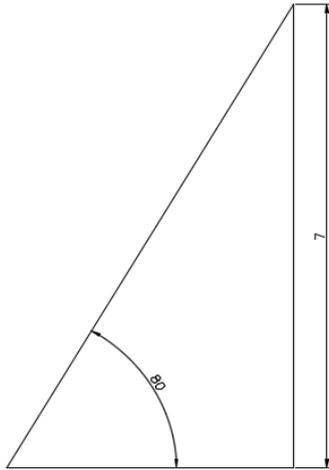


### 3.3.7 TRAMO 7

**Punto Kilométrico:** 152.5

**Tipo de terreno:** roca caliza.

**Pendiente del talud:**



**Situación actual:** sin revestimiento.

**Solución a emplear:** malla de alambre de baja resistencia.

**Longitud de malla a emplear:** 10 metros.

**Altura de malla emplear:** 7 metros.

**Justificación:** se trata de una pared rocosa en la que puede haber pequeños desprendimientos por lo que se propone una malla de alambre de baja resistencia para guiar los elementos a la berma.



*Fotografía del talud que se propone revestir en el séptimo tramo en la N-611 (Cantabria).*

### 3.3.8 TRAMO 8

**Punto Kilométrico:** 152.7

**Tipo de terreno:** roca caliza con vegetación superficial.

**Pendiente del talud:** vertical.

**Situación actual:** sin revestimiento.

**Solución a emplear:** malla de alambre de baja resistencia.

**Longitud de malla a emplear:** 38 metros

**Altura de malla emplear:** entre 4 y 10 metros (forma trapezoidal).

**Justificación:** se trata de una pared rocosa la cual va disminuyendo poco a poco de altura y que se propone revestir de la misma manera que en el tramo anterior, con el objetivo de desviar los pequeños fragmentos a las bermas.



*Fotografía del talud que se propone revestir en el octavo tramo en la N-611 (Cantabria).*

### 3.3.9 TRAMO 9

**Punto Kilométrico:** 154.0

**Tipo de terreno:** conglomerado silíceo con cubierta vegetal.

**Pendiente del talud:** variable a lo largo del tramo (no necesaria).

**Situación actual:** protegido con pantallas estáticas.

**Solución a emplear:** sin actuaciones.

**Longitud de malla a emplear:** 90 metros de pantalla dinámica.

**Altura de malla emplear:** 1 metro.

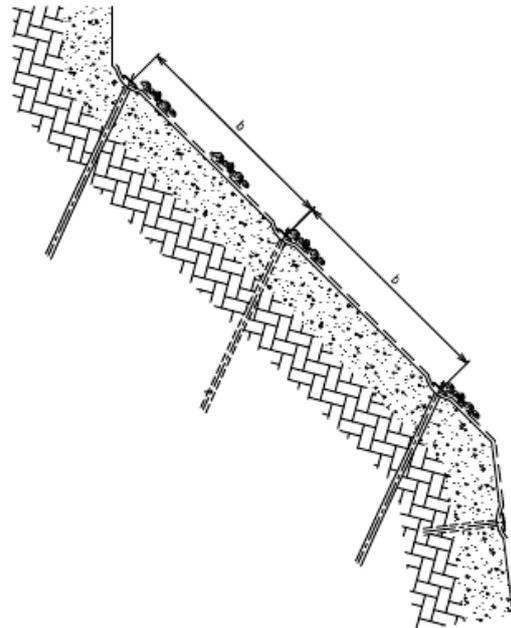
**Justificación:** consiste en un tramo de unos 90 metros en el cual el talud está a unos 45 grados y puede haber desprendimientos de rocas que se desplazan rodando. Debido a antecedentes de caídas se colocó durante toda su longitud el tramo de pantallas el cuál se encuentra en relativamente buen estado.



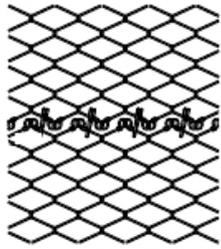
*Fotografía del tramo protegido mediante pantallas dinámicas en la N-611 (Cantabria).*



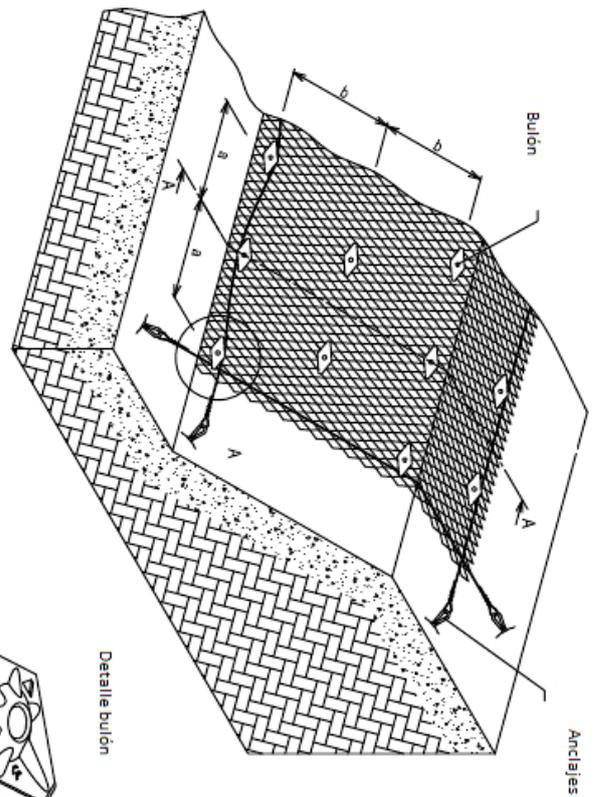
Sección transversal



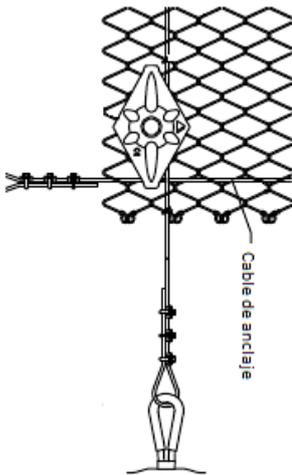
Detalle de conexión entre  
mallas mediante clips



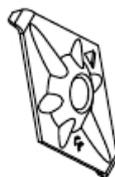
Vista 3D



Cable de anclaje



Detalle bulón



Plano de la disposición de redes de cable en paños de 200mm x 200mm	
<p>Escala 1/100</p>	<p>Alberto Garmendia Gutiérrez Trabajo de fin de Grado</p>
<p>Junio 2017</p>	



### 3.5 PRESUPUESTO

Menfis 8.1.12 - Versión evaluación

						Pág.: 1	
						Ref.: procdp2a	
						Fec.:	
CUADRO DE PRECIOS Nº 2							
Nº Orden	Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Rendimiento	Precio	Importe	
1		C342	Malla de triple torsión en sujeción de taludes, tipo 8x16 con refuerzo diagonal de cable de acero de diámetro 16 mm en cuadrícula de 400x400mm.				
		CI001	Costes indirectos(s/total)	1,000	0,37	0,37	
		CP006	Parte proporcional de anclaje en pie de talud y coronación mediante barras y cable de acero de 16 y 12 mm de diámetro respectivamente	1,000	2,87	2,87	
		MA.VA414	Malla de triple torsión en sujeción de taludes, tipo 8x10-16 incluso parte proporcional de cable de refuerzo de diámetro 16 mm para cuadrícula 400x400	1,000	4,20	4,20	
		CP005	P.P. Equipos de protección individual	1,000	0,01	0,01	
		M003	h Oficial 2ª	0,060	20,51	1,23	
		M002	h Oficial 1ª	0,120	22,72	2,73	
		M001	h Capataz	0,060	22,81	1,37	
				Clase: Mano de Obra			5,33
				Clase: Material			7,45
				Coste Total			12,78
2		C343	Red de cables con apertura de malla 200x200 mm para sostenimiento de taludes				
		M001	h Capataz	0,010	22,81	0,23	
		M002	h Oficial 1ª	0,200	22,72	4,54	
		M003	h Oficial 2ª	0,010	20,51	0,21	
		M006	h Peón señalista	0,200	19,74	3,95	
		CP005	P.P. Equipos de protección individual	1,000	0,01	0,01	
		MA.VA415	Red de cables con apertura de malla 200x200mm.	1,000	28,41	28,41	
		CP.007	Parte proporcional de cables de acero de refuerzo y anclajes de cable	1,000	6,19	6,19	
		MQ.405	Grúa telescópica sobre neumáticos de 20 Tn con cesta homologada.	1,000	7,82	7,82	
		CI.001	Costes indirectos(s/total)	1,000	3,32	3,32	
				Clase: Mano de Obra			8,93
		Clase: Maquinaria			7,82		
		Clase: Material			37,93		
		Coste Total			54,68		
3		E1	Excavación de la explanación y préstamos. Excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora				
		140	capataz	0,005	22,81	0,11	
		141	peon ordinario	0,050	19,74	0,99	
		142	peón señalista	0,050	19,74	0,99	
		143	retroexcavadora sobre orugas con martillo picador	0,055	175,64	9,66	
		144	cañon de vertido	0,100	0,50	0,05	
				Clase: Mano de Obra			2,09
				Clase: Maquinaria			9,71
				Coste Total			11,80

Menfis 8.1.12 - Versión evaluación



Menfis 8.1.12 - Versión evaluación

		Pág.: 1
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp1
	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>01</b>	<b>MALLA DE TRIPLE TORSIÓN</b>								
01.01 C342	Malla de triple torsión en sujección de taludes, tipo 8x16 con refuerzo diagonal de cable de acero de diámetro 16 mm en cuadrícula de 400x400mm.								
	Tramo 1	1	30,00		3,00	90,00			
	Tramo 2	1	38,00		4,00	152,00			
	Tramo 5	1	25,00		3,00	75,00			
	Tramo 7	1	10,00		7,00	70,00			
	Tramo 8	1	38,00		7,00	266,00			
	<b>Total partida 01.01</b>						653,00	12,78	8.345,34
	<b>Total capítulo 01</b>								8.345,34

Menfis 8.1.12 - Versión evaluación



Menfis 8.1.12 - Versión evaluación

		MEDICIONES Y PRESUPUESTO						RED DE CABLES	
								Pág.: 2	
								Ref.: promyp1	
								Fec.:	
Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>02</b>	<b>RED DE CABLES</b>								
02.01	Red de cables con apertura de malla 200x200 mm para sostenimiento de taludes								
C343									
	Tramo 3	1	30,00		15,00	450,00			
	Tramo 5	1	50,00		7,00	350,00			
	Tramo 6	1	7,00		8,00	56,00			
	<b>Total partida 02.01</b>						856,00	54,68	46.806,08
	<b>Total capítulo 02</b>								46.806,08
	<b>Total presupuesto</b>								55.151,42

Menfis 8.1.12 - Versión evaluación



Memfis 8.1.12 - Versión evaluación

		Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPITULOS	Ref.: prores1
		Fec.:

Nº Orden	Descripción de los capítulos	Importe	%
01	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN	8.345,34	15,13 %
02	RED DE CABLES	46.806,08	84,87 %

**TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL ..... 55.151,42 €**

13 % Gastos Generales ..... 7.169,68 €

6 % Beneficio Industrial ..... 3.309,09 €

**TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA ..... 65.630,19 €**

21 % I.V.A. .... 13.782,34 €

**TOTAL PRESUPUESTO C/IVA ..... 79.412,53 €**

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:  
SETENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS DOCE EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS

18 de Junio de 2017

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Alberto Garmendia Gutiérrez

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.*



## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1): BLANCO Fernández, Elena. Tesis doctoral “Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. Revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento” Universidad de Cantabria, (2011).

(2): DA COSTA García, Almudena. Tesis doctoral: “Inestabilidades por degradación superficial de taludes en suelos. Corrección mediante sistemas de refuerzo anclados” Universidad de Cantabria, (2004).

(3): BLANCO, E., Castro, D., Del Coz Díaz, J., & López, L. (2011). Flexible systems anchored to the ground for slope stabilization: Critical review of existing design methods. Universidad de Cantabria, (2011).

(4): DA COSTA, A., & Sagaseta, C. (2010). Analysis of shallow instabilities in soil slopes reinforced with nailed steel wire meshes. Universidad de Cantabria, (2010).

(5): LÓPEZ Quijada, Luis. Tesis doctoral “Desarrollo y análisis de una pantalla dinámica para la disipación de impactos de baja energía, como elemento de protección contra la caída de rocas, utilizando modelos matemáticos, programas de elementos finitos y ensayos de laboratorio, tomando en cuenta variables dinámicas” Universidad de Cantabria, (2007).

(6): VOLKWEIN, Alex, Wendeler, Corinna & Guasti, Guido. “Design of flexible debris flow barriers” Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape WSL - Switzerland (2011).

(7): aparece en: <http://www.archiexpo.es/prod/geobruugg-ag/product-67543-433520.html>.

(8): RODUNER, ALEX, R. R., & D. Flum, Eds. Geobruugg. Dimensionamiento y aplicación del sistema flexible TECCO para estabilización de taludes fabricados a base de alambre de acero de alta resistencia a la tracción en combinación con anclajes en suelos y en rocas. (Sistema TECCO para estabilización de taludes) 1998 – 2011.

(9): Artículo del periódico El diario montañés. “Un argayo cortó un carril en las Hoces” Santander (2006).

(10): COBO, Esteban. “Desprendimientos de grandes rocas cierran N-611 Santander”(2005).

(11): presupuestos de la base de datos del Gobierno de Cantabria



## RESUMEN

---

El estudio consta de 2 partes principales diferenciadas:

Una primera parte en la que se explican los principales métodos de revestimientos flexibles empleados en la actualidad así como su procedimiento de cálculo y las situaciones en las que han de ser empleados detallando las características principales de estos y los lugares potencialmente adecuados para tal fin.

Los principales sistemas flexibles detallados serán:

- Membranas flexibles (mallas de alambre y redes de cable).
- Pantallas dinámicas.
- Pantallas antiderrubio.

Una segunda parte en la que se hará un estudio concreto y análisis del puerto de las hoces de Bárcena (N-611, Cantabria) empezando por su geología así como los antecedentes de desprendimientos de rocas que ha habido.

Después se analizan los tramos de carretera en el que los taludes se encuentren revestidos o en los que haya riesgo de desprendimientos y se encuentren sin revestir. Se detallará:

- Punto Kilométrico
- Tipo de terreno
- Pendiente del talud
- Situación actual
- Solución a emplear
- Dimensiones del revestimiento a emplear
- Justificación

Por último se adjuntan unos planos de las disposiciones de las mallas y redes a emplear y se elabora un presupuesto con las respectivas unidades de obra a utilizar.

PBL: 79.412 euros.



## ABSTRACT

---

The study consists of 2 main differentiated parts:

A first part explaining the main flexible coating methods currently used as well as their calculation procedure and the situations in which they are to be used detailing the main characteristics of those ones and the places potentially suitable for this purpose.

The main detailed flexible systems will be:

- Flexible membranes (wire meshes and cable networks).
- Dynamic screens.
- Anti-friction screens.

A second part will be a concrete study and analysis of the port of Bárcena (N-611, Cantabria) beginning with its geology as well as the history of rock detachments that there has been.

Then the sections of road in which the slopes are coated or in which there is risk of detachment and are found uncoated are analyzed. It will be detailed:

- Kilometer
- Type of rock
- Slope peding
- Current situation
- Solution to be used
- Dimensions of the coating to be used
- Justification

Finally, some plans of the mesh and networks to be used are attached and a budget is drawn up with the respective units of work to be used.

PBL: 79,412 euros.