



MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN EN TALUDES MINEROS

Date

09 Noviembre, 2021

Author

Ing. César R. Torres Chung

Gerente del Sector Minería – Maccaferri LATAM

Gerente de Ingeniería y Proyectos – Maccaferri de Perú S.A.C

MACCAFERRI

César R. Torres Chung

Ingeniero Civil – Universidad Ricardo Palma

Gerente del Sector Minería Maccaferri LATAM

Gerente de Ingeniería y Proyectos en Maccaferri Perú S.A.C

17 años de experiencia profesional en desarrollo
de proyectos de ingeniería.



Contenido de la Presentación

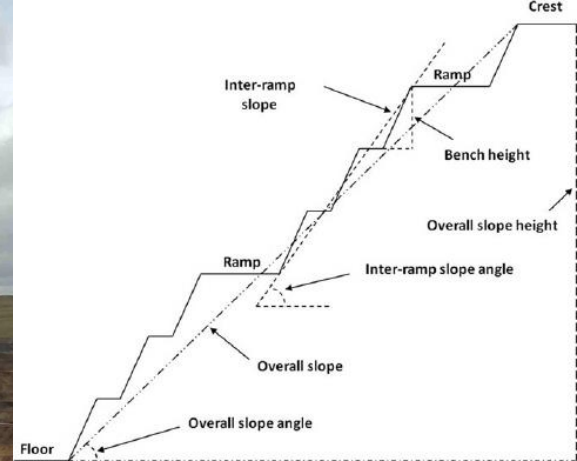
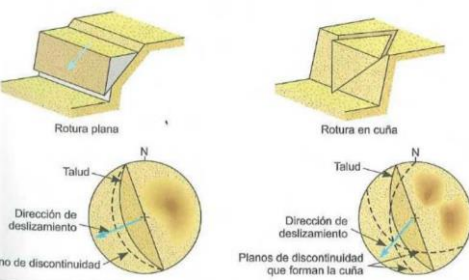
Tipos de Taludes en Minería

Criterios de Aceptación Estabilidad de Taludes en Minería

Conceptos de Confiabilidad Geotécnica

Medidas de Estabilización en Taludes Mineros

Tipos de Taludes en Minas









Criterios de Aceptación Estabilidad de Taludes Mineros

Table 1.1: Typical FoS and PoF acceptance criteria values

Slope scale	Consequences of failure	Acceptance criteria ^a		
		FoS (min) (static)	FoS (min) (dynamic)	PoF (max) P[FoS ≤ 1]
Bench	Low–high ^b	1.1	NA	25–50%
Inter-ramp	Low	1.15–1.2	1.0	25%
	Moderate	1.2	1.0	20%
	High	1.2–1.3	1.1	10%
Overall	Low	1.2–1.3	1.0	15–20%
	Moderate	1.3	1.05	10%
	High	1.3–1.5	1.1	5%

Table 9.2: Acceptable FoS values, civil engineering applications

Material type	Conditions	Acceptance level (static)	Reference
Soil earthworks	Normal loads and service conditions	1.5	Meyerhof (1984)
	Maximum loads and worst environmental conditions	1.3	
Earth retaining structures and excavations	Normal loads and service conditions	2	
	Maximum loads and worst environmental conditions	1.5	
Slopes	Cohesionless soils	1.3	Bjerrum (1973) Bowles (1979) Gedney & Weber (1978) Hansen (1967) Meyerhof (1970) Sowers (1979) Terzaghi (1943) US Navy Department (1962) SAICE COP (1989) SAICE COP (1989) Hoek (1991)
	Cohesive soils	1.5	
	Based on field vane tests corrected for strain rate and anisotropic effects	1.3	
		1.25	
	Highest value for serious consequence of failure or high uncertainty	1.25–1.5	
		1.5	
		1.3–1.5	
		1.3–1.4	
	Lower values for temporary loading	1.5	
		1.25–1.3	
	Permanent or sustained conditions	1.5	
	Temporary	1.25	
	Permanent	1.5	
Dams	End of construction, no reservoir loading, pore pressure at end of construction estimates with undissipated pore pressure in foundations	1.3	Hoek (1991)
	Full reservoir, steady state seepage with undissipated pore pressure in foundation	1.3	
	Full reservoir with steady state flow and dissipated pore pressure	1.5	
	Flood level with steady state flow	1.2	
	Rapid drawdown pore pressure in dam with no reservoir loading	1.3	

Según (Lambe & Whitman 1996)

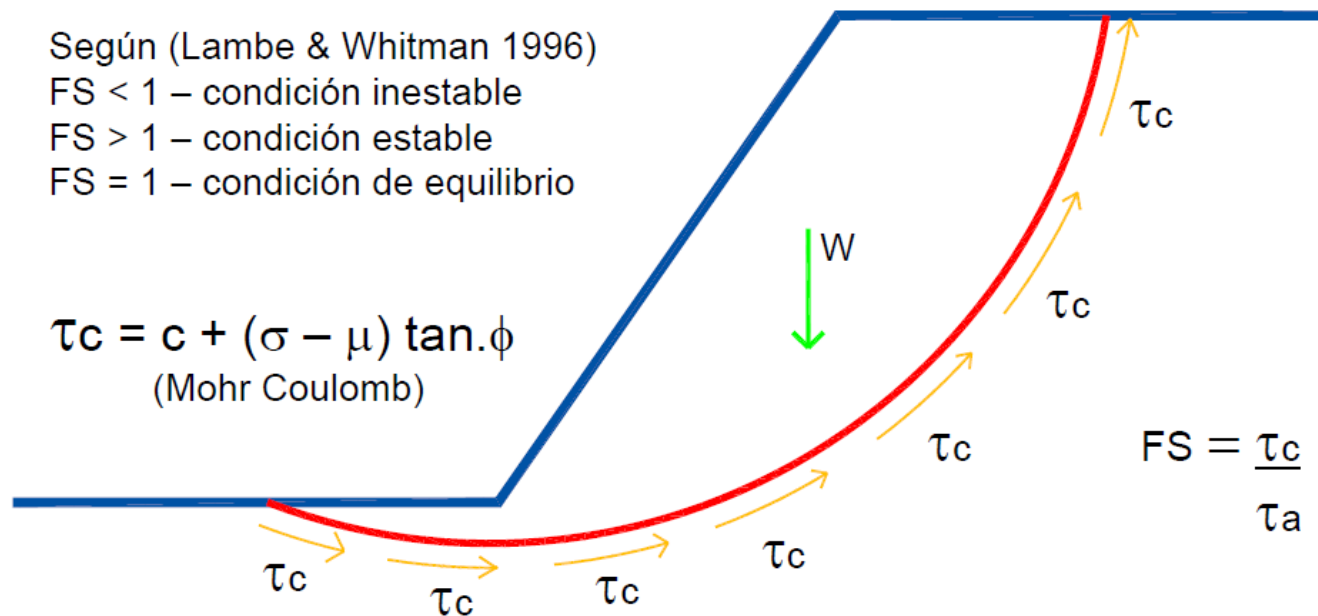
$FS < 1$ – condición inestable

$FS > 1$ – condición estable

$FS = 1$ – condición de equilibrio

$$\tau_c = c + (\sigma - \mu) \tan \phi$$

(Mohr Coulomb)



τ_c = Resistencia al corte movilizada a lo largo de la superficie potencial de deslizamiento.

τ_a = Fuerza al corte actuante movilizada a lo largo de la superficie potencial de deslizamiento.

Conceptos de Confiabilidad Geotécnica

Análisis de Estabilidad de Talud

Tipo de Análisis

Método de Análisis

Parámetros de Entrada (Variables)

Factor de Seguridad
Probabilidad de falla

Talud Infinito:
Superficie de Falla
Circular

Geometría del Talud

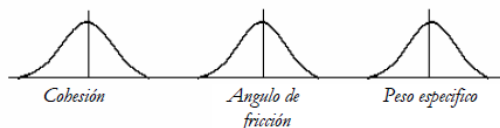
Propiedades del Suelo

Parámetros de
Distribución

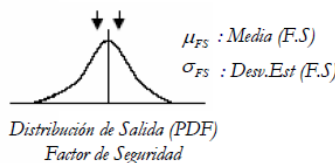
Proceso de Simulación
MonteCarlo

Distribución de Probabilidad
Índice de Confiabilidad

PROCESO DE SIMULACIÓN MONTE CARLO



Método de Análisis de Estabilidad



Resultados de Simulación:

$$1. F.S = \tau_c / \tau_a$$

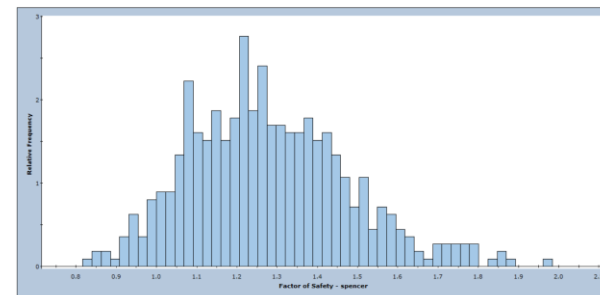
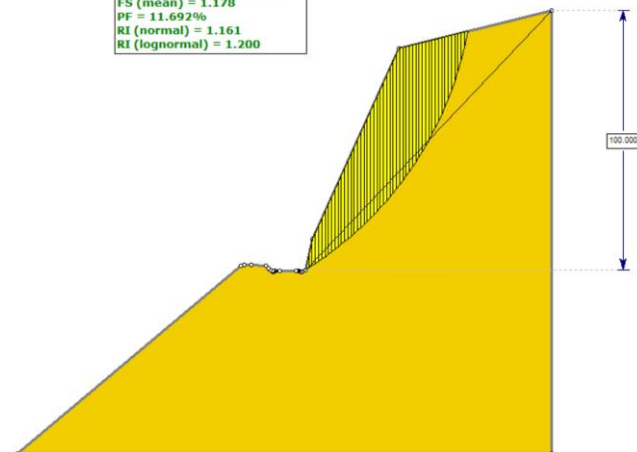
$$\tau_c = c + (\sigma - u) \cdot \tan \phi$$

$$2. PDF = \frac{\text{Número de análisis } FS < 1}{\text{Número Total de Muestra}}$$

$$3. \beta = \frac{\mu_{FS} - 1}{\sigma_{FS}}$$

Máximos
Medias
Mínimos
Desviación Estándar
COV (%)

Deterministic Global Minimum
FS (deterministic) = 1.272
FS (mean) = 1.178
PF = 11.692%
RI (normal) = 1.161
RI (lognormal) = 1.200



SAMPLED: mean=1.279 s.d.=0.1994 min=0.8328 max=1.977 (PF=6.122% RI=1.50963, best RI=lognormal distribution)

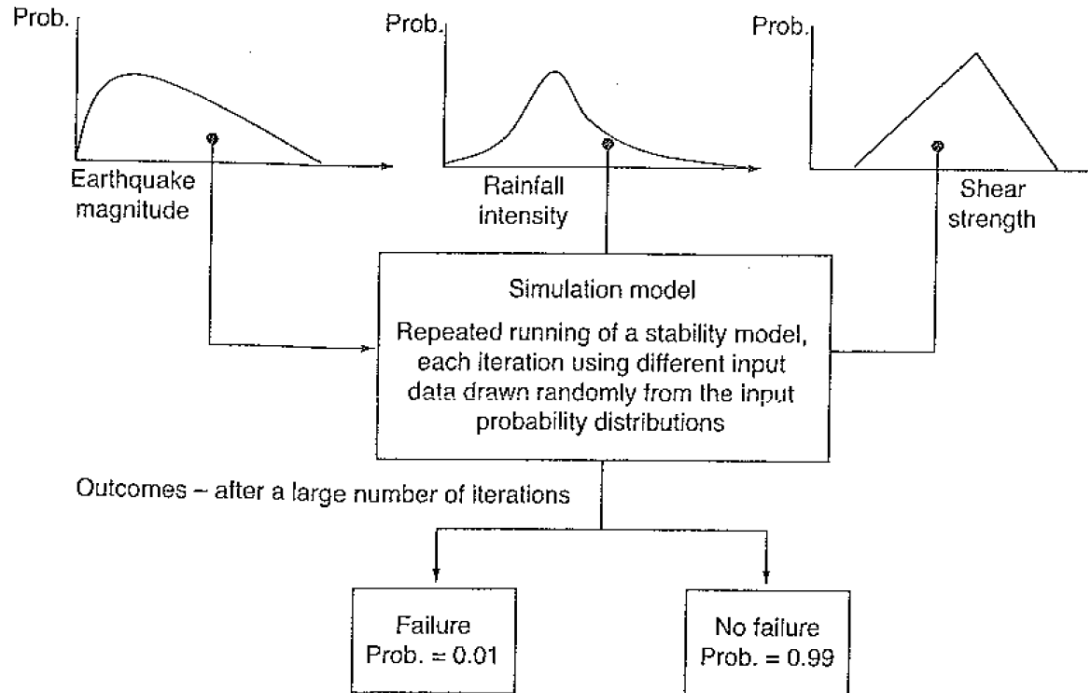
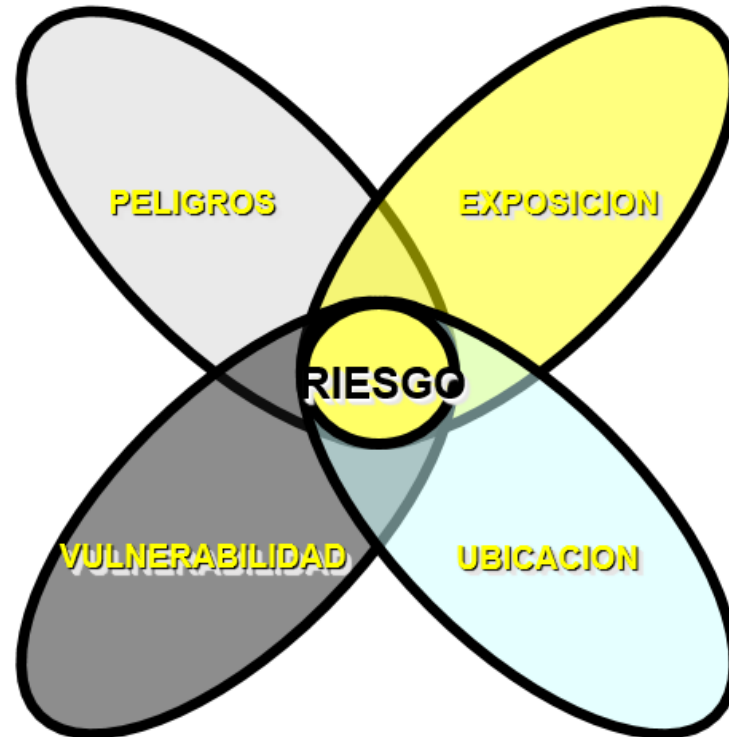


Diagrama de Simulación Probabilística – Landslide Risk Assessment (E.M Lee – D.K.C Jones)

Probabilidad que se materialice el peligro en daño.



Matriz de Riesgo

MACCAFERRI

		PROBABILIDAD				
		Raro	Poco probable	Posible	Muy probable	Casi seguro
CONSECUENCIAS	Despreciable	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Menores	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Moderadas	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	Mayores	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Catastróficas	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto



El propósito de las medidas de estabilización en Taludes Mineros es reducir el riesgo de deslizamientos superficiales, caída de rocas o flujo de detritos hasta un nivel de riesgo aceptable.



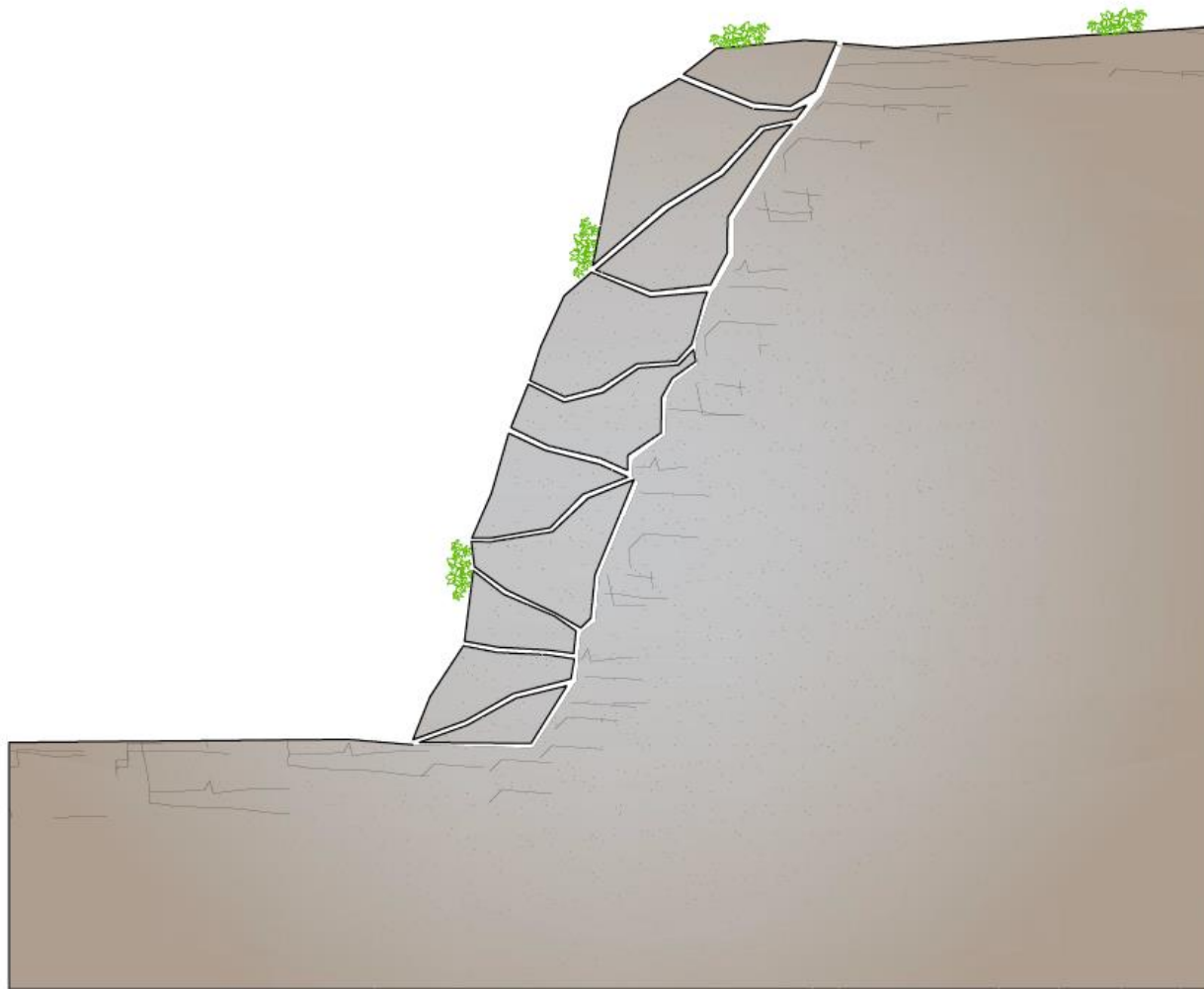
Las medidas de intervención de nuestras soluciones son de prevención y mitigación.

Medidas de Estabilización en Taludes Mineros

Taludes en Roca

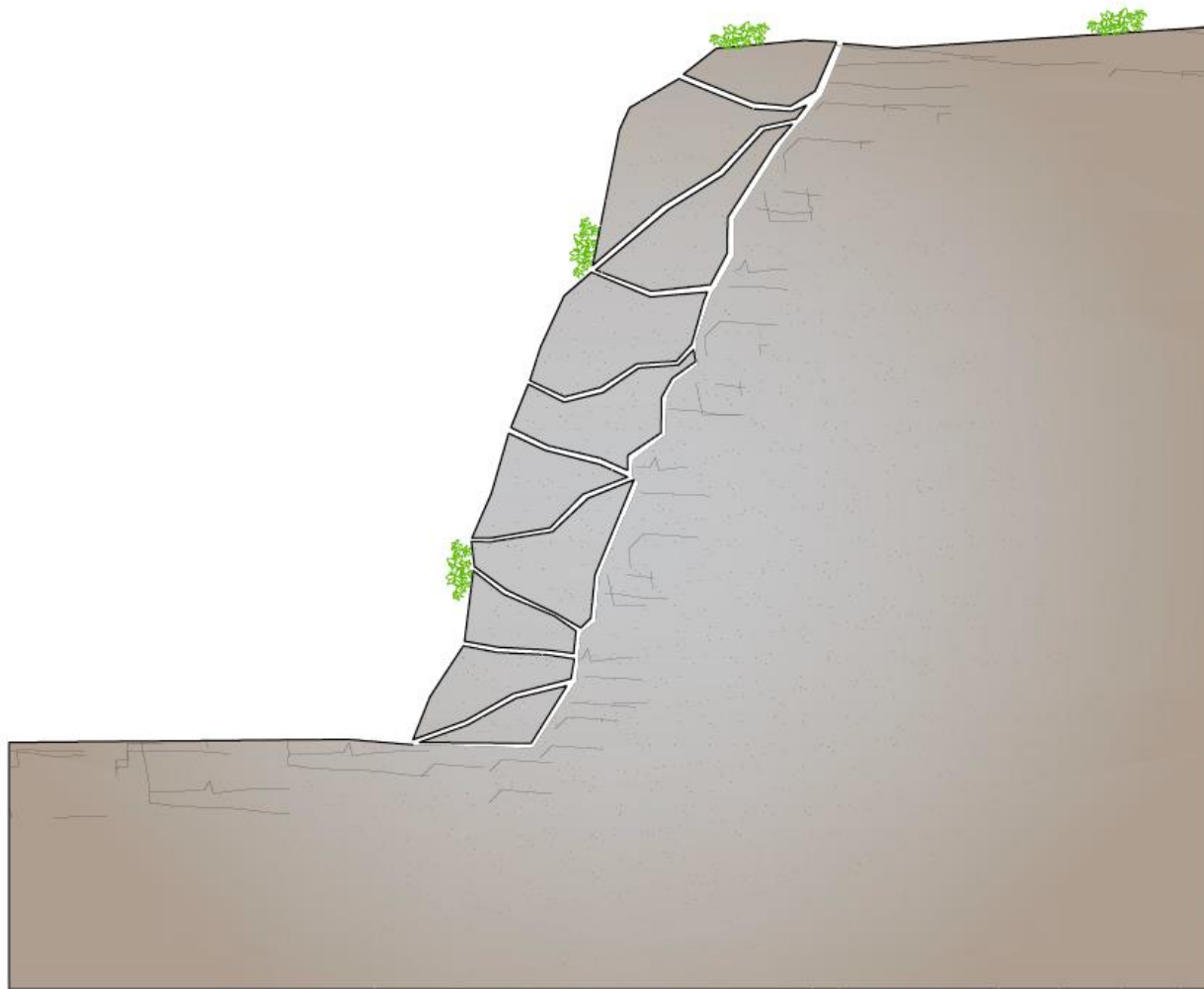
Inestabilidad superficial

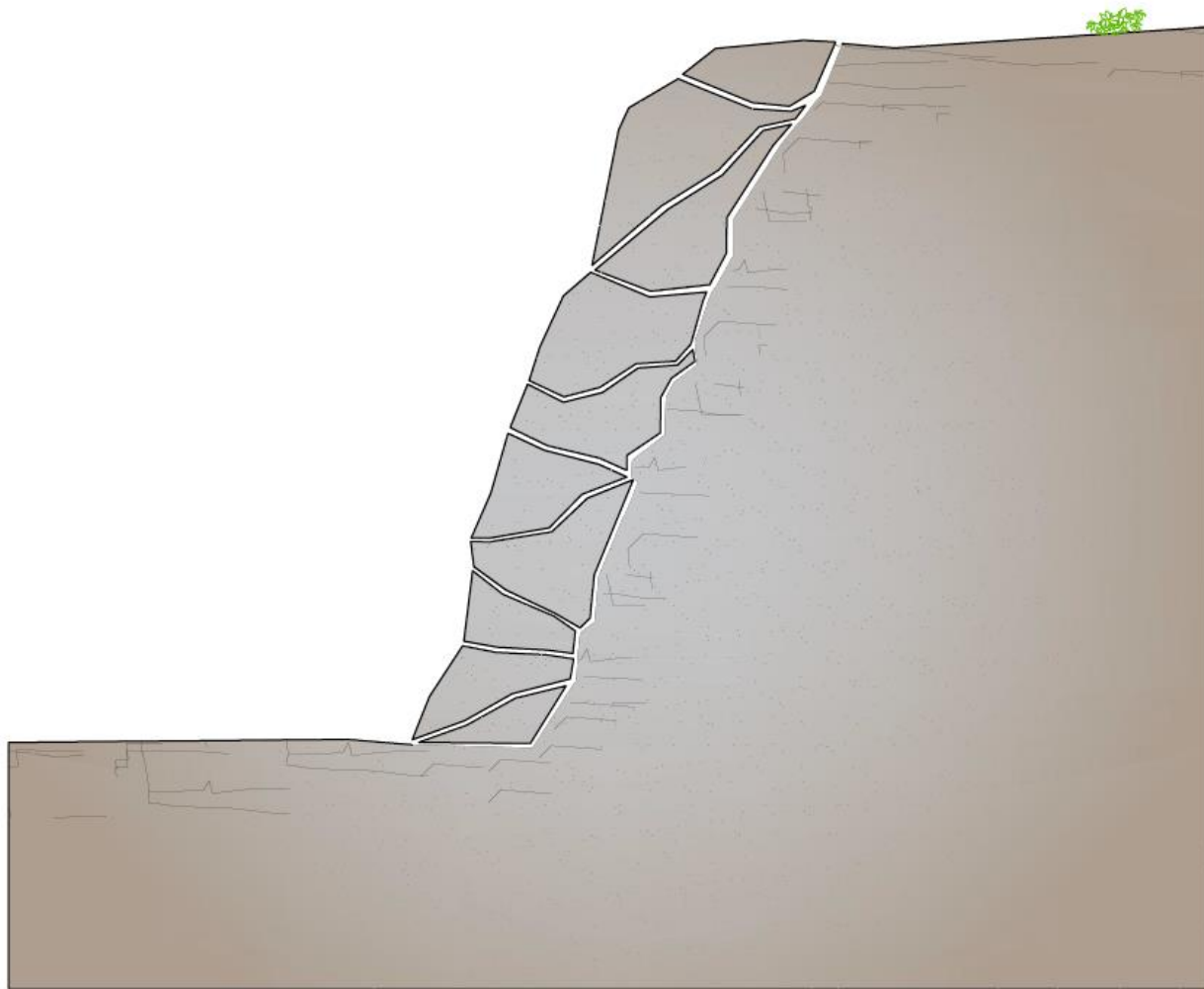


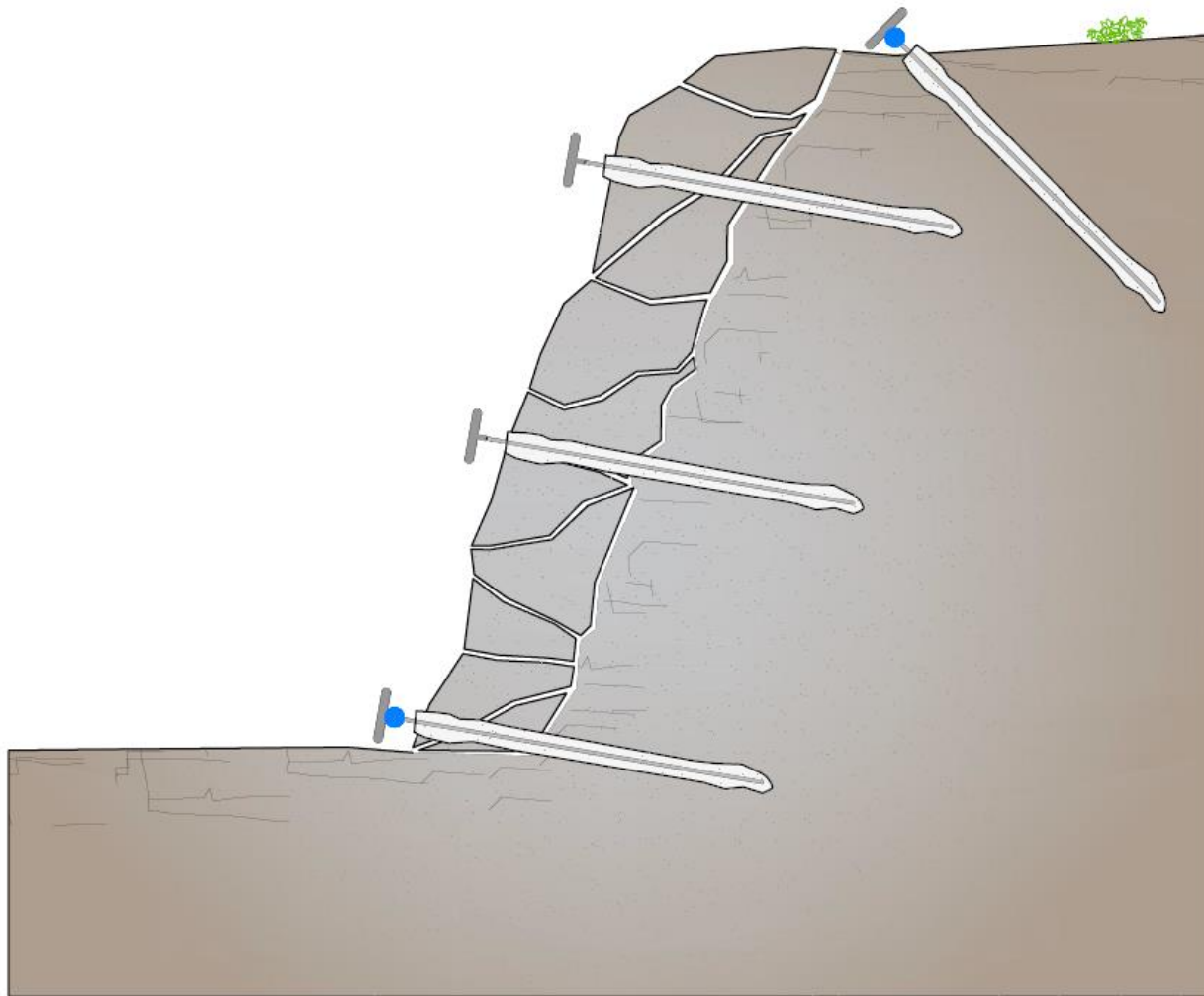


Estabilización en macizo íntegro



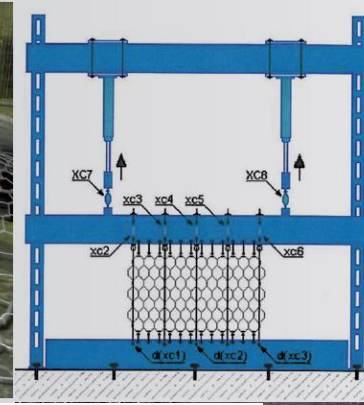
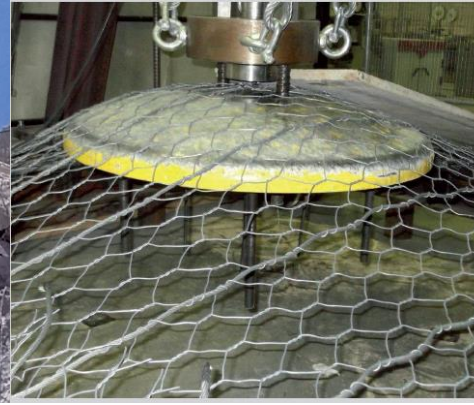




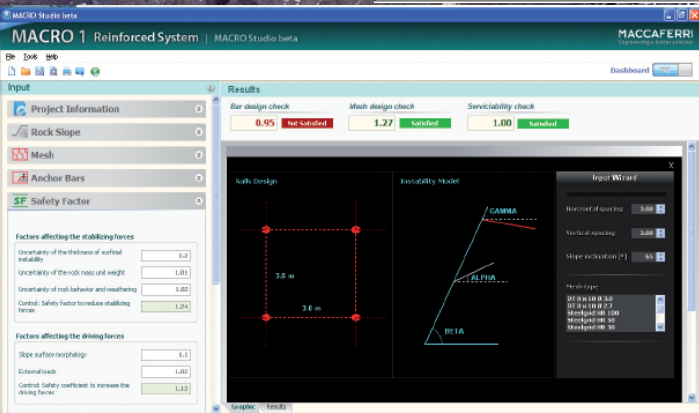


Malla de revestimiento

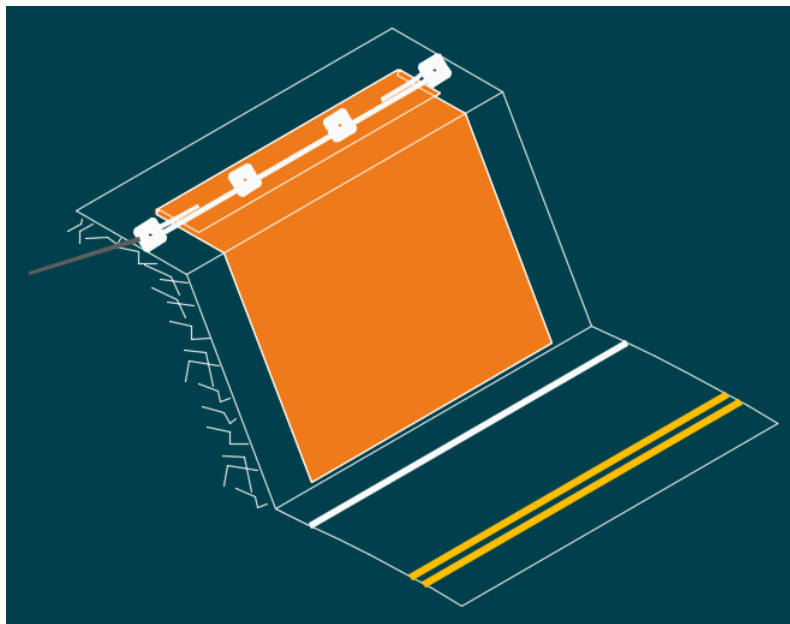




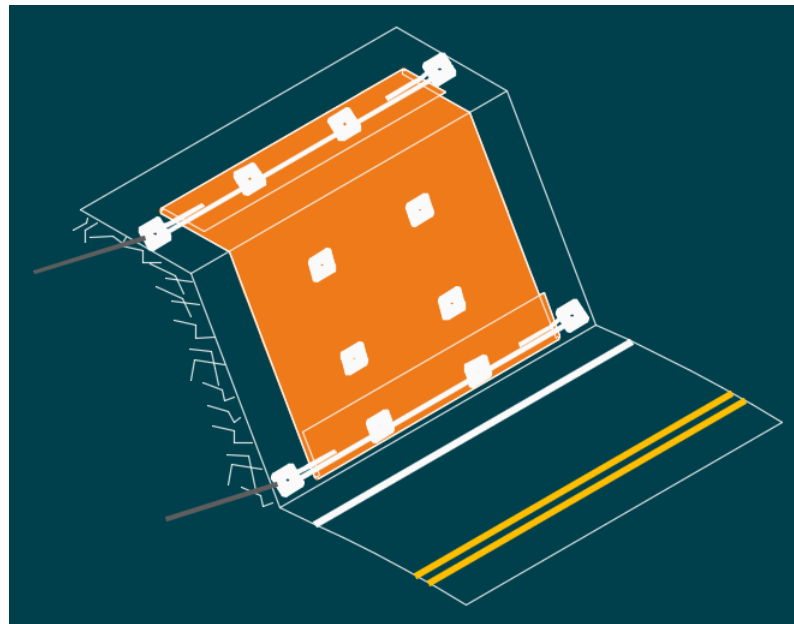
Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos (malla y cable de acero)					Normas de referencia	
SteelGrid®		HR 30	HR 50	HR 100	MO 200	
Resistencia longitudinal a la tracción de la solución ⁽¹⁾	kN/m	177	121	80	60	EN 10223-3
Resistencia nominal a la tracción en la rotura del cable	MPa	1770				EN 10264-2
Tensión de rotura de los alambres ⁽²⁾	MPa	350 a 500 - Clase A				NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709
Elongación en la rotura de los alambres ⁽²⁾	%	13 - Clase A				NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709
Tipo de malla		8x10				NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,7		3,0		NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del cable de acero ⁽³⁾	mm	8,0				ISO 2408
Carga mínima de rotura del cable de acero ⁽⁴⁾	kN	40,3				ISO 2408

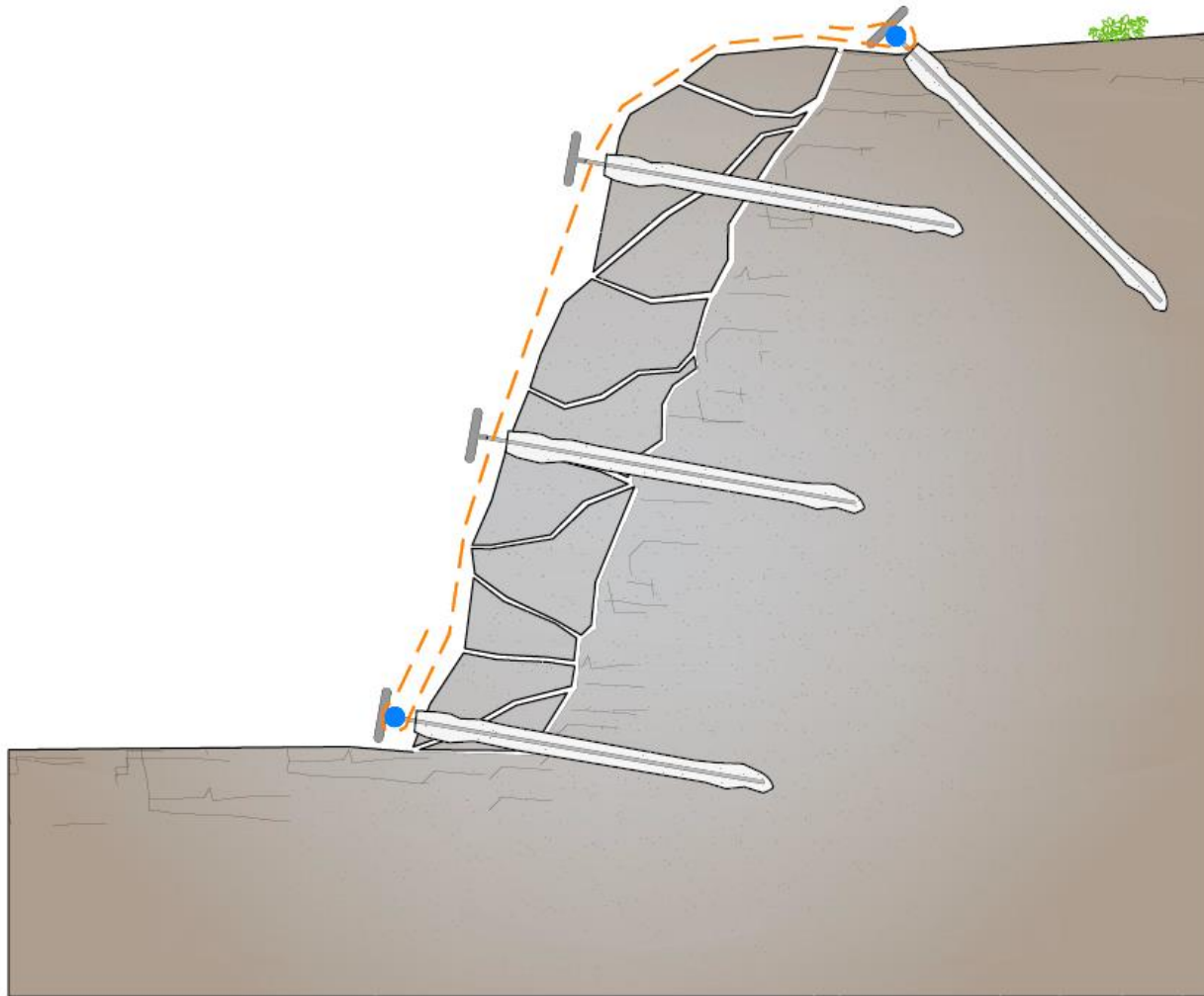


Revestimiento **simple**



Revestimiento **cortical**







Instalación: Maccaferri Construcción.
Proyecto: Quellaveco.
Productos usados: Malla Doble Torsión
Superficie: 20.000 m²

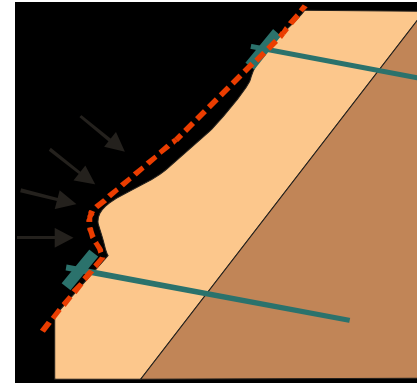


Instalación: Maccaferri de Argentina S.A.
Proyecto: TecnoRed Ingeniería S.R.L.
Productos usados: SteelGrid MO150
Superficie: 26.900 m²
Inicio etapa 1: 2012
Fin etapa 4: 2015

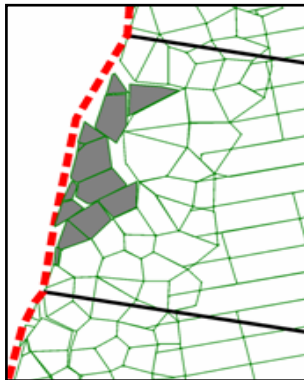




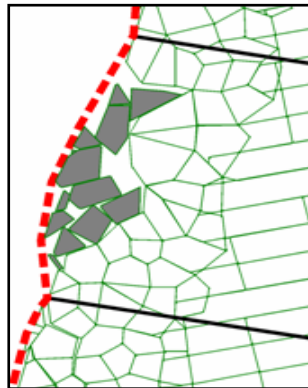
Comportamiento de las mallas



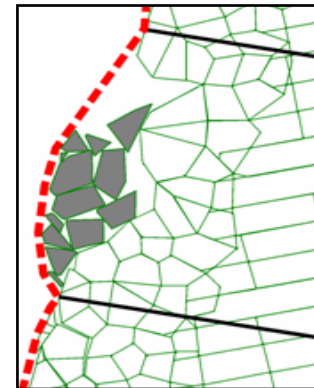
HEA panel

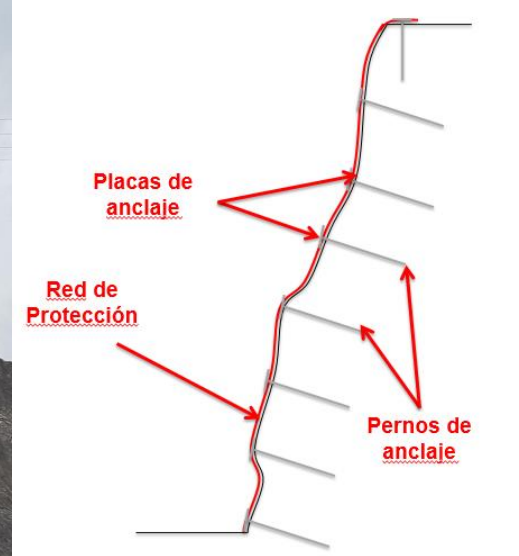


Steel Grid



Malla DT





Protección de Taludes Banda Transportadora Mina Cerro Verde - Perú

Protección de Taludes



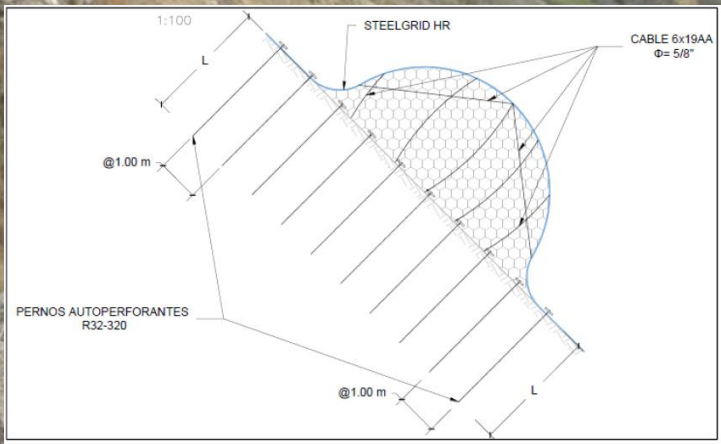
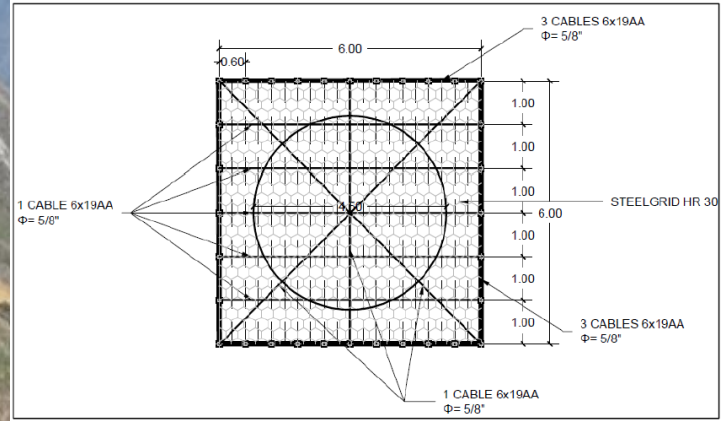
MACCAFERRI

AMERICA LATINA

HEA Panel®



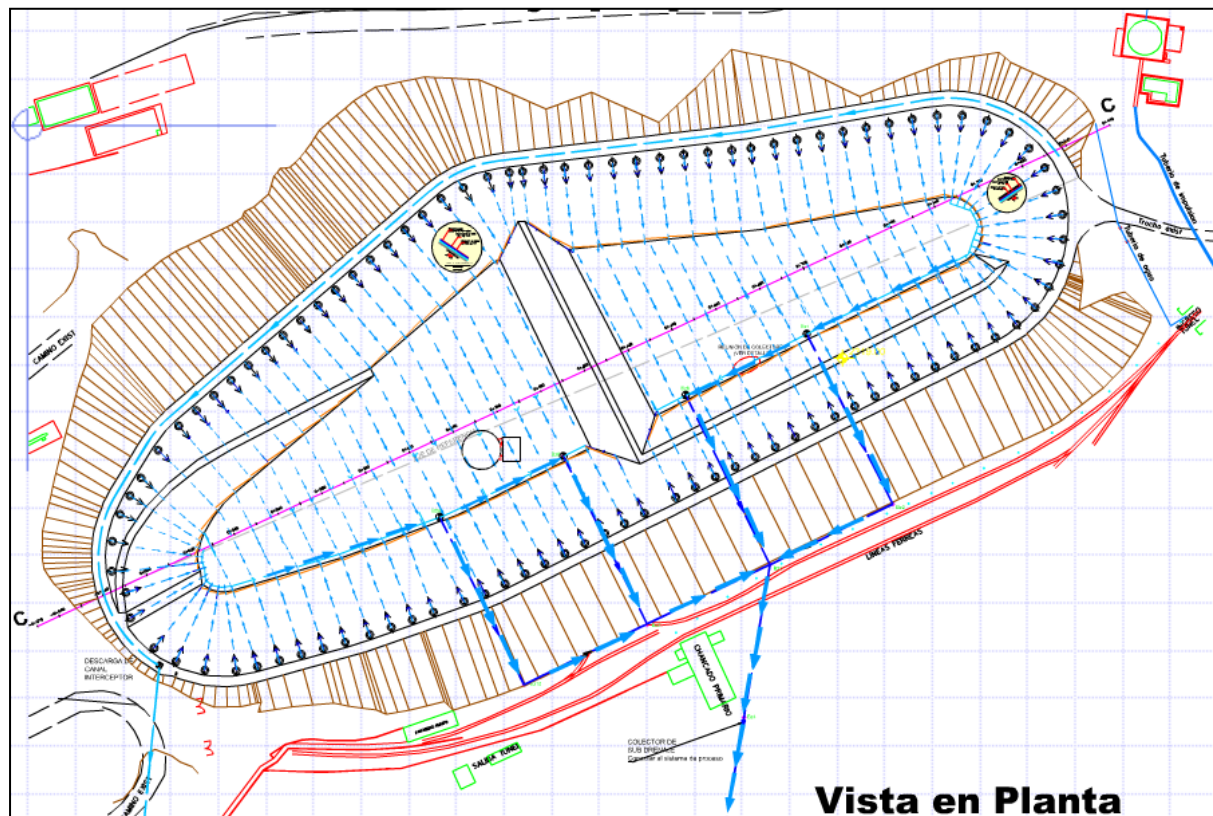
Gruppo
Industriale
Maccaferri



Presas de Relaves

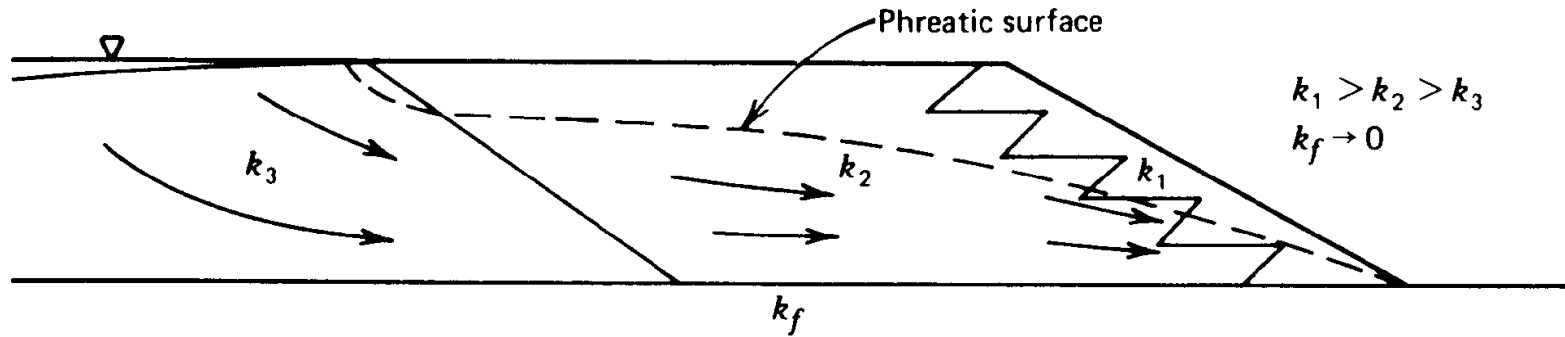


Mina Doe Run Cobriza - Huancavelica

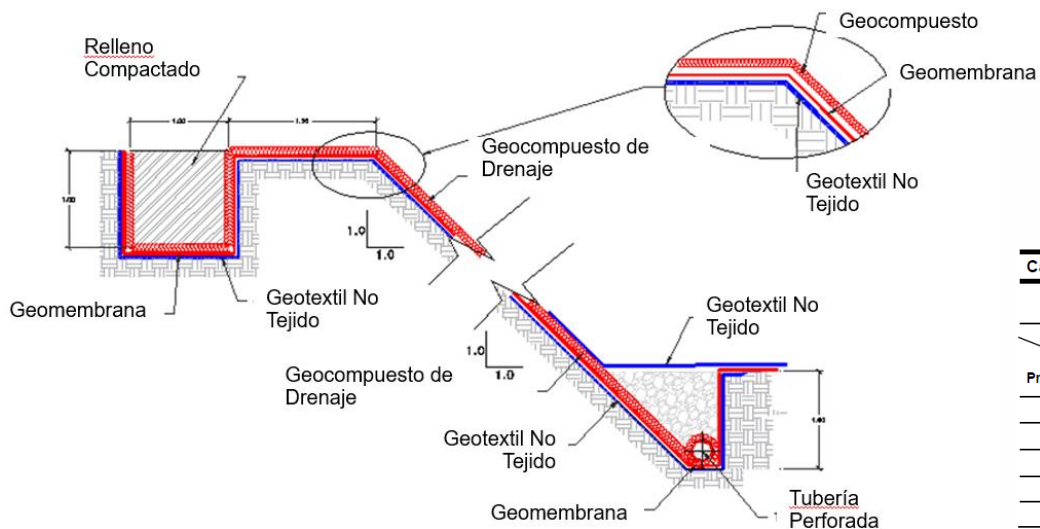


Vista en Planta

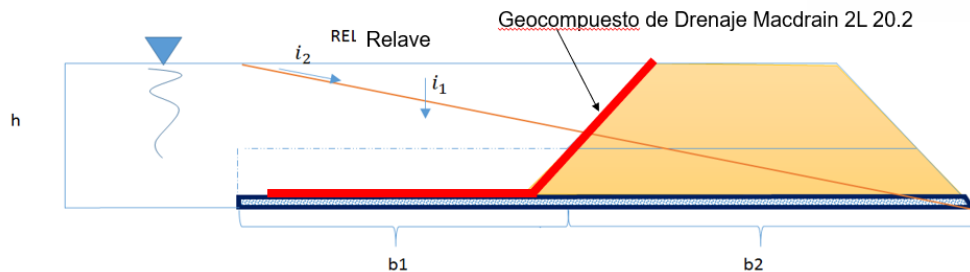
Diseñador: Mansen + Kuroiwa



Superficie freática a través de un embalse de relaves

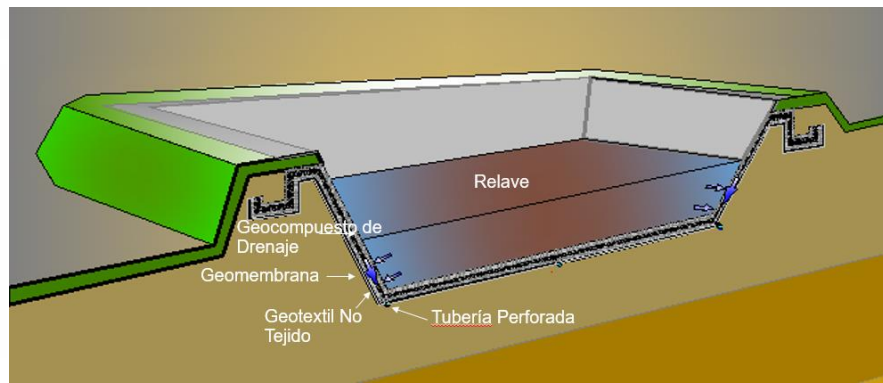


Detalle



Caudal

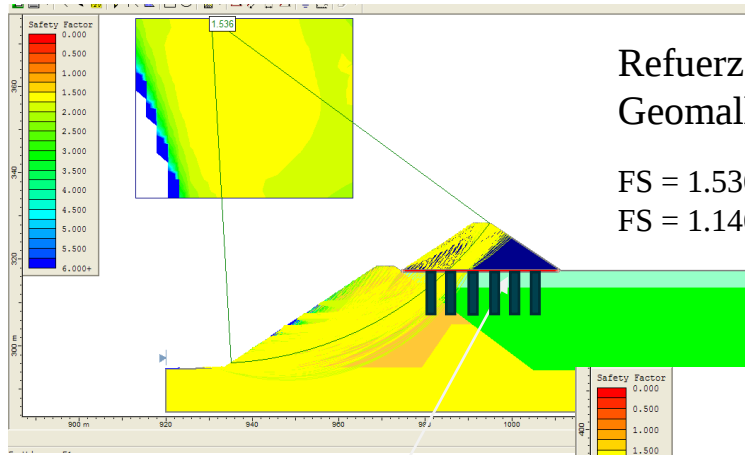
ASTM D 4716	Drenaje horizontal										Drenaje vertical	
	$i = 0.01$		$i = 0.02$		$i = 0.03$		$i = 0.10$		$i = 0.50$		$i = 1.00$	
Presión	I/s.m	I/h.m	I/s.m	I/h.m	I/s.m	I/h.m	I/s.m	I/h.m	I/s.m	I/h.m	I/s.m	I/h.m
10 kPa	0,64	2340	0,70	2556	0,77	2772	1,26	4536	2,17	7848	2,84	10224
20 kPa	0,23	828	0,29	1080	0,33	1224	0,74	2700	1,54	5544	2,17	7848
50 kPa	0,11	432	0,14	540	0,17	648	0,41	1476	0,85	3096	1,35	4860
100 kPa	0,04	144	0,05	180	0,06	216	0,12	432	0,26	936	0,41	1512
200 kPa	0,02	72	0,02	72	0,02	108	0,04	144	0,08	324	0,13	468







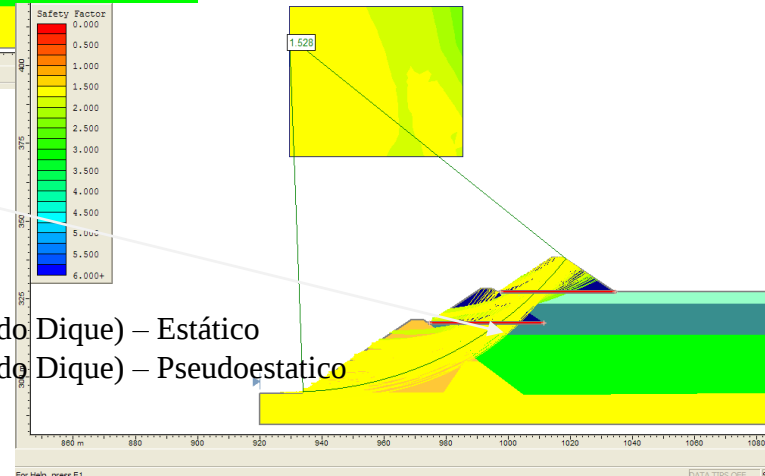
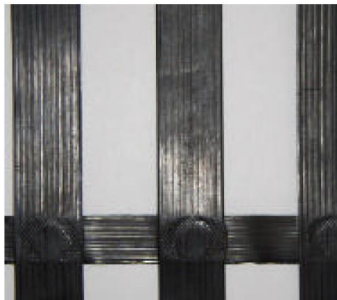




Refuerzo de Cimentación de Presas Geomallas Uniaxiales MacgridS 200-05

FS = 1.536 (1er Dique) – Estático

FS = 1.146 (1er Dique) – Pseudoestático

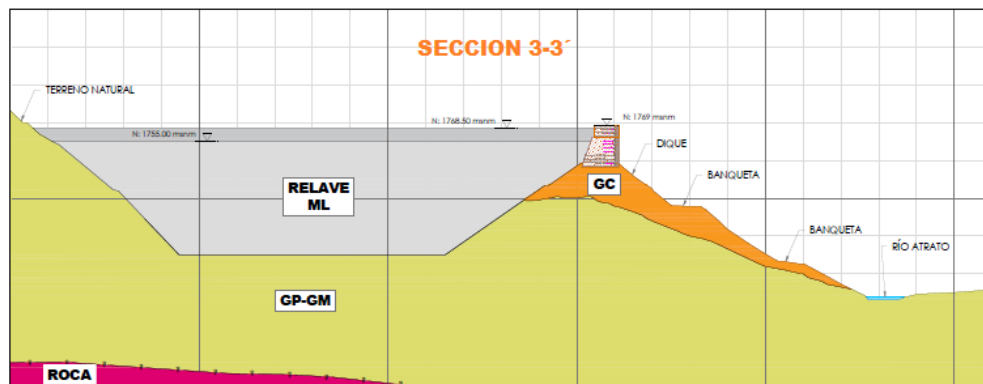
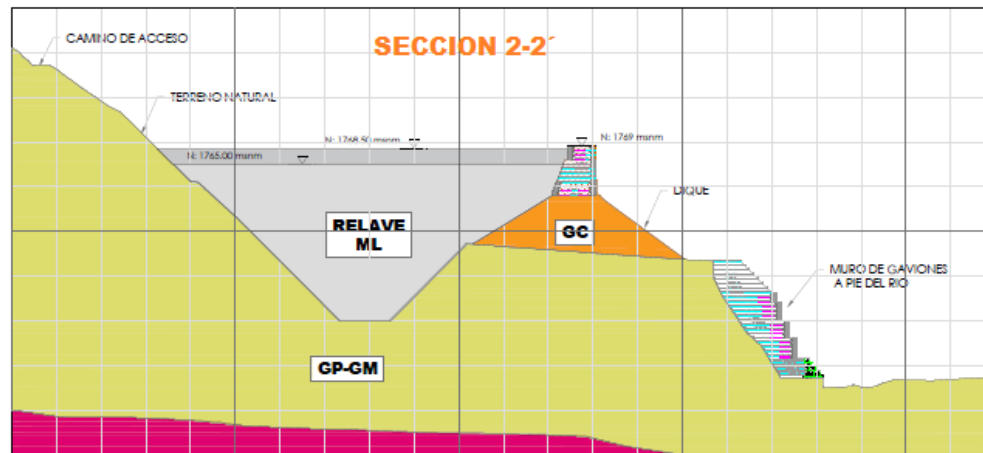


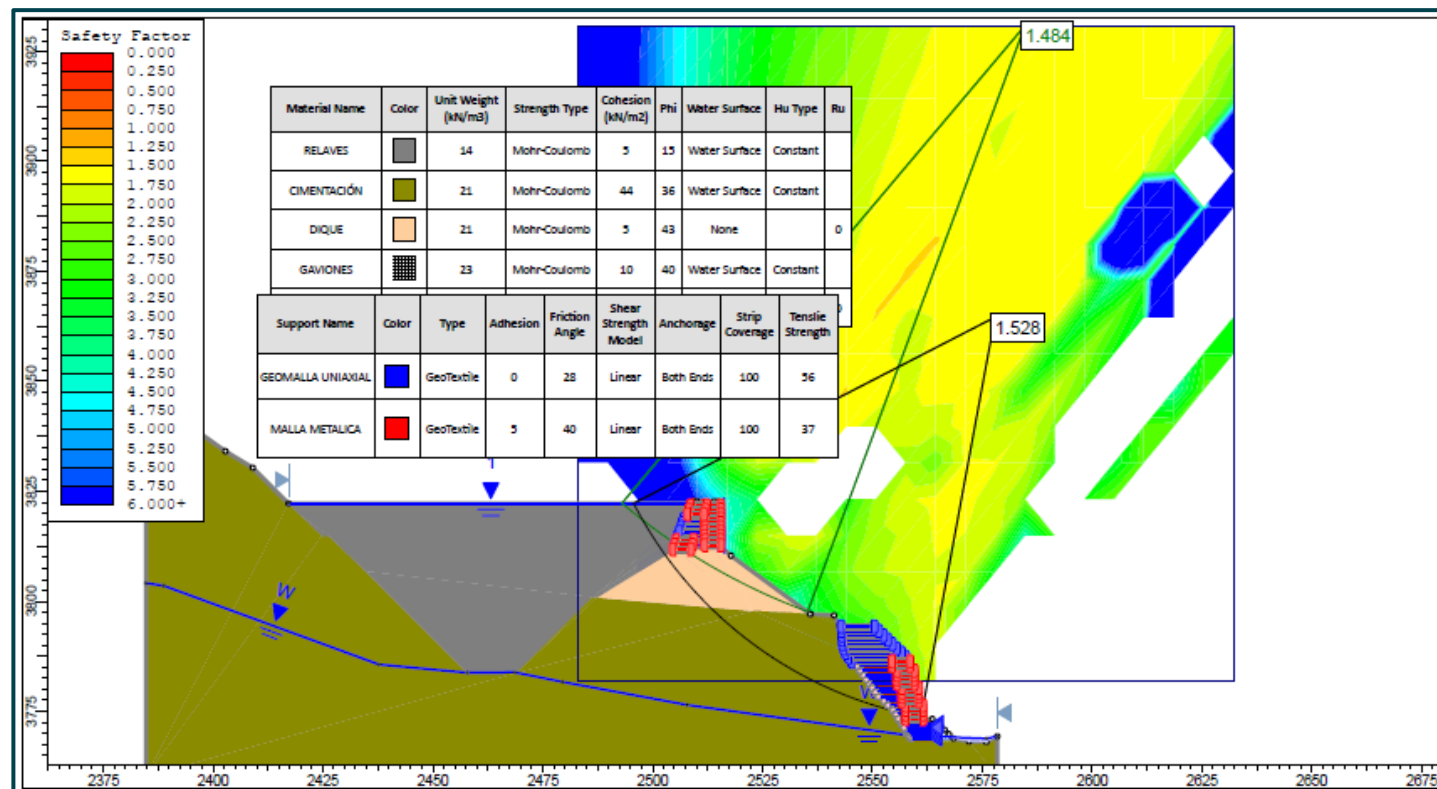
FS = 1.528 (2do Dique) – Estático

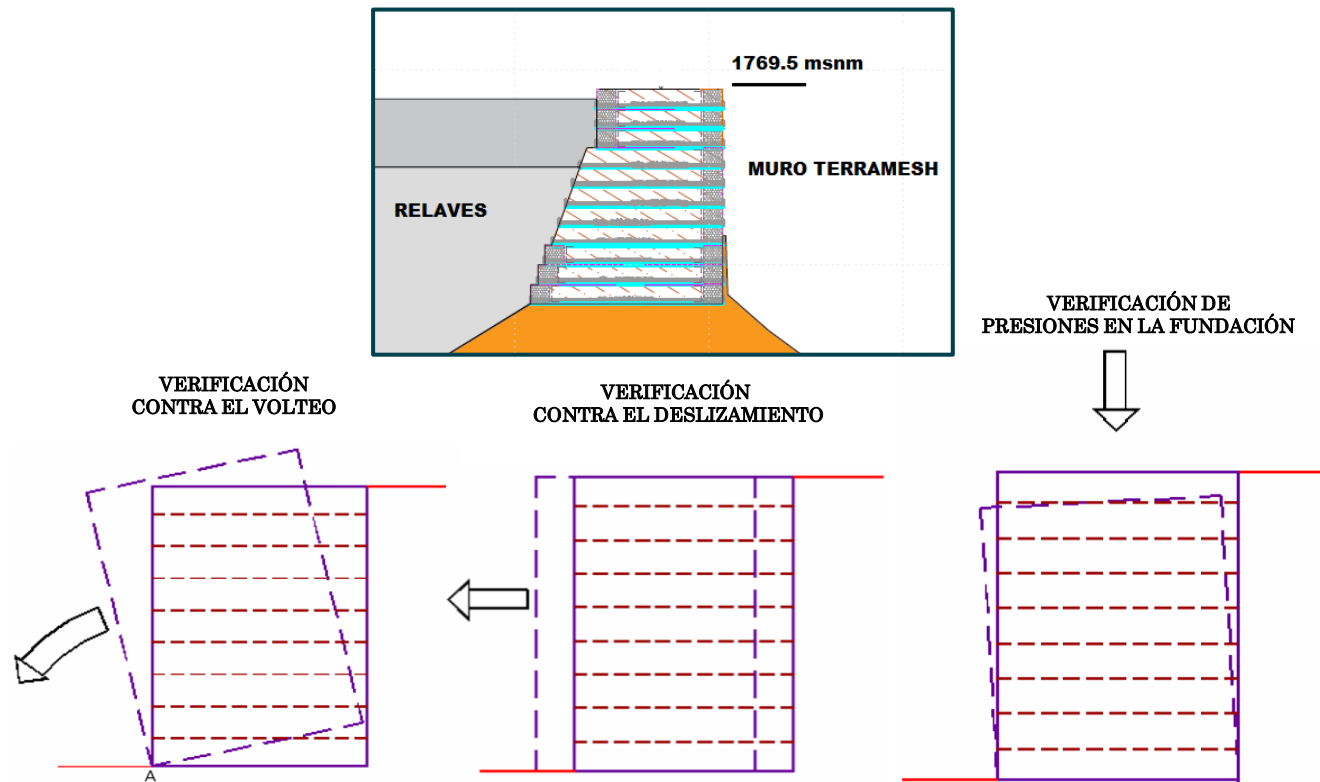
FS = 1.121 (2do Dique) – Pseudoestático

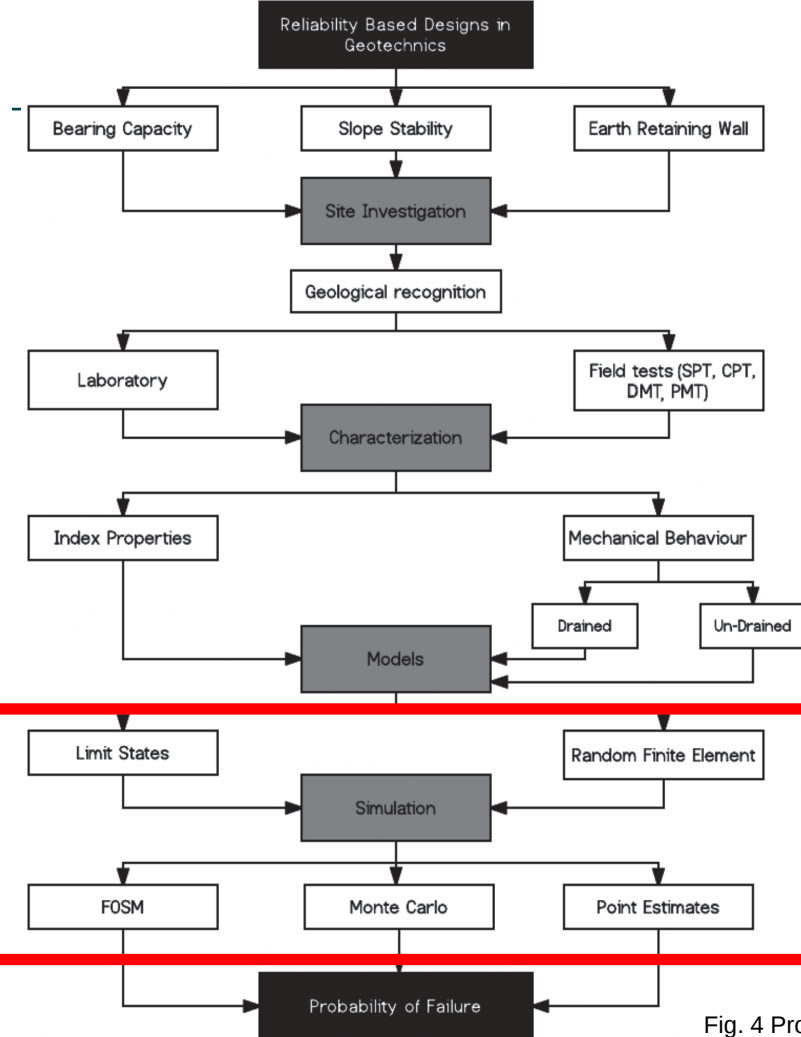












MÉTODOS DE DISEÑO

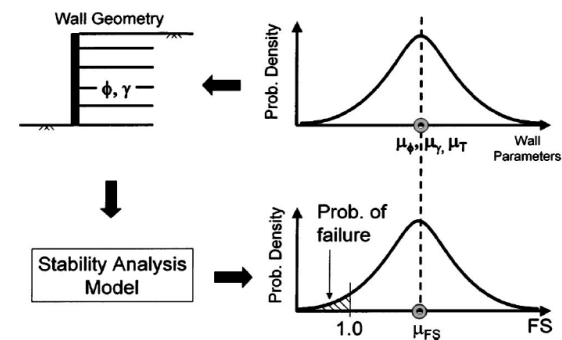
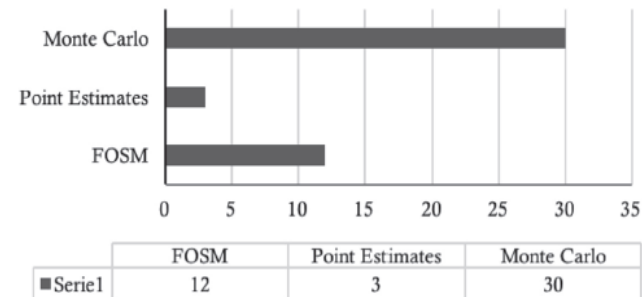
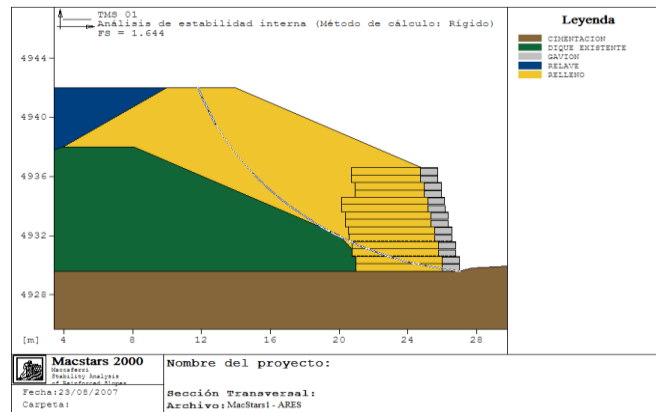
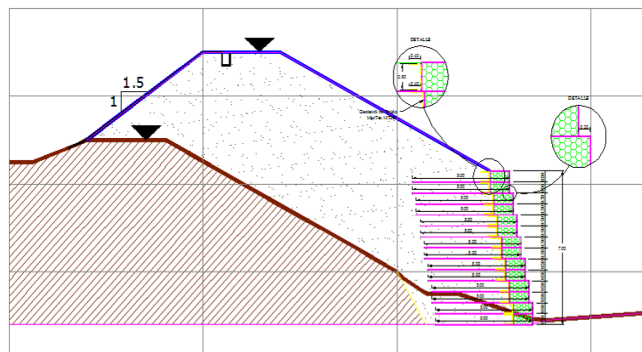
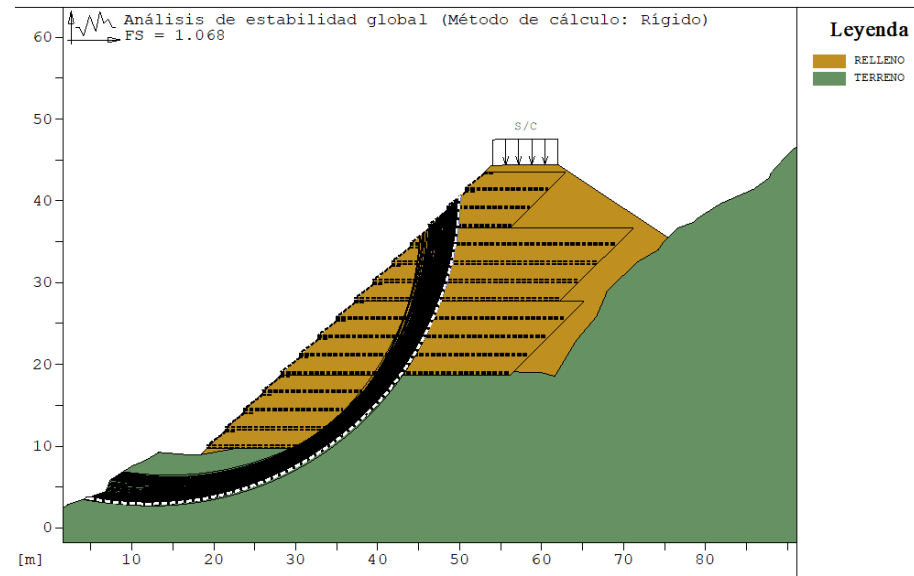
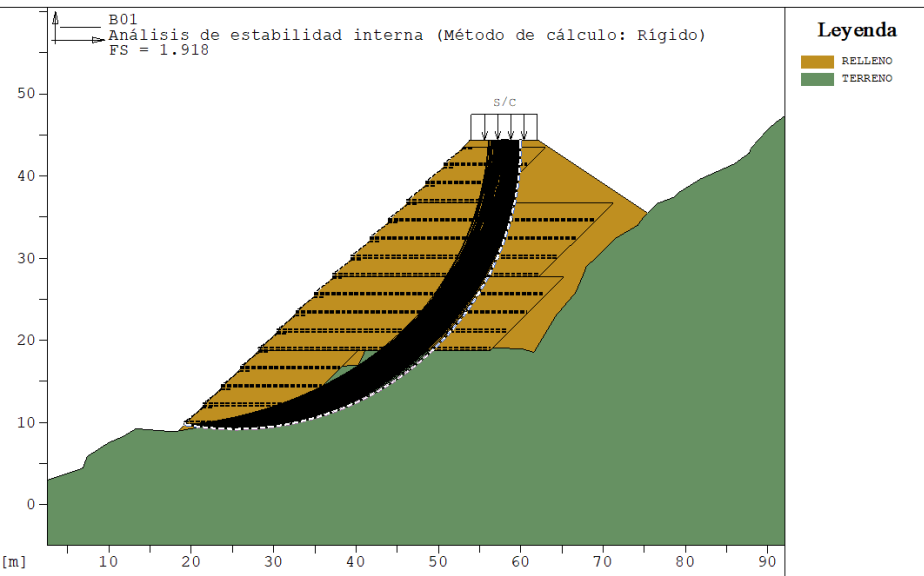


Fig. 4 Procedimiento general para diseño basados en confiabilidad en ingeniería geotécnica (Viviescas, Osorio & Cañon, 2017)



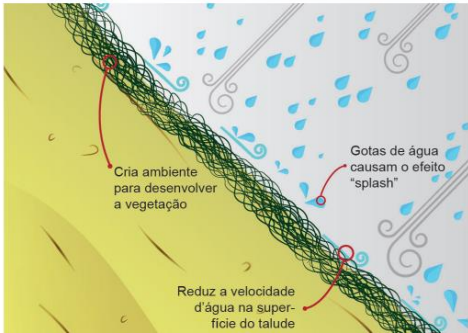








MacMat®



MacMat®





ESTABILIZACION BIOTECNICA DEPOSITO DE RELAVES N° 3 (ENCAPSULADO CON GEOCOMPUESTOS Y REVEGETACION) MINERA PODEROSA. - Ing. Luis Haro



SERVICIO REMOTO Y DIGITAL MACCAFERRI



#STAY
SAFE
WHEREVER
YOU ARE



Contáctenos a través de nuestros canales de servicio online.



Whatsapp



Website



Teléfono



Microsoft
Teams



Skype/for
Business



Correo
Electrónico

Nuestros ingenieros están **online**, esperando su contacto.



Whatsapp



Microsoft Teams



Skype/for Business

Los **datos** pueden **enviarse digitalmente** para analizar la obra sin la necesidad presencial.



Fotos digitales



Levantamiento
topográfico



Datos georreferenciados y
estudio de suelos



Datos georreferenciados de
Google Earth o similar

MACCAFERRI WEBINAR

Gracias por la atención

Ing. César R. Torres Chung
Gerente de Sector Minería | Maccaferri LATAM
E-mail: c.torres@maccaferri.com



Cuente con la asistencia de nuestros ingenieros en Home Office más cerca de usted.

Accese: www.maccaferri.com/br/es/contactenos/

Síguenos en nuestras redes sociales



/maccaferri



/maccaferrimatriz



@Maccaferri_BR



/MaccaferriWorld



/maccaferriworld