

MUROS DE ESCOLLERA COLOCADA

Parámetros Geomecánicos

y

Métodos de Cálculo

Luis M Sopena Mañas

Prof. Dr. Ingeniero de Caminos

Universidad Politécnica de Madrid

Dialéctica sobre el término ESCOLLERA

**ESCOLLERA – PEDRAPLÉN – PRODUCTO DE
VOLADURA - PIEDRA/PLÉN**

RECHAZO DE CANTERA

ARTÍCULO 658: ESCOLLERA DE PIEDRAS SUELTAS

- EXTENSIÓN POR VERTIDO**
- PROCEDEN DE LAS EXCAVACIONES DE TRAZA O PRÉSTAMOS**
- PESO DE LAS PIEDRAS ENTRE 10 Y 200 KG (MENOS DEL 25%
INFERIORES A 100 KG)**

BONDADES GEOTÉCNICAS GENERALES
DE LA
ESCOLLERA/*PIEDRAPLÉN*

Resistencia interna muy alta (ángulo de rozamiento)

Permeabilidad muy alta

Flexibilidad muy alta

Integración medioambiental muy alta

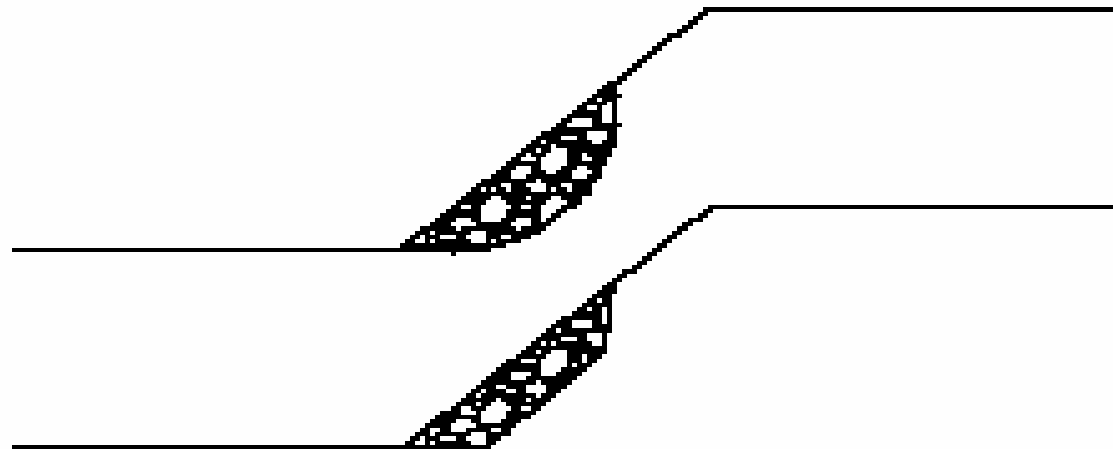
UTILIZACIÓN ESCOLLERA-PIEDRAPLÉN COMO CHAPADO

Función “revestimiento”/peso

UTILIZACIÓN DE LA ESCOLLERA EN
LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

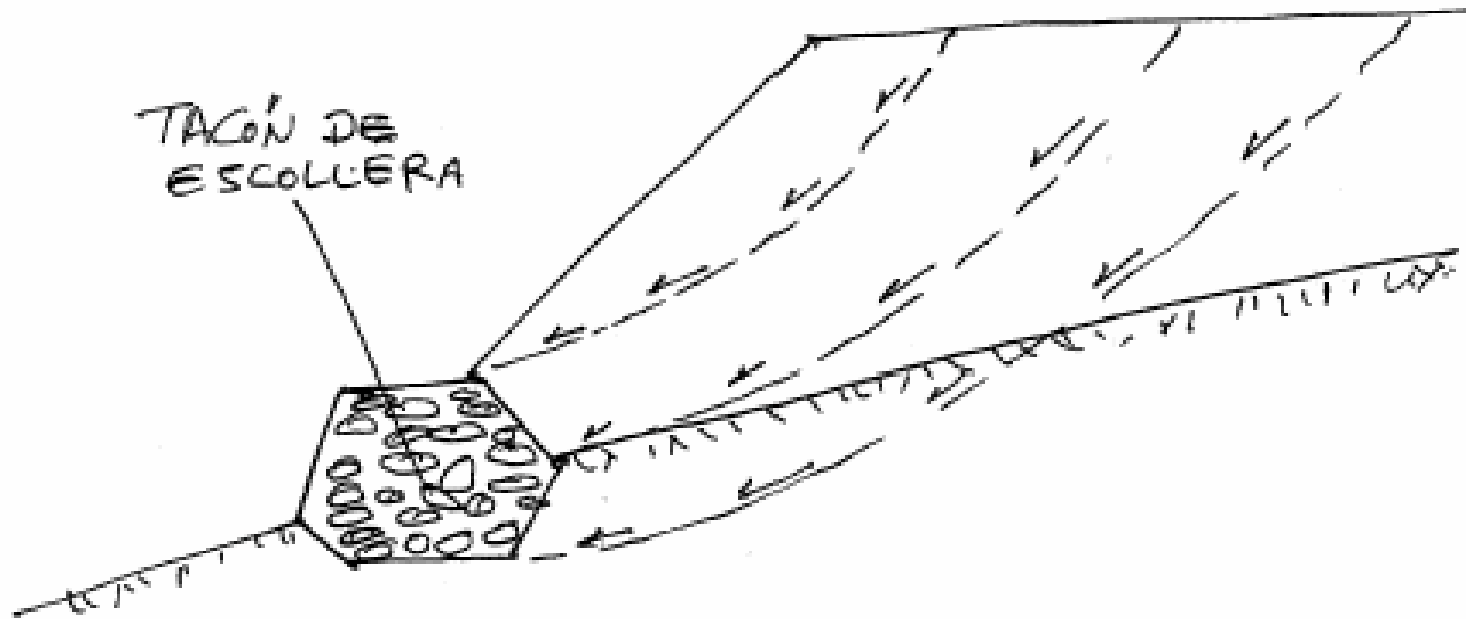
"FUNCIÓN CONTENCIÓN"

A) ESTABILIZACIÓN LOCAL (SUPERFICIAL)



UTILIZACIÓN COMO TACÓN ESTABILIZADOR EN PIE

Función “peso”/Gravedad

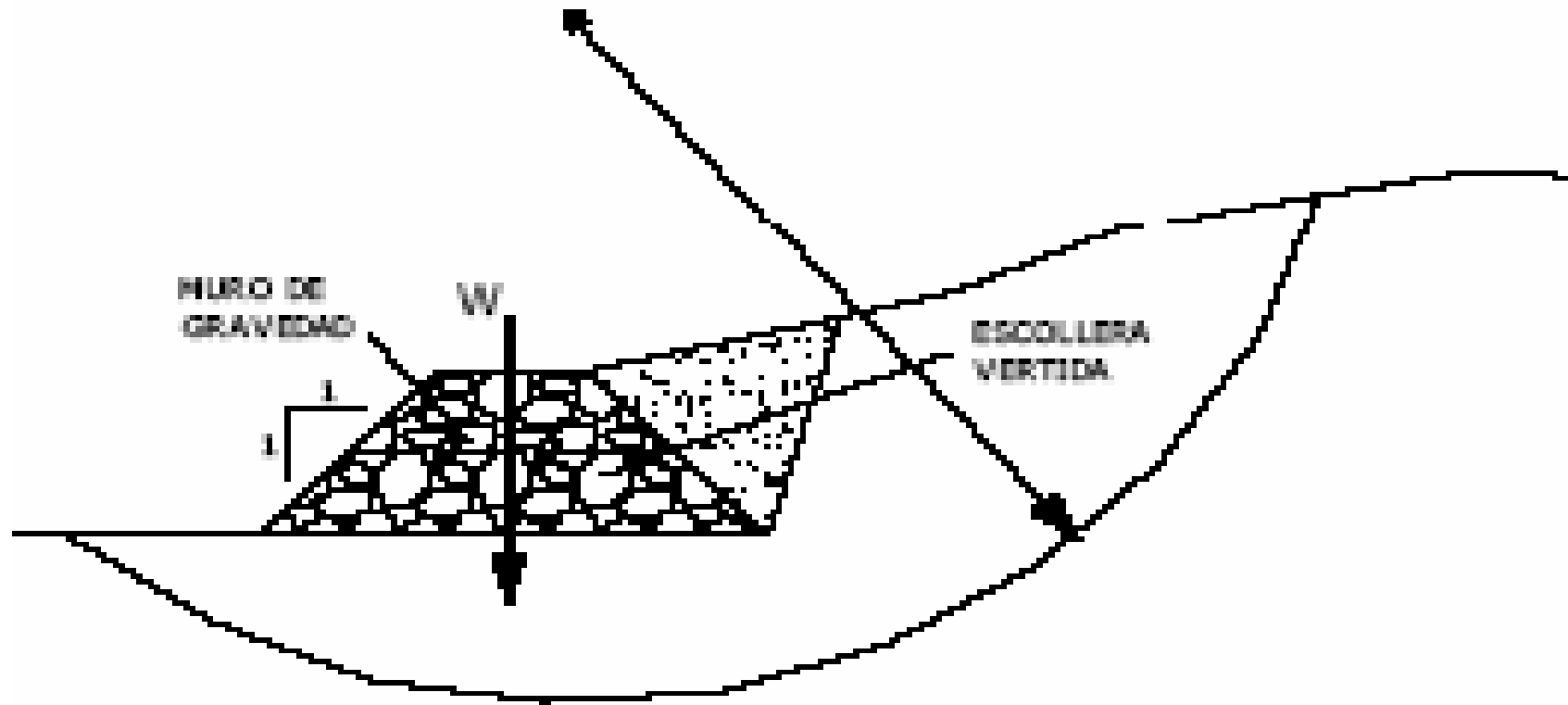


UTILIZACIÓN COMO ESTABILIZACIÓN GLOBAL

Función Peso/Gravedad

B) ESTABILIZACIÓN GENERAL

B.1_ DESLIZAMIENTO PROFUNDO



**MODO DE EJECUCIÓN
Y
ESTRUCTURA INTERNA DEL PRODUCTO**

PRODUCTO NO ESTRUCTURADO

VERTIDO

COMPACTACIÓN

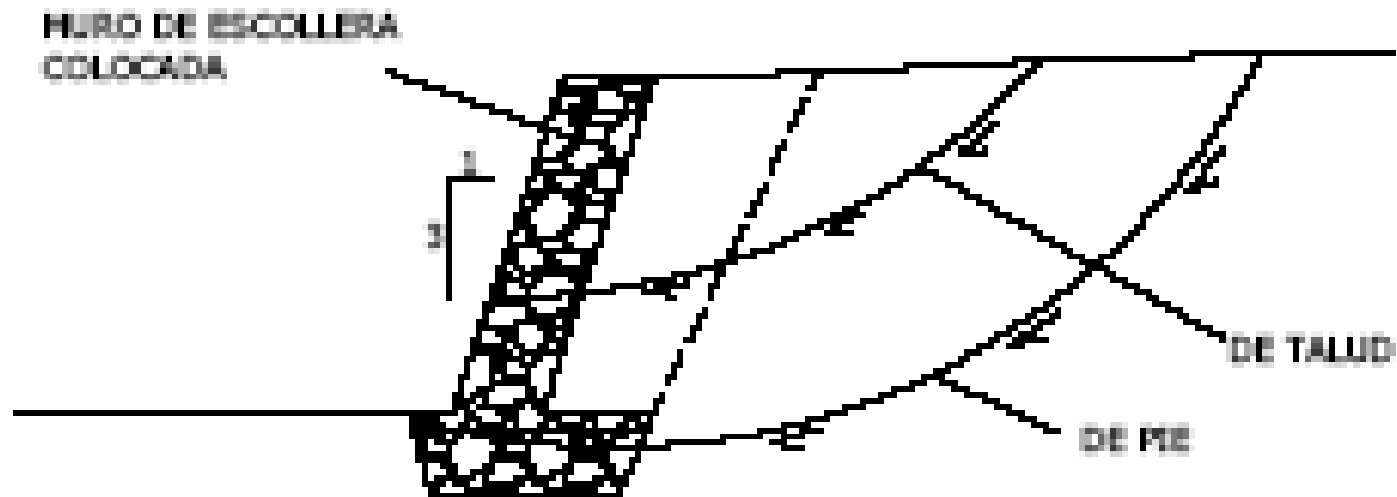
PRODUCTO CON ESTRUCTURA INTERNA

ESCOLLERA COLOCADA

UTILIZACIÓN ESCOLLERA COMO MURO

Función estructural contención

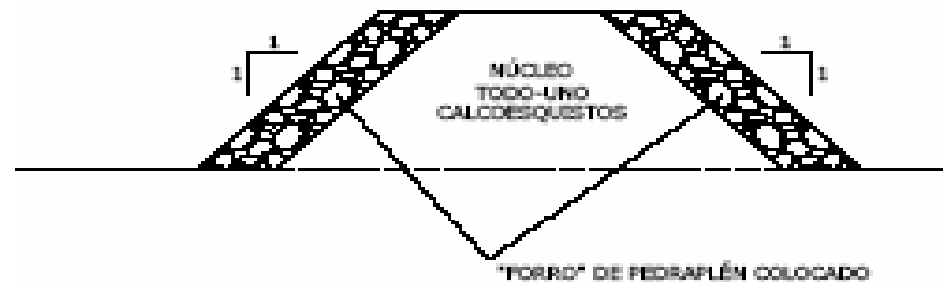
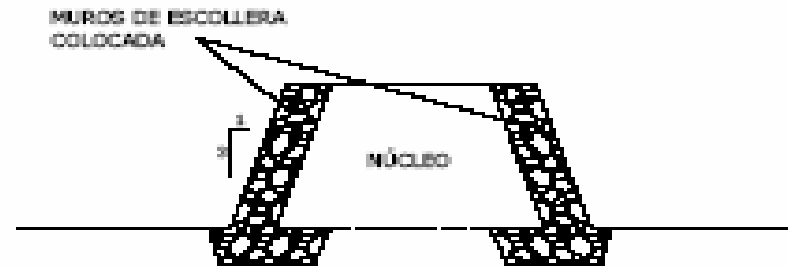
B.2_ DESLIZAMIENTO DE PIE O DE TALUD



UTILIZACIÓN ESCOLLERA COMO MURO

Función estructural sostenimiento

UTILIZACIÓN DE LA ESCOLLERA EN RELLENOS ESPECIALES "FUNCIÓN SOSTENIMIENTO"



Objetivo de la guía

TIPO DE OBRA: MURO

MATERIAL: ESCOLLERA COLOCADA

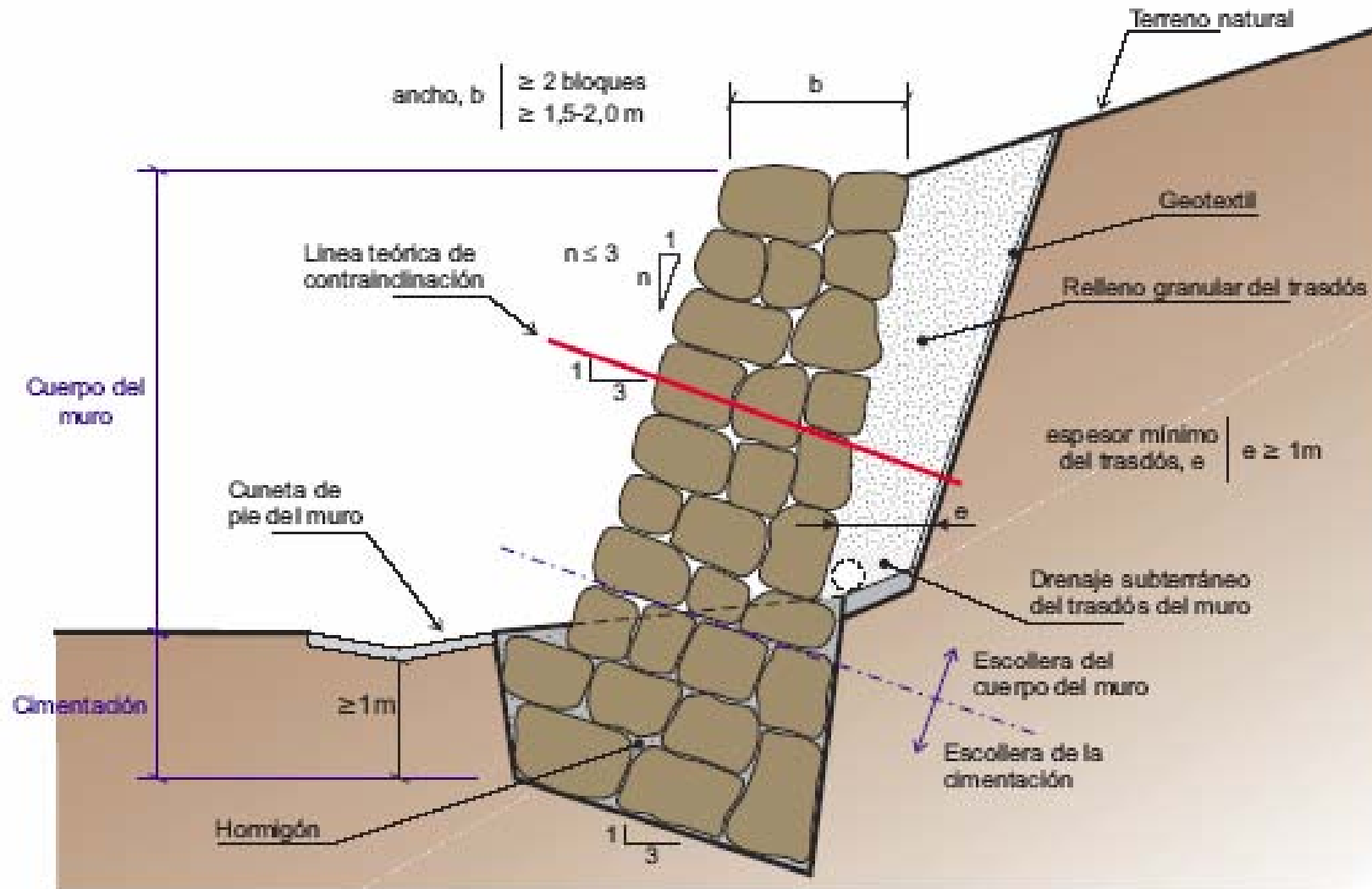
APLICACIÓN: FUNCIÓN ESTRUCTURAL

OBJETIVOS HABITUALES PERSEGUIDOS:

CONTENCIÓN *ESTABILIZACIÓN* (taludes, laderas)

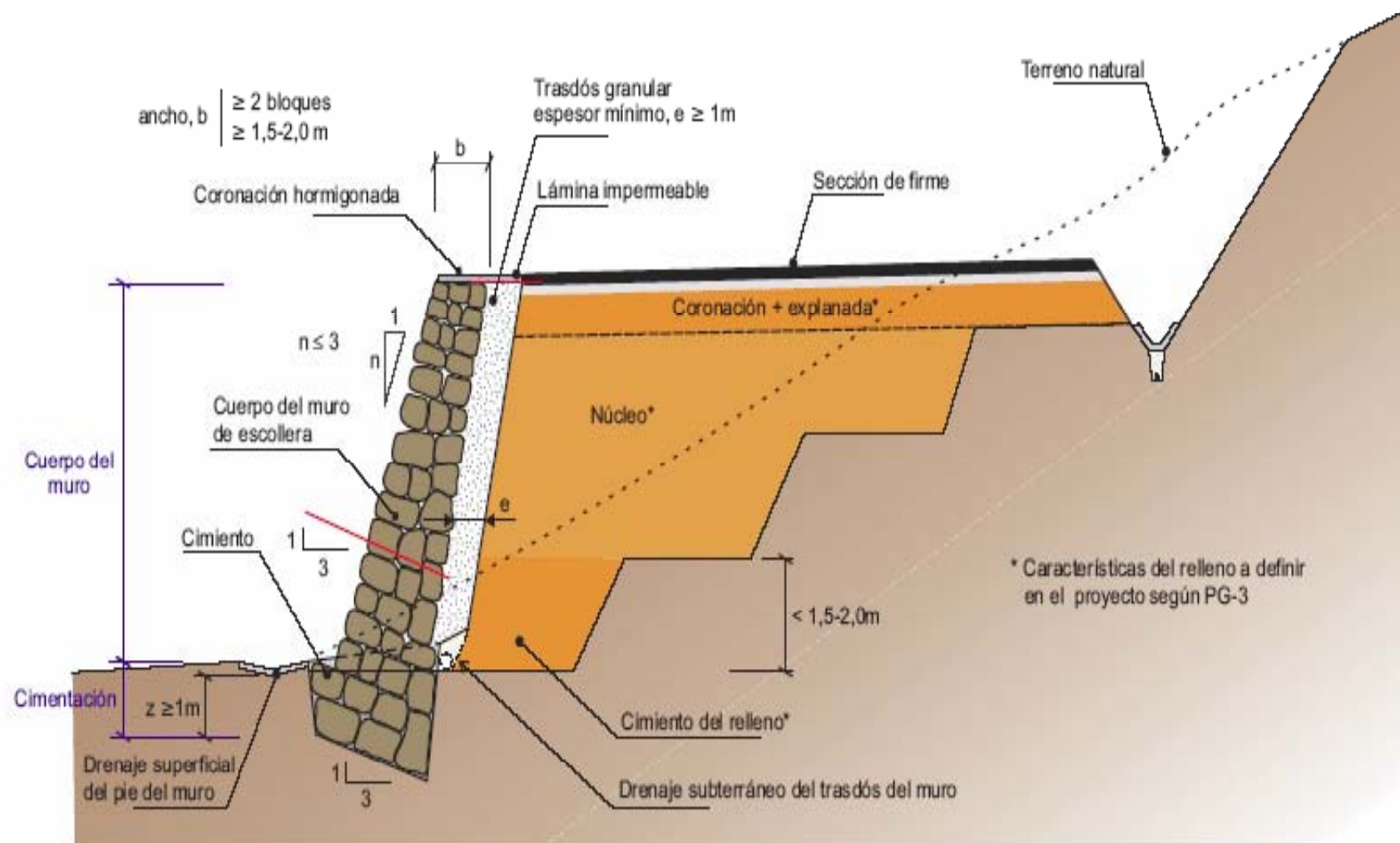
SOSTENIMIENTO *SUJECCIÓN* (rellenos compactados)

TALUDES MUY VERTICALIZADOS (disminuir ocupación en planta)



Esquema descriptivo característico de un muro en disposición de

TIPOLOGÍA CONTENCIÓN



Esquema descriptivo característico de un muro en disposición de

TIPOLOGÍA SOSTENIMIENTO

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS CÁLCULO

(I) PARÁMETROS DE ESTADO

Densidad aparente γ_a = Densidad seca bloques $\times (1-n)$

$$25 < \text{densidad seca bloques} < 26,5 \text{ kN/m}^3$$

$$17 < \text{densidad aparente } \gamma_a < 19 \text{ kN/m}^2$$

Porosidad n

$$0,25 < n < 0,35$$

(II) PARÁMETROS RESISTENCIA AL CORTE

Ensayos ---- efecto escala === Criterios empíricos

**Escollera colocada: NO directamente modelizable por
Mohr-Coulomb**

Factores:

Porosidad

Tensión normal

Resistencia Compresión de la roca

$$\varphi = \varphi_b + \Delta\varphi_e - \Delta\varphi_n$$

φ = ángulo rozamiento interno para el cálculo

φ_b = ángulo rozamiento interno básico

$\Delta\varphi_e$ = incremento por ejecución

$\Delta\varphi_n$ = decremento por tensiones normales

VALORES APROXIMADOS DE ϕ_b , $\Delta\phi_e$ (°)

MATERIAL (*)	ϕ_b (°)	$\Delta\phi_e$ (°)
Granito muy sano	40-41	1-2
Gneis	41-42	1-2
Cuarcita sana	39-40	1-2
Basalto	40-41	1-3
Riolita y andesita	41-42	1-3
Sienita y granodionta	41-42	1-3
Dolomías y calizas muy sanas	39-40	1-2
Conglomerados y brechas bien cementadas	39-41	1-2
Areniscas bien cementadas	38-39	1-2

(*) Valor medio: $q_u \geq 80$ MPa (desechando el valor más bajo de una serie de diez probetas) Valor mínimo: $q_u \geq 60$ MPa (desechando los dos valores más bajos de una serie de diez probetas)

- **Contrainclinación de las hiladas**
- **Mínimo 2 bloques en sección transversal**
- **Ancho en cabeza > 2 metros**
- **Colocar bloques con máxima trabazón tridimensional**

FACTOR DE TENSIÓN NORMAL

$$\Delta\varphi_n = \varphi_n \log_{10}(\sigma_n / p_a) \geq 0$$

p_a = presión atmosférica (0,1 Mpa)

φ_n = coeficiente $>7^\circ$ (en grados sexagesimales)

σ_n = tensión normal (más desfavorable, en base del muro)

CÁLCULOS

DIMENSIONAMIENTO: ESPESOR DEL MURO

COMPROBACIONES (ELU: estados límites últimos)

Deslizamiento (como muro:empujes)

General: por la base

LOCAL: INTERNO

Paso de la resultante por el N.C.I.

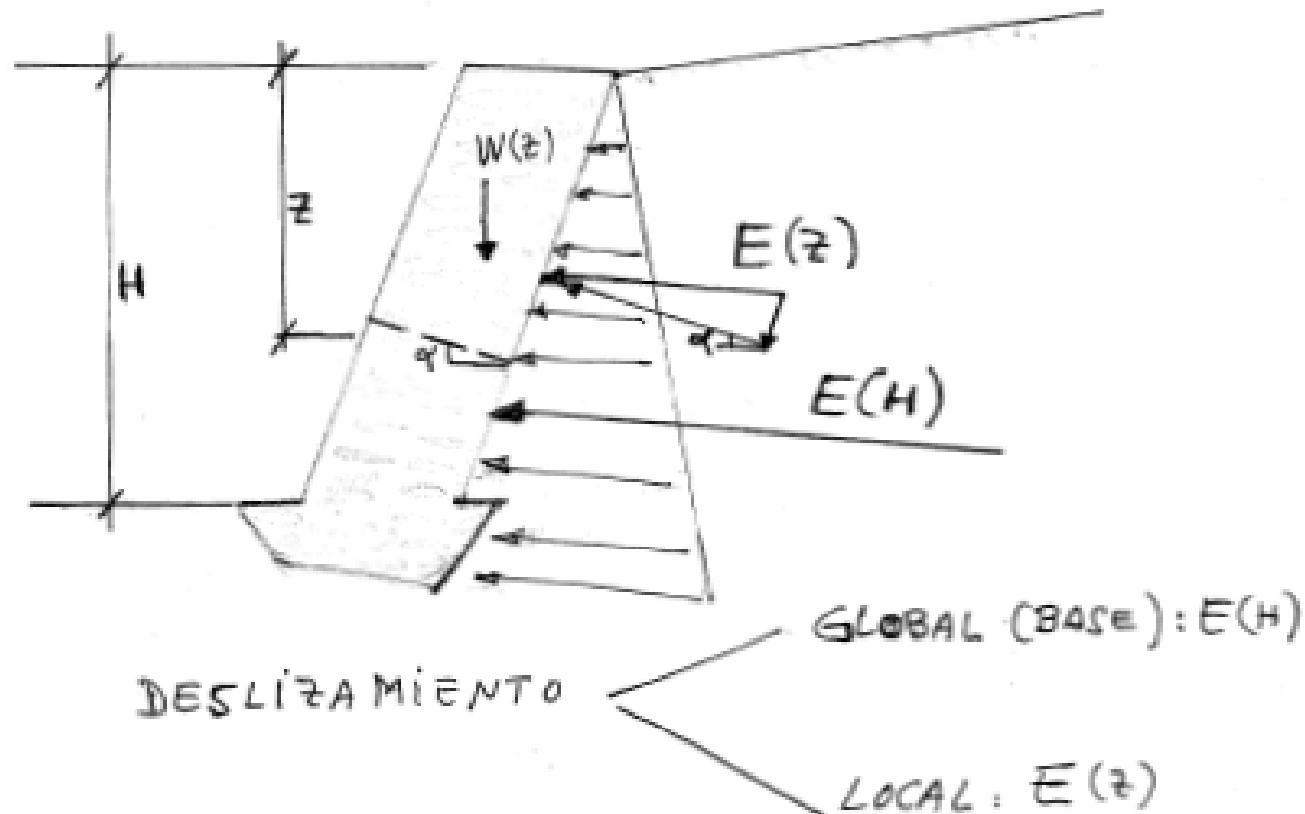
Hundimiento (como cimentación: base apoyo)

Estabilidad global

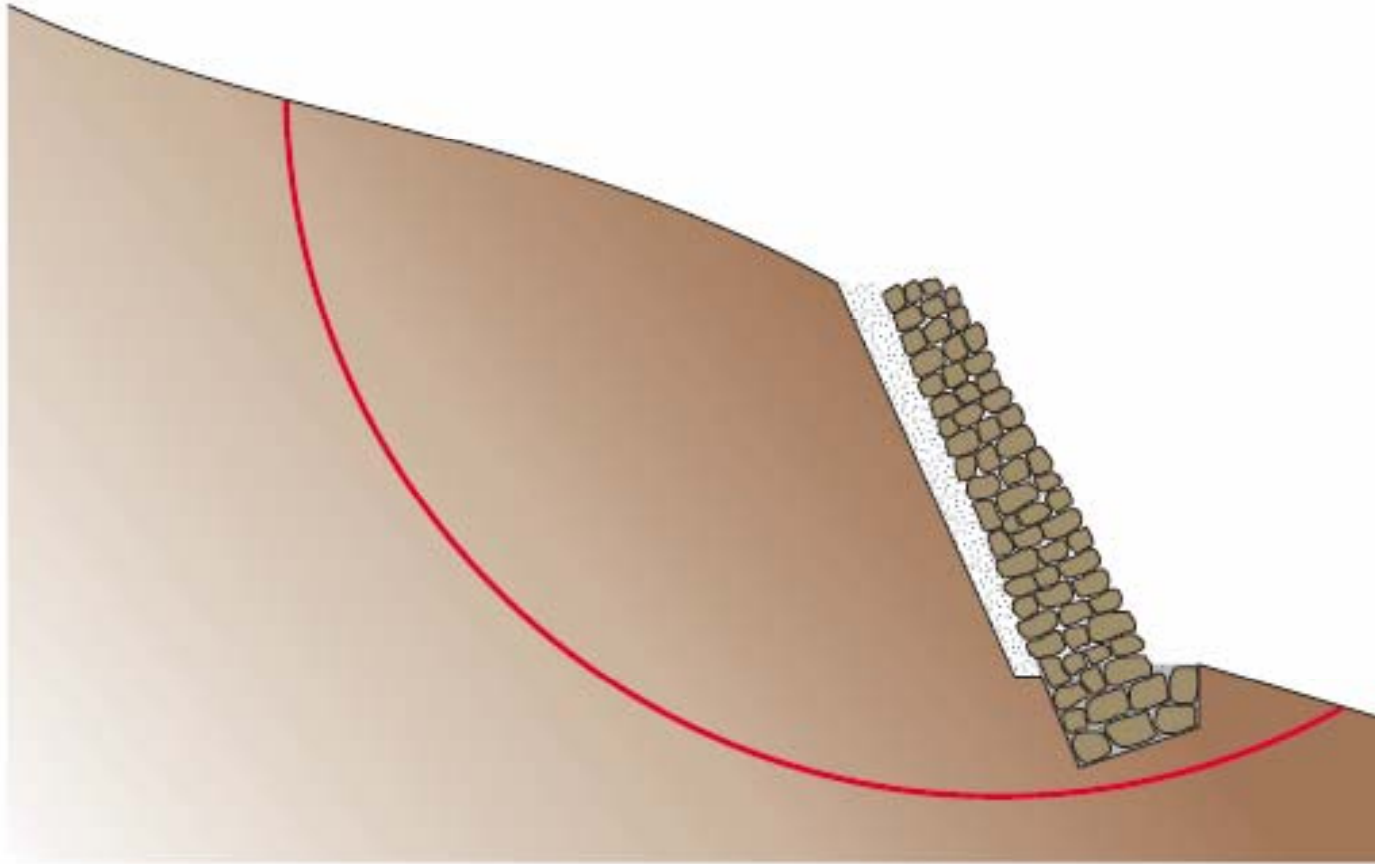
ESTABILIDAD LOCAL: INTERNA

COMPROBACIÓN DESLIZAMIENTO

GLOBAL - LOCAL

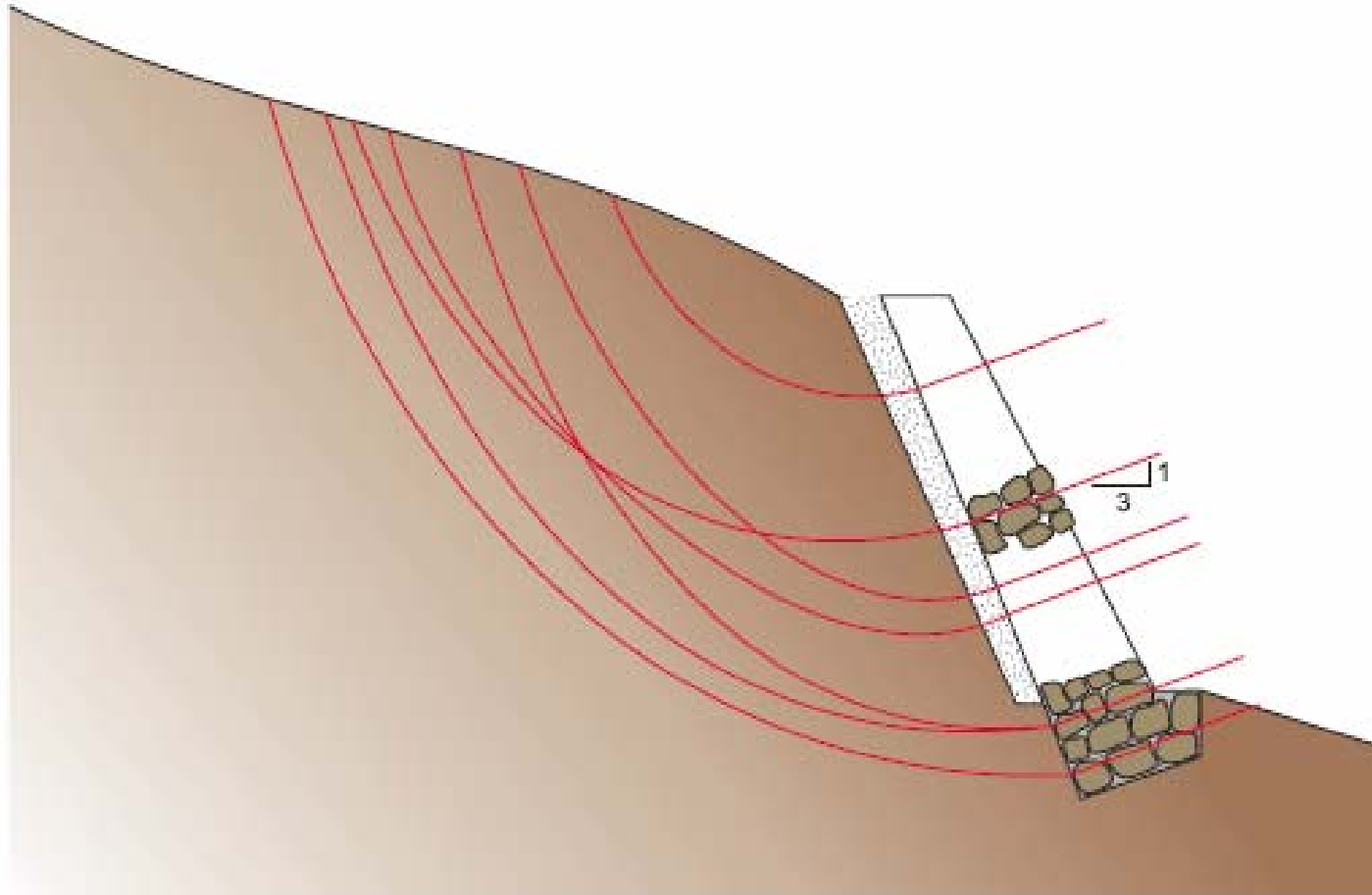


MUROS ESCOLLERA COLOCADA



Modo de fallo por estabilidad global
ESTABILIDAD GENERAL

MUROS ESCOLLERA COLOCADA



Modo de fallo por **ESTABILIDAD LOCAL**

ESTABILIDAD INTERNA

DISEÑO MUROS DE ESCOLLERA COLOCADA

CONDICIÓN: ESTABILIDAD LOCAL

Parámetro a dimensionar: anchura (B)

**MÉTODOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y EQUILIBRIO
LÍMITE CON CONDICIONES AÑADIDAS**

COMPORTAMIENTO DE MOHR-COULOMB : NO ESTRICTO.

NO ES VÁLIDO INTRODUCIR UNA COHESIÓN FICTICIA

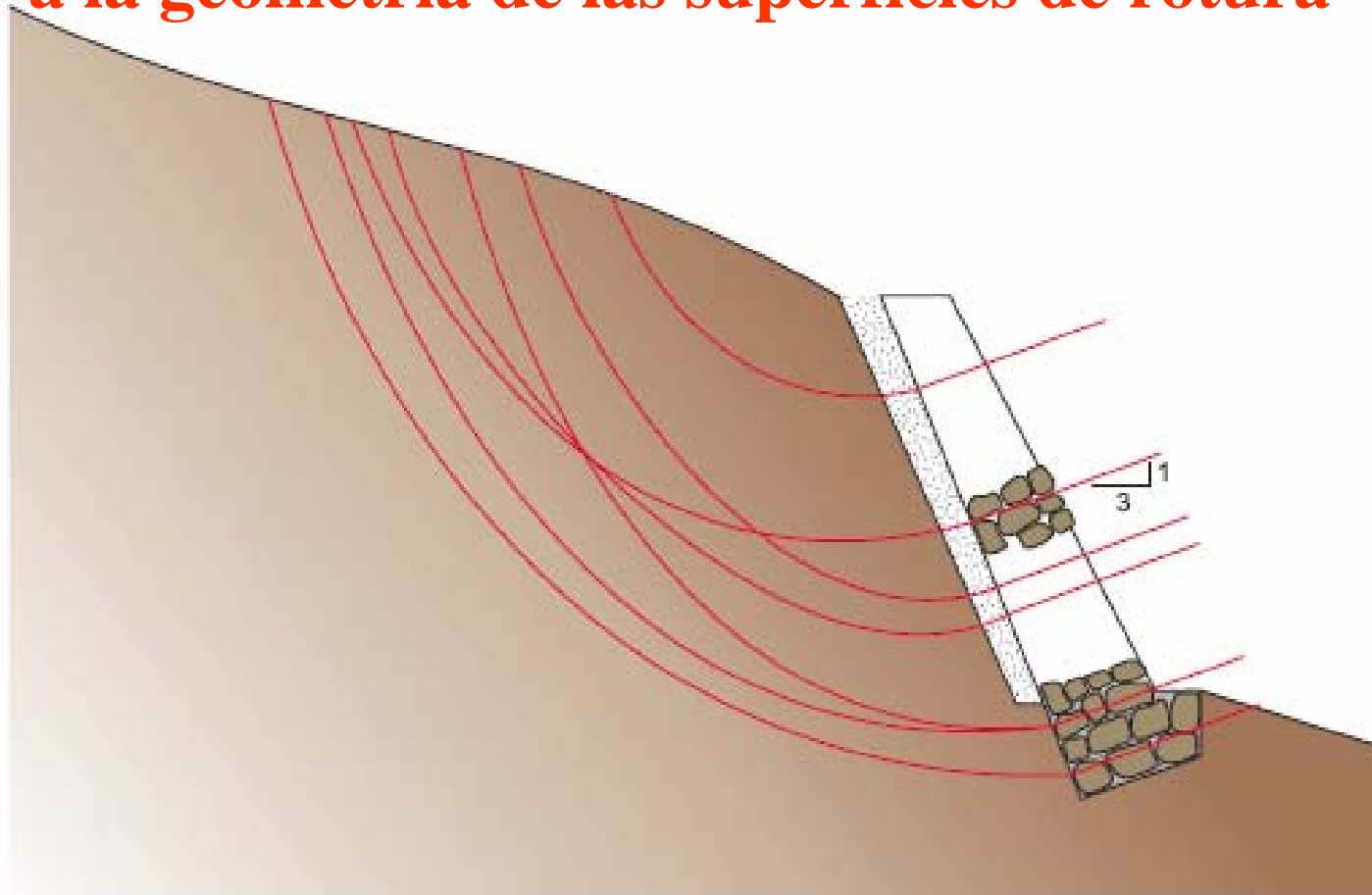
Condicionantes añadidos

- superficie de rotura no corta a los bloques
- ángulo de salida 3H:1V

Cálculos de sensibilidad paramétrica (variar ϕ de la escollera)

**ESENCIAL: NO OLVIDAR INCLUIR PLIEGO DE PRESCRIPCIONES
TÉCNICAS PARTICULARES**

Condicionantes especiales añadidos a la geometría de las superficies de rotura



Modo de fallo por **ESTABILIDAD LOCAL**

Guía de cimentaciones en obras de Carretera M° Fomento

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

MODO DE FALLO	COMBINACIÓN F1	COMBINACIÓN F2	COMBINACIÓN F3
Estabilidad global	1,50	1,30	1,10
Hundimiento	3,0	2,60	2,20
Deslizamiento	1,50	1,30	1,10

F1: Combinación casi permanente

F2: Combinación característica

F3: Combinación accidental

**Coeficientes de seguridad para estabilidad local =
= Coeficientes de seguridad para estabilidad global**

EJEMPLO ILUSTRATIVO

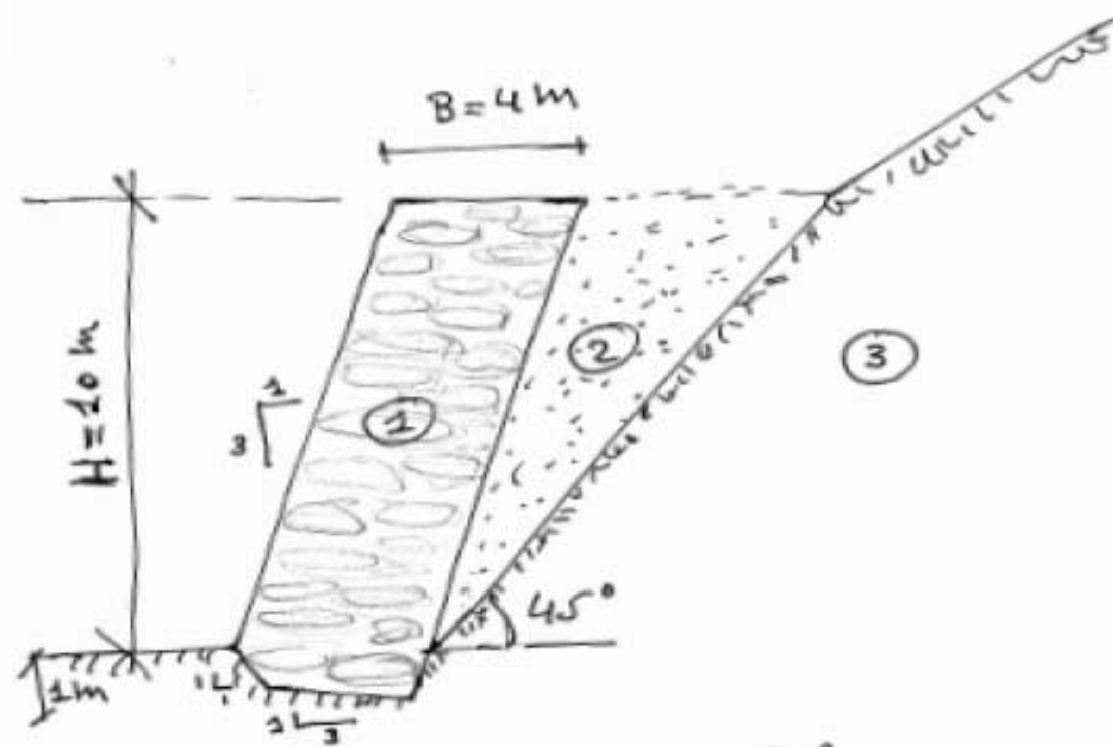
CALCULOS DE ESTABILIDAD

GENERAL

Y

LOCAL

ESQUEMA DEL CASO ILUSTRATIVO



(1) ESCOLLERA COLOCADA

(2) RELLENO GRANULAR

(3) TERENO NATURAL

Terreno natural (3)

$$\gamma_a = 2 \text{ t/m}^3 \quad c' = 2 \text{ t/m}^2 \quad \varphi' = 28^\circ$$

Relleno granular trasdós (2)

$$\gamma_a = 1,9 \text{ t/m}^3 \quad c' = 0 \text{ t/m}^2 \quad \varphi' = 30^\circ$$

Escollera colocada (1)

$$\text{porosidad } n = 26\% \quad \gamma_a = 2,5 \text{ t/m}^3 \times (1 - 0,26)$$

Altura muro – 10 metros Presión normal en la base – 20 t/m²

$$\varphi_b = 40^\circ \quad \varphi_n = 7^\circ \quad \Delta\varphi_n = 7^\circ \log(20/10) = 2,1$$

$$\gamma_a = 1,85 \text{ t/m}^3 \quad c' = 0 \text{ t/m}^2 \quad \varphi' \text{ cálculo} = 40^\circ + 3^\circ - 2^\circ = 41^\circ$$

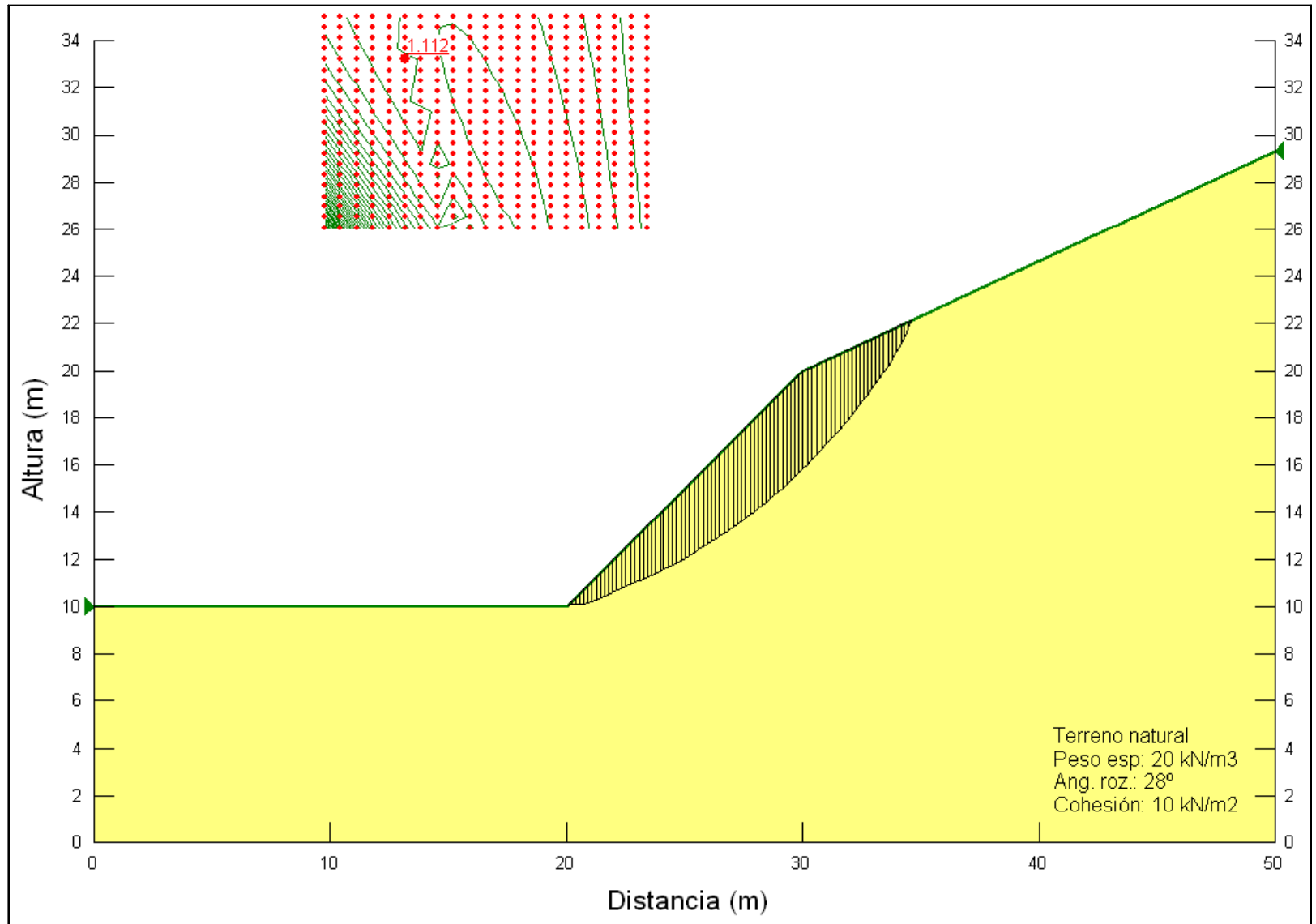


Figura 1. Estabilidad global del terreno natural. FS = 1,112

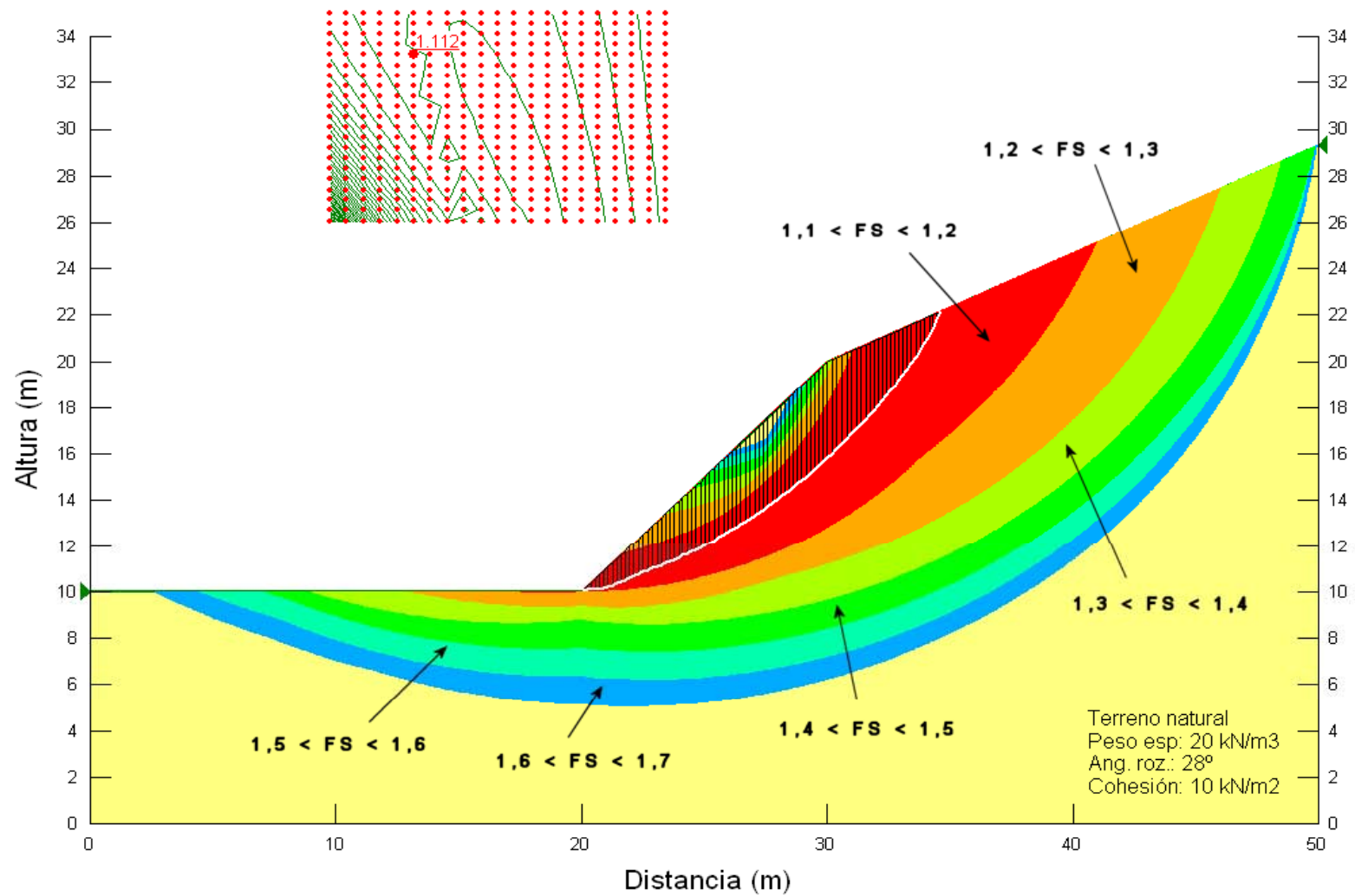


Figura 2. Estabilidad global del terreno natural. Distribución de superficies con diferentes factores de seguridad.

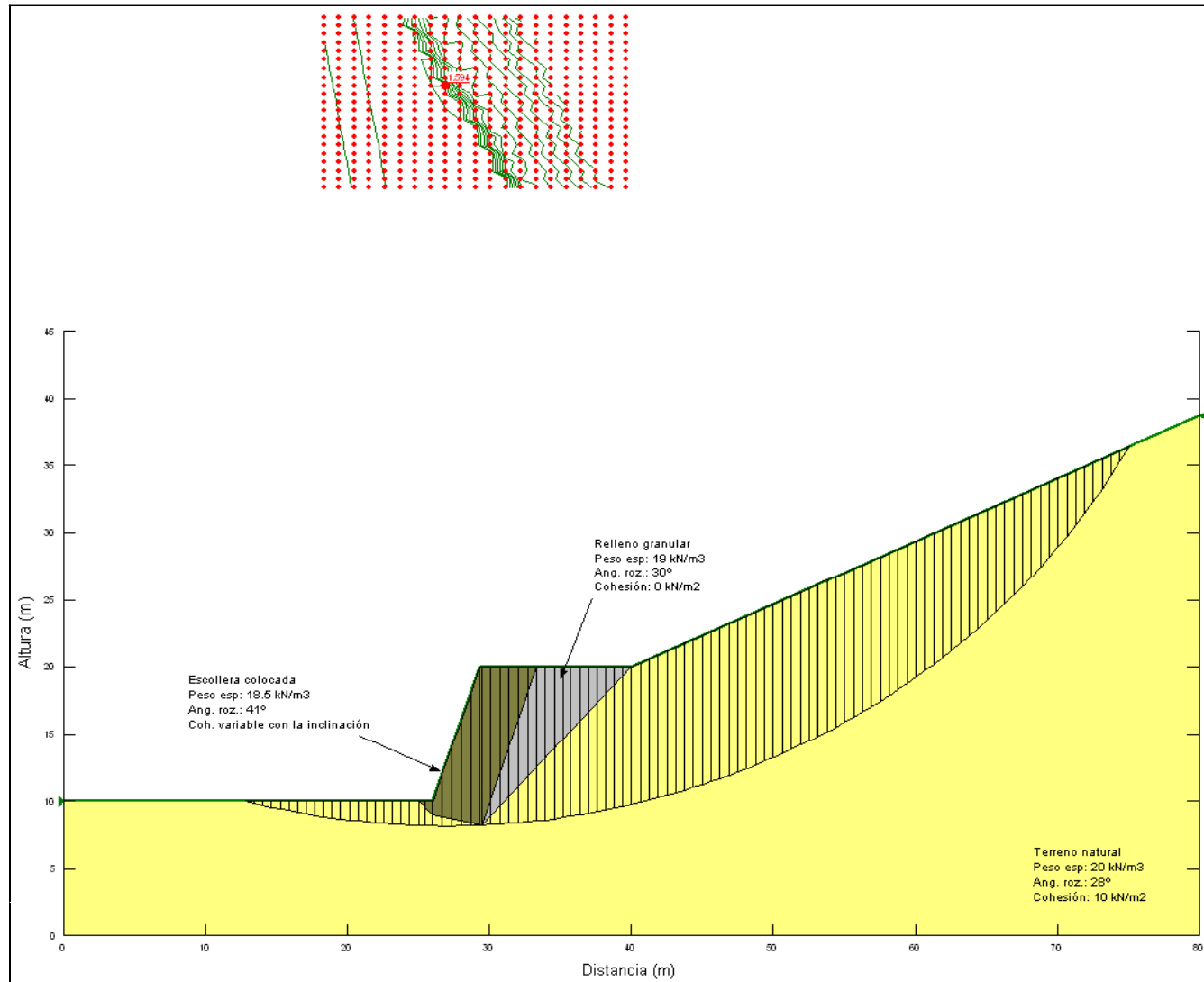


Figura 3. Estabilidad global con muro de escollera. FS = 1,594

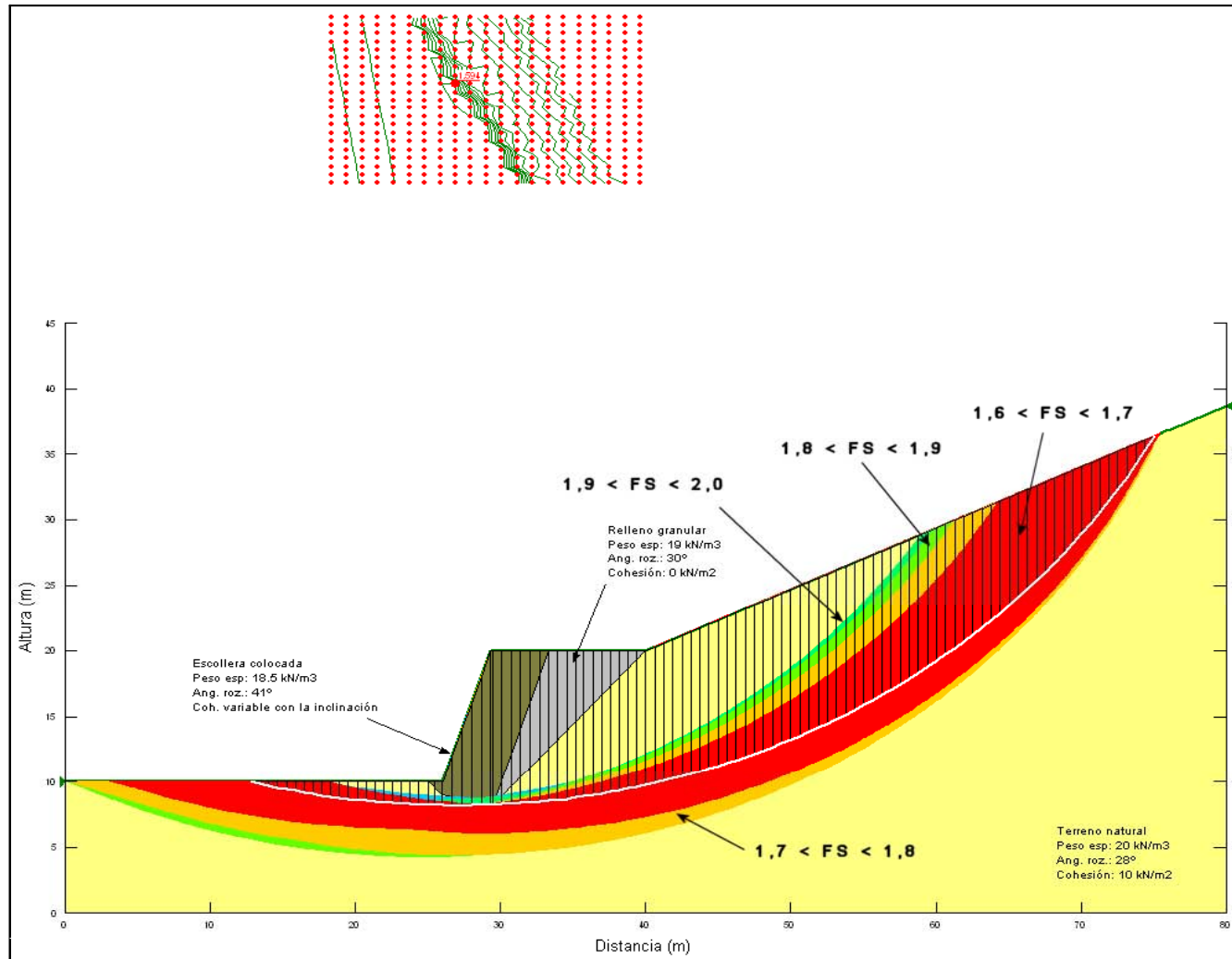


Figura 4. Estabilidad global con muro de escollera. Distribución de superficies con diferentes factores de seguridad.

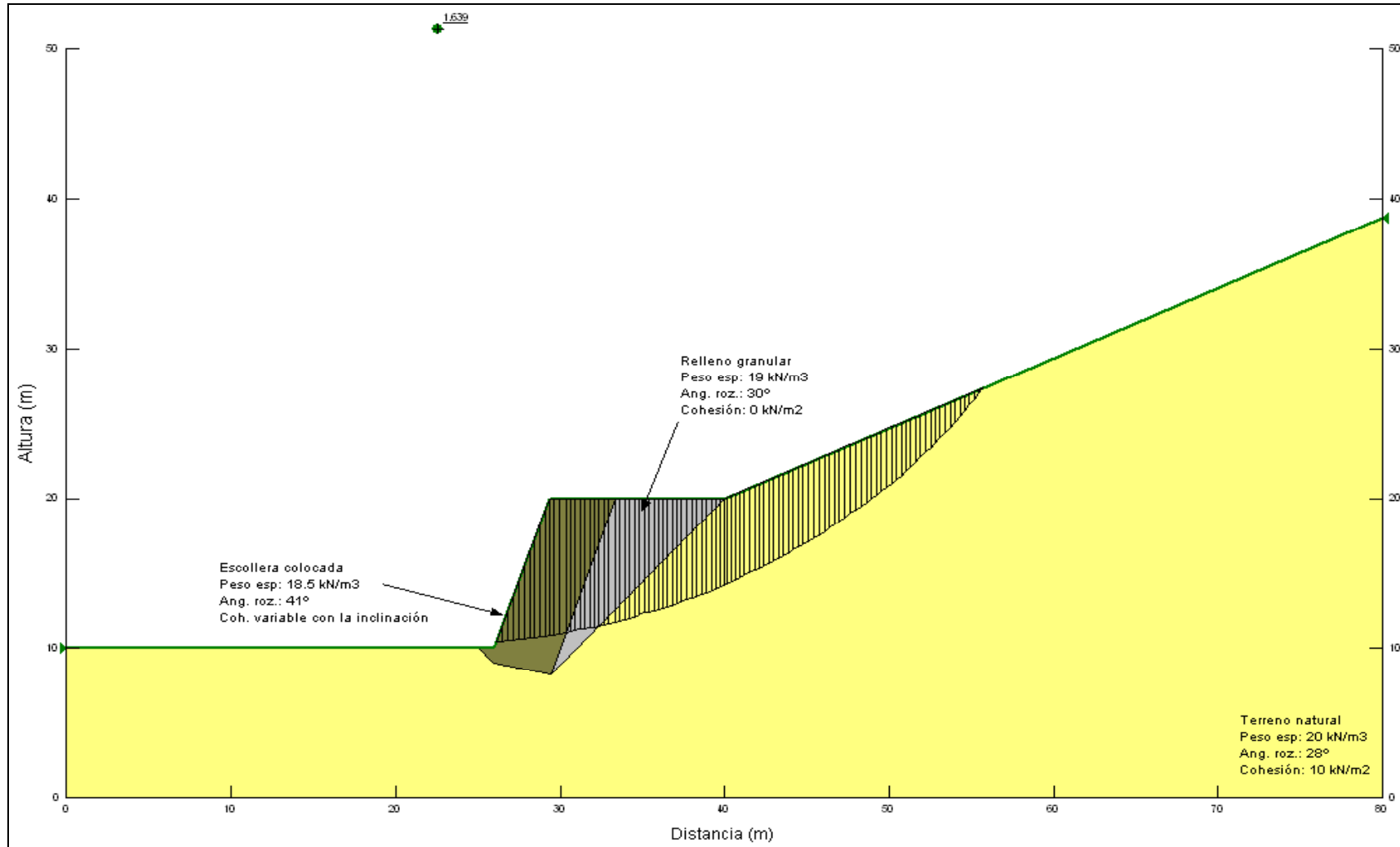


Figura 5. Estabilidad local con muro de escollera. Hipótesis de escollera con comportamiento ISÓTROPICO. Ejemplo de superficie circular. FS = 1,639

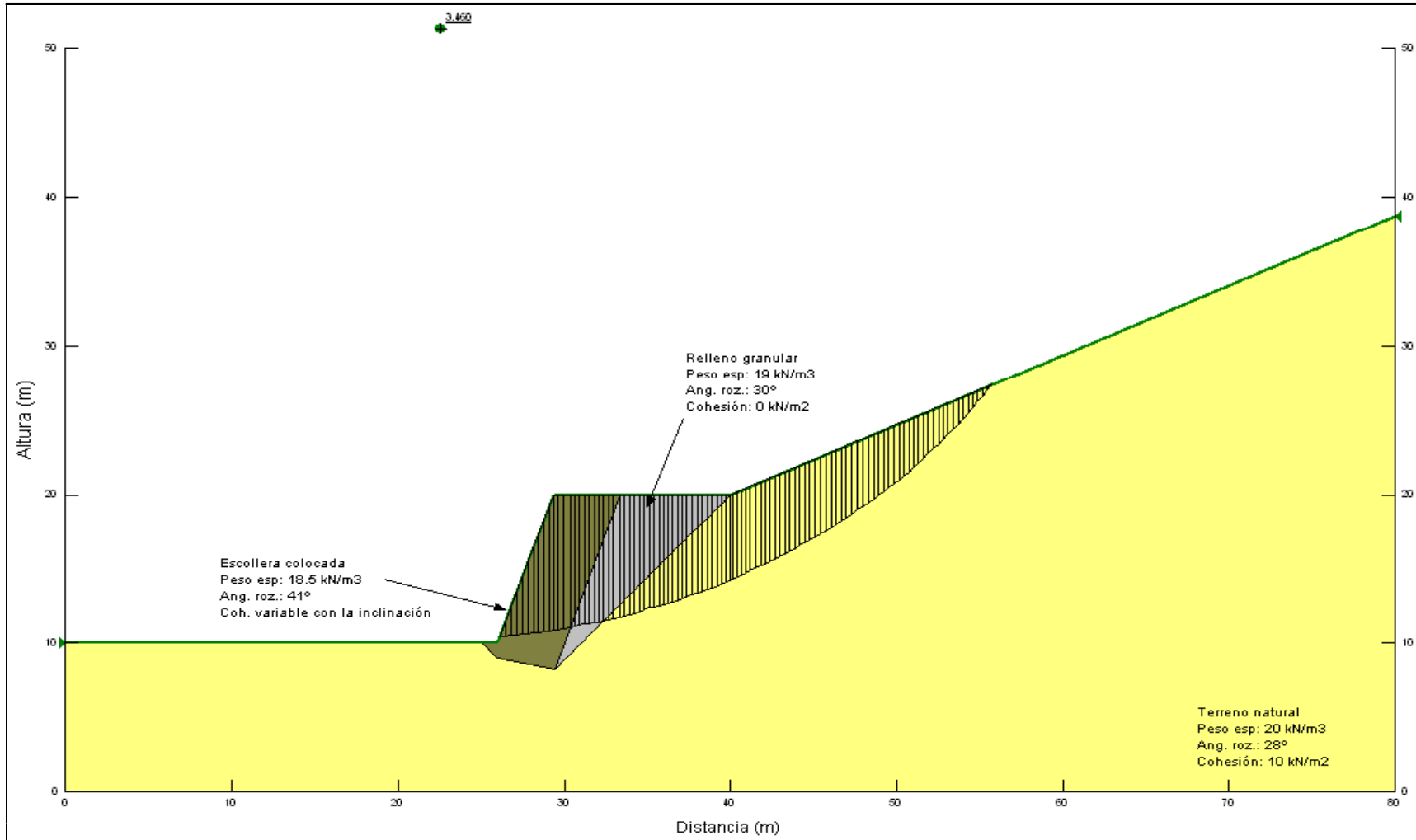


Figura 6. Estabilidad local con muro de escollera. Hipótesis de escollera con comportamiento ANISÓTROPO. Superficie NO CONDICIONADA.

Ejemplo de superficie circular. FS = 3,460

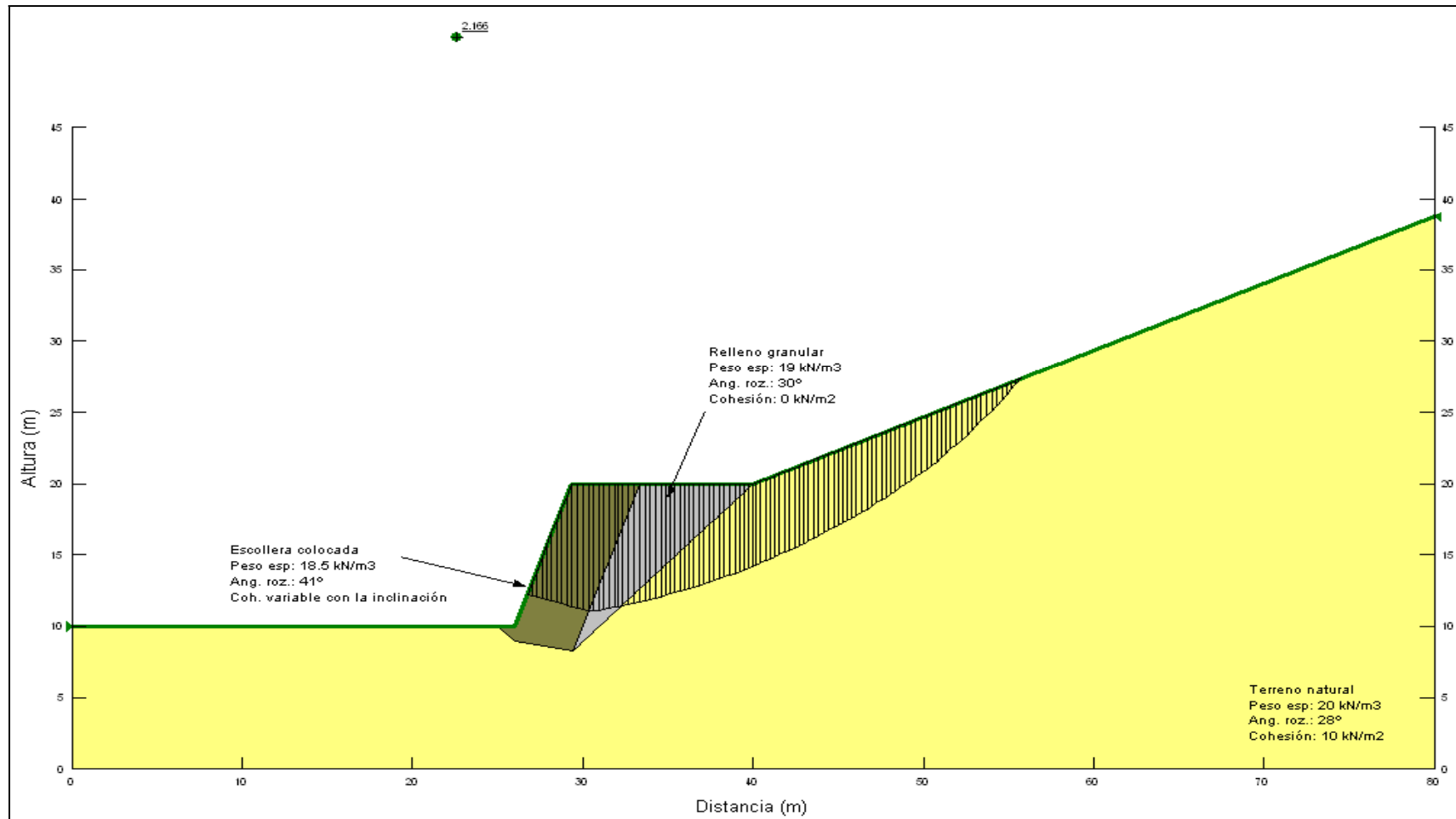


Figura 7. Estabilidad local con muro de escollera. Hipótesis de escollera con comportamiento ANISÓTROP. Superficie CONDICIONADA.

Ejemplo de superficie con salida 3H:1V. FS = 2,166

SÍNTESIS DE RESULTADOS

ESTABILIDAD LOCAL

Hipótesis “*isótropa*”: FS = 1,64

CONSERVADORA EN EXCESO

Hipótesis “*anisótropa*” rotura no condicionada: FS = 3,46

INCORRECTA

Hipótesis “*anisótropa*” rotura condicionada: FS = 2,16

CORRECTA