Muros y Taludes Reforzados

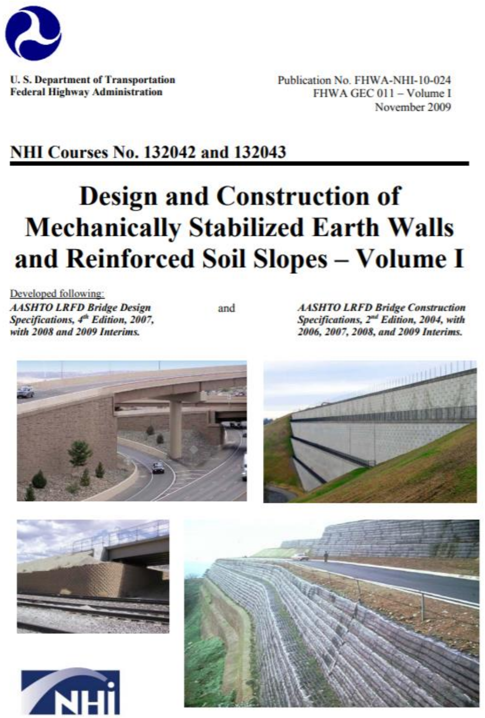
Mirafi® University 2020

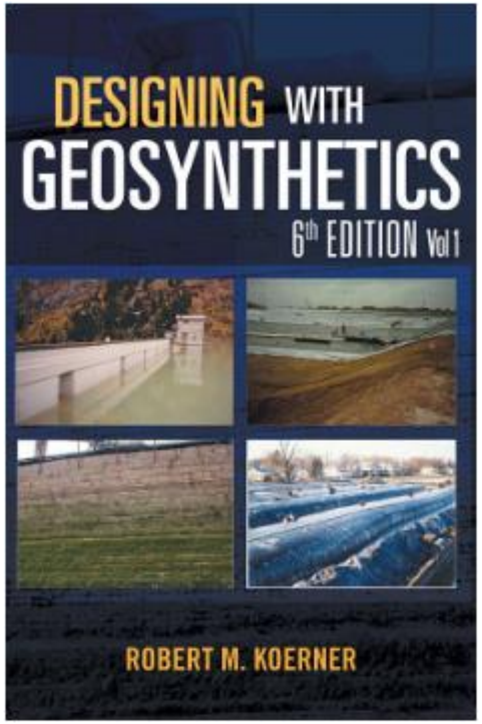
GEOSYNTHETICS

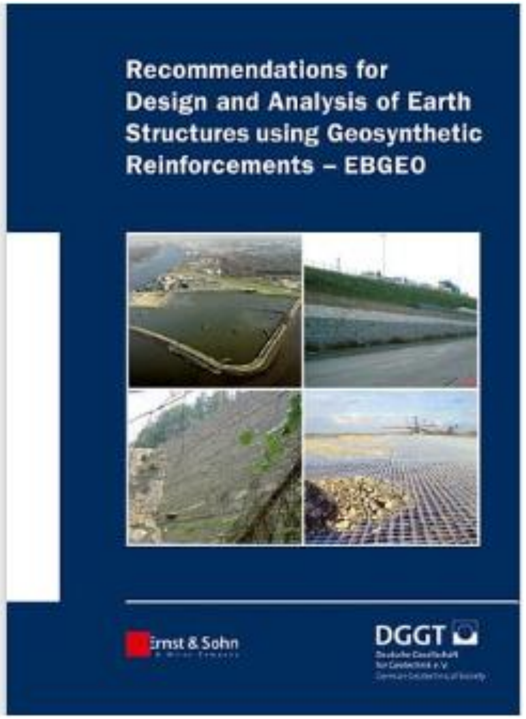
TENCATE

materials that make a difference

Bibliografía



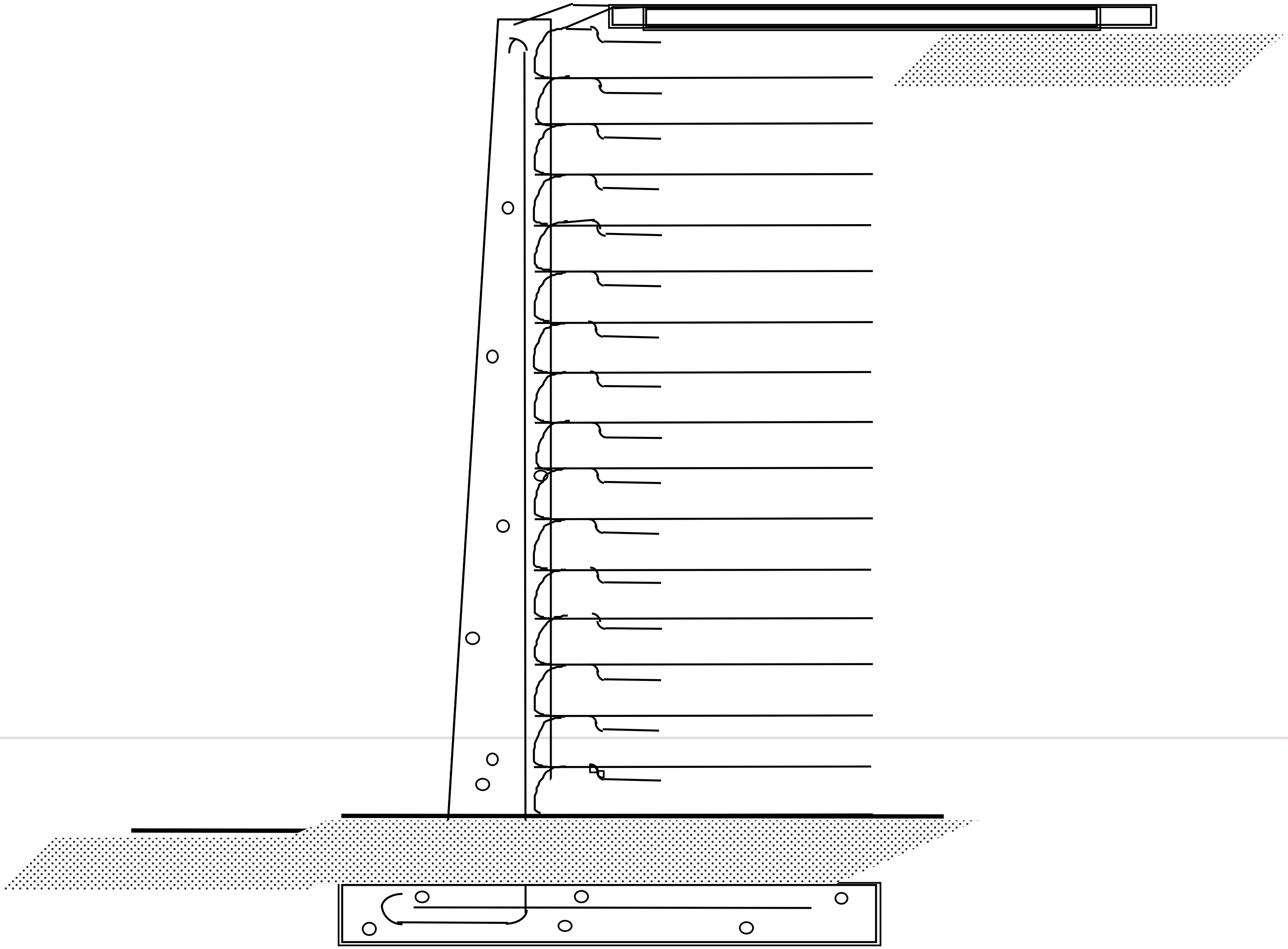




TENCATE
materials that make a difference

Muros de Contención Mecánicamente Estabilizado

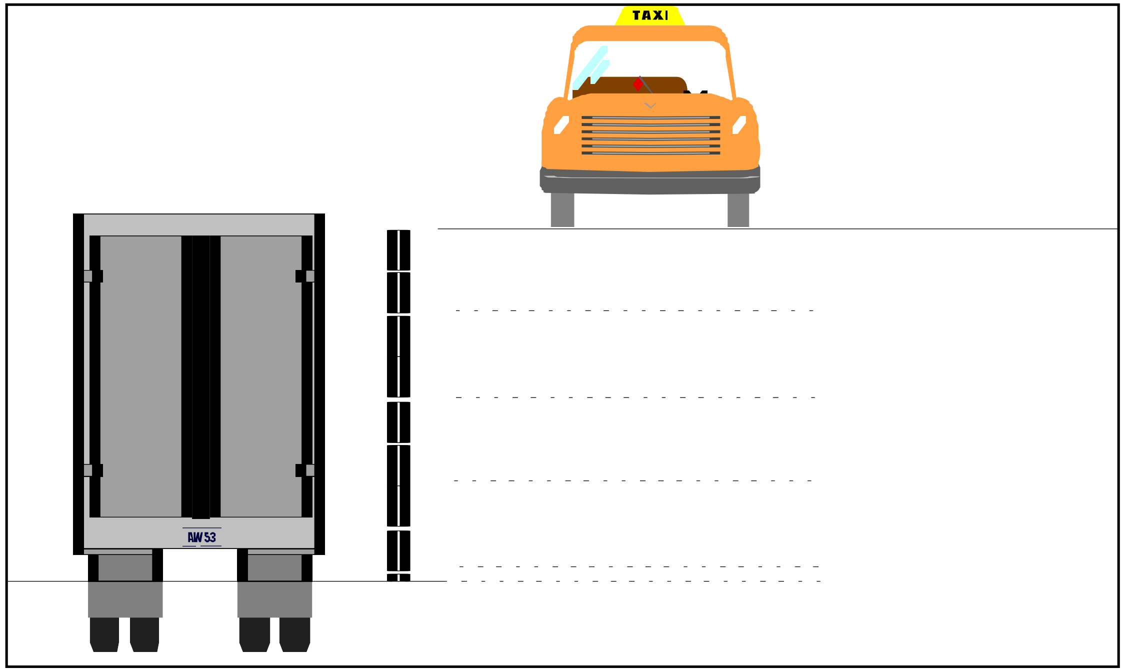
GEOSYNTHETICS



materials that make a difference

Estructuras de Ingeniería

- Soluciones con Geosintéticos
  - Muros de Retención con Block
  - Muros de Fachada Verde
  - Muros Temporales
  - Taludes Reforzados
  - Terraplenes sobre Suelos Blandos
  - Terraplenes sobre pilas/pilotes



materials that make a difference

¿Cómo Nace el Concepto?

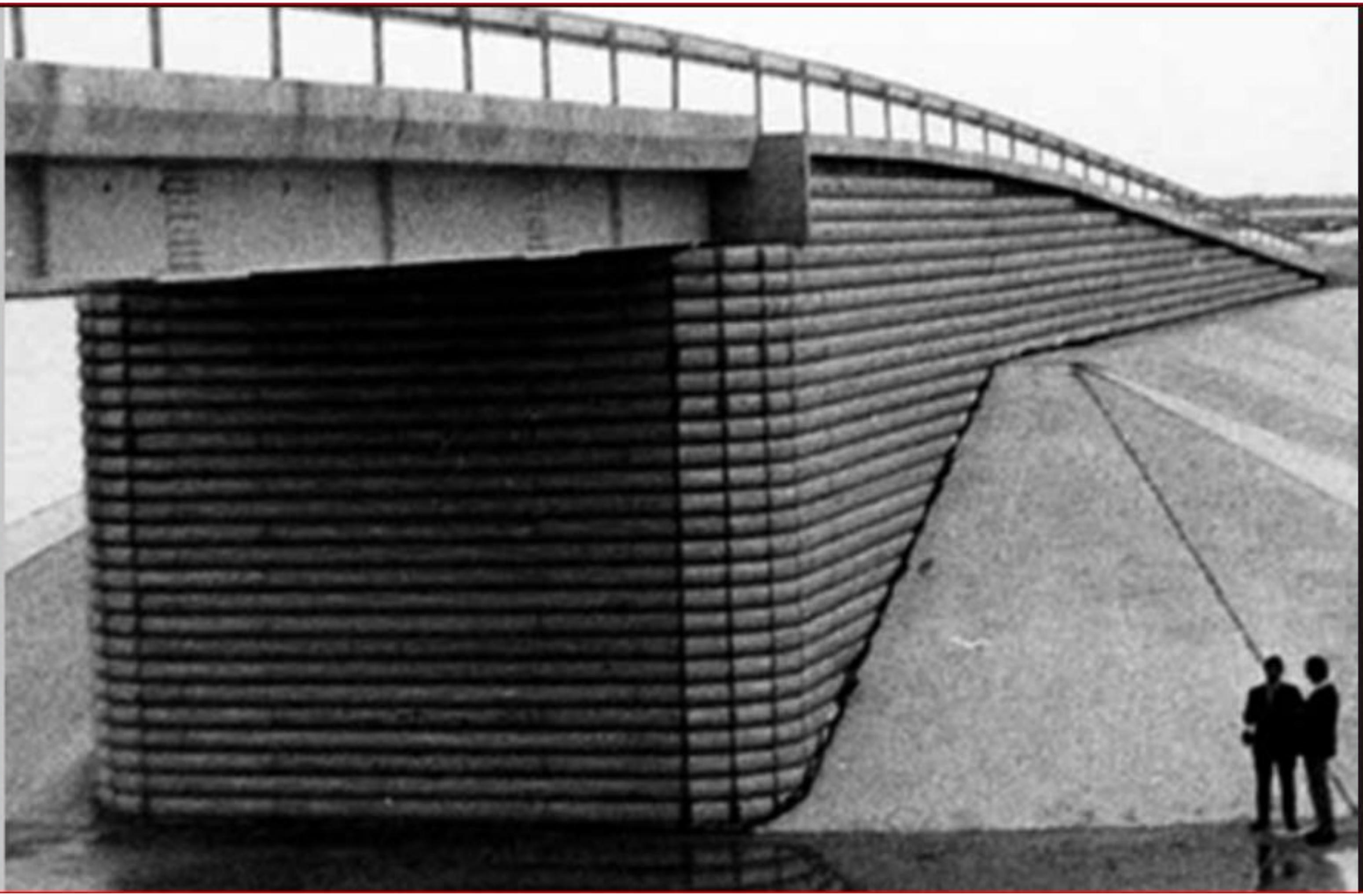
Henri Vidal - 1963

GEOSYNTHETICS

1968

Primer Muro Tierra Armada®

En la autopista A53 de Francia se construyen los primeros muros Tierra Armada® bajo el mando de la recién formada oficina de Francia. Rápidamente comienza una difusión de la tecnología a través de la creación de filiales dentro y fuera de Europa.



Dos Mecanismos

- Mejora la Resistencia a la Tensión del Suelo
- Resistencia al Corte del Suelo Generada por la Interacción Suelo-Geosintético

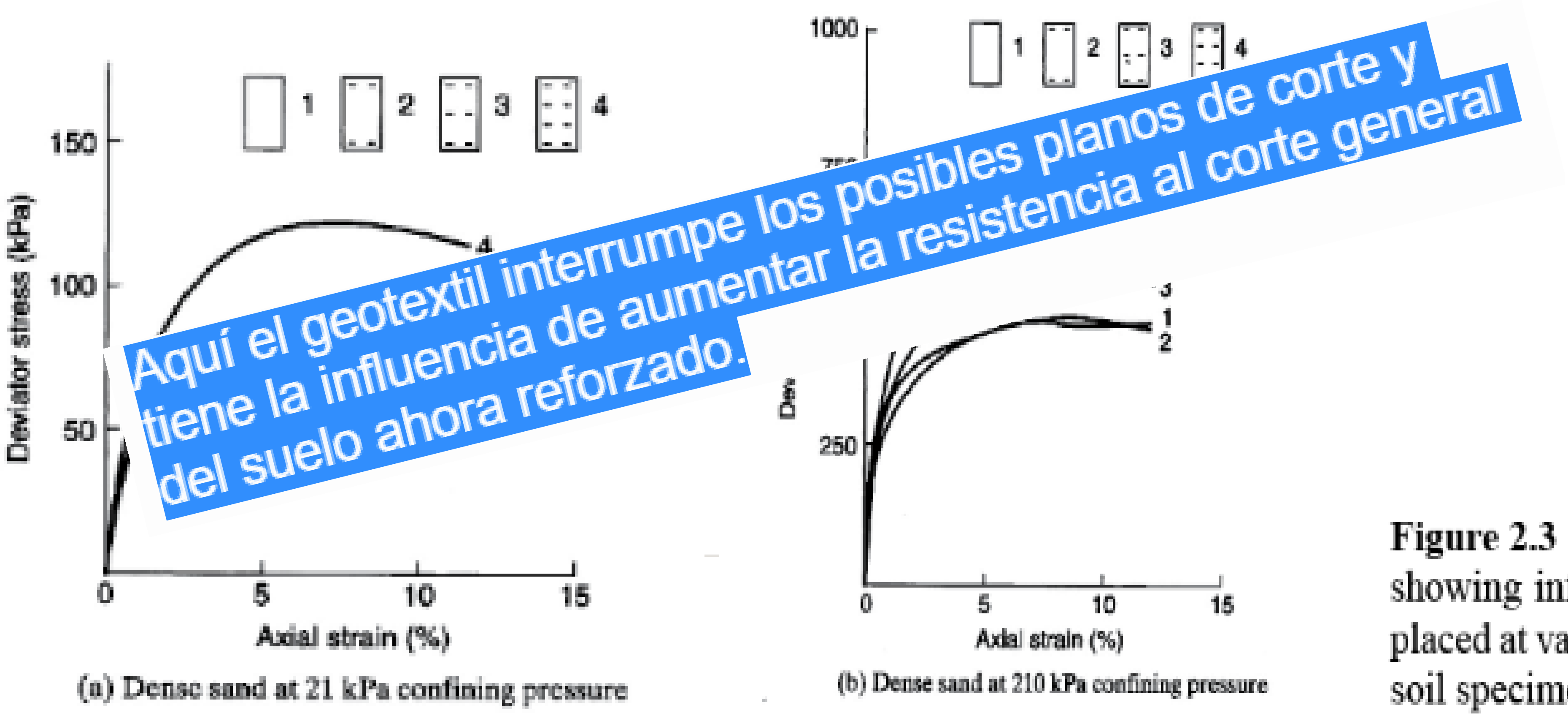


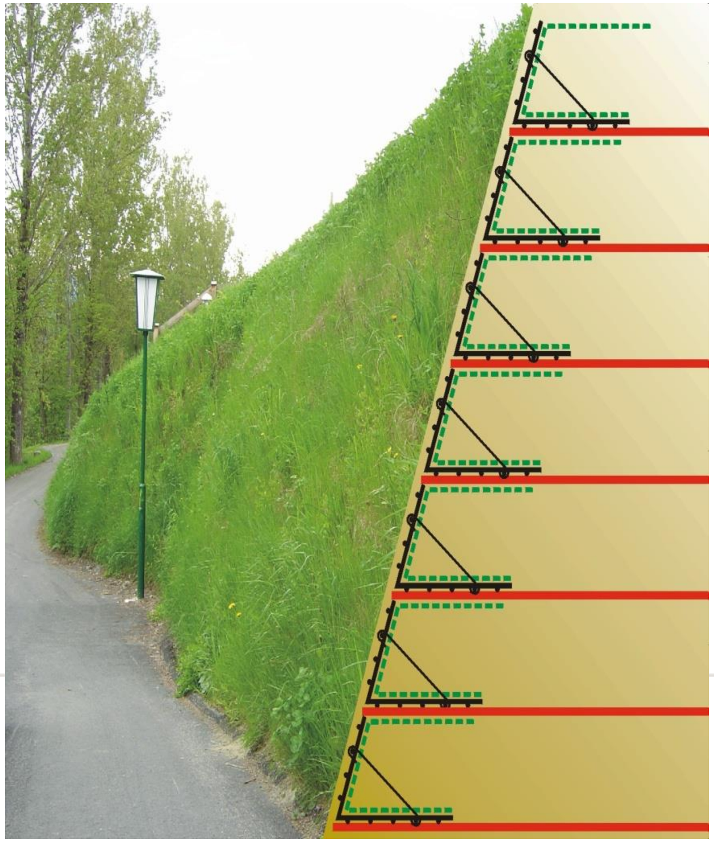
Figure 2.3 Triaxial test results showing influence of geotextiles placed at various locations within soil specimen (After Broms [1]).

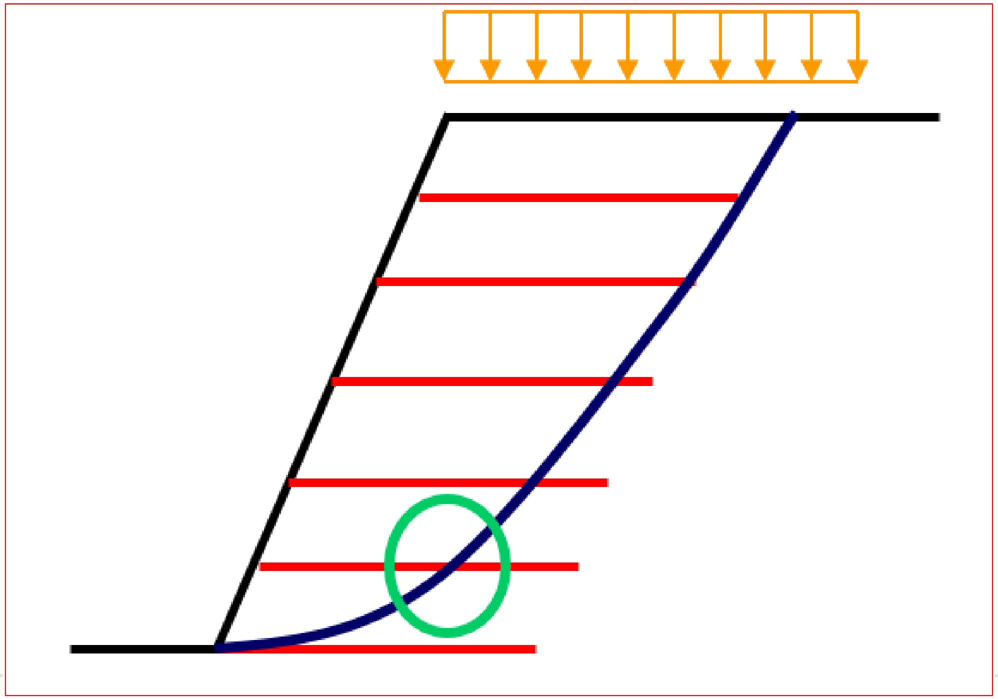
Mecanismo

- El suelo genera un distribución de esfuerzos y lo transfiere al geosintético (refuerzos extensible)
- El Geosintético absorbe los esfuerzos a tensión brindando un mejoramiento al suelo (suelo reforzado) pasando la

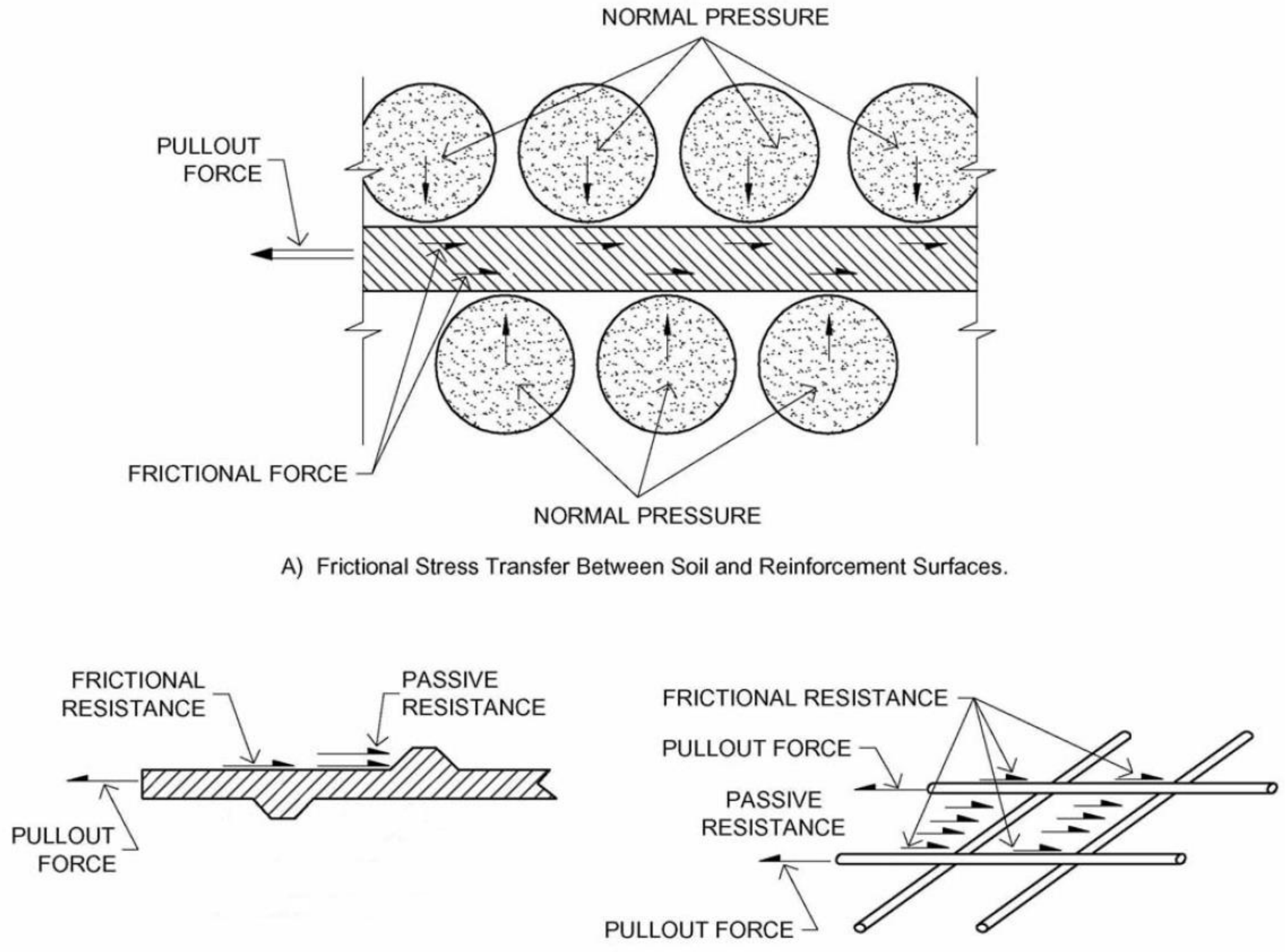
Ejemplo

Mecanismo por Tensión





Mecanismo por Interacción



Los Dos Mecanismos son Importantes

¿Qué es un muro reforzado mecánicamente?

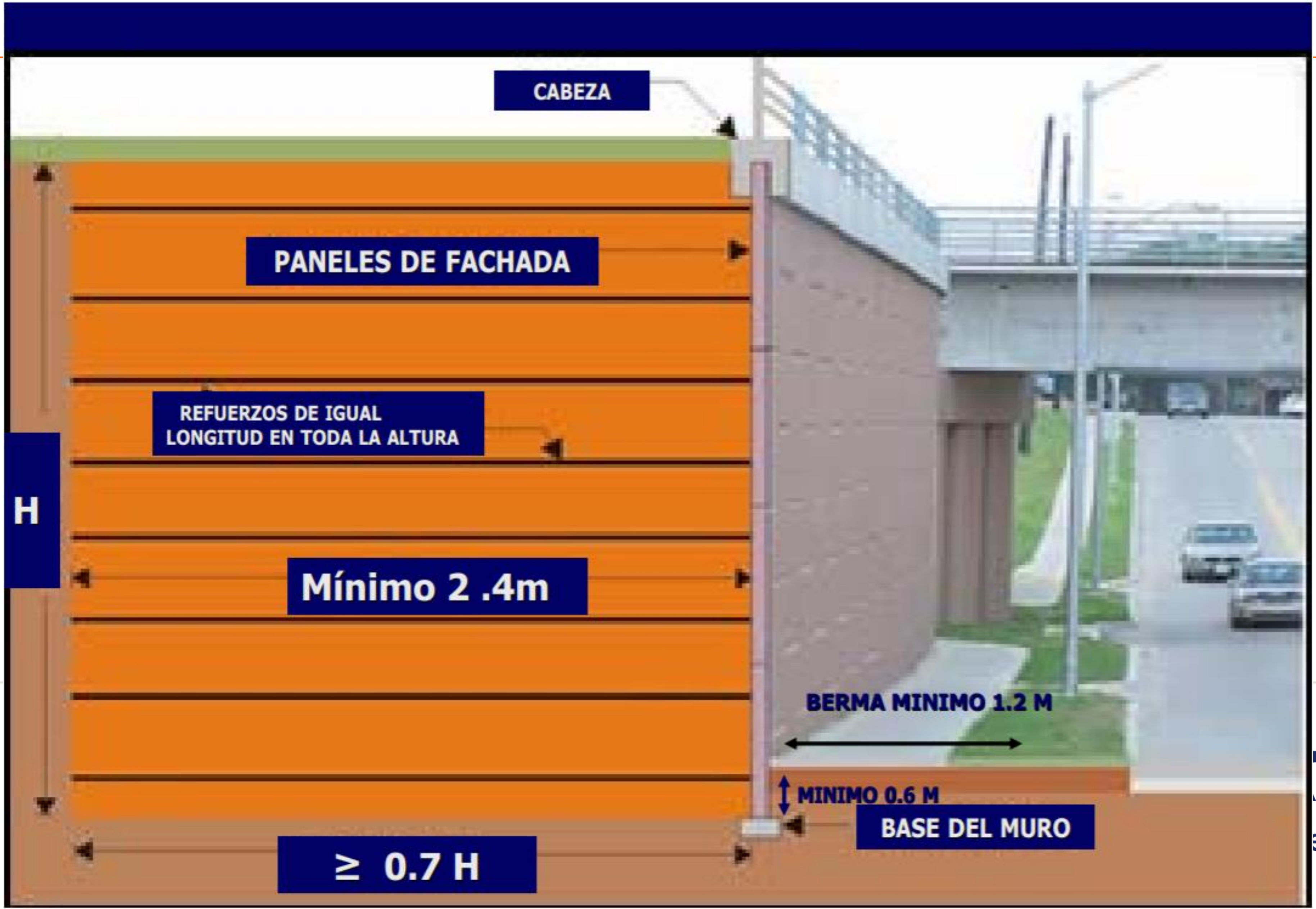
Muro Mecánicamente Estabilizado

- Es una masa de suelo reforzada con geosintéticos (Geomallas o Geotextiles)
- Combinación suelo- geosintético mejoramos el comportamiento a la tensión del suelo resistiendo las presiones ubicadas detrás de la zona reforzada
- Fachada estable de 70° hasta 90° (Vertical completamente).

Muro Mecánicamente Estabilizado

Estandares AASHTO

GEOSYNTHETICS



TE

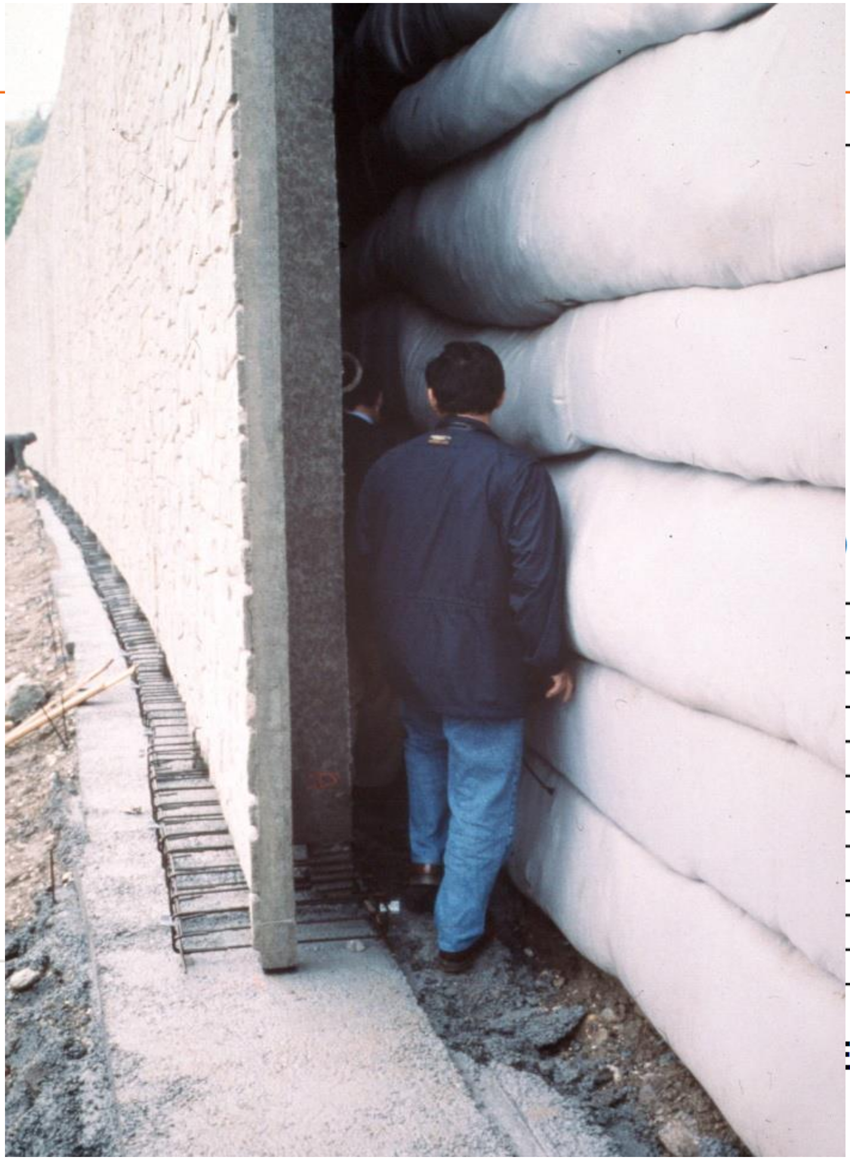
erence

¿Por Qué Los Estándares?

Falla Interna por falta de extensión de Refuerzo

Muros Mecánicamente Estabilizados

GEOSYNTHETICS



E GEOTEXTIL

CON PARED MODULAR

TENCATE
materials that make a difference

Cortesia: Prof. R.J. Bathurst / Ennio Palmeira

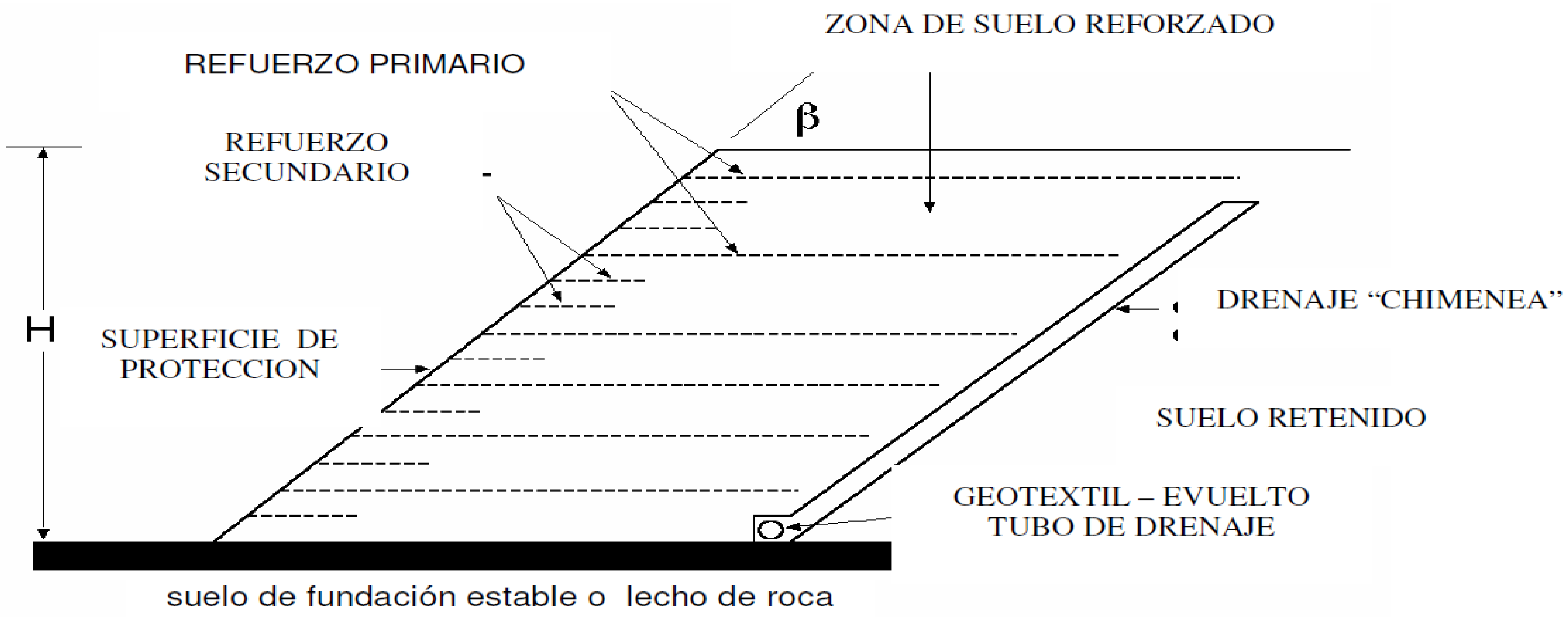
¿Qué es un talud reforzado mecánicamente?

Taludes Reforzados

- Es una masa de tierra reforzada con geosintéticos
- Taludes que van del orden de ángulo de inclinación de 45° a 70°.
- Ayudan a generar extensión de terreno
- Disminuyen pateo de taludes

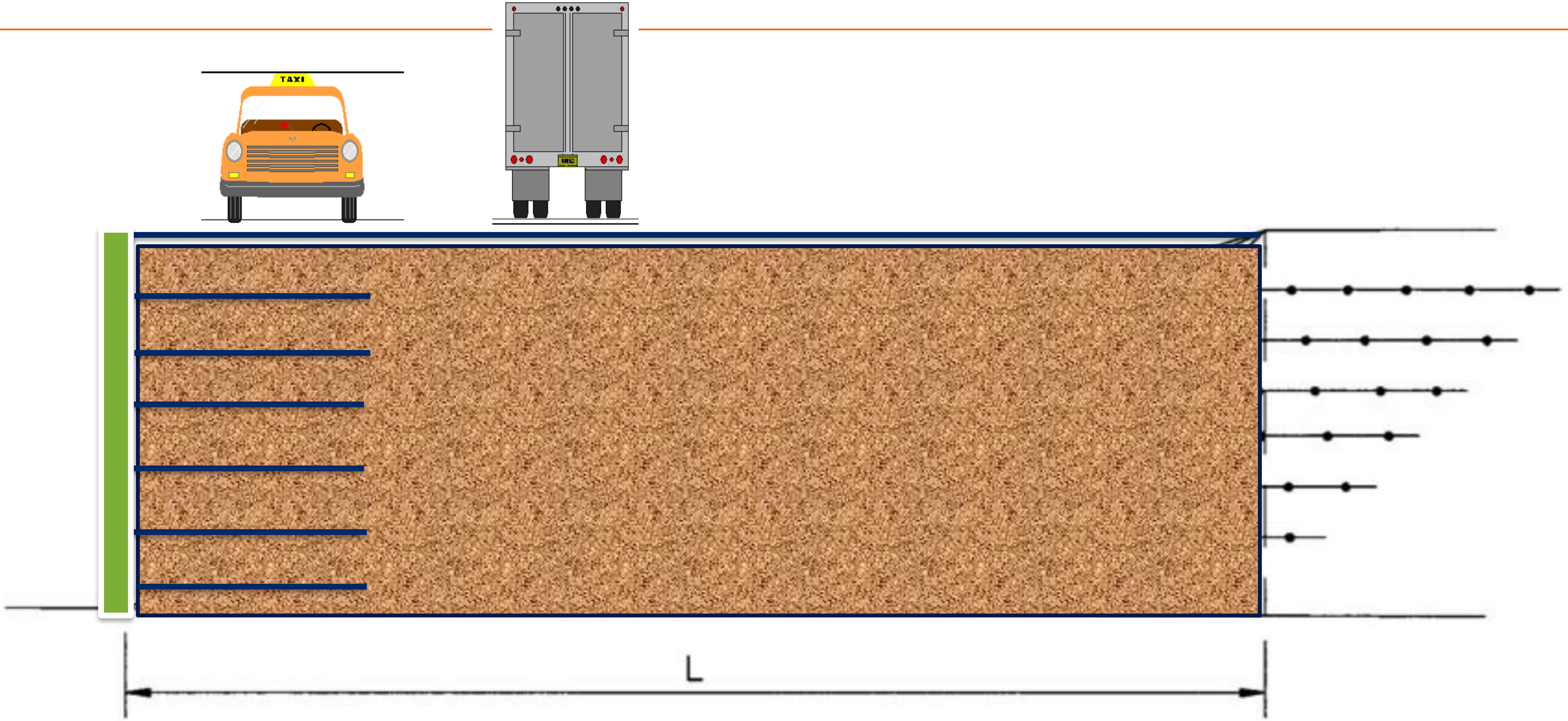
Taludes Reforzados Mecánicamente

GEOSYNTHETICS



Talud reforzado con geosintético sobre fundación estable

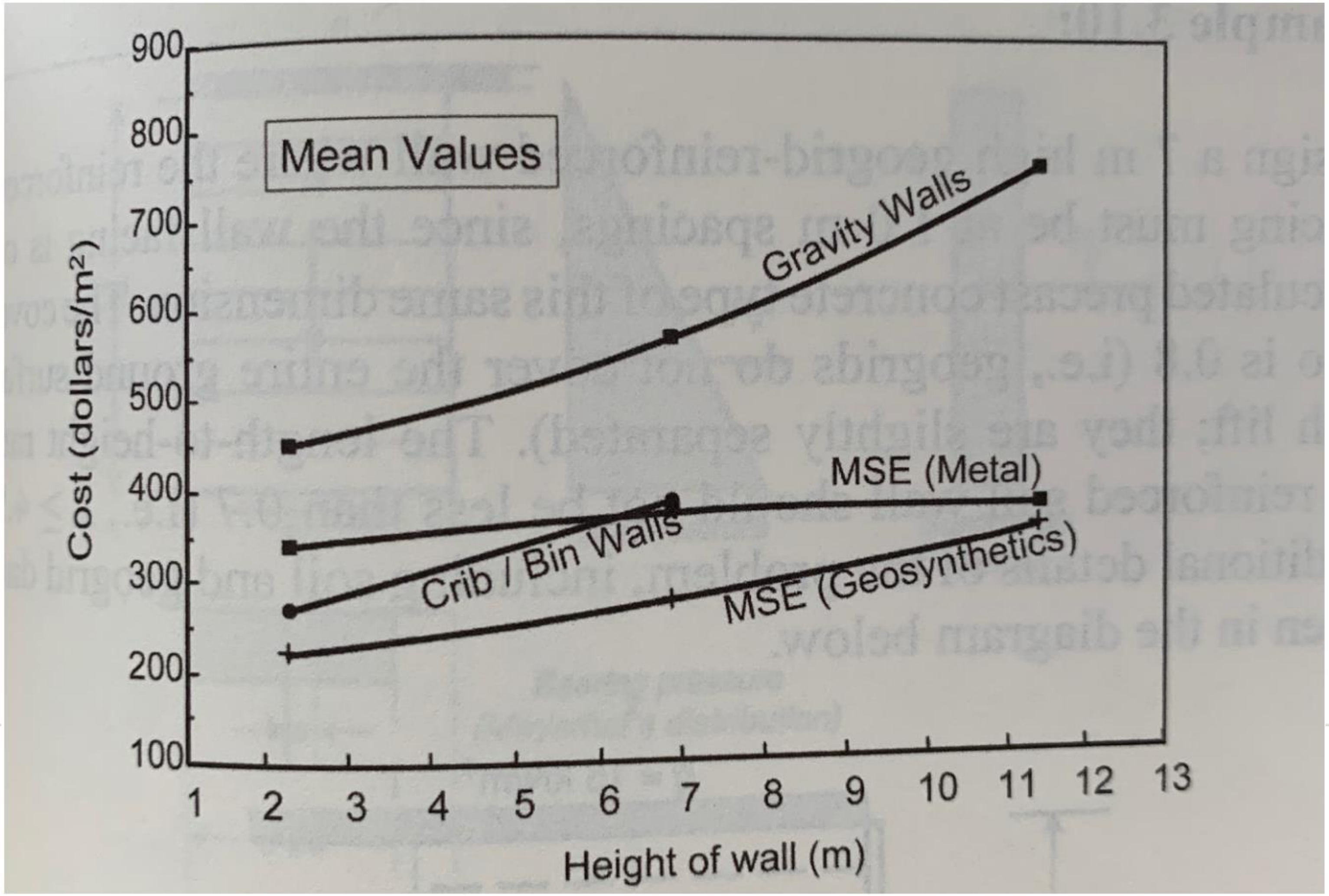
Ejemplos Muro Mecánicamente Estabilizado ó Talud Reforzado Mecánicamente



Costos X Cara de Muros

20 hasta 50% más económicos

GEOSYNTHETICS



TENCATE

materials that make a difference

Análisis según las Normas de Diseño

- Working Stress Design (ASD)
- LRFD (Diseño por Factor de Carga y Resistencia)

ASD (Diseño por Esfuerzos Admisibles)

Información Teórica de Software de Diseño GEO5

Se analiza por factores de seguridad: $FS = \frac{X_{pas}}{X_{act}} > FS_{req}$

X_{pas} Variable de resistente

X_{act} Variable de causa actuante

} Factor de Seguridad

LRFD (Load and Resistance Factor Design)

Diseño por Factores de Carga y Resistencia

- El análisis según LRFD introduce dos tipos de coeficientes de diseño:
  - Coeficientes que modifican la magnitud de la carga (Factores de carga)
  - Coeficiente de reducción de resistencia del suelo (Factores de resistencia).

Geotechnical Engineering Circular No. 11 - Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Vol. I

GEC No. 11 - Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Vol II

- FHWA-NHI-10-024 → Muros

  FHWA-NHI-10-025 → Taludes

Muros Mecánicamente Estabilizados

- **Componentes**
- Diseño
- Instalación

Componentes Refuerzo

GEOSYNTHETICS

Geomalla Miragrid XT

Geotextil Mirafi® PET

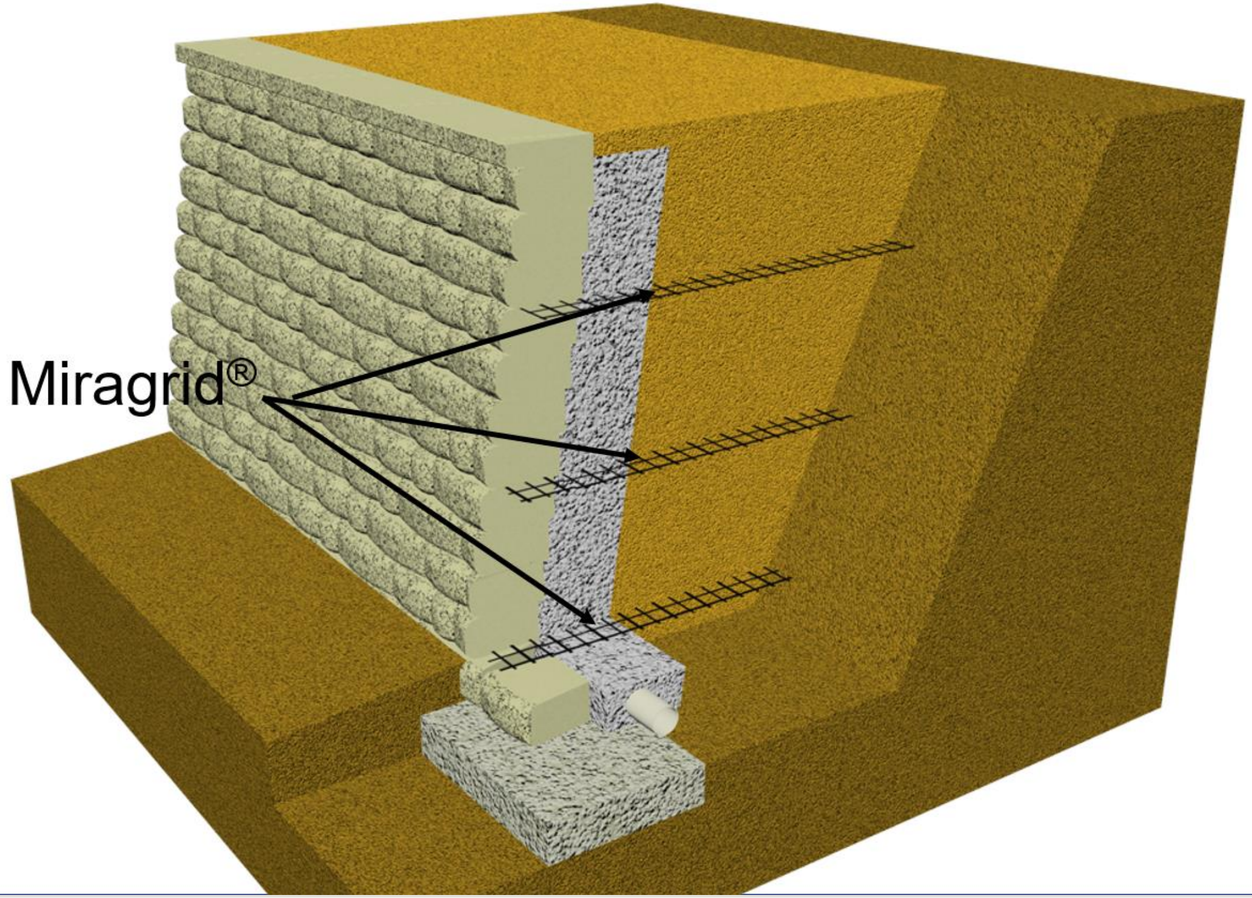
Geotextil Mirafi® HP

TENCATE
materials that make a difference

Componente de Refuerzo

Geomalla Miragrid® XT

GEOSYNTHETICS



TENCATE
materials that make a difference

Propiedades Mecánicas

Miragrid® XT

Altas Resistencias Tensión

Poca Deformación

LTDS

(Resistencias Tensión Última)

Resistente a Ácidos y Alcális

materials that make a difference

Resistencia de Diseño a Largo Plazo

$$LTDS = \frac{\text{Resistencia a la Tensión última}}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{D}}$$

Type 3 Backfill (Silty Sand), 6-inch lift / 25,000-lb roller. $RF_{CR} = 1.45$; $RF_{ID} = 1.05$; $RF_{D} = 1.15$

materials that make a difference

Factor de Reducción Creep (Fluencia)

Factor de Reducción

Creep (Fluencia)

Daños Contra Instalación

Factor de Reducción

Daño Instalación

Durabilidad Oxidación , Hidrólisis y UV

GEOSYNTHETICS

Table 6-2. NTPEP durability test results for the Miragrid XT geogrid product line and criteria to allow use of a default value for RF_D.

Polymer Type	Property	Test Method	Criteria to Allow Use of Default RF*	Test Result Obtained as Part of NTPEP Program
PP and HDPE	UV Oxidation Resistance	ASTM D4355	Min. 70% strength retained after 500 hrs in weatherometer	NA
PET	UV Oxidation Resistance	ASTM D4355	Min. 50% strength retained after 500 hrs in weatherometer if geosynthetic will be buried within one week, 70% if left exposed for more than one week.	85% strength retained
PP and HDPE	Thermo-Oxidation Resistance	ENV ISO 13438:1999, Method A (PP) or B (HDPE)	Min. 50% strength retained after 28 days (PP) or 56 days (HDPE)	NA
PET	Hydrolysis Resistance	Inherent Viscosity Method (ASTM D4603 and GRI Test Method GG8)	Min. Number Average Molecular Weight of 25,000	34,855
PET	Hydrolysis Resistance	GRI Test Method GG7	Max. Carboxyl End Group Content of 30	15.2

Note: PP = polypropylene, HDPE = high density polyethylene, PET = polyester

Based on these test results, all products in the product line meet the minimum UV requirement shown in Table 6-2. Regarding hydrolysis resistance, these test results shown in Table 6-2 indicate that this product line has adequate long-term resistance to hydrolysis to justify the use of a default value for RF_D, meeting the requirements in T925.

TENCATE
materials that make a difference

Cálculo LTDS

Miragrid Geogrids
for Soil Reinforcement

Property	Test Method	Units	2XT[4]	3XT	5XT	7XT	8XT	10XT	20XT	22XT	24XT
Polymer (coating)	–	–	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)
Tensile Strength @ Ultimate (MARV)[1]	ASTM D6637 (Method B)	lbs/ft (kN/m)	2000 (29.0)	3500 (51.1)	4700 (68.6)	5900 (86.1)	7400 (108.0)	9500 (138.6)	13705 (200.0)	20559 (300.0)	27415 (400.0)
Creep Rupture Strength[2]	ASTM D5262/ D6992	lbs/ft (kN/m)	1379 (20.0)	2414 (35.2)	3241 (47.3)	4069 (59.4)	5103 (74.5)	6552 (95.6)	9452 (137.9)	14179 (206.9)	18907 (275.9)
Long Term Design Strength[3]		lbs/ft (kN/m)	1142 (17.0)	1999 (29.2)	2684 (39.2)	3370 (49.2)	3927 (57.3)	5042 (73.6)	7540 (110.0)	11311 (165.0)	15083 (220.1)

Packaging	Units	2XT[5]	3XT[5]	5XT[5]	7XT[5]	8XT[5]	10XT[5]	20XT[5]	22XT[5]	24XT[5]
Roll Width	ft (m)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)	12 (3.6)
Roll Length	ft (m)	150 (46)	150 (46)	150 (46)	200 (61)	200 (61)	200 (61)	200 (61)	200 (61)	200 (61)
Estimate Roll Weight	lbs (kg)	109 (49)	115 (52)	135 (61)	179 (81)	205 (93)	255 (116)	360 (163)	470 (213)	595 (270)
Area	yd^2 (m^2)	200 (167)	200 (167)	200 (167)	267 (220)	267 (220)	267 (220)	267 (220)	267 (220)	267 (220)

Tensión Última
108 Kn/m

Tensión Largo Plazo
57.3 Kn/m

Conclusión

- Cuando diseño o comparo una ficha técnica de geomallas uniaxiales para muros o taludes reforzados siempre debo comparar el Valor *de* ***Resistencia a la Tensión a largo plazo LTDS*** ***(Valor Para Diseño)***

¿Cómo Influye LTDS en el Diseño?

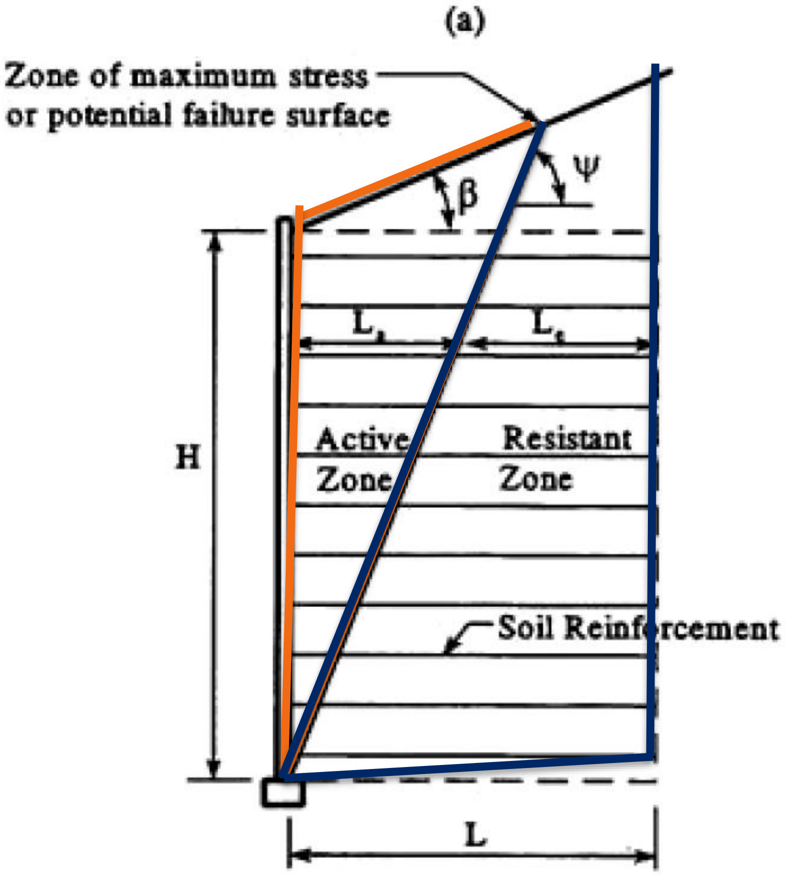
Análisis Interno

Análisis Interno AASHTO – FHWA NHI-10-024

FHWA – Refuerzos Extensibles

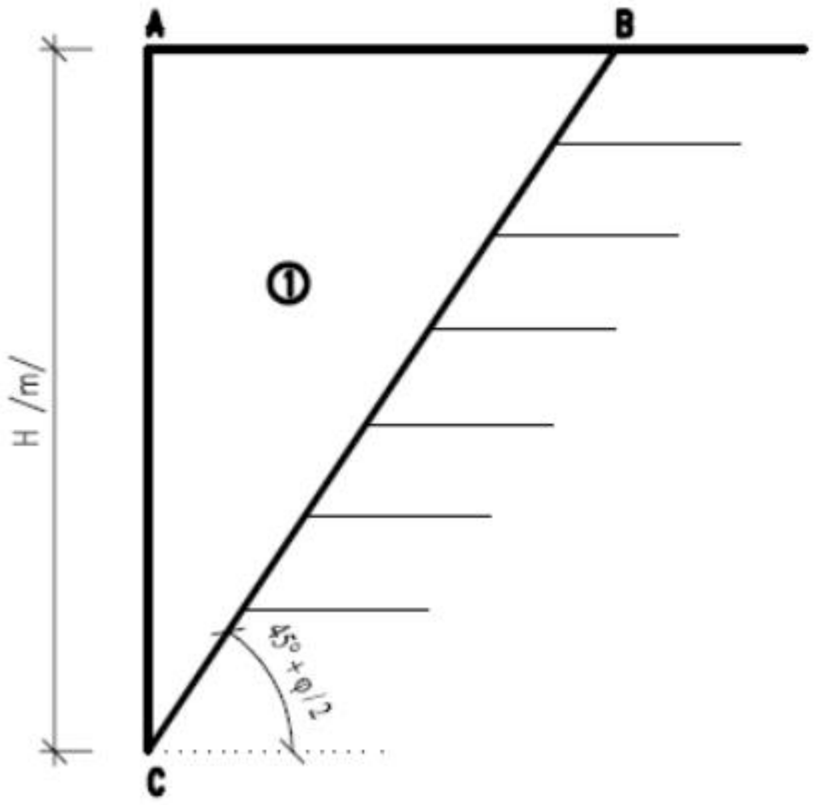
GEOSYNTHETICS

(a)



For vertical face

$$\psi = 45 + \frac{\phi}{2}$$



① STANDARD, AASHTO – EXTENSIBLE, FHWA NHI-10-024

For walls with a face batter angle (θ) 10° or more from the vertical,

$$\tan(\psi-\theta)=\frac{-\tan(\phi-\beta)+\sqrt{\tan(\phi-\beta)[\tan(\phi-\beta)+\cot(\phi+\theta-90)][1+\tan(\delta+90-\theta)\cot(\phi+\theta-90)]}}{1+\tan(\delta+90-\theta)[\tan(\phi-\beta)+\cot(\phi+\theta-90)]}$$

with $\delta=\beta$

θ = wall batter angle (b)

For wall with a broken backslope, use $\delta=\beta_{cs}$

TENCATE

als that make a difference

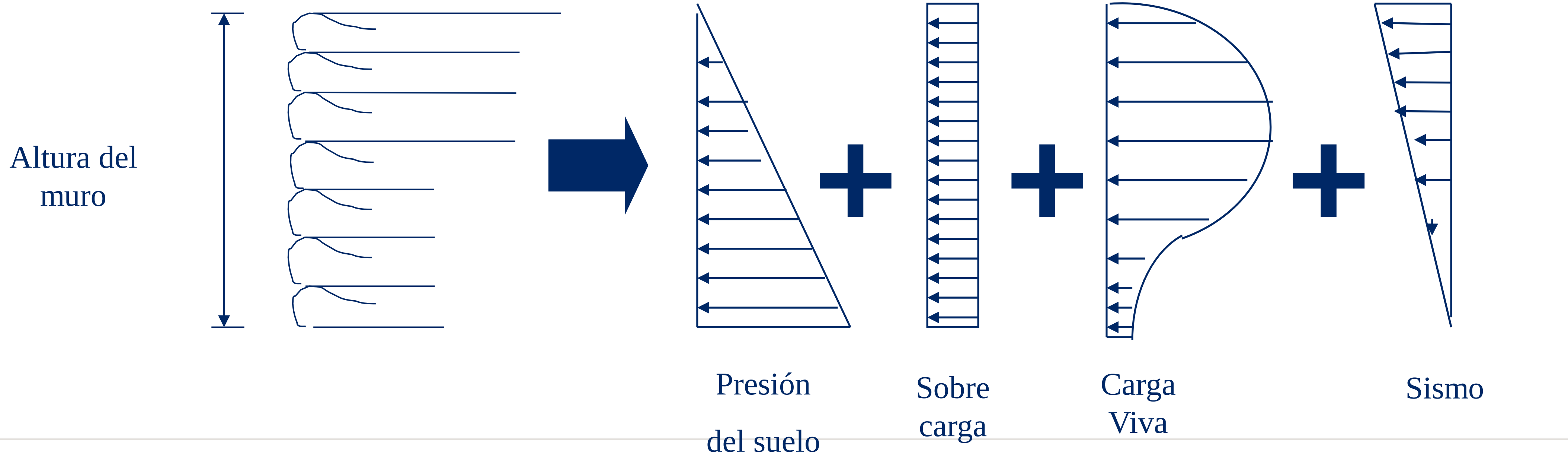
Análisis Estabilidad Interna
Whitcomb y Bell (1979)

- **Estabilidad Interna**
  - Tipo de Refuerzo y Resistencia de Diseño
  - Separación vertical de Capas de Refuerzo
  - Longitud de Desarrollo

Análisis Empujes

Whitcomb y Bell (1979)

GEOSYNTHETICS



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

- Coeficiente de presión activa del suelo

$$q = \gamma h$$

- Sobre Carga
  h = Altura vertical

$$\sigma_{hs} = K_a \gamma z$$

- Empuje Lateral del Suelo

$$\sigma_{hq} = K_a q$$

- Empuje debido a la Sobre Carga

$$\sigma_{din} = \frac{2 \cdot C_S \cdot W}{H}$$

- Empuje por Sismo

$$\sigma_{hl} = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} + \sigma_d$$

- Empuje Total

Estabilidad Interna - Cálculos

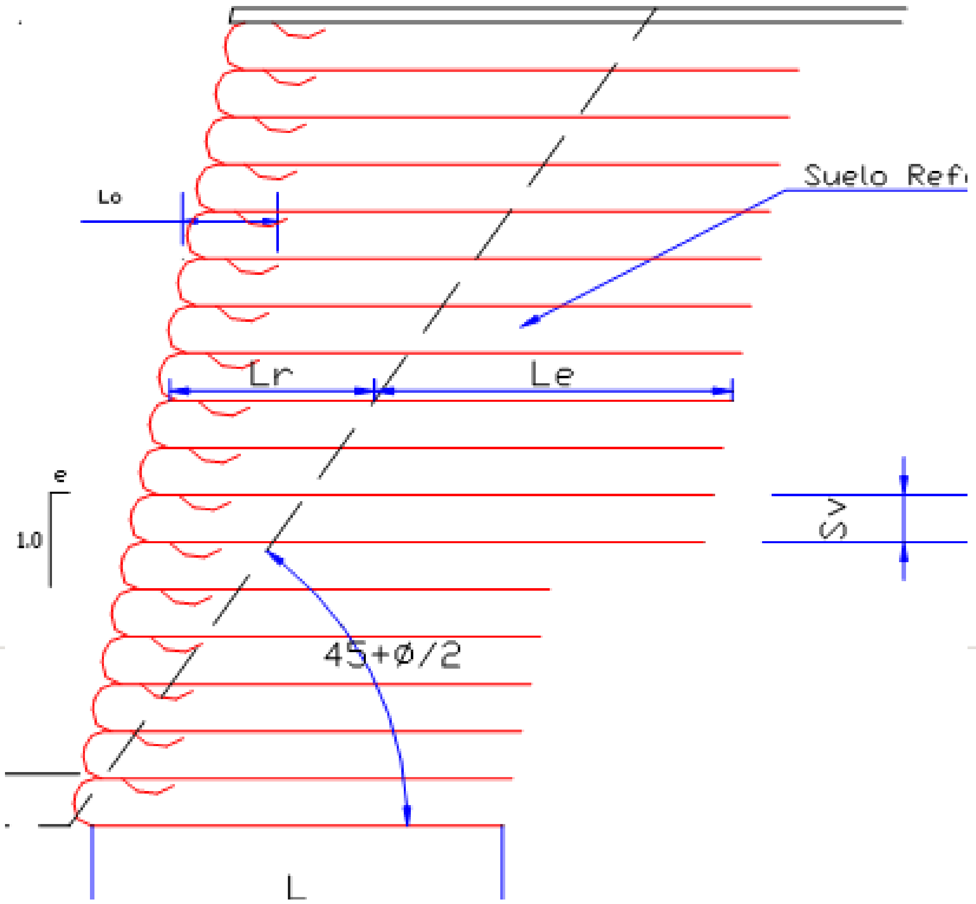
$$S_v = \frac{T_{allow}}{\sigma_h F.S}$$

$$L = L_e + L_R$$

$$L_R = (H - z)\tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

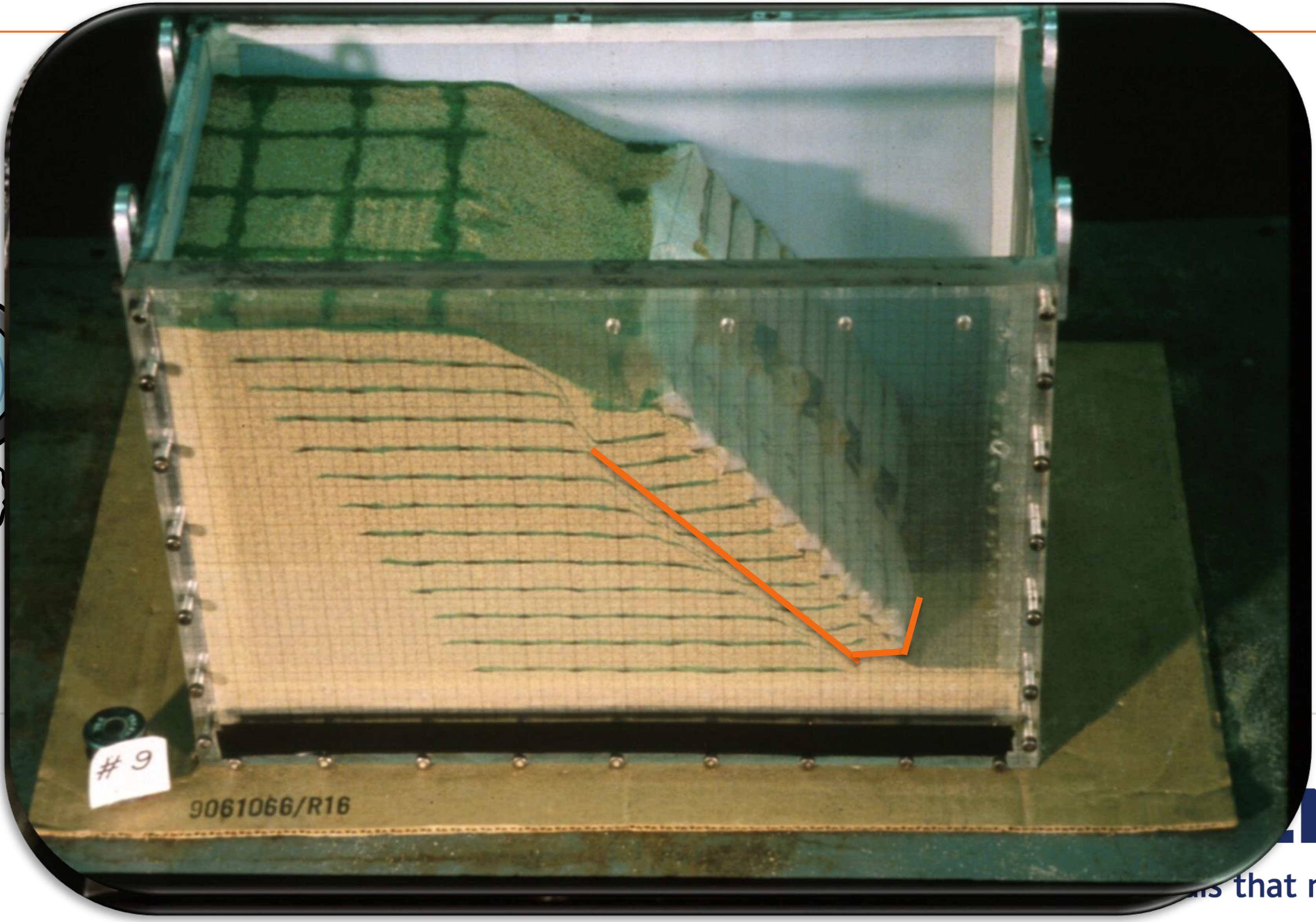
$$L_e = \frac{S_v \sigma_h FS}{2(c + \gamma z \tan\delta)}$$

$$L_o = \frac{S_v \sigma_h FS}{4(c + \gamma z \tan\delta)}$$



Estabilidad Interna

GEOSYNTHETICS



...NCATE
...that make a difference

Considerar LTDS

Factores de Reducción por Creep (fluencia)

TenCate Miragrid®
FRC = 1.44 (SM, GP, SP, GW)

Alta Tecnología!

Los valores de RFID , RFCR , y RFD se presentan en la publicación FHWA SA-96-071 apéndice B, y FHWA SA-96-72.

Tipo de polímero	Factores de reducción por fluencia (Creep)
Poliéster	1.6 a 2.5
Polipropileno	4 a 5
Polietileno de alta densidad	2.6 a 5

Análisis Externo

Análisis Estabilidad Externa (opción 1)

FHWA 2007

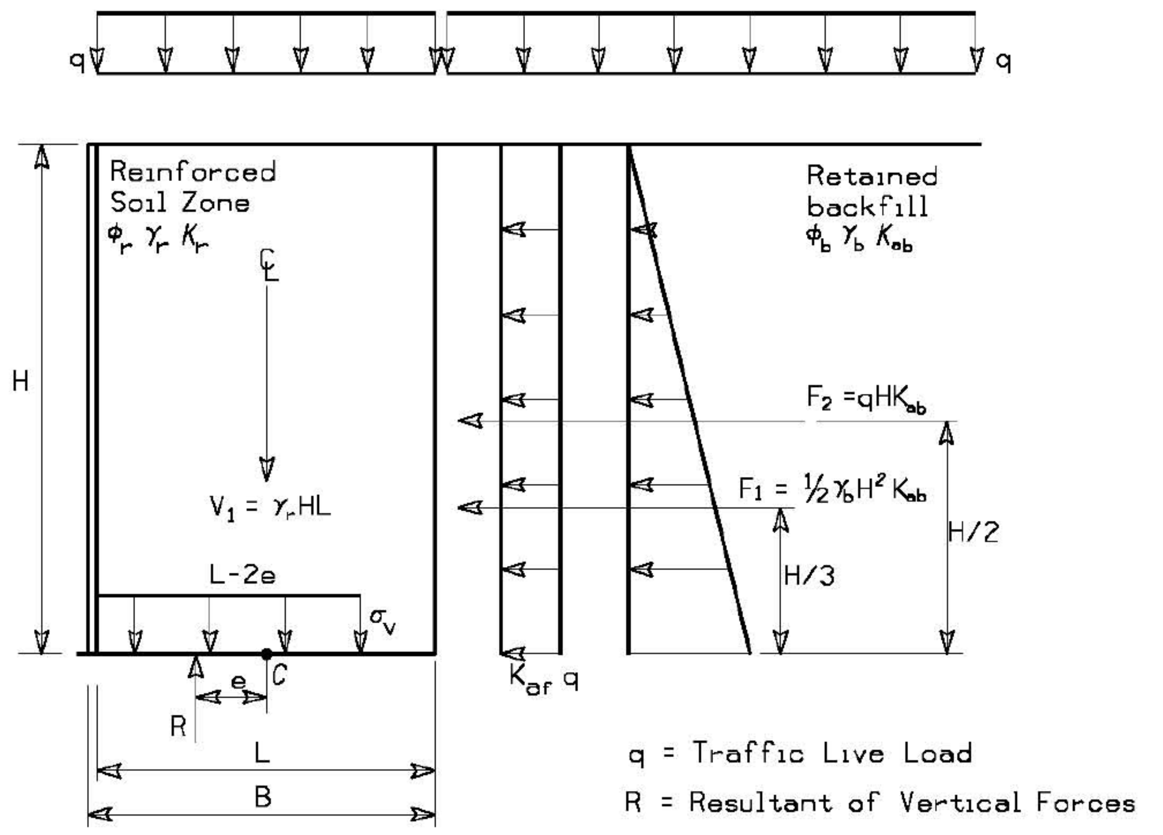


Figure 4-7. Calculation of eccentricity and vertical stress for bearing check, for horizontal backslope with traffic surcharge condition.

Volteo

$$FS_{OT} = \frac{\sum momentos\ resistentes\,(Mr)}{\sum momentos\ de\ volteo\,(Mo)} = \frac{V_1\,(L/2)}{F_1\,(H/3) + F_2\,(H/2)} \geq 2.0$$

Deslizamiento

$$FS_{SL} = \frac{\sum fuerzas\ horizontales\ resistentes}{\sum fuerzas\ horizontales\ actuantes} = \frac{V_1\,(\tan\rho\,\sigma\,\tan\phi)}{F_1 + F_2} \geq 1.5$$

TENCATE

materials that make a difference

Análisis Estabilidad Externa (opción 2)

FHWA 2007

GEOSYNTHETICS

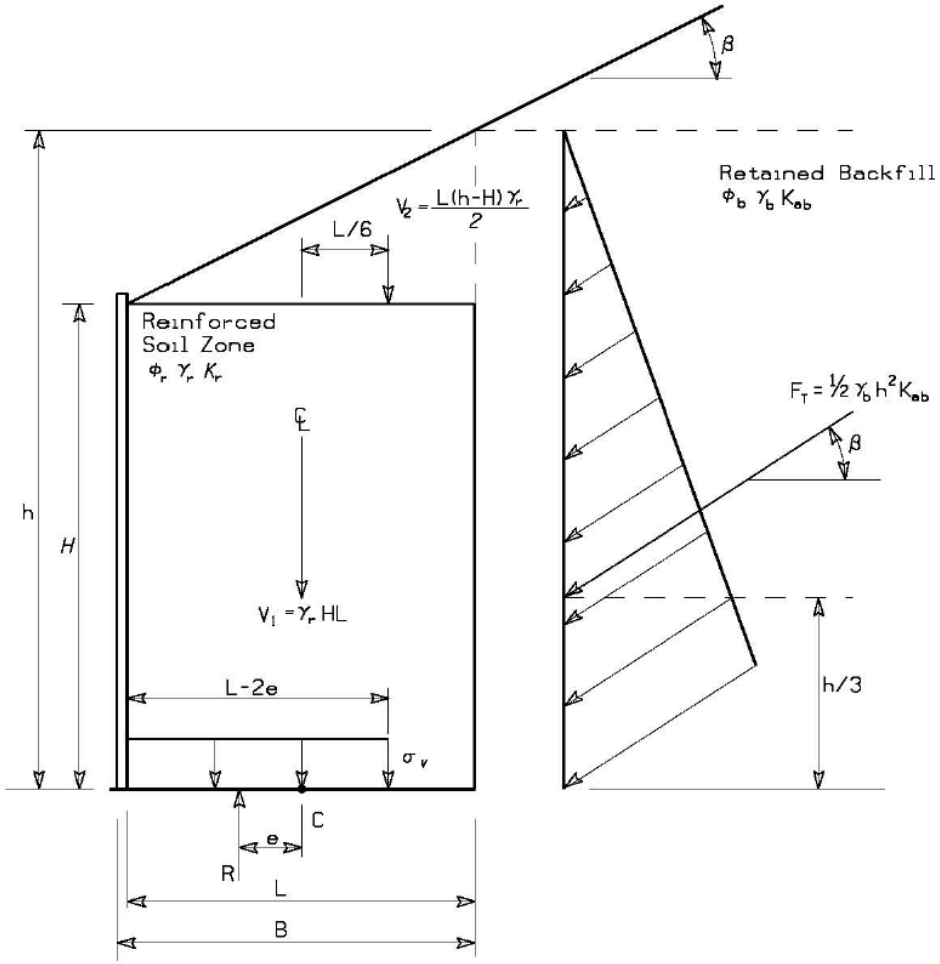


Figure 4-8. Calculation of eccentricity and vertical stress for bearing check, for sloping backslope condition.

Volteo

$$FS_{OT} = \frac{\sum momentos\ resistentes\,(Mr)}{\sum momentos\ de\ volteo\,(Mo)} = \frac{V_1(L/2)+V_2(2L/3)+F_V(L)}{FH(h/3)} \geq 2.0$$

Deslizamiento

$$FS_{SL} = \frac{\sum fuerzas\ horizontales\ resistentes}{\sum fuerzas\ horizontales\ actuantes} = \frac{(V_1+V_2+F_V)(Tan\rho\,\sigma\,Tan\phi)}{FH} \geq 1.5$$

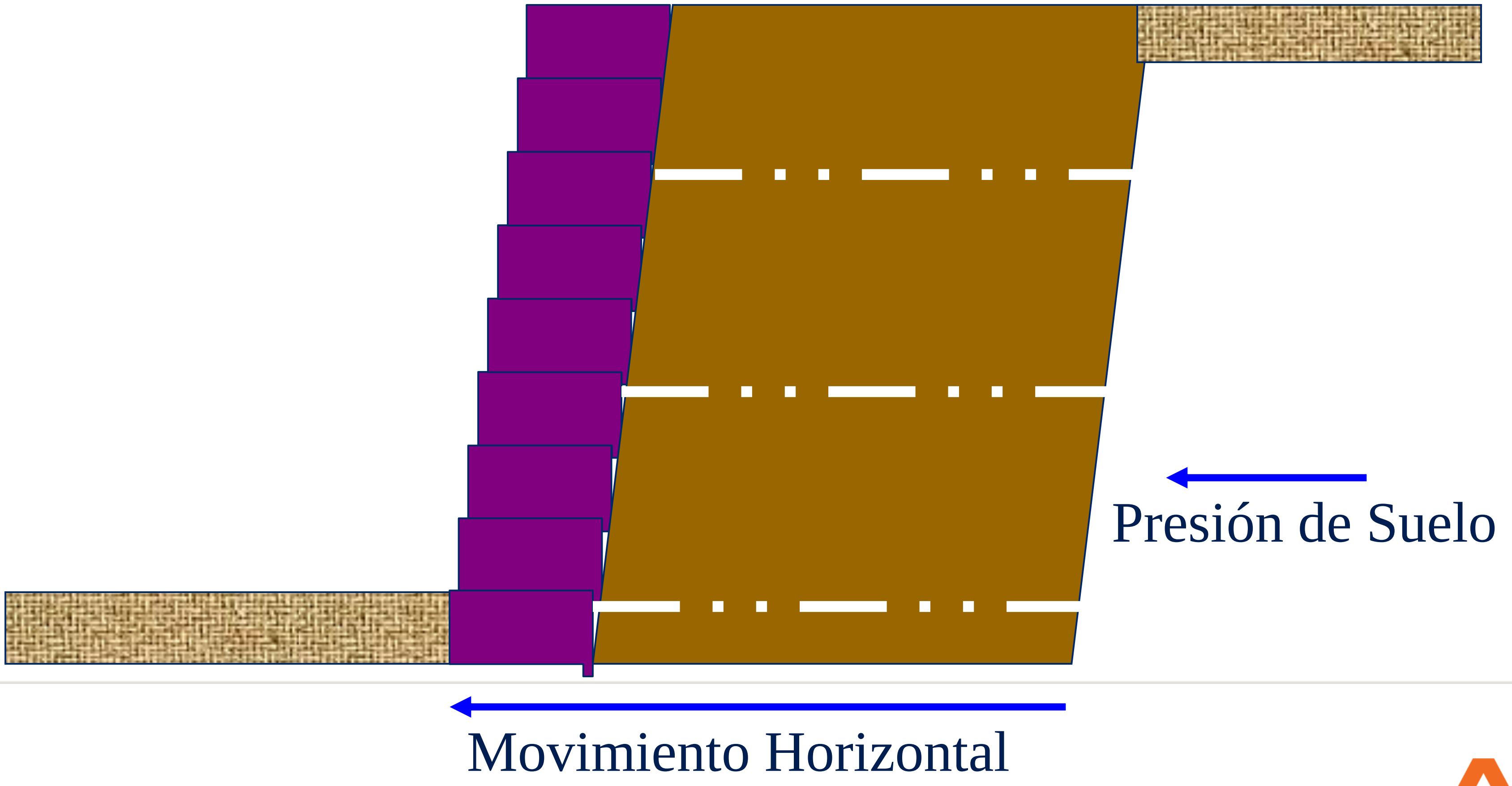
TENCATE

materials that make a difference

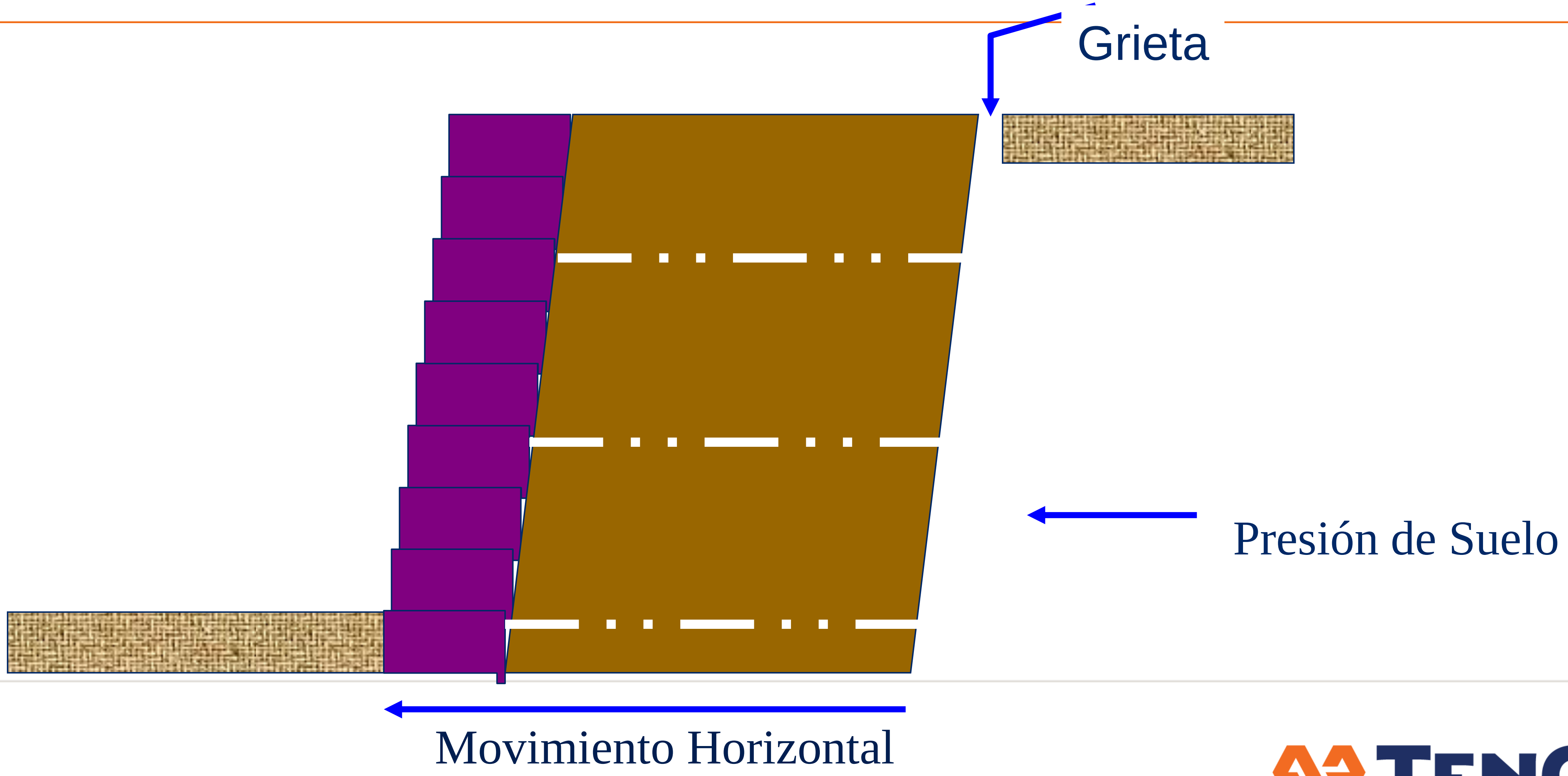
Análisis de Estabilidad Externa

- Por deslizamiento, F.S.≥1.50
- Por volteo, F.S.≥2.0
- Por capacidad de carga, F.S. ≥ 2.0

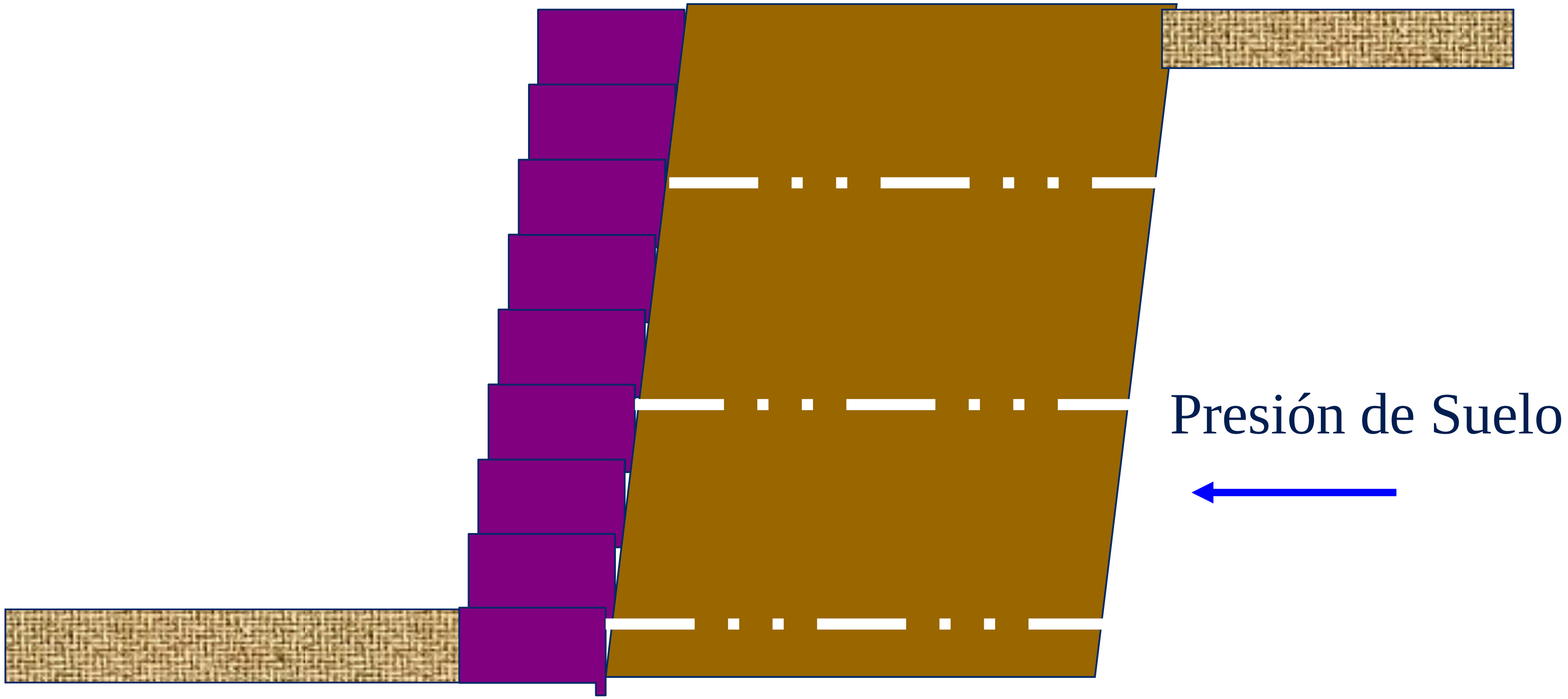
Deslizamiento



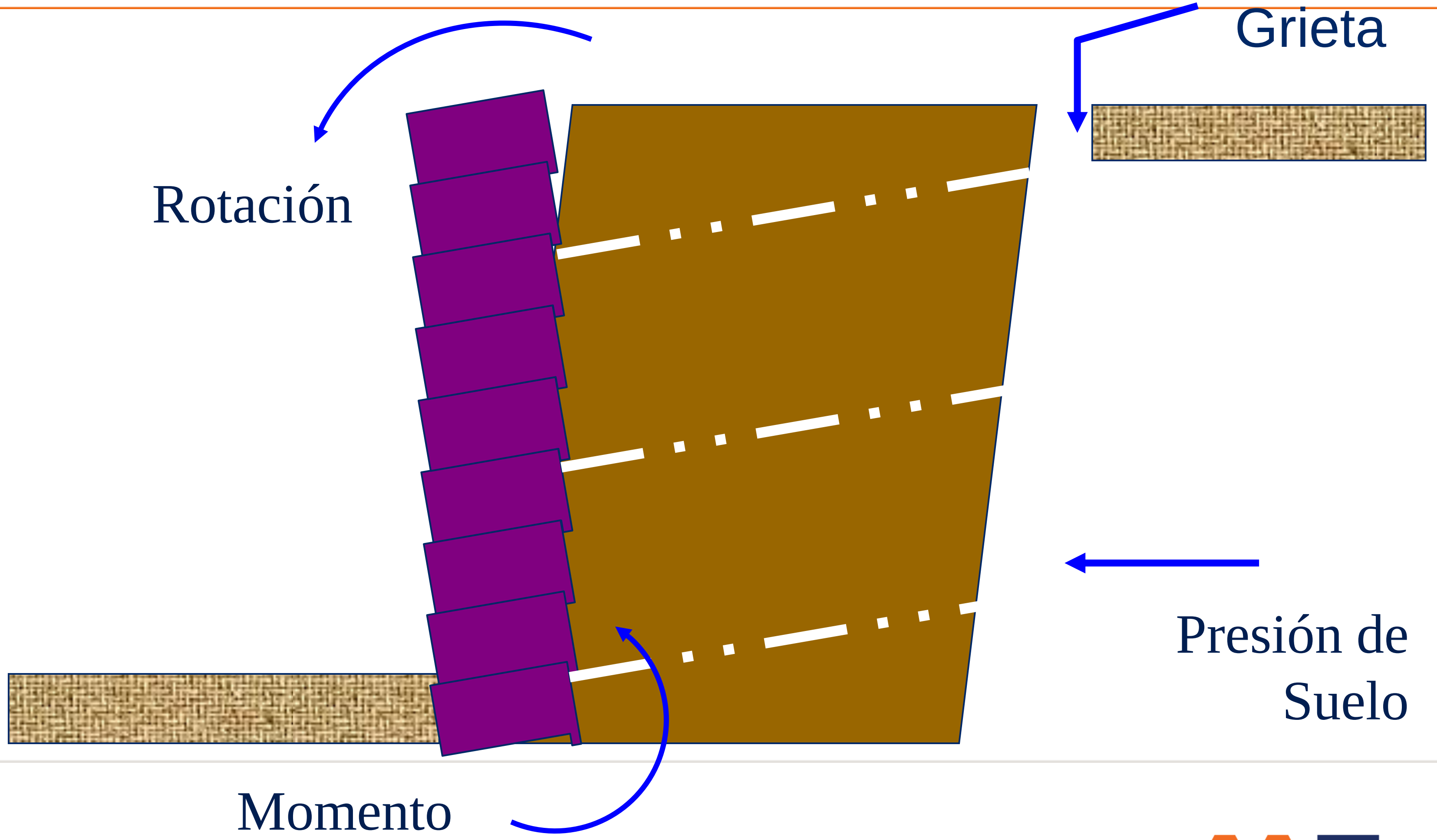
Deslizamiento



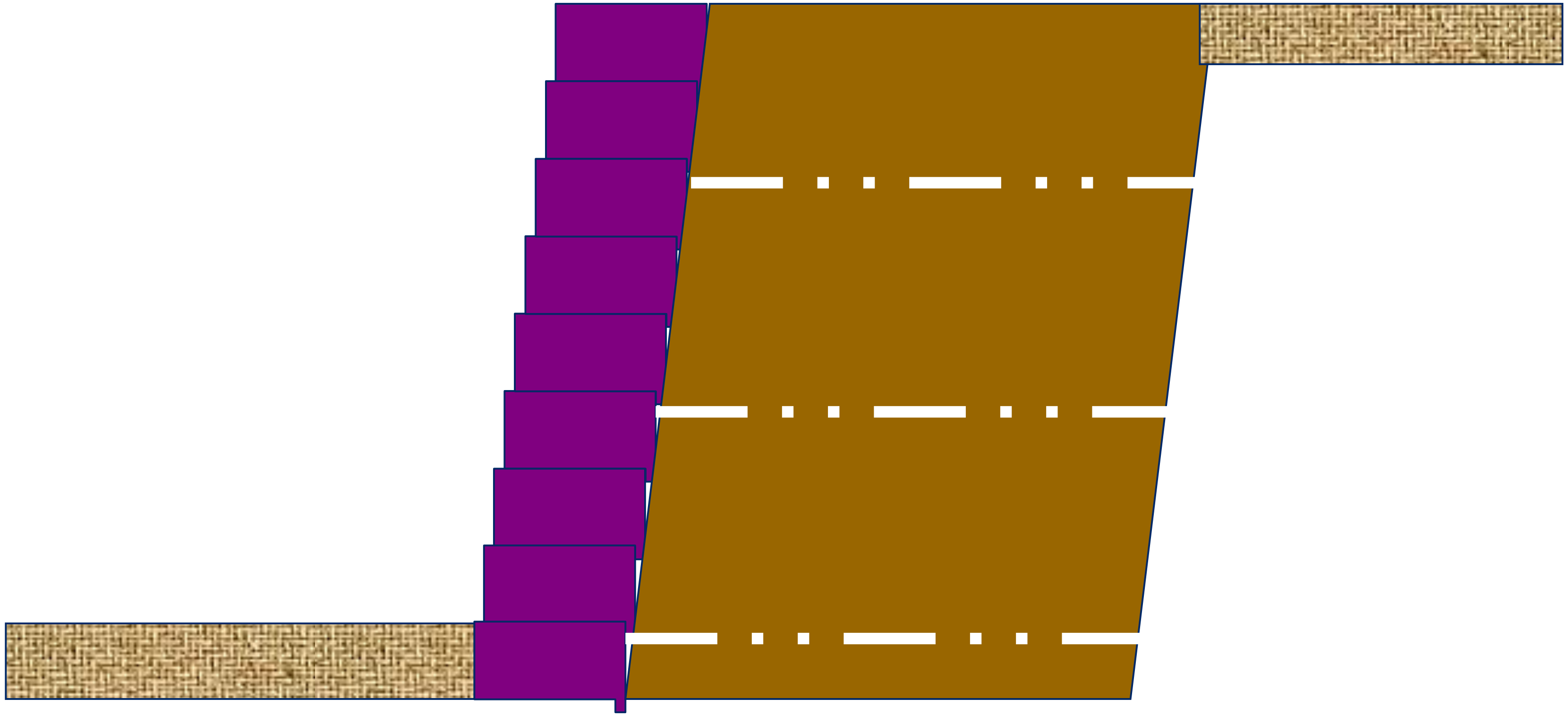
Volteo



Volteo

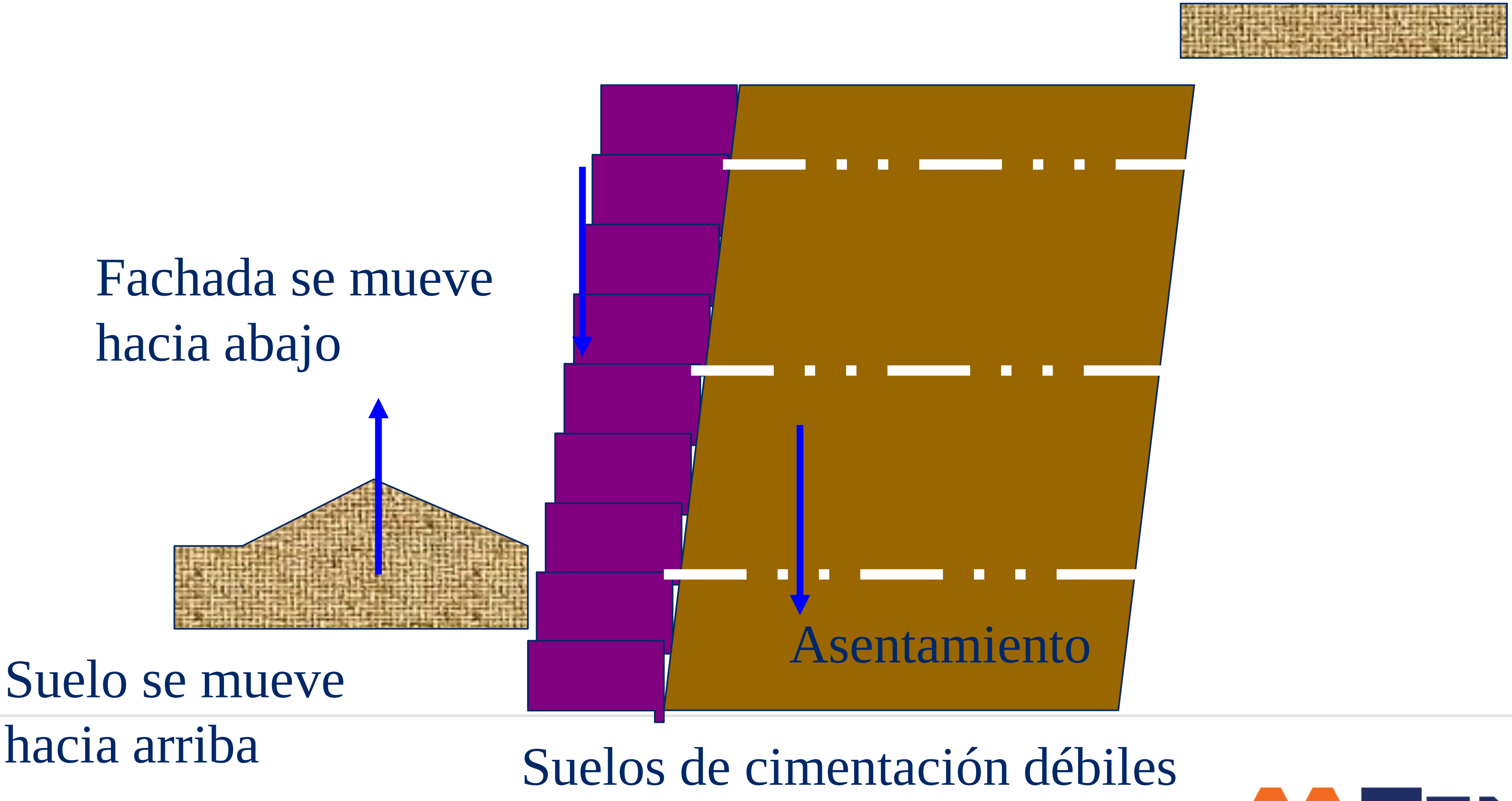


Capacidad de carga



Suelos de cimentación débiles

Capacidad de carga



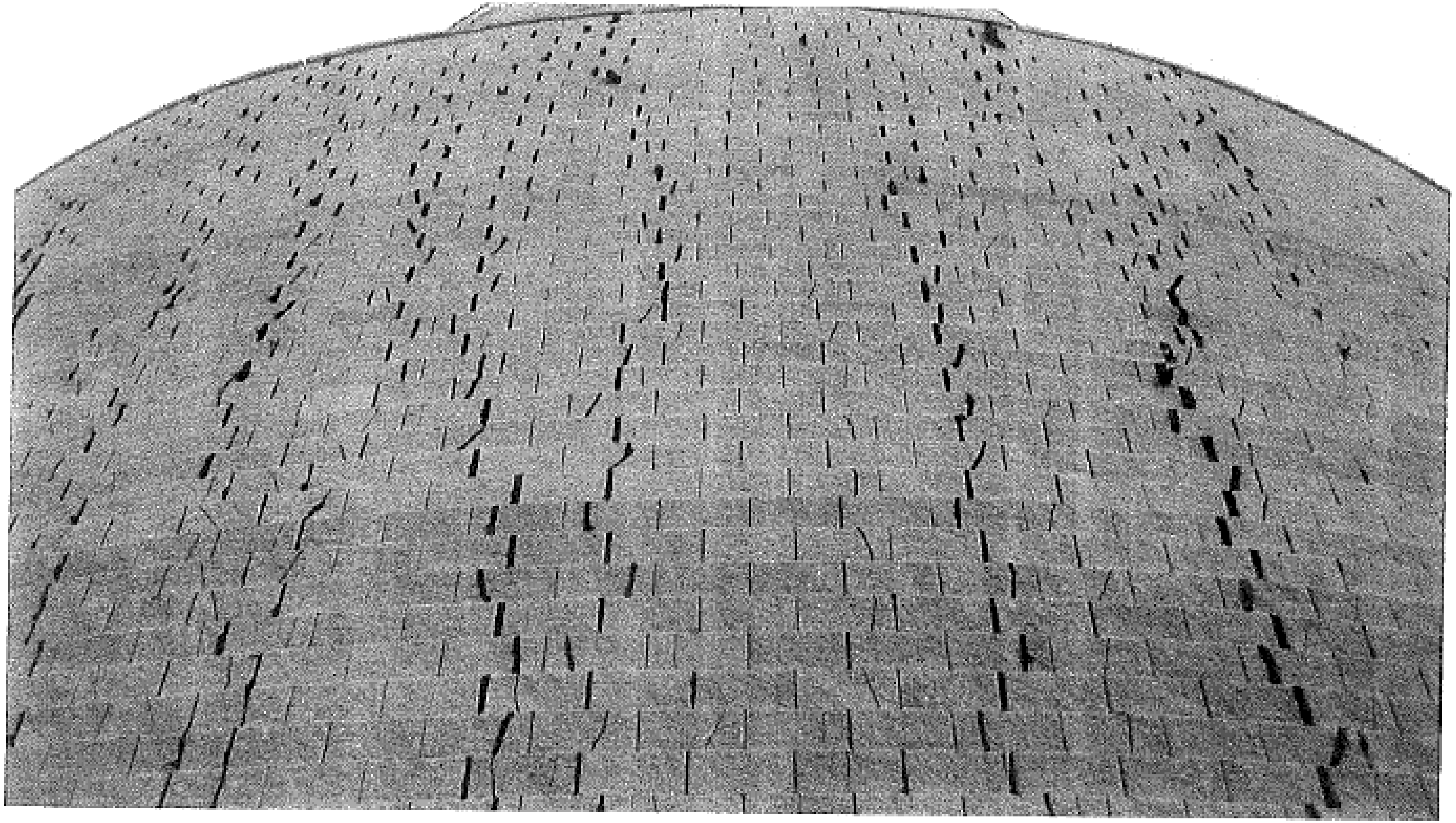
Factor de seguridad por capacidad de carga

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

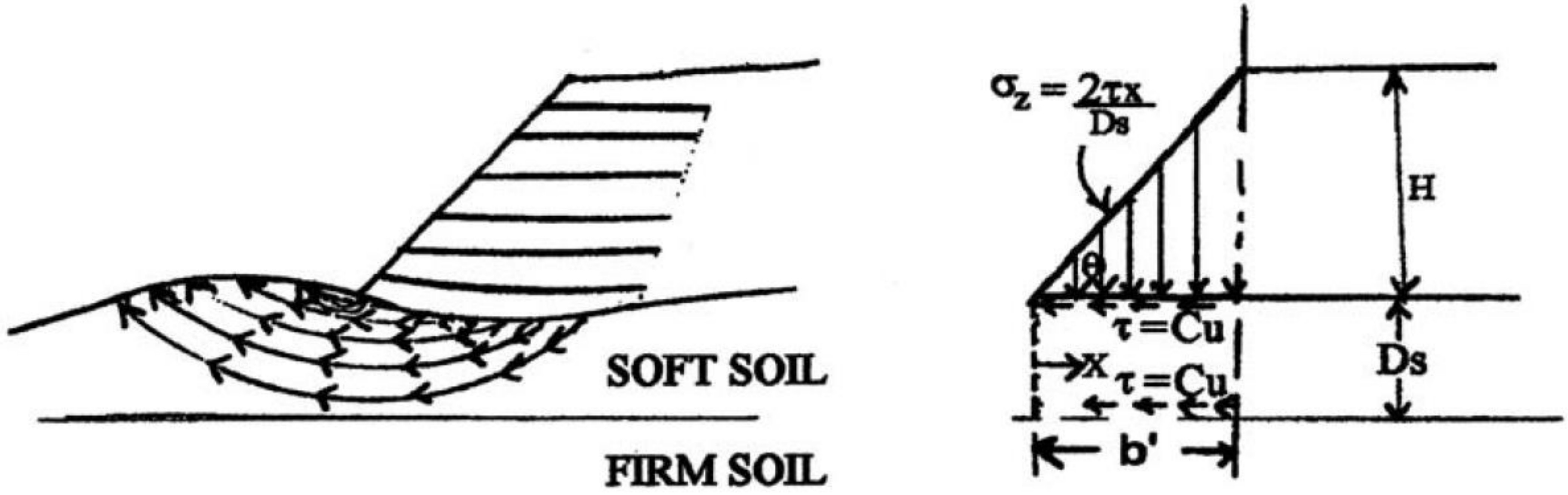
$$q_{act} = \gamma h + \text{Sobrecarga}$$

$$F.S._{c.p} = \frac{q_{ult}}{q_{act}} \geq 2.0$$

Falla por Capacidad de Carga



Falla de Capacidad de Carga Local



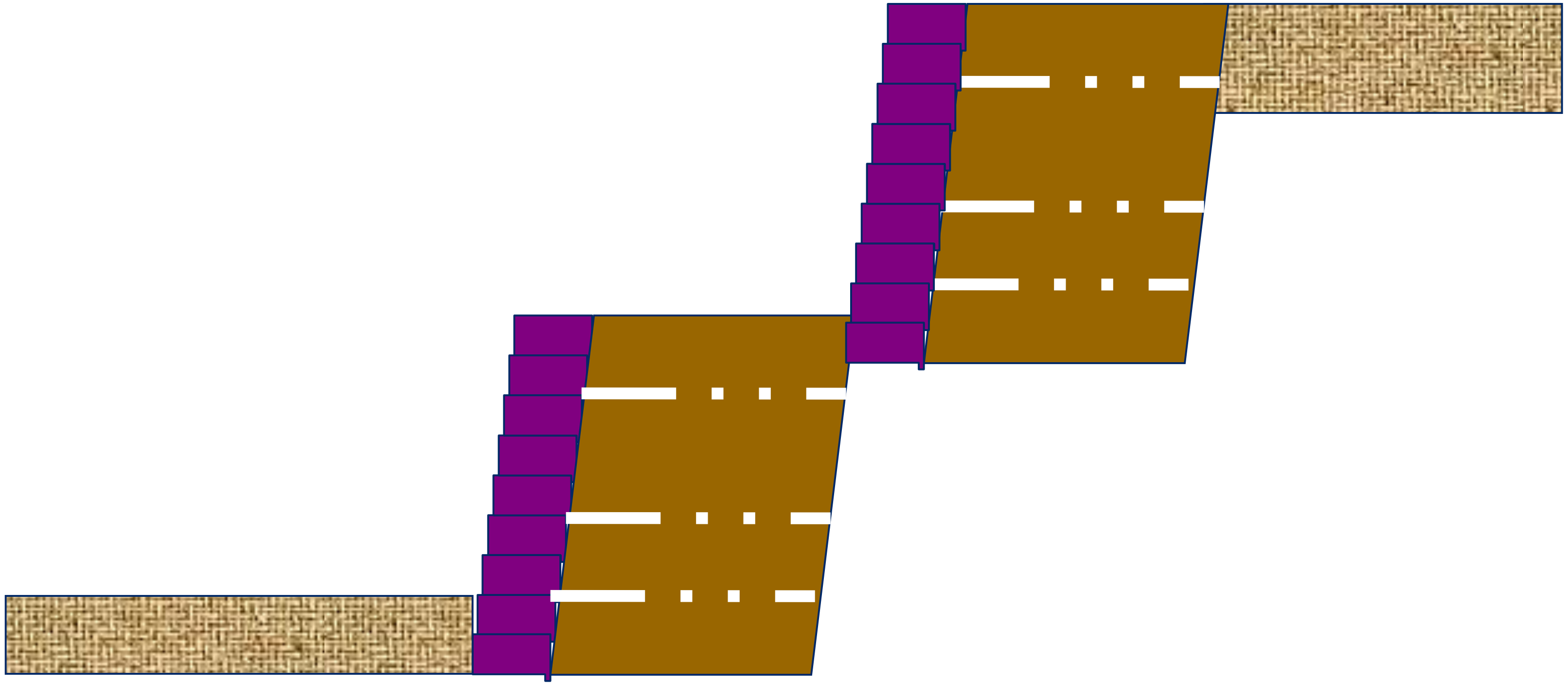
$$FS = \frac{2\,c_u}{\gamma\,D_s \tan\theta} + \frac{4.14\ c_u}{H\,\gamma}$$

b) Local bearing failure (lateral squeeze)

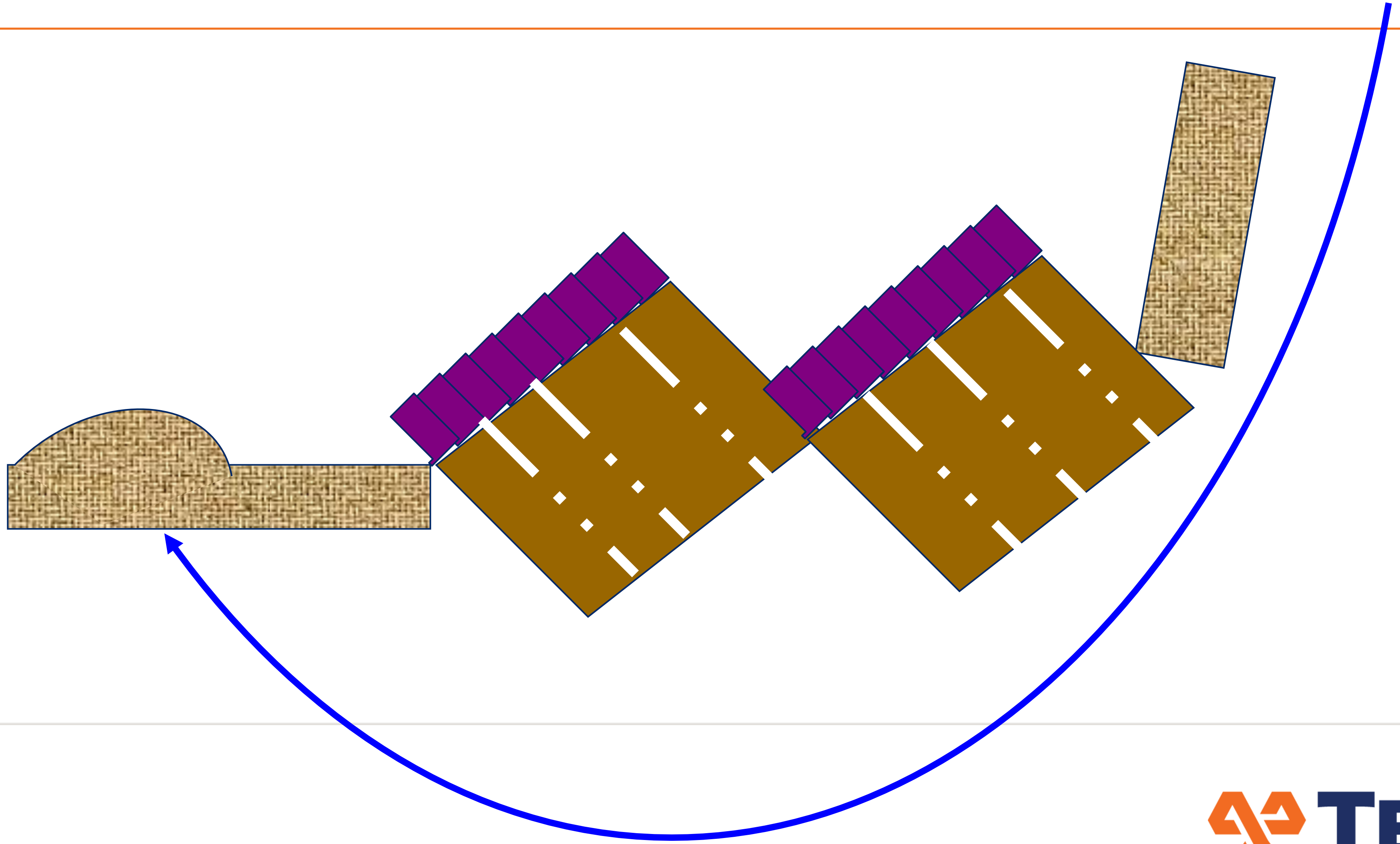
Desplazamiento
Falla de Fundación

Estabilidad Global

Estabilidad Global



Estabilidad Global



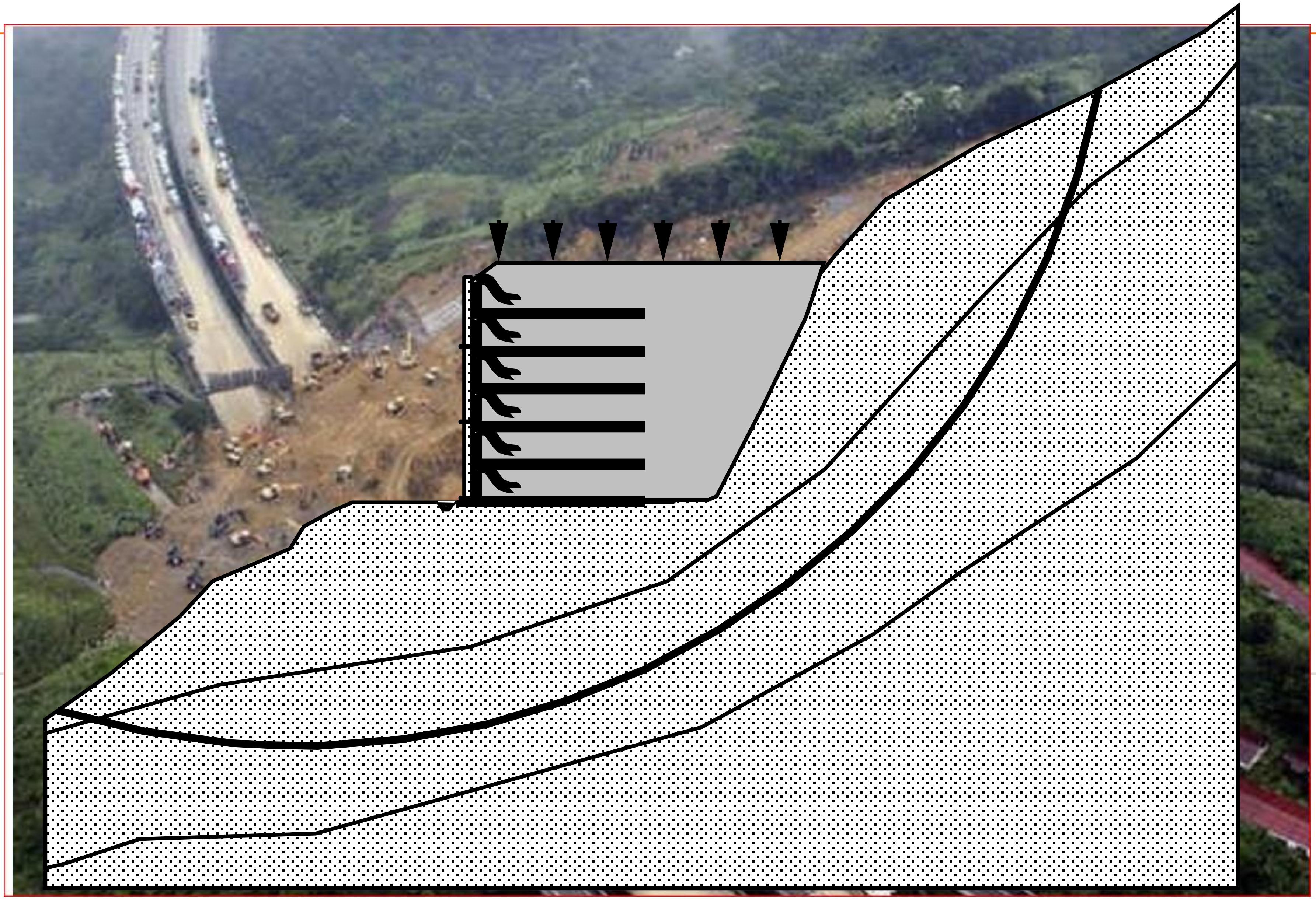
Factor de seguridad por estabilidad global

$$FS = \frac{\text{Momentos Resistentes}}{\text{Momentos Actuantes}}$$

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{n} (N_i \tan\phi + c\Delta l_i)R + \sum_{i=1}^{m} T_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} (w_i sen\theta_i)R}$$

Estabilidad Global

GEOSYNTHETICS



Sismo

Sismo

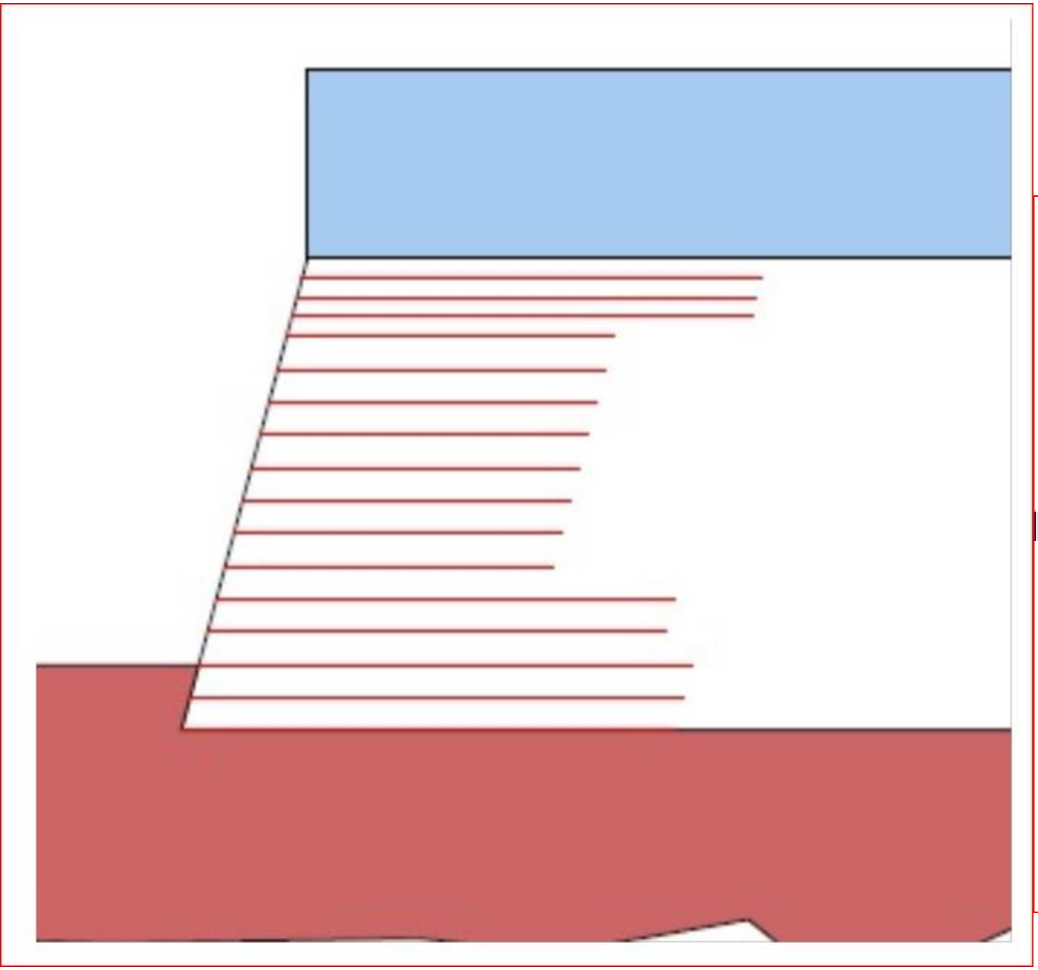
Donde:

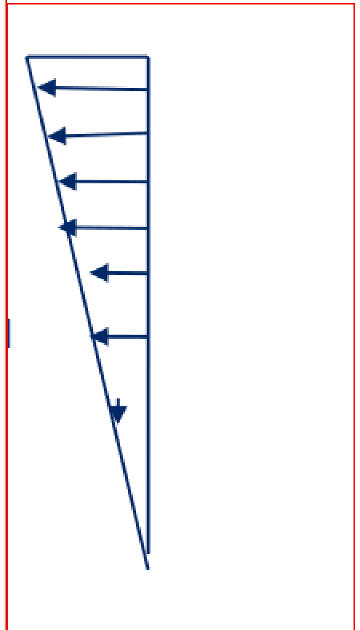
- s_{din}: Empuje total por acción de Sismo
- C_s: Coeficiente de Aceleración Sísmica
- W: Peso de la masa de Suelo de Influencia
- H: Altura del Muro

$$\sigma_{din} = \frac{2 \cdot C_S \cdot W}{H}$$

Consideraciones Sismo

GEOSYNTHETICS





- Impacta en la parte superior del MME
- Se recomienda incrementar la longitud de capas
- Se recomienda disminuir el espaciamiento entre capas

TENCATE
materials that make a difference

Estándar FHWA

GEOSYNTHETICS

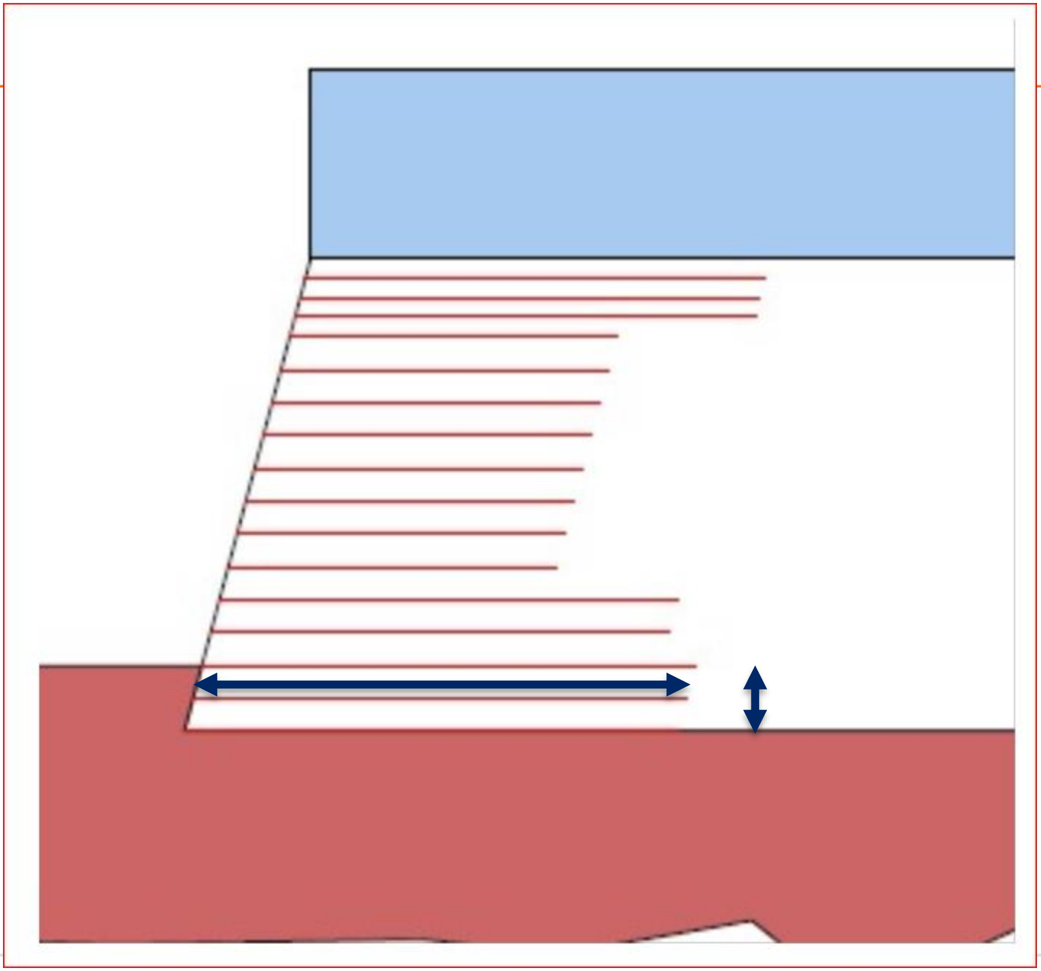
Table 2-1. Typical Minimum Length of Reinforcement.

Case	Typical Minimum L/H Ratio
Static loading with or with traffic surcharge	0.7
Sloping backfill surcharge	0.8
Seismic loading	0.8 to 1.1

Table 2-2. Minimum MSEW Embedment Depths.

Slope in Front of Wall	Minimum Embedment Depth to Top of Leveling Pad*
All Geometries	2 ft minimum
horizontal (walls)	H/20
horizontal (abutments)	H/10
3H:1V	H/10
2H:1V	H/7
1.5H:1V	H/5

* Minimum depth is the greater of applicable values listed, frost depth, or scour depth.



TENCATE
materials that make a difference

Consideraciones de Diseño

Información Requerida para el Diseño de Estructuras Reforzadas Mecánicamente

- Información de Suelos
- Información de la Fachada
- Información Técnica del Geosintético de Refuerzo
- Información Específica del Lugar de construcción

Consideraciones de una Estructura Mecánicamente Estabilizada

GEOSYNTHETICS

CATE
ke a difference

¿Qué se necesita conocer del suelo en estas zonas?

- Angulo de Fricción Interna (f)
- Peso Unitario (g), $[M]/[L^3]$
- Cohesión (C), $[M]/[L^2]$

¿Qué suelo es ideal para un muro, terraplén o talud reforzado?

Granulares vs. Cohesivos

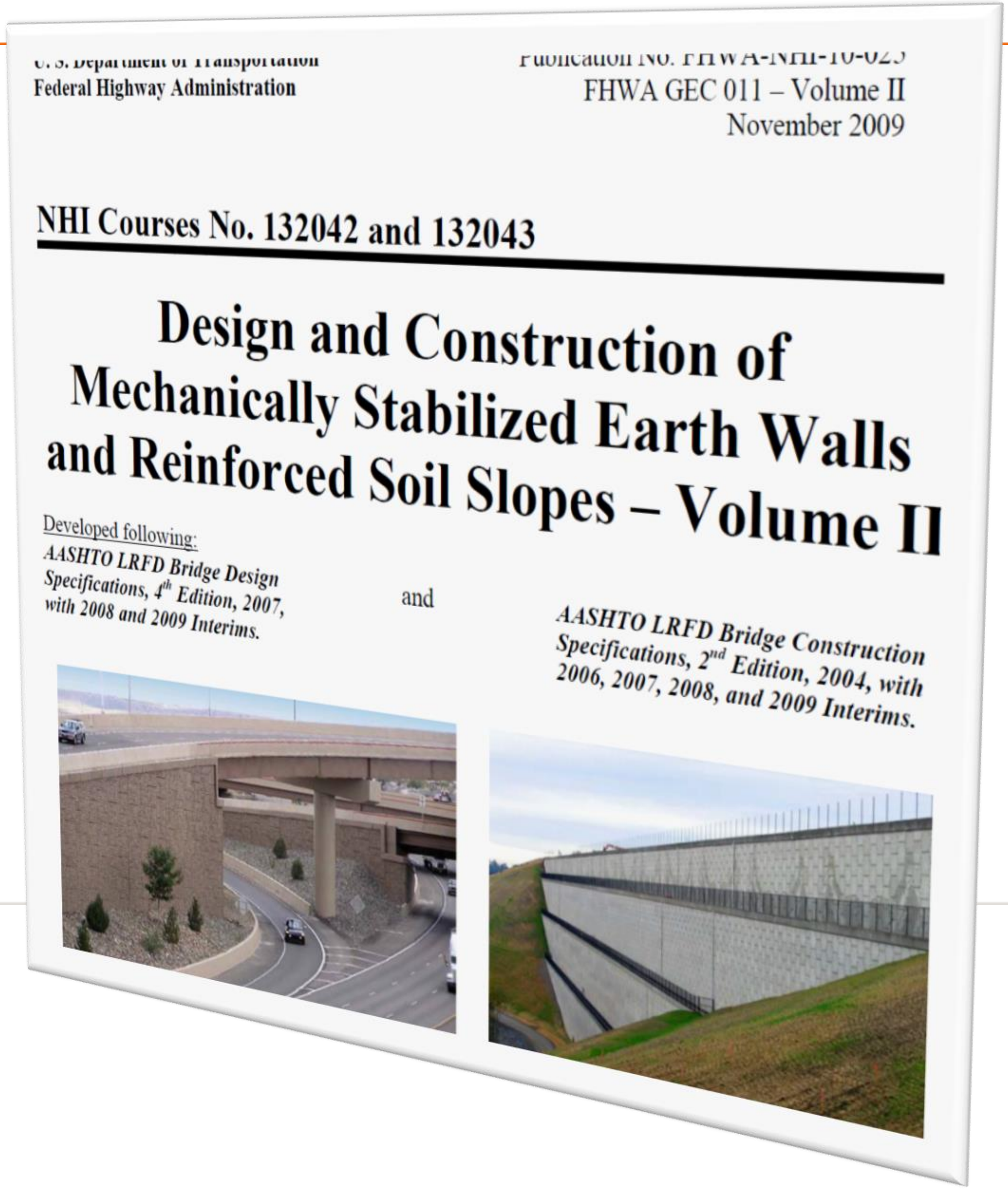
Ventajas de los suelos granulares

- Más fáciles de colocar y compactar,
- Permeabilidad más alta, lo cual ayuda en el drenaje,
- Angulo de fricción más alto,
- Menos susceptibles al Creep.

Guía Para Diseñadores FHWA – NHI-10-02

FHWA –NHI-10-02

GEOSYNTHETICS



U. S. Department of Transportation
Federal Highway Administration

Publication No. FHWA-NHI-10-025
FHWA GEC 011 – Volume II
November 2009

NHI Courses No. 132042 and 132043

Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume II

Developed following:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 4th Edition, 2007, with 2008 and 2009 Interims.

and

AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, 2nd Edition, 2004, with 2006, 2007, 2008, and 2009 Interims.

TENCATE
materials that make a difference

Recomendación Material de Relleno Estructural MME

GEOSYNTHETICS

FHWA – Guía Diseñadores

Table 3-1. MSE Wall Select Granular Reinforced Fill Requirements.

Gradation: (AASHTO T-27)	U.S. Sieve Size	Percent Passing[a]
	4 in. (102 mm)[a,b]	100
	No. 40 (0.425 mm)	0-60
	No. 200 (0.075 mm)	0-15
Plasticity Index, PI (AASHTO T-90)	$PI \leq 6$	
Soundness: (AASHTO T-104)	The materials shall be substantially free of shale or other soft, poor durability particles. The material shall have a magnesium sulfate soundness loss of less than 30 percent after four cycles (or a sodium sulfate value less than 15 percent after five cycles).	

Notes:

TENCATE
materials that make a difference

Recomendación Material de Relleno Estructural Taludes GEOSYNTHETICS

FHWA –NHI-10-02

Table 3-2. RSS Granular Reinforced Fill Requirements.

Gradation: (AASHTO T-27)	U.S. Sieve Size	Percent Passing
	4 in. (102 mm)[a,b] ¾-inch (20 mm)[a]	100
	No. 4 (4.76 mm)	100 – 20
	No. 40 (0.425 mm)	0-60
	No. 200 (0.075 mm)	0 – 50
Plasticity Index, PI (AASHTO T-90)	PI $\leq$ 20	
Soundness: (AASHTO T-104)	Magnesium sulfate soundness loss less than 30% after 4 cycles, based on AASHTO T-104 or equivalent sodium sulfate soundness of less than 15 percent after 5 cycles.	

Note:

(a) To apply default F* values, C_u, should be greater than or equal to 4.

(b) As a result of recent research on construction survivability of geosynthetics and epoxy coated reinforcements, it is recommended that the maximum particle size for these materials be reduced to ¾-in. (19 mm) for geosynthetics, and epoxy and PVC coated steel reinforcements unless construction damage assessment tests are or have been performed on the reinforcement combination with the specific or similarly graded large size granular fill. Prequalification tests on reinforcements using standard agency fill materials should be considered.

Si va a usar suelos cohesivos...

- Asegúrese de instalar un sistema de drenaje adecuado,
- Atención especial al potencial de Creep de estos suelos.

Agua

Importancia del Drenaje

GEOSYNTHETICS

Problema de Empuje Hidrostático

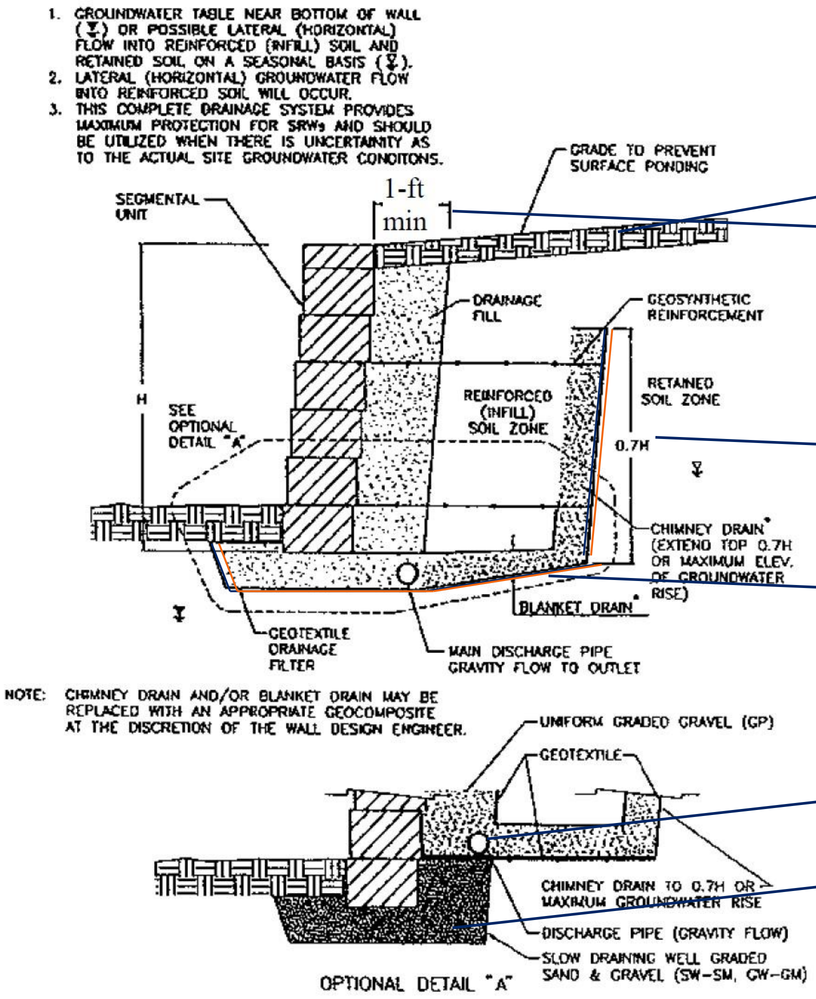
GEOSYNTHETICS

Problemas de Drenaje

Drenaje FHWA – Guía Diseñadores

FHWA

GEOSYNTHETICS



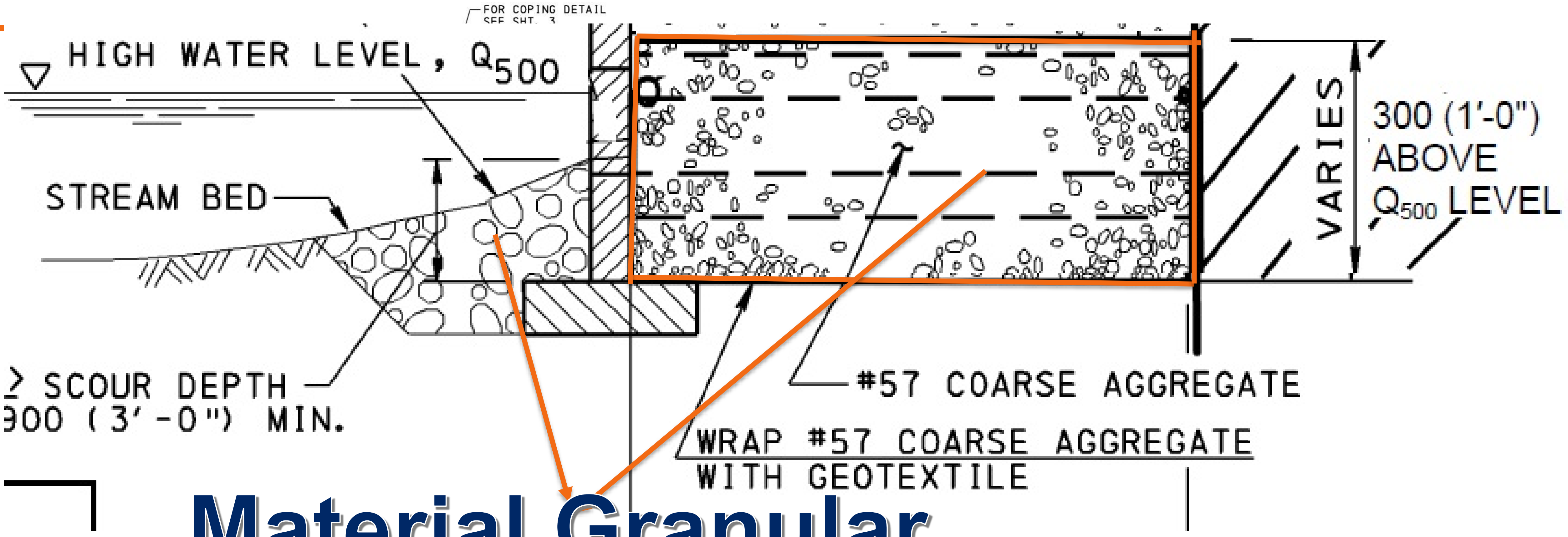
- Pendiente para evitar estancamiento
- Mínimo 30 cm
- Mínimo 70% H
- Geotextil de Separación
- Tubería Perforada
- Material bien Graduado

TENCATE
materials that make a difference

Relleno Estructural Drenante

Nivel Freático

GEOSYNTHETICS



Material Granular

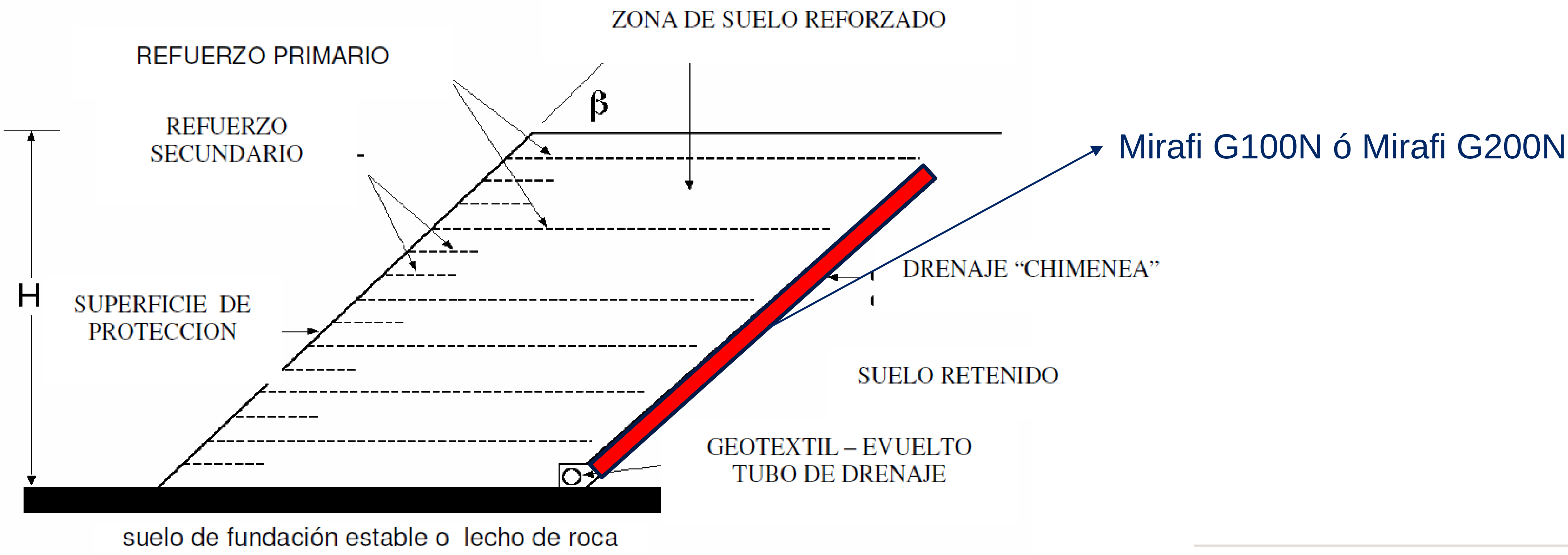
Figure 5-11. Example detail for wall that may experience inundation.

TENCATE
materials that make a difference

Componentes Mirafi® G-Series Drenaje

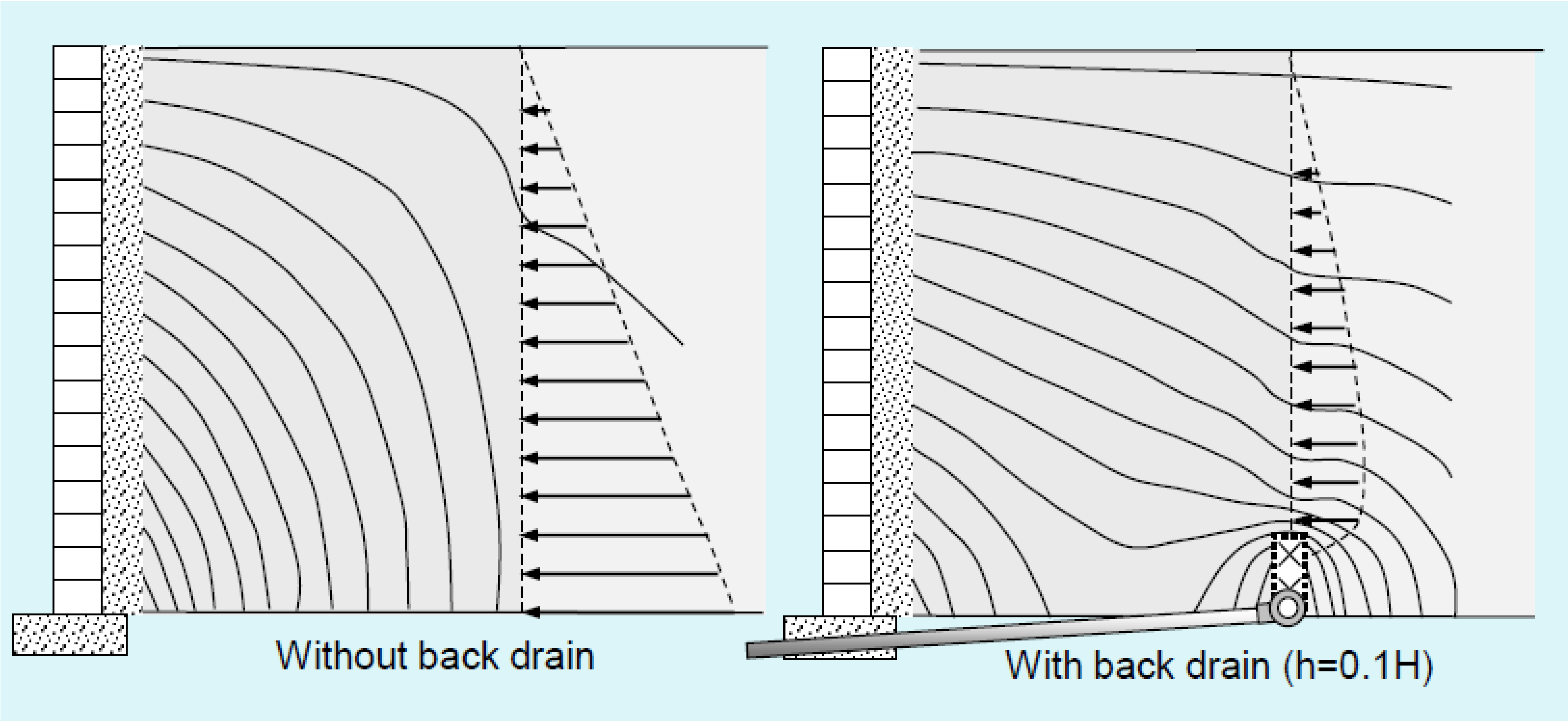
- Altos Rangos de Flujos
- Gran Resistencia a la Compresión
- Textil tejido y no tejido
- Drenaje de 1 lado ó 2 lados
- 1.2 metros de ancho
- **G100N**
- **G200N**
- **G100W**
- **G100NC**

Geodrén Mirafi® G100N o G200N

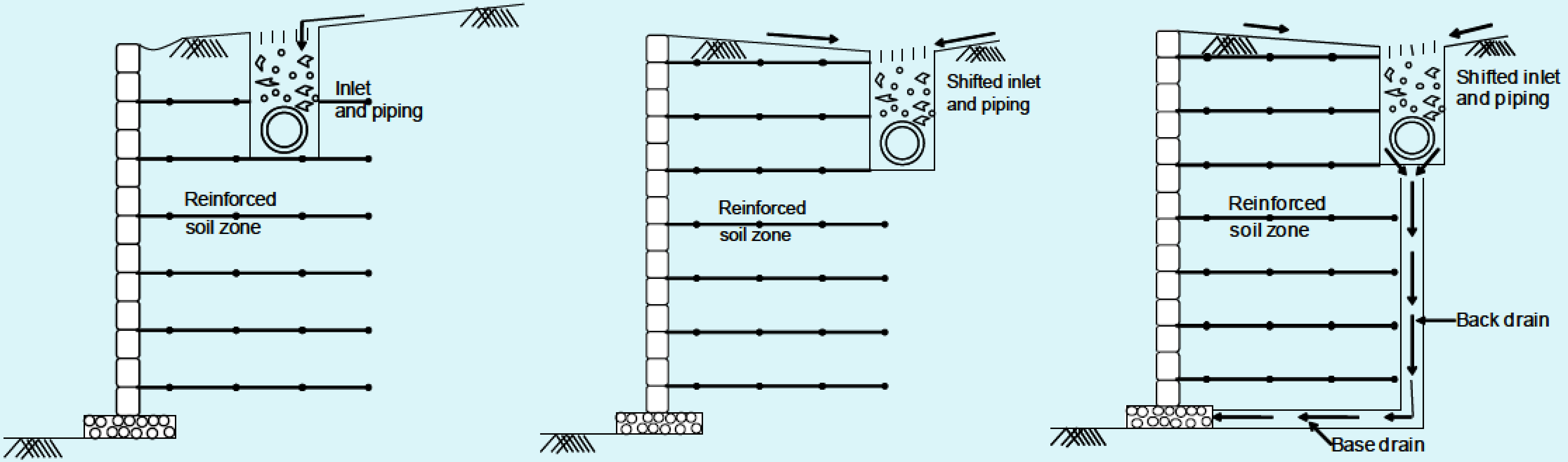


Talud reforzado con geosintético sobre fundación estable

Empujes Hidrostáticos



Recomendaciones de Sistemas de Drenaje



(a) Customary internal drainage for surface water within reinforced soil zone

(b) Recommended external drainage for surface water behind reinforced soil zone

(c) Recommended external drainage for surface water coupled with back/base drain

Colocación Mirafi® G200N

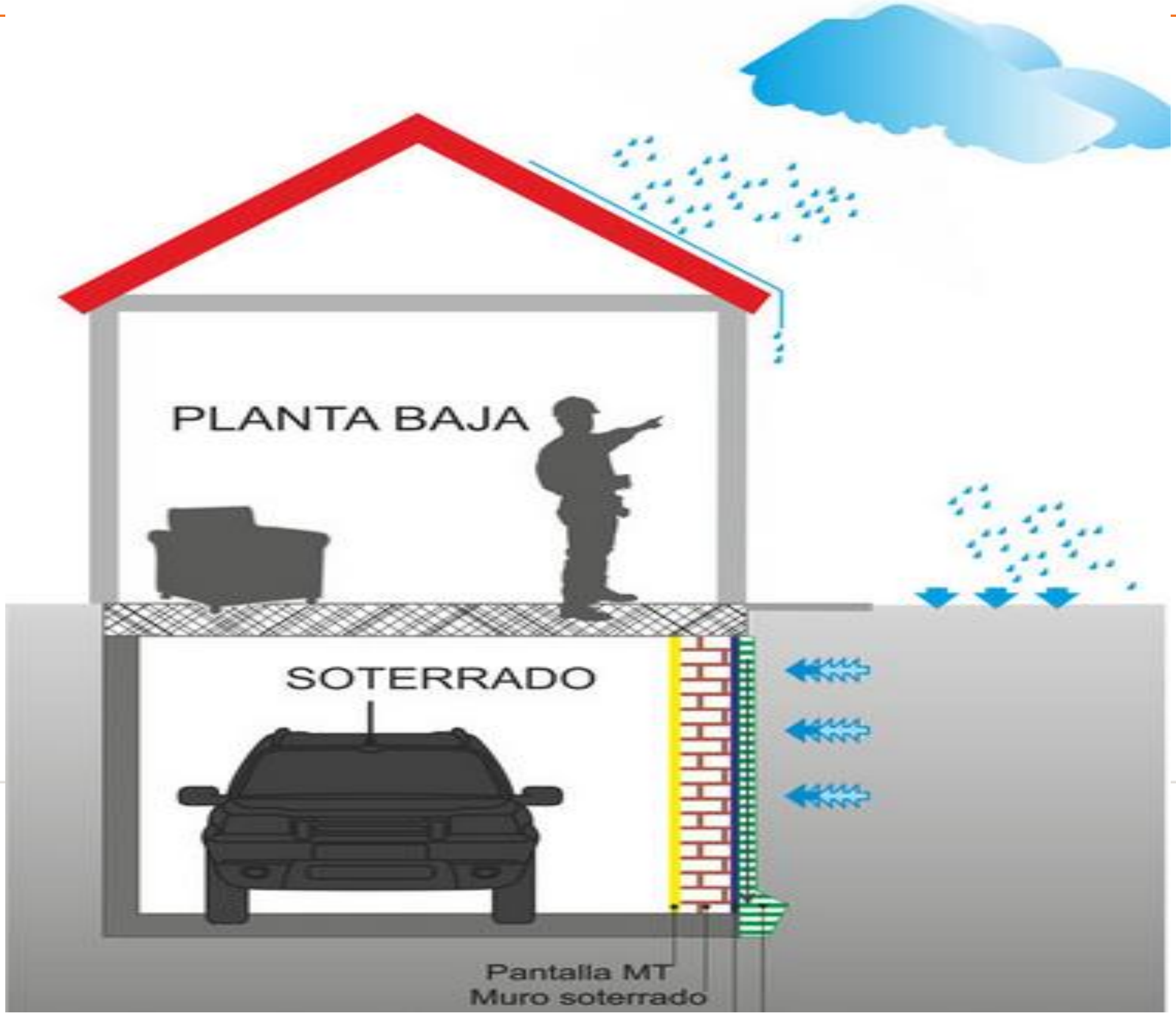
GEOSYNTHETICS

TENCATE
materials that make a difference

Aplicaciones Geocompuestos

Mirafi G100N

GEOSYNTHETICS



Certificación AASHTO

NTPEP


AASHTO
FOLLOW US ON:
Transportation News
Services
Meetings
About
Products
NTPEP
AASHTO
NATIONAL TRANSPORTATION
PRODUCT EVALUATION PROGRAM
National Transportation Product
Evaluation Program

Miragrid® XT cuenta con NTPEP

GEOSYNTHETICS

Miragrid® 5XT

SOIL REINFORCEMENT

Miragrid® 5XT geogrid is composed of high molecular weight, high tenacity polyester multifilament yarns which are woven in tension and finished with a PVC coating. Miragrid® 5XT geogrid is inert to biological degradation and resistant to naturally encountered chemicals, alkalis, and acids.

Miragrid® 5XT geogrid is used as soil reinforcement in MSE structures such as; segmental retaining walls, precast modular block walls, wire faced walls, geosynthetic wrapped faced walls and steepened slopes. Miragrid® 5XT is also used in MSE stabilized platforms for voids bridging, embankments on soft soils, landfill veneer stability, reducing differential settlement and for foundation seismic stability.

TenCate Geosynthetics Americas is accredited by Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP).

Mechanical Properties	Test Method	Unit	Machine Direction Value
Tensile Strength @ Ultimate (MARV[1])	ASTM D6637 (Method B)	lbs/ft (kN/m)	4700 (68.6)
Tensile Strength @ 5% strain (MARV[1])	ASTM D6637 (Method B)	lbs/ft (kN/m)	1740 (25.4)
Creep Rupture Strength[2]	ASTM D5262/D6992	lbs/ft (kN/m)	3241 (47.3)
Long Term Design Strength[3]		lbs/ft (kN/m)	2684 (39.2)

[1] Minimum Average Roll Values (MARV) shown above are based on QC Testing per a defined lot not to exceed 12 months. Testing Frequency follows ASTM D4354, Table 1.
[2] 75-year design life based on NTPEP Report REGEO-2011-01-001 and REGEO-2015-01-002.
[3] Long Term Design Strength for Type 3 Backfill (Silty Sand), 6-inch lift / 25,000-lb roller. RF_{CR} = 1.45; RF_{ID} = 1.05; RF_D = 1.15 (Installation damage reduction factor for other soils available upon request).

Physical Properties	Unit	Roll Characteristic
Mass/Unit Area (ASTM D5261)	oz/yd² (g/m²)	9.3 (315)
Roll Dimensions[4] (width x length)	ft (m)	6 x 300 (1.8 x 91) 12 x 150 (3.6 x 46) 12 X 1000 (3.6 x 305)
Roll Area	yd² (m²)	200 (167) 200 (167) 1333 (1114)
Estimated Roll Weight	lbs (kg)	135 (61) 135 (61) 831 (376)

2011 NTPEP Report Series

NTPEP Report **REGEO-2011-01-001**

ANNIVERSARY 15 1994 2009 NTPEP

LABORATORY EVALUATION OF GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT

FINAL PRODUCT QUALIFICATION REPORT FOR MIRAGRID XT GEOGRID PRODUCT LINE

AASHTO THE VOICE OF TRANSPORTATION

Report Issued: January 2012
Report Expiration Date: January 2018
Next Quality Assurance Update Report: 2015

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
Executive Office: 444 North Capitol Street, NW, Suite 249 • Washington, DC • 20001
(t) 202.624.5800 • (f) 202.624.5469 • www.NTPEP.ORG
DOWNLOAD DATA FILES FOR THIS NTPEP REPORT @ NTPEP.org

materials that

Sistemas

- Sistema Ecológico

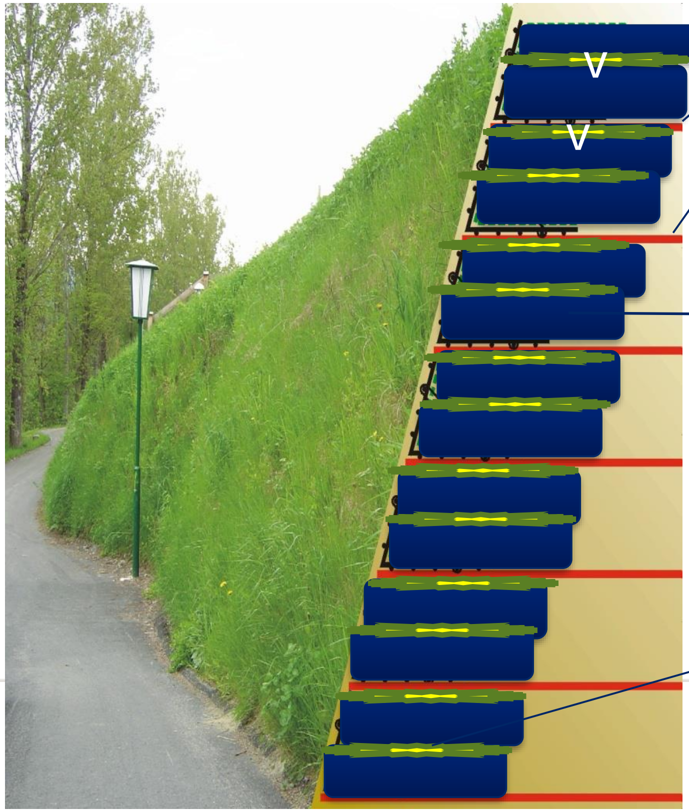
Sistemas MME Ecológicos

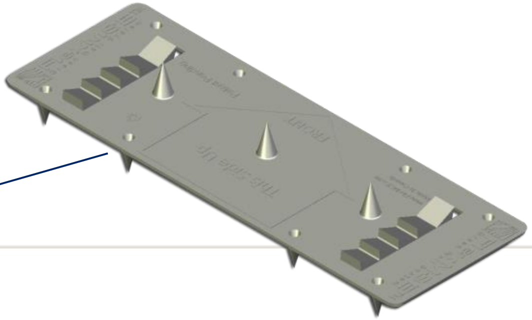
Los sistemas MME con Geocostal, Geomallas y Placas Son:

- Rápidos en Construcción
- Hasta 40% más económicos en promedio
- Ecológicos
- Sismo resistentes

¡Como todos los elementos de contención necesitan Ingeniería!

Componentes



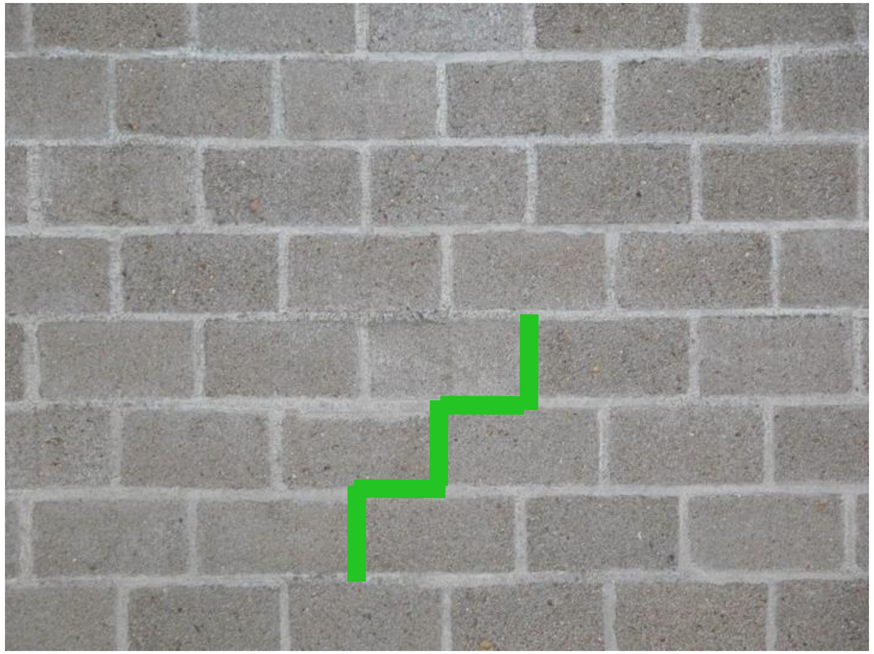


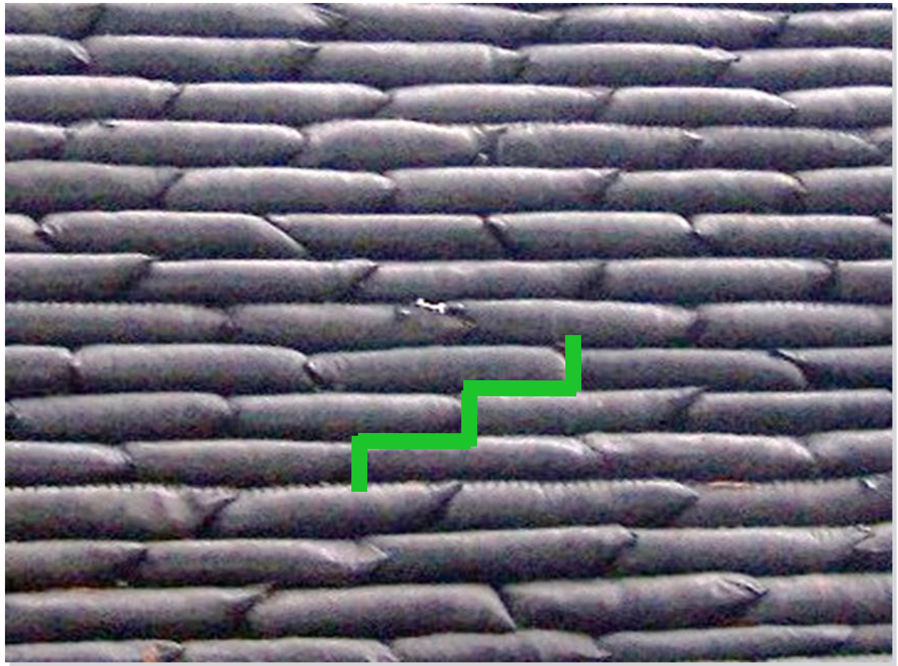
TENCATE
materials that make a difference

Concreto Vs. Sistema Ecológico FLEX MSE

- Bloques Apilados de Pared
- Bolsas Apiladas de Pared

Concreto Vs. Sistema Ecológico FLEX MSE





- Bloques Apilados de Pared
- Bolsas Apiladas de Pared

¡Házlo Verde!




Sistema de Muros Verdes de Contención – Flex MSE

Ejemplo Muros de Contención para Nivel de Terrenos Elevados

Muro Extensión de Plataforma
Ciclo Combinado

- Pocos Recurso
- Soportar Cargas y Eventos Sísmicos
- Rayos UV
- A un Lado de La Falla de San Andrés
- Agradecimiento Ing. Ángel Sánchez Iberdrola
- Agradecimiento G&G México, Ing. Ángel H Díaz

Instalación Costales

Obtención del Relleno Estructural

Costales Instalación

GEOSYNTHETICS

Costado del Muro Reforzado

GEOSYNTHETICS

Muro Permanente Tijuana

GEOSYNTHETICS

Muro Rooftec Quito,Ecuador

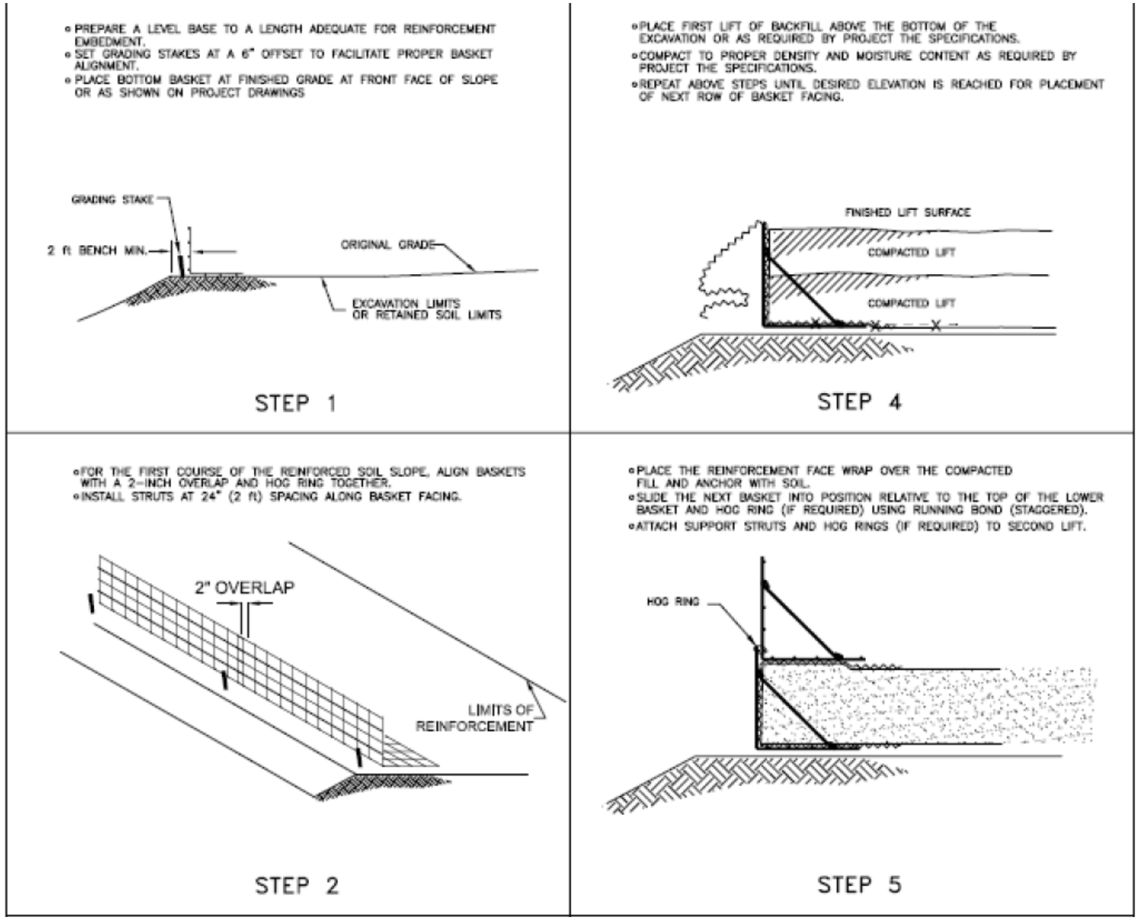
- Extensión de Plataforma
- De 45° a 75° de Inclinación
- Zona Sísmica
- Tiempo Limitado Para Ejecutar
- Agradecimiento IYG, Ing. Rodolfo Arroyo , Ing. Rodrigo Larrea

Talud Reforzado Rooftec, Quito IYG

GEOSYNTHETICS

materials that make a difference

Quito, Rooftec



Vista de Esquina

De 9 a 12 mts de Altura

Proyecto Manabí, Ecuador

- Falla por Sismo
- De 45° a 75° de Inclinación
- Zona Sísmica
- Tiempo Limitado Para Ejecutar
- Agua de Río
- Agradecimiento IYG, , Ing. Rodolfo Arroyo , Ing. Rodrigo Larrea, Ing. Guillermo Salazar

Falla de Estacionamiento

ENCATE

at make a difference

Preparación de Terreno y Compactación


Zona de Estacionamiento
Área de Río
Zona de Berma y Pasaje

THETICS

CATE

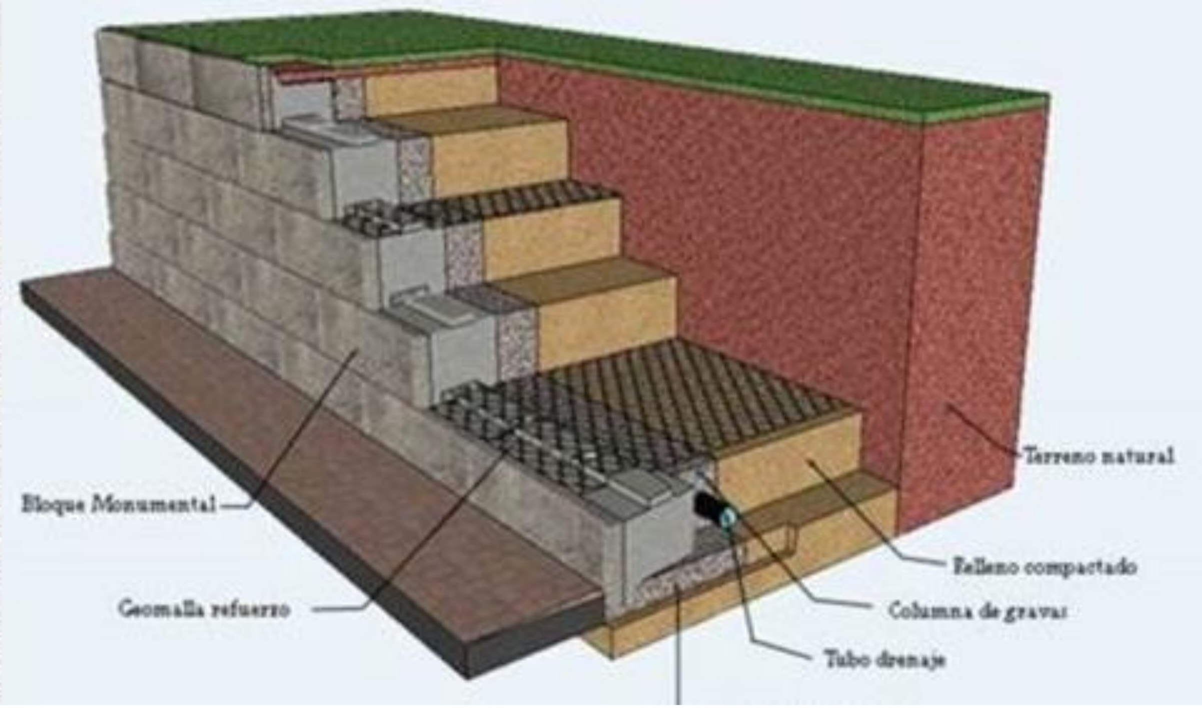
a difference

HETICS

ATE

lifference

- **Sistema Residencial**

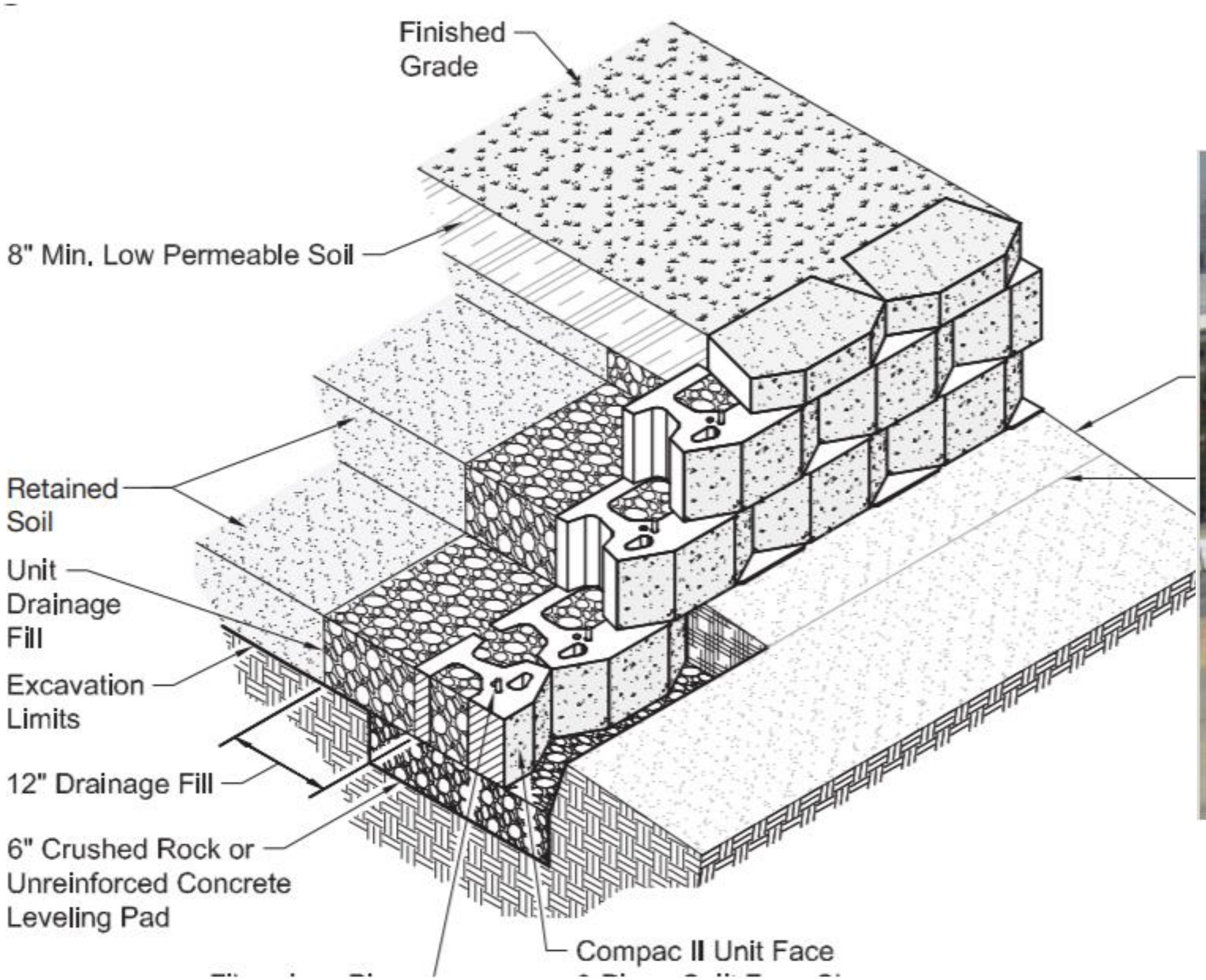


materials that make a difference

San Martin Obispo

- 20.5 mts Cara Vertical Keystone
- Contratista – Conret
- Dueño – CPA (Corporate Properties of America)
- Edificación por Encima
- Agradecimientos , Conret , Mr. Keystone y el Ing. Gilberto Jaramillo CPA

Sistema Keystone



CORPORATE PROPERTIES OF AMERICA - LECHERÍA

Cortesía de Conret y Keystone

MME y Rampas de Maniobra NINOSHKA-Guatemala

- 9 a 11 mts Cara Vertical
- 150 ml
- Edificación por Encima
- Relleno por Debajo (Limo Arcilloso Contenido Orgánico y ripio)
- Agradecimientos a Urrea Geosintéticos
- Agradecimientos Dr. Semrau

Análisis de la Zona

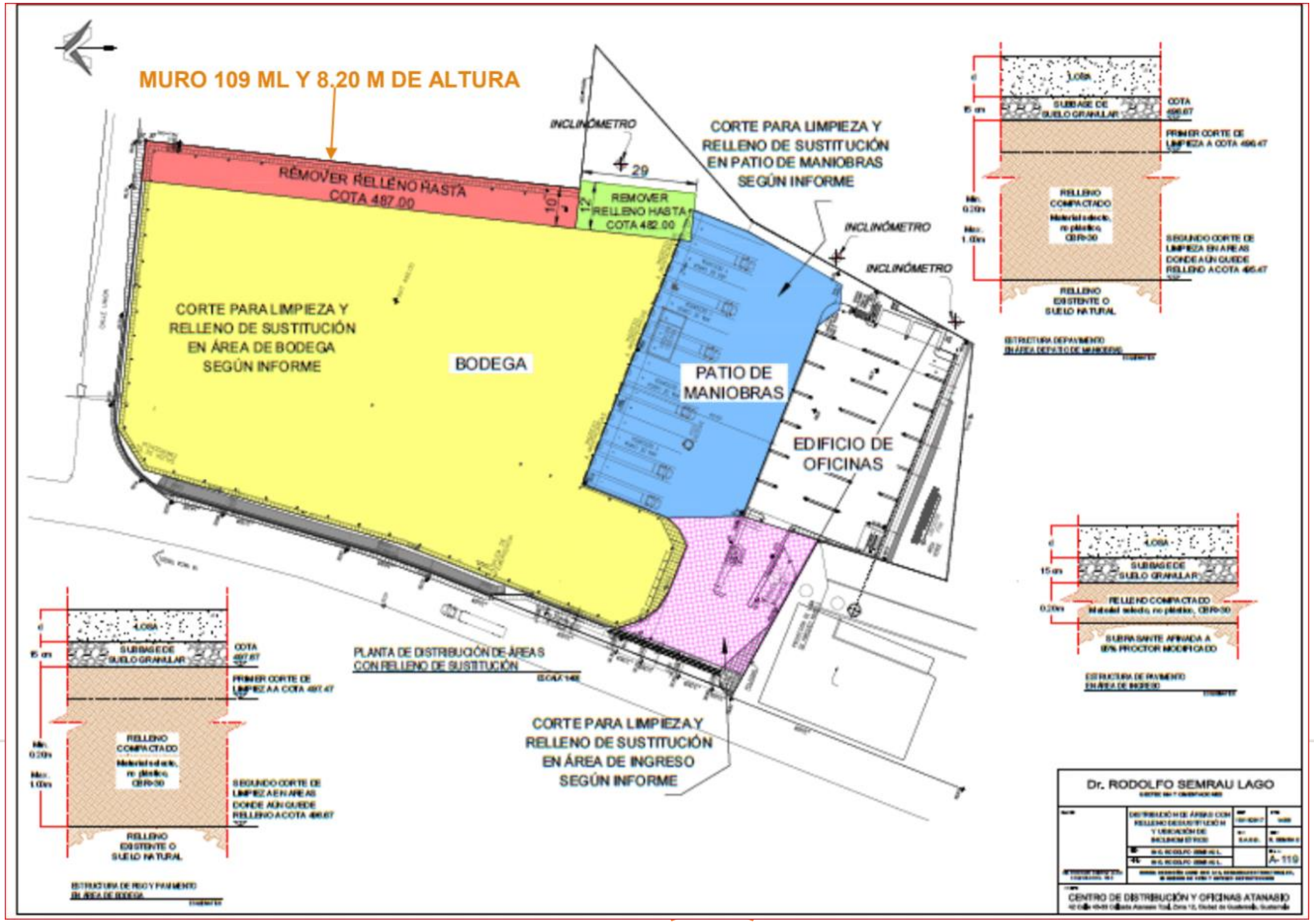
GEOSYNTHETICS

ANÁLISIS DE SUELO

Estrato No. 1 -	Limo arcilloso orgánico con trazas de arena media a fina, café oscuro, con poca piedra pómez pequeña a media y grava fina a regular, con ripio (fragmentos de losas, columnas, etc), basura, troncos, etc., suelto con partes medio compactas, medio plástico a muy plástico (Relleno de botadero).
Estrato No. 2 -	Limo arcilloso con trazas de arena fina, café, con trazas de piedra pómez pequeña, poco a medio compacto, plástico.
Estrato No. 3 -	Arena pómez media a gruesa con trazas de limo, beige, con trazas de piedra pómez pequeña a media, medio denso, no plástico (Arena pómez).
Estrato No. 4 -	Limo con poca arena fina a media y trazas de arcilla, café amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña, medio compacto a compacto, ligeramente a no plástico (Talpetate).
Estrato No. 5 -	Arena pómez media a gruesa con trazas de limo, beige, con piedra pómez pequeña a media, medio denso, no plástico (Arena pómez).

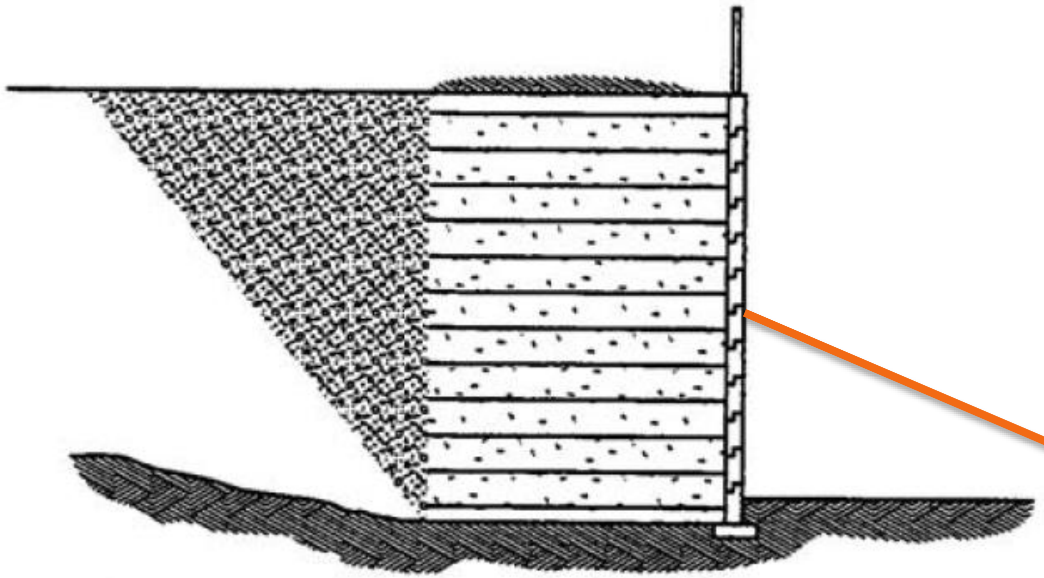
Name: Relleno
Unit Weight: 14.93 kN/m³
Cohesion: 9.58 kPa
Phi: 18 °

Name: Terreno natural
Unit Weight: 14.14 kN/m³
Cohesion: 33.52 kPa
Phi: 30 °

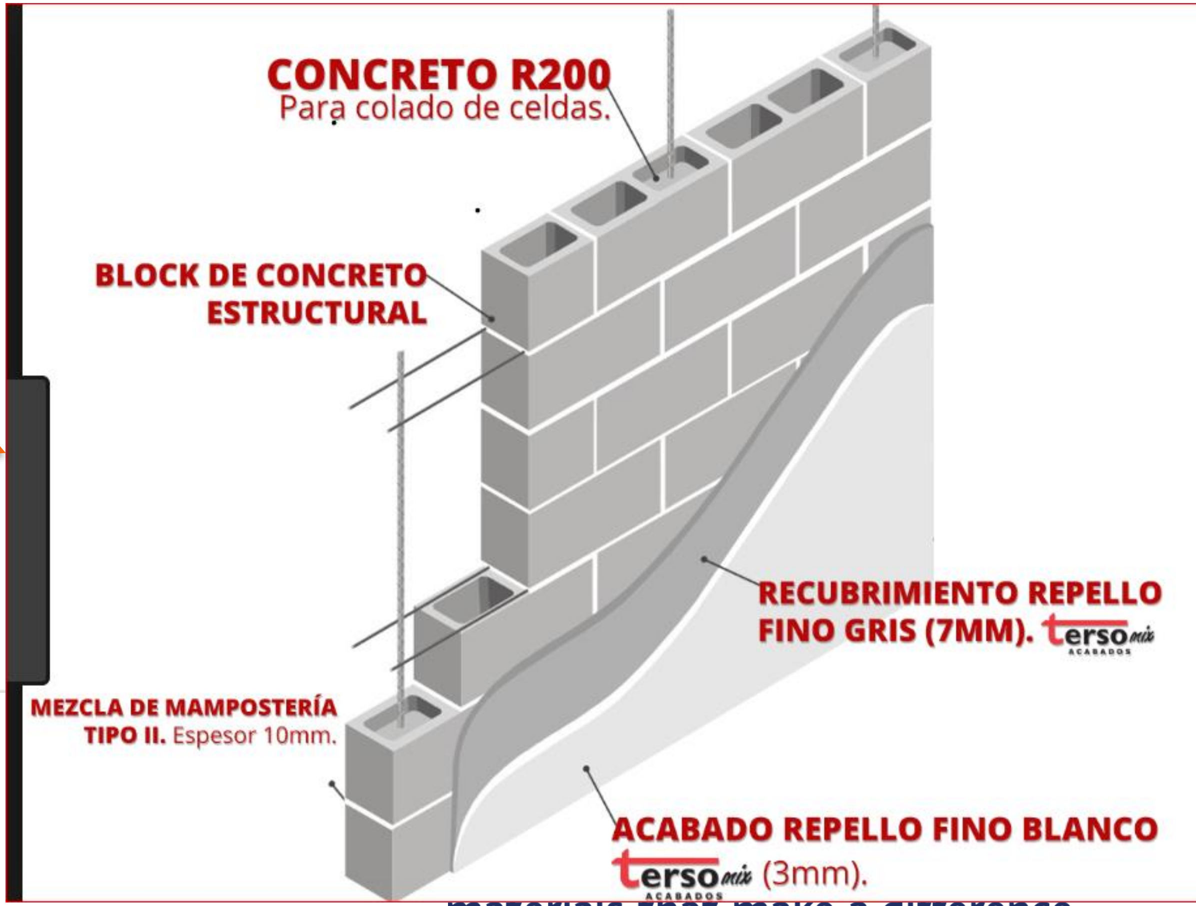


materials that make a difference

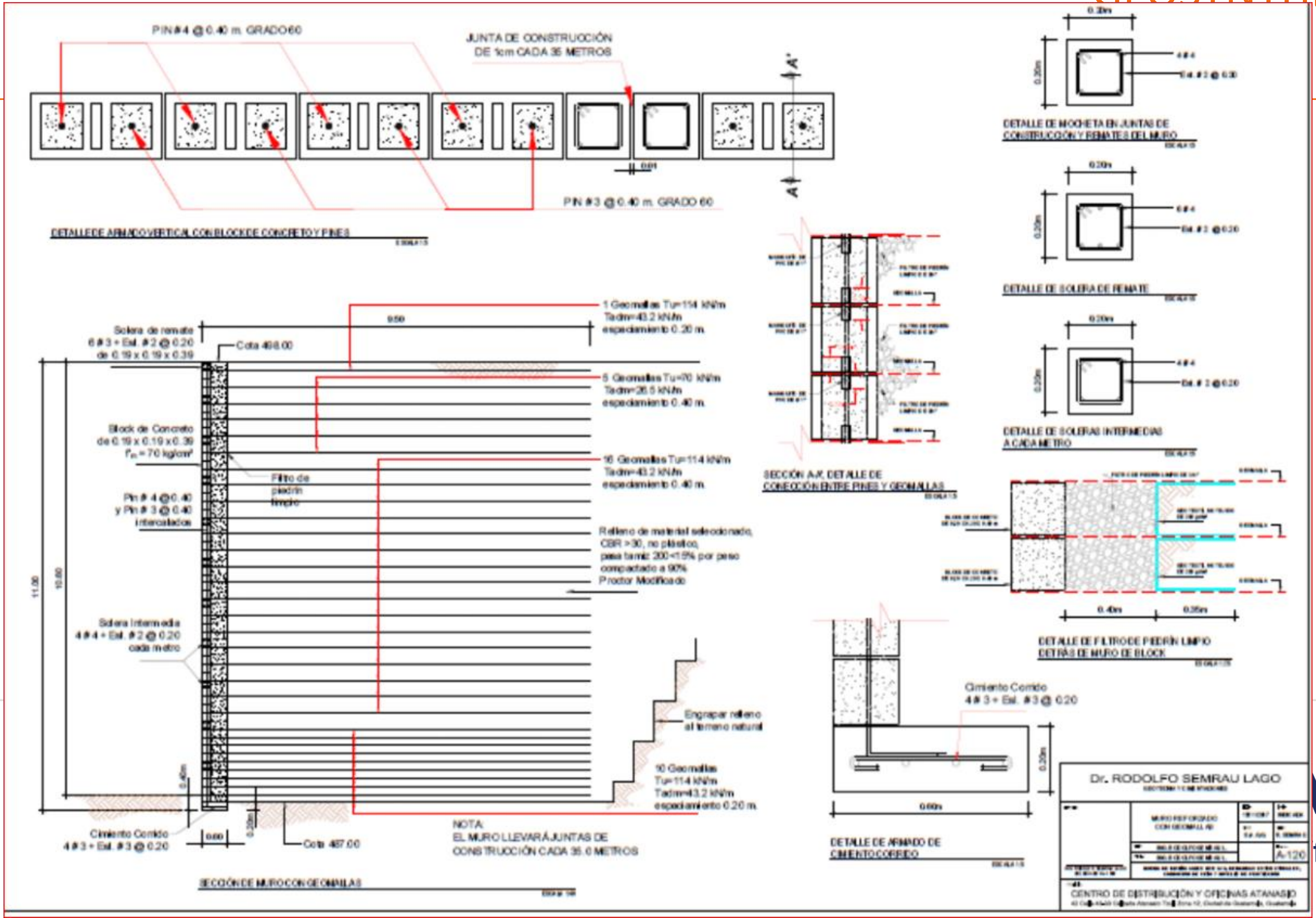
Muro-Ninoshka, Guatemala,



Segmental
Precast Concrete



materials that make a difference


PIN # 4 @ 0.40 m. GRADO 60
JUNTA DE CONSTRUCCIÓN DE 1cm CADA 35 METROS
PIN # 3 @ 0.40 m. GRADO 60
DETALLE DE ARMADO VERTICAL CON BLOCK DE CONCRETO Y PINES
1 Geomallas Tu=114 kN/m Tadm=43.2 kN/m espaciamiento 0.20 m.
5 Geomallas Tu=70 kN/m Tadm=26.5 kN/m espaciamiento 0.40 m.
16 Geomallas Tu=114 kN/m Tadm=43.2 kN/m espaciamiento 0.40 m.
Solera de remate 6 # 3 + Est. # 2 @ 0.20 de 0.19 x 0.19 x 0.39
Cota 498.00
Block de Concreto de 0.19 x 0.19 x 0.39
Filtro de piedrín limpio
Pin # 4 @ 0.40 y Pin # 3 @ 0.40 intercalados
Relleno de material seleccionado, CBR >30, no plástico, pasa tamiz 200 <15% por peso compactado a 90% Proctor Modificado
Solera Intermedia 4 # 4 + Est. # 2 @ 0.20 cada metro
Engrapar relleno al terreno natural
10 Geomallas Tu=114 kN/m Tadm=43.2 kN/m espaciamiento 0.20 m.
Cimiento Corrido 4 # 3 + Est. # 3 @ 0.20
Cota 487.00
NOTA:
EL MURO LLEVARÁ JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN CADA 35.0 METROS
SECCIÓN DE MURO CON GEOMALLAS
SECCIÓN A-A', DETALLE DE CONECCIÓN ENTRE PINES Y GEOMALLAS
DETALLE DE MOCHETA EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y REMATES DEL MURO
DETALLE DE SOLERA DE REMATE
DETALLE DE SOLERAS INTERMEDIAS A CADA METRO
DETALLE DE FILTRO DE PIEDRÍN LIMPIO DETRÁS DE MURO DE BLOCK
Cimiento Corrido 4 # 3 + Est. # 3 @ 0.20
DETALLE DE ARMADO DE CIMIENTO CORRIDO
Dr. RODOLFO SEMRAU LAGO
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Y OFICINAS ATANASIO

ATE
ference

Movimientos de Tierra

Fase de movimiento de tierra e instalación de geomalla TenCate Mirafi 7XT y 10XT

Instalación de la Geomalla Miragrid XT

GEOSYNTHETICS

Capa con Geomallas Instaladas

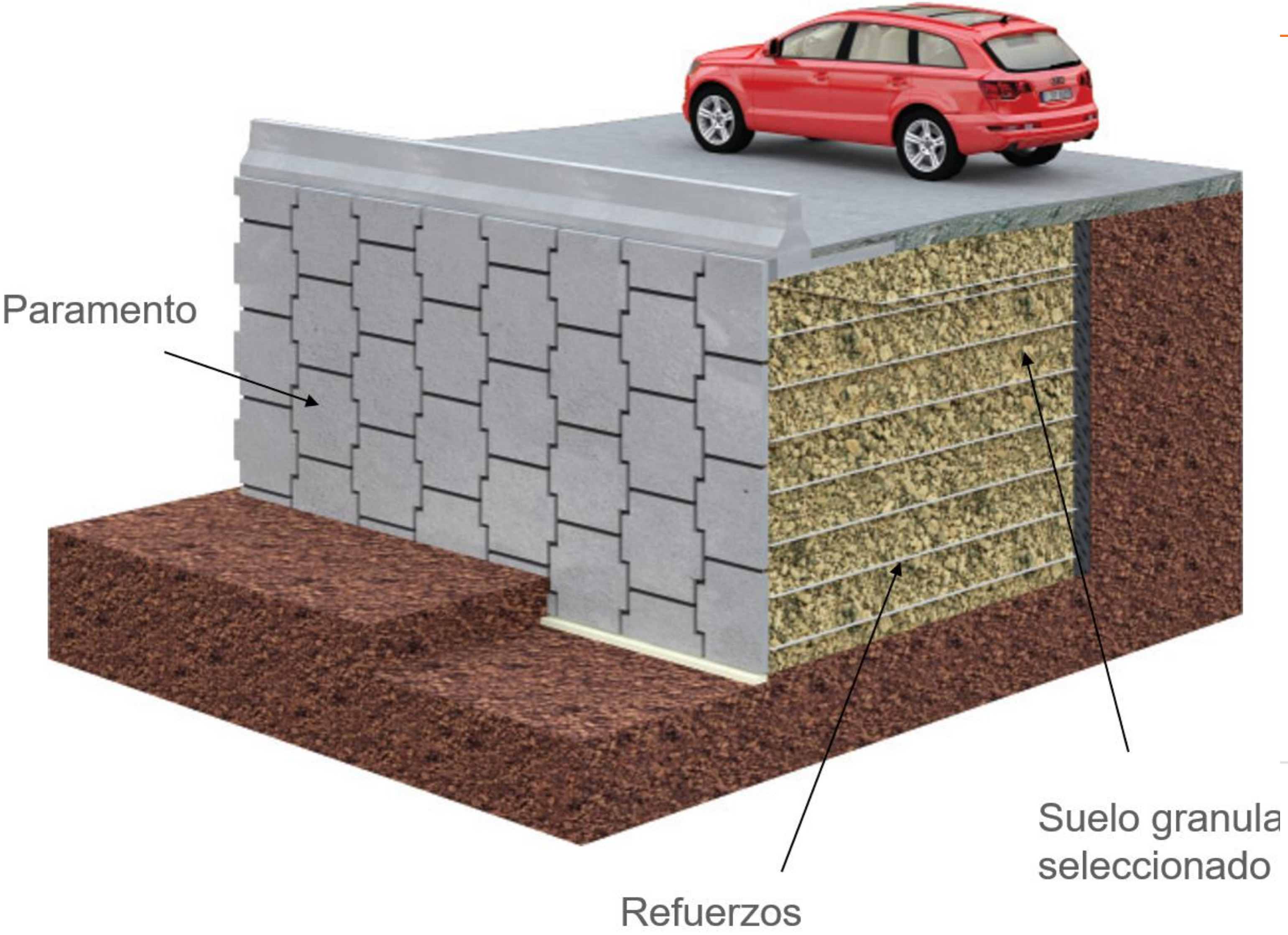
GEOSYNTHETICS

Geomallas Instaladas

Muro Guatemala

Muro Guatemala

- **Sistema Infraestructura**



- Imagen, Cortesía Tierra Armada , Perú

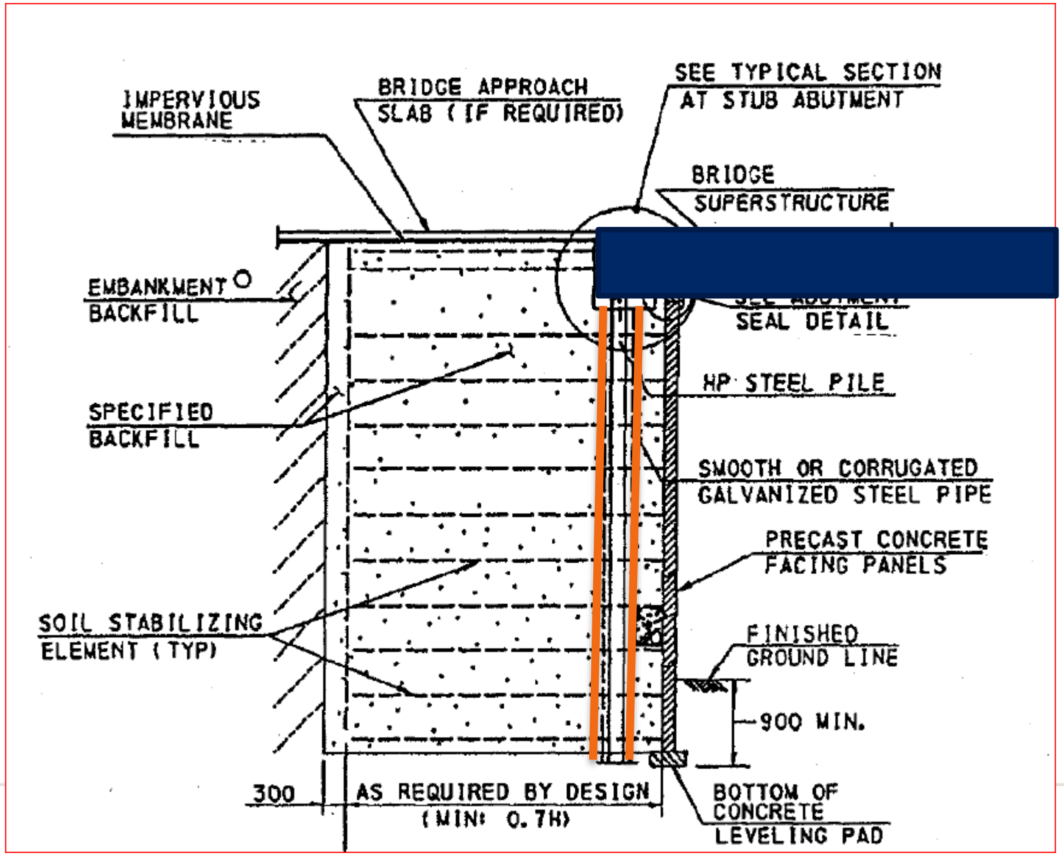
Rampa de Acceso a Puente - Celaya

- 12 mts, Vertical
- Paramento Frontal Prefabricado de Concreto
- 3 veces más Económico que el Uso de Escamas de Acero
- Sin Problemas de Corrosión
- Tiempo de Ejecución en Menor Tiempo 20% más rápido (Este Caso)
- Agradecimientos a Arq. Raúl e Ing. Castillo

Terracerías

Compactación
Instalación Geomalla

Armado de Pilotes
Instalación Geomalla

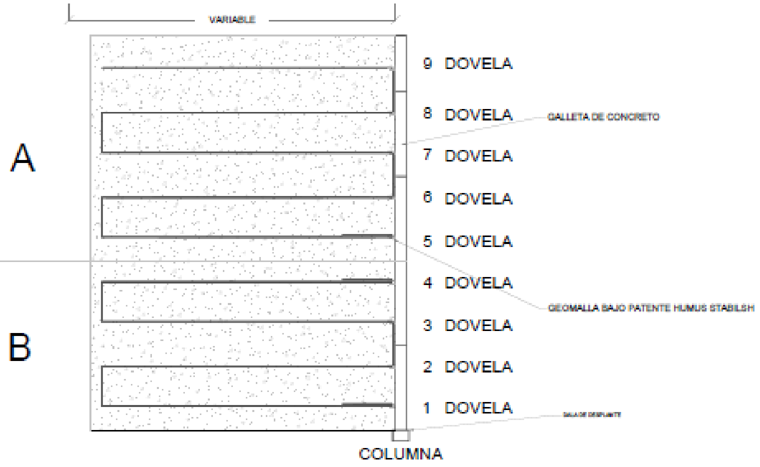


TENCATE
materials that make a difference

Detalle Bajo Patente

GEOSYNTHETICS

DETALLES BAJO PATENTE HUMUS STABILISH

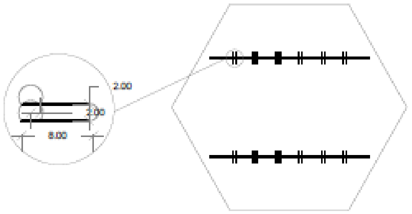


DETALLE A-001

- * GEOMALLA UNIAXIAL TIPO B .92M X LONGITUD VARIABLE, EN DOVELAS 1, 2, 3 Y 4.
- * GEOMALLA UNIAXIAL TIPO A 3.66 X LONGITUD VARIABLE,GEOMALLA UNIAXIALES CONSTANTE EN DOVELAS 5, 6, 7, 8 Y 9

GEOMALLA UNIAXIAL HUMUS STABILISH		
PROPIEDADES	UNIDAD	HUMUS STABILISH
POLIMERO (REVESTIMIENTO)		PET (PVC)
RESISTENCIA A TRACCION	KG/M	24554.705
FUERZA DE FLUENCIA REDUCIDA	KG/M	15540.896
FUERZA DE DISEÑO A LARGO PLAZO EN ARENA LIMO Y ARCILLA	KG/M	13455.98
DIMENCIONES	UNIDAD	HUMUS STABILISH
ANCHO DE ROLLO	M	3.6
LONGITUD DE ROLLO	M	61
PESO ESTIMADO	KG	166
AREA	M2	220

DETALLE A-002
HERRAJE HUMUS STABILISH

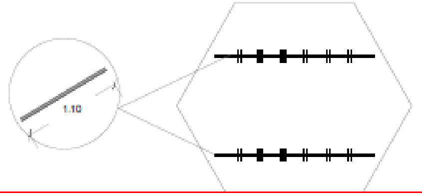


- * HERRAJE GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE RECUBIERTA EN ACERO CON CAPA DE ZINC UNIDO METALURGICAMENTE CON BASE A PATENTE HUMUS STABILISH
- * HERRAJE HUMUS STABILISH DE $\frac{1}{4}$ DESARROLLO DE .30M

PROPIDADES MECANICAS DE HERRAJE HUMUS STABILISH	
RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/MM2	66
LIMITE ELASTICO (KG/MM2)	32
ALARGAMIENTO 5D (%)	66
REDUCCION AREA (%)	76
DUREZA (HB)	156

DETALLE A-003

BASTON HUMUS STABILISH



- * BASTON GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE RECUBIERTA EN ACERO CON CAPA DE ZINC UNIDO METALURGICAMENTE CON BASE A PATENTE HUMUS STABILISH
- * BASTON HUMUS STABILISH DE $\frac{3}{8}$ DE LONGITUD 1.10M

PROPIDADES MECANICAS DE BASTON HUMUS STABILISH	
RESISTENCIA A LA TENCION MIN (KG/CM2)	7000
RESISTENCIA A LA FLUENCIA MIN (KG/CM2)	6000
ALARGAMIENTO A LA RUPTURA MIN	8%

Aproches de Puentes

GEOSYNTHETICS

Aproches de Puentes Celaya

GEOSYNTHETICS

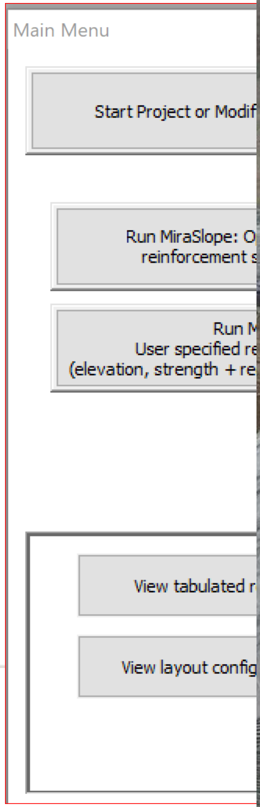
TENCATE
materials that make a difference

Aproches de Puentes Celaya

Muro Antamina , Perú

- Minería
- Extensión Patio de Talleres
- 40 mts Altura (Talud Reforzado 1:1)
- Geomalla Miragrid XT
- Agradecimientos Tierra Armada Perú, Ing. Nelson Berrospid y Wilfredo Rodriguez

Muro Antamina , Perú

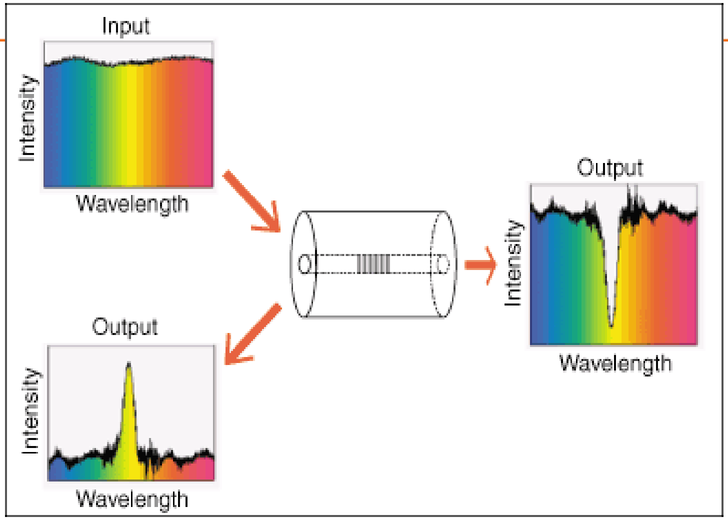


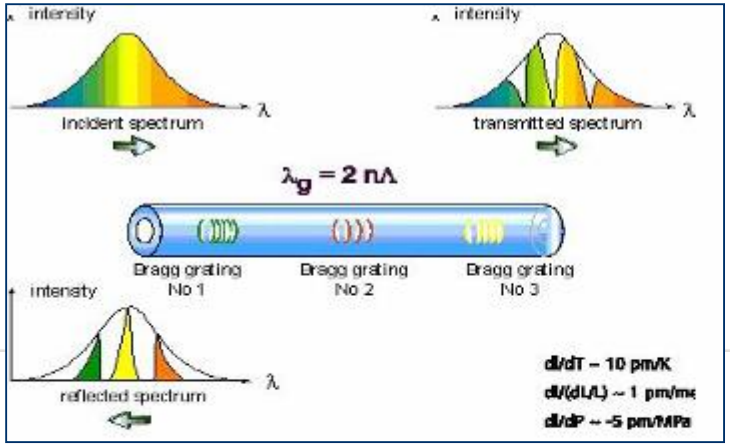
materials that make a difference

Mina Antamina, Perú Miragrid XT 38 mts altura

Principios de la Medición

GEOSYNTHETICS





La Fibra Óptica

- Resistente a la Corrosión
- No interferencia electromagnética
- Resistente a la Radiación
- No hay riesgo de explosión (no corriente eléctrica o chispas).
- Resistente a las descargas

→ **Un Sistema apto para ambientes difíciles**

Tecnología Fibre Bragg Gratings (FBG)

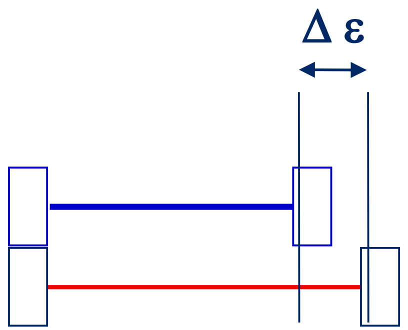
FBG se basa en la variación periódica del índice de refracción (n) a lo largo del núcleo de la fibra óptica.

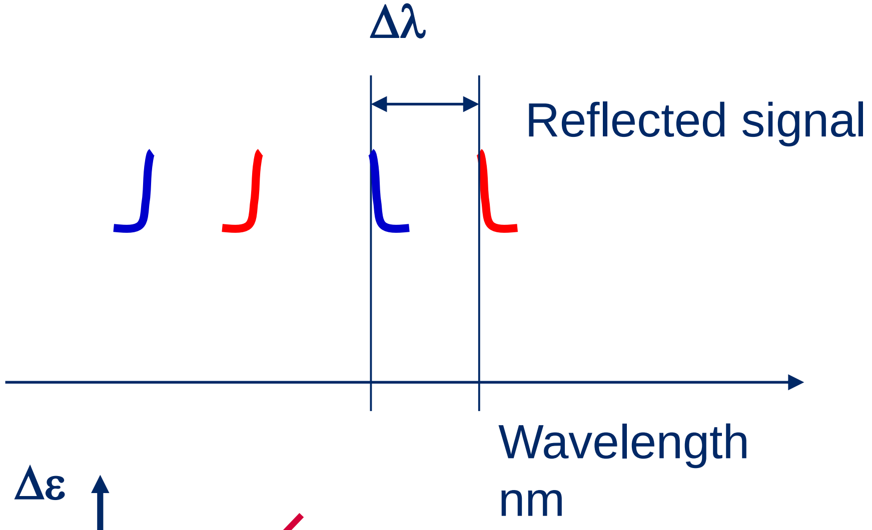
TENCATE
materials that make a difference

El Principio de la tecnología FBG

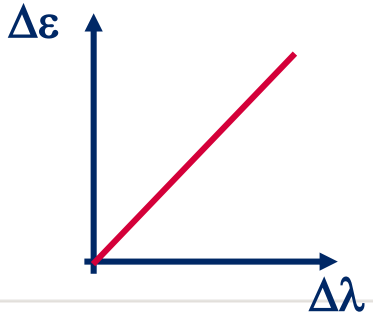
Tensión en la fibra longitud de onda

Desplazamiento de la



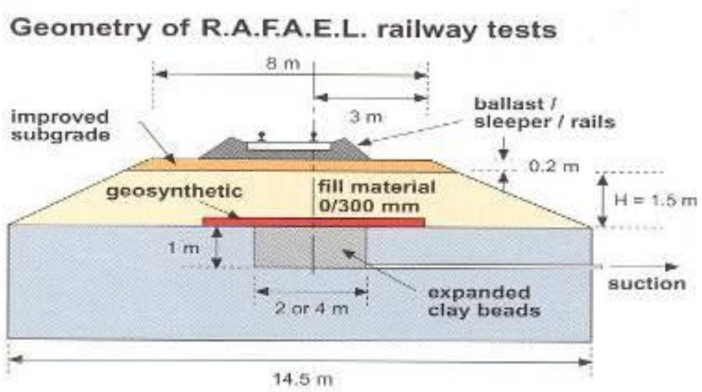


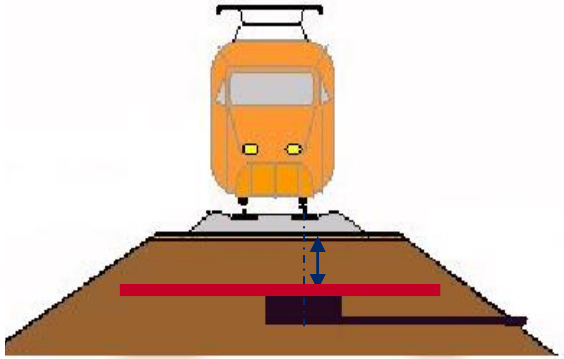
$$\Delta \varepsilon = \phi\,(\Delta\lambda)$$



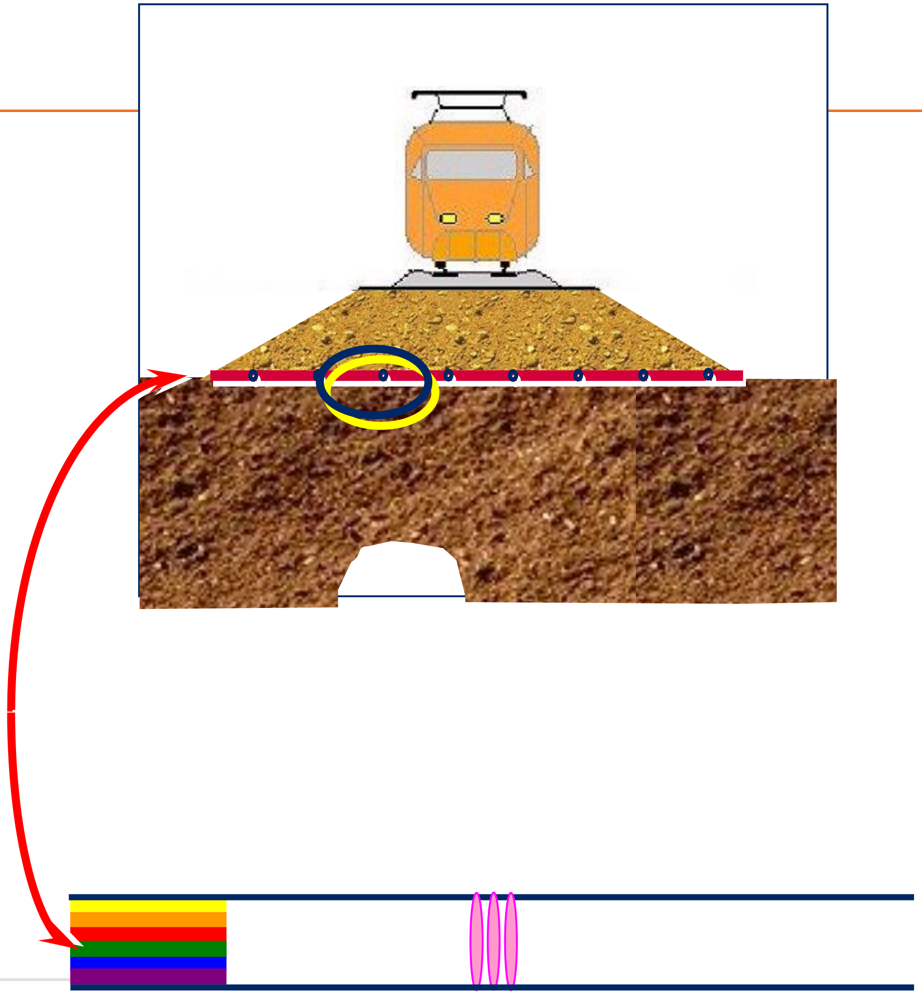
Debido a esta propiedad específica, la elongación de la fibra puede ser leída como el desplazamiento de la longitud de onda.

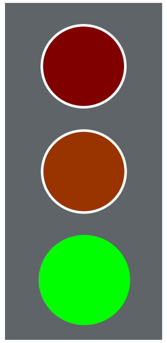
Aplicación: Terraplén sobre una Caverna

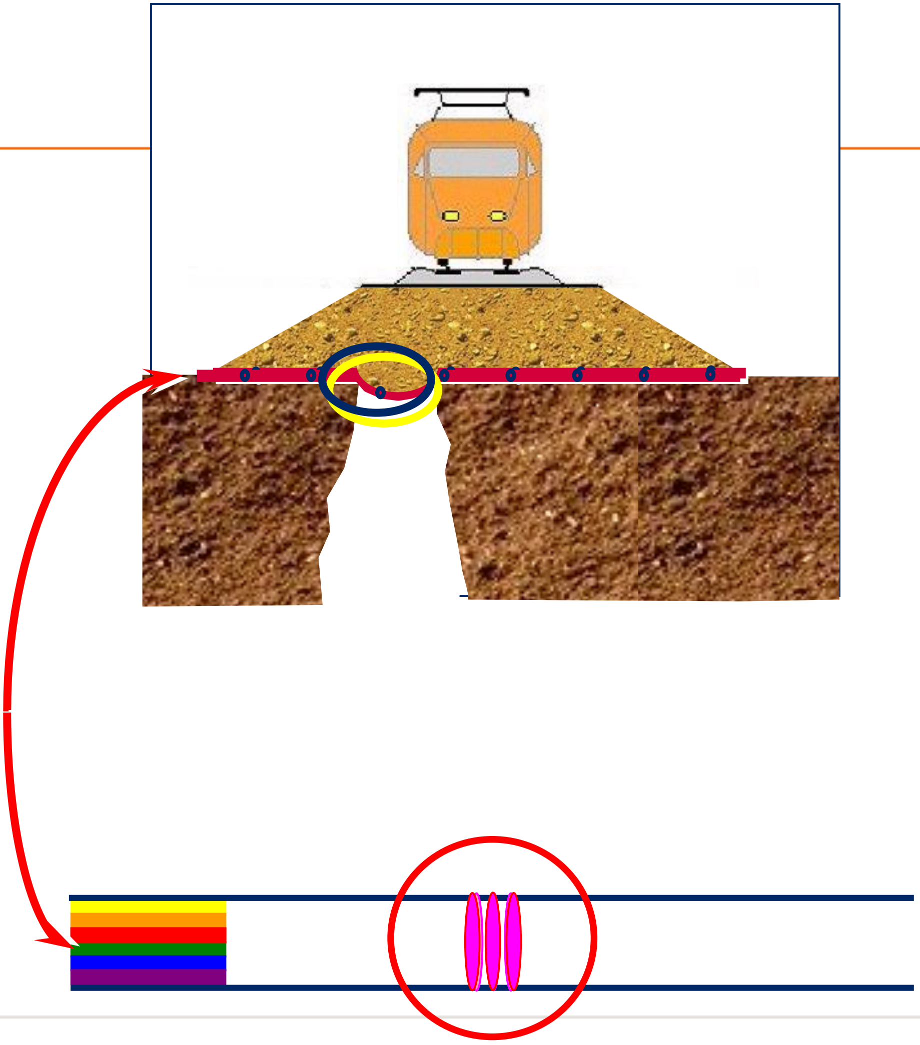


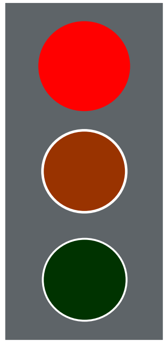


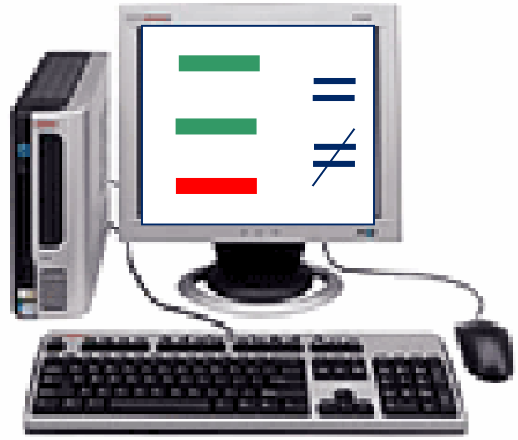
RAFAEL : proyecto de autopistas y ferrocarriles de Francia 1997



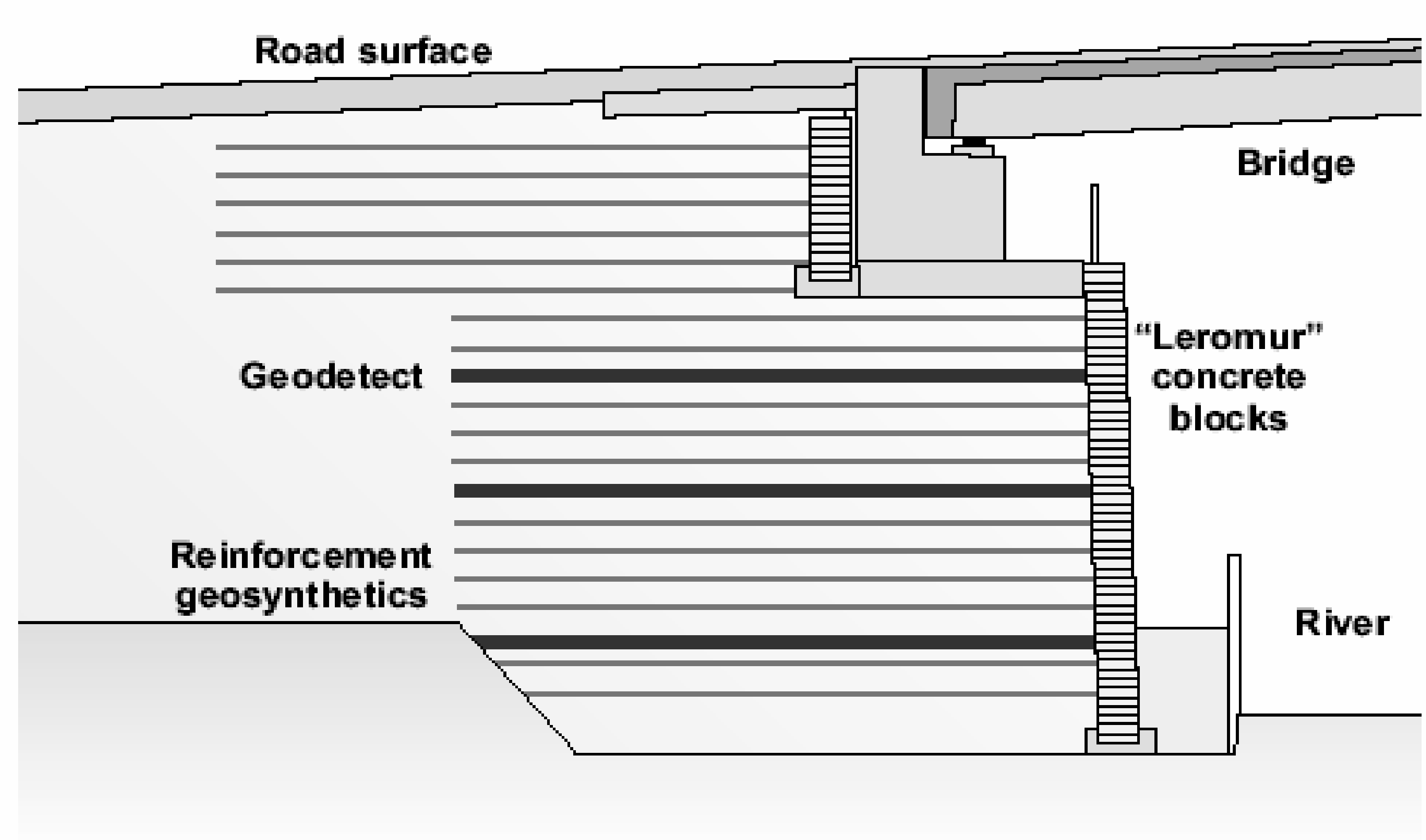








Saint Saturnin



Obra Terminada

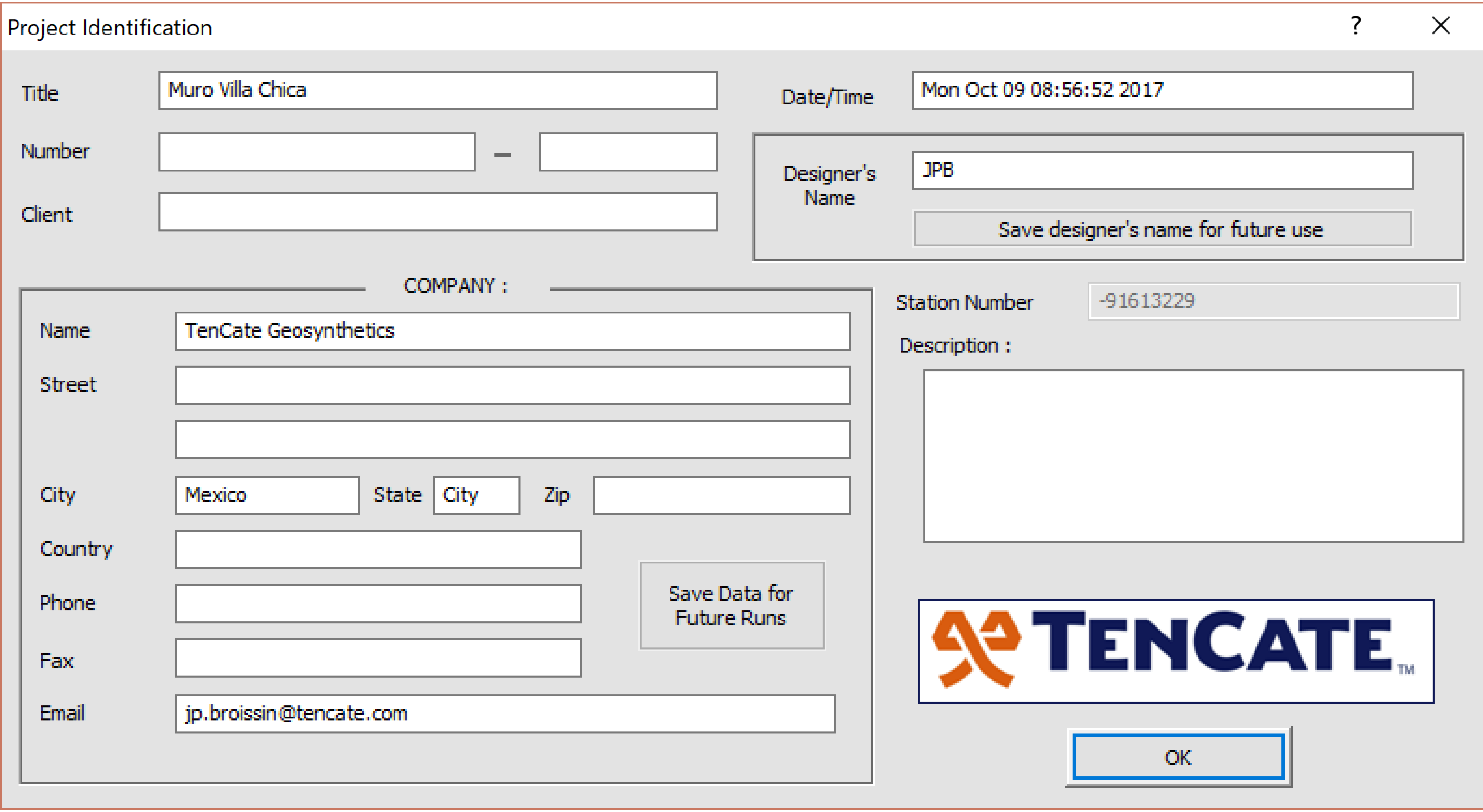
Obra Terminada

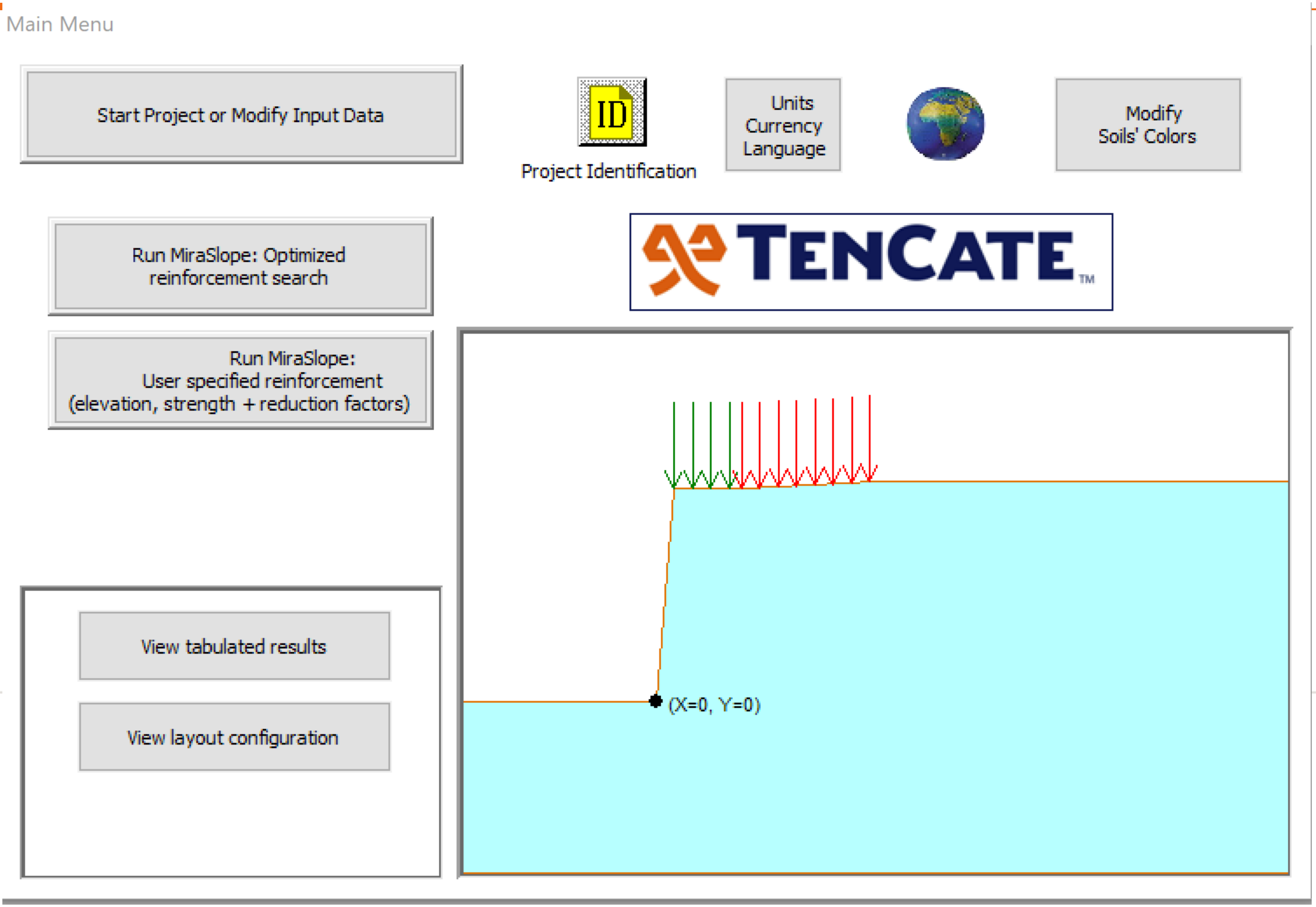
GEOSYNTHETICS

ATE

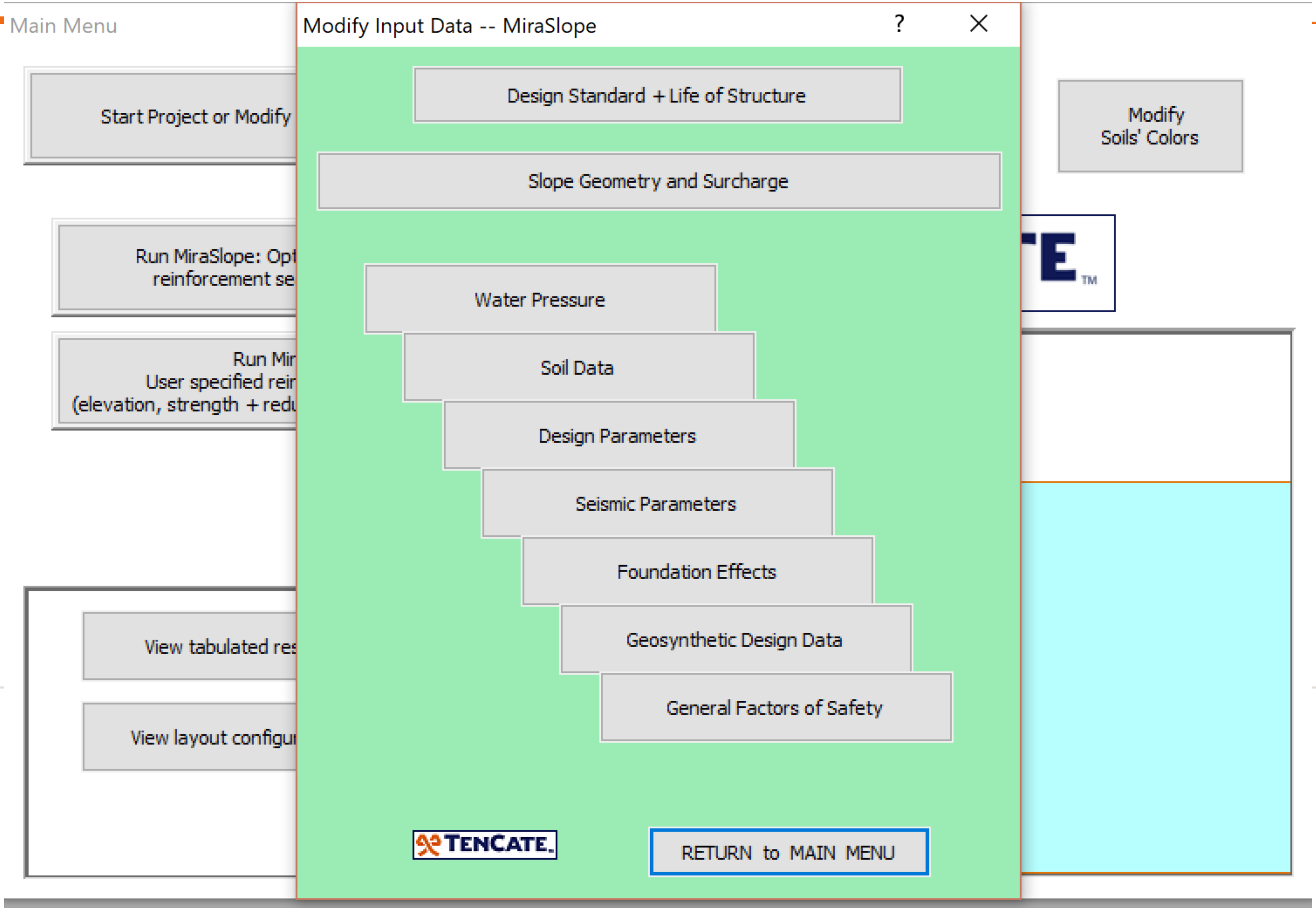
nake a difference

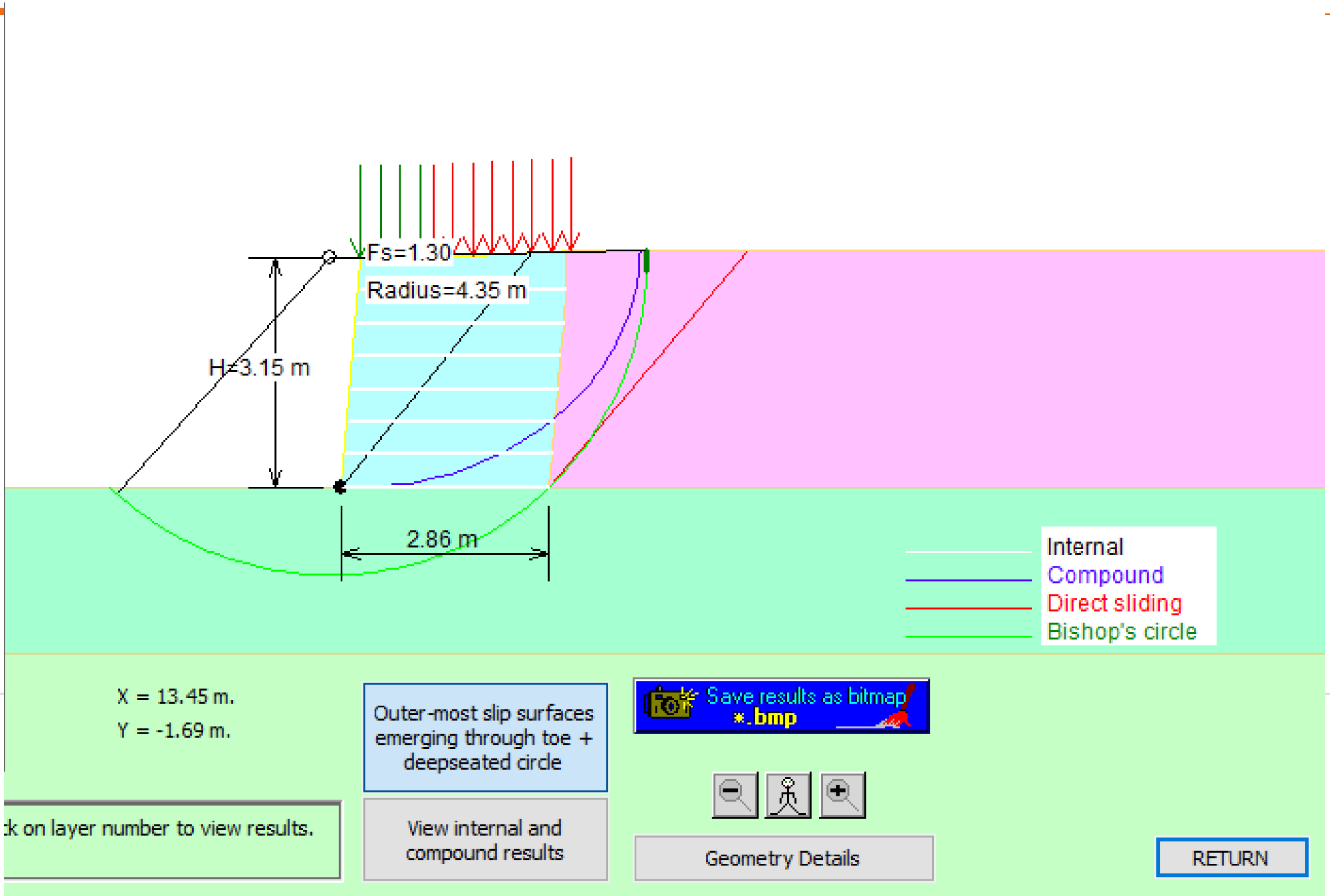
Software
www.miraslope.com


Project Identification
?
Title
Muro Villa Chica
Date/Time
Mon Oct 09 08:56:52 2017
Number
Designer's Name
JPB
Client
Save designer's name for future use
COMPANY :
Name
TenCate Geosynthetics
Street
City
Mexico
State
City
Zip
Country
Phone
Fax
Email
jp.broissin@tencate.com
Save Data for Future Runs
Station Number
-91613229
Description :
TENCATE
TM
OK



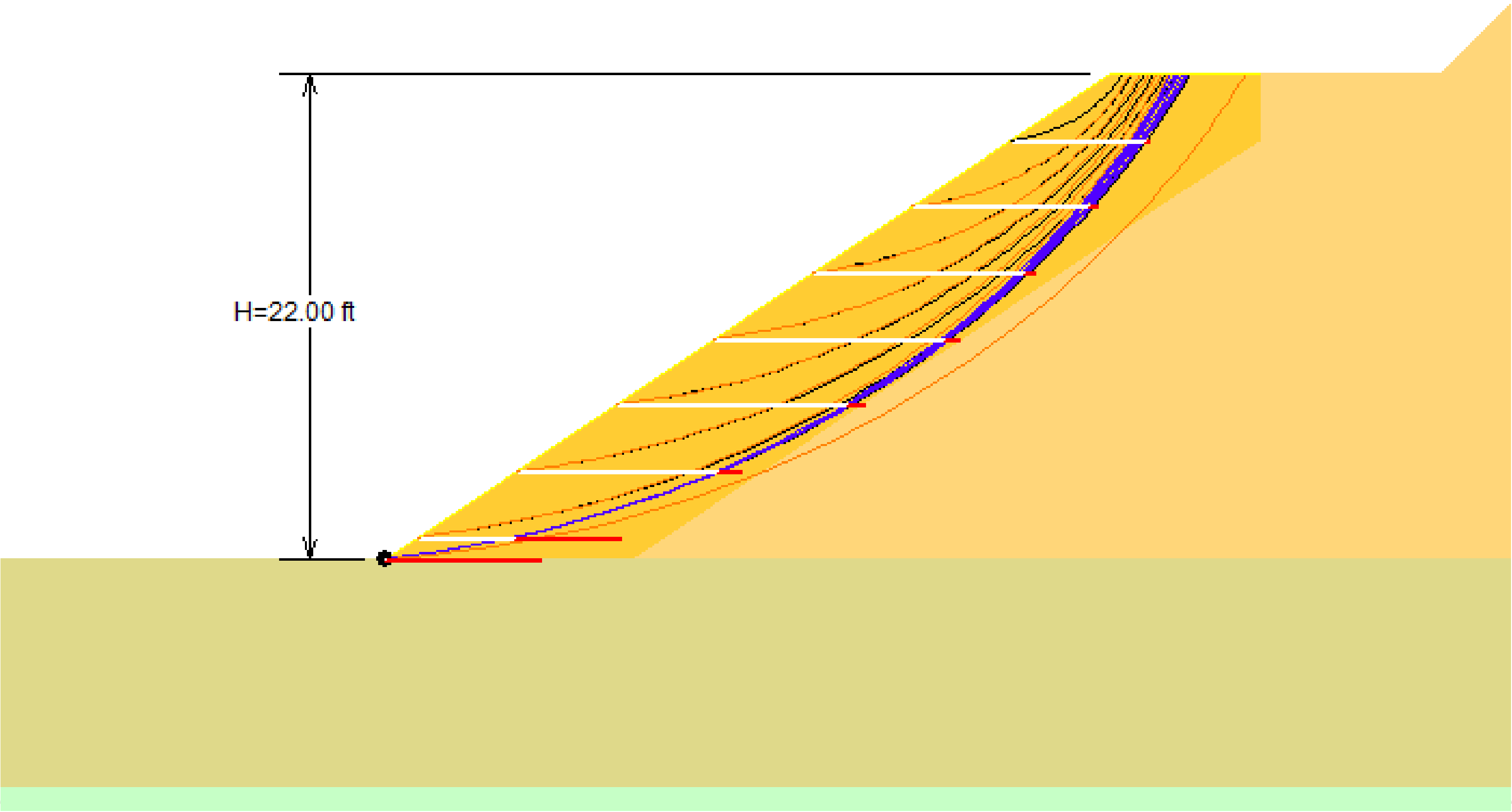
TENCATE
materials that make a difference


Main Menu
Modify Input Data -- MiraSlope
Design Standard + Life of Structure
Slope Geometry and Surcharge
Water Pressure
Soil Data
Design Parameters
Seismic Parameters
Foundation Effects
Geosynthetic Design Data
General Factors of Safety
TENCATE
RETURN to MAIN MENU
Start Project or Modify
Run MiraSlope: Opt
reinforcement se
Run Mir
User specified rei
(elevation, strength + redu
View tabulated res
View layout configu
Modify
Soils' Colors



materials that make a difference

MSE Design - Reinforced Slope



MiraSlope software disponible desde 2012

- Talleres de diseño con Miraslope
  - jp.broissin@tencategeo.com
  - 5542631451

MUCHAS GRACIAS

¿Preguntas?