

CONDICIONES ENCAMINADAS A LA INESTABILIDAD DEL TERRENO:

CARRETERA SOMOTO-EL ESPINO (NICARAGUA)

Presentado por:

Tupak Obando

Ingeniero en Geología

Máster y Doctorado en Geología y
Gestión Ambiental de los Recursos

Mineros en la UNIA (Huelva,
España)

Contenido

- 1) Introducción
- 2) Objetivo
- 3) Condición natural del área
- 4) Propuesta de Obras de Mitigación
- 5) Síntesis

INTRODUCCIÓN

En nuestros días, las insituciones especializadas de Nicaragua promueven acciones científico tecnicas enfocadas al estudio de inestabilidades del terreno para Obras viales nacionales, unas de las obras más importantes en el ámbito económico, comercial, ambiental y turístico del país es la carretera entre Managua y El Espino.

Para ello se realizan visitas al lugar que deriva en la preparación de informe de esta actividad, mapas, entre otros. La organización del Equipo de Estudio se conforma por especialistas en el tema

La presente exposición está enmarcada en uno de los tramos de dicha carretera que conecta los poblados de Somoto con El Espino, una vía de acceso pavimentada ligeramente sinuosa con 25 km lineales.

ALGUNOS ASPECTOS TÉCNICOS

- ❑ 237 km de longitud
- ❑ Forma zigzagueante y sinuosa
- ❑ Dirección Noroeste
- ❑ Algunos poblados cerca
Managua, Sébaco, Estelí
Condega, Palacaguina,
Yalaguina, Somoto y
El Espino
- ❑ Pavimento asfáltico



OBJETIVO

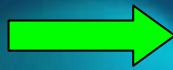
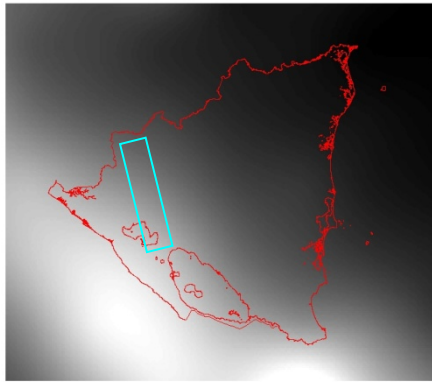
Reconocer y mostrar condiciones de inestabilidad del terreno que originan o pueden generar movimientos de masas para establecer tipos de medidas, acciones, obras de ingeniería de prevención y mitigación son necesarias para asegurar el buen estado de la carretera y normar la circulación de los vehículos que la transiten.

Contribuir a la consolidación de la cultura de protección civil, sobre la cual se habrán de sustentar las acciones en pro de la prevención de desastres en obras viales en Nicaragua con base en conocimientos objetivos.

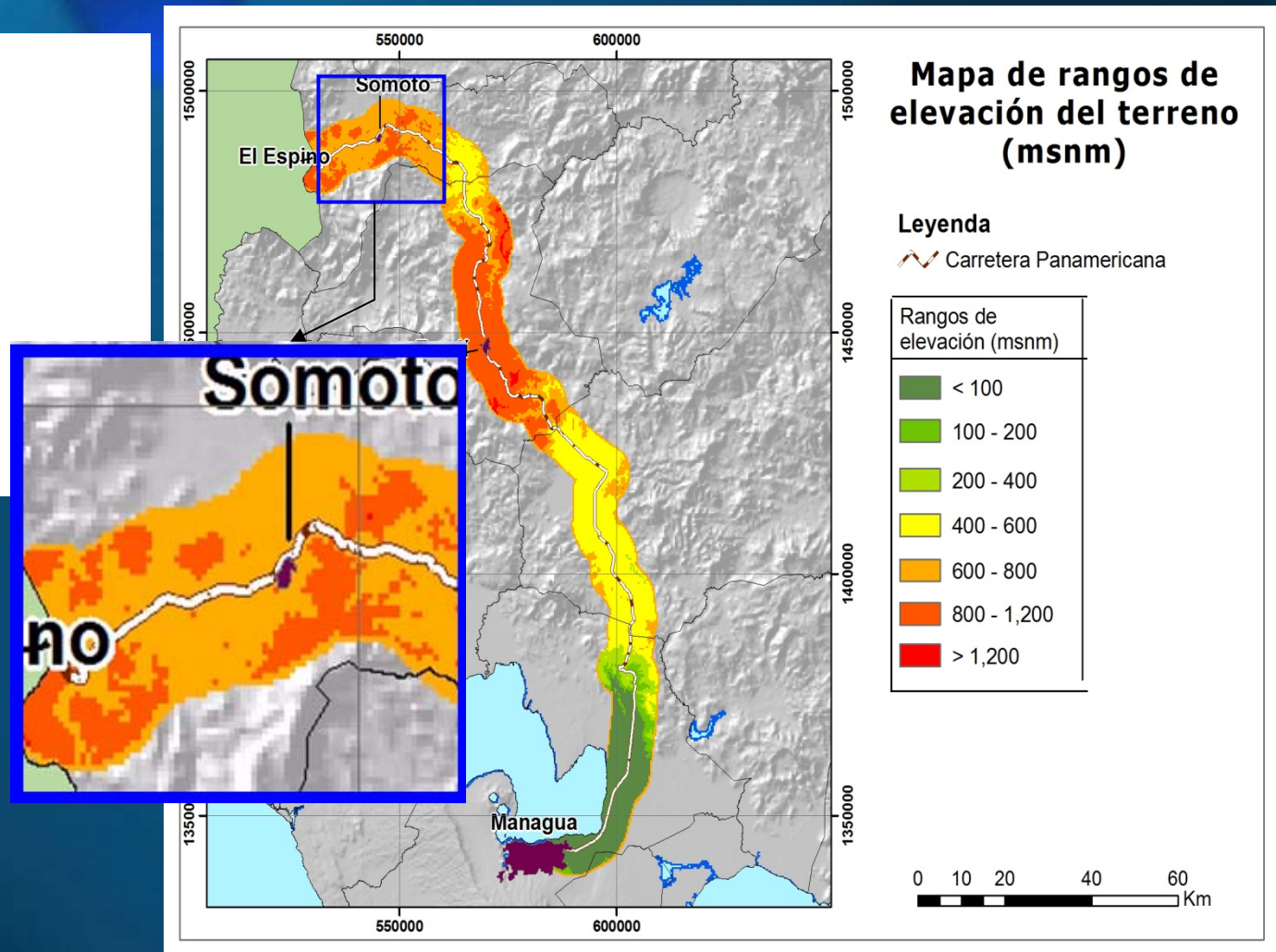
CONDICIÓN NATURAL DEL ÁREA

Condición estática

Elevaciones topográficas (Et)

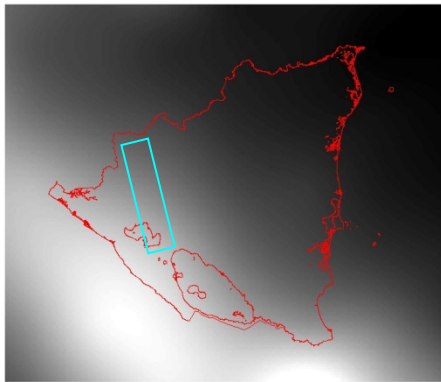


Modelo Digital de
Elevación (MDE)
Resolución de 30 m

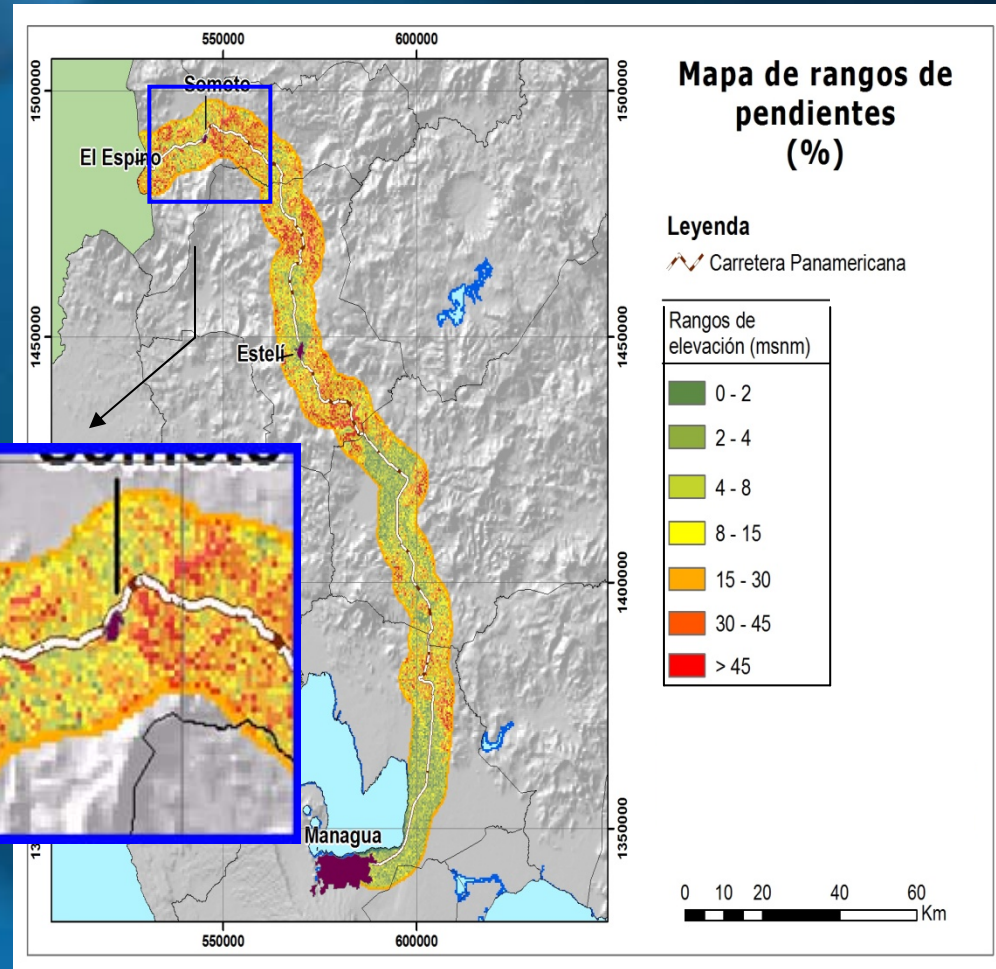
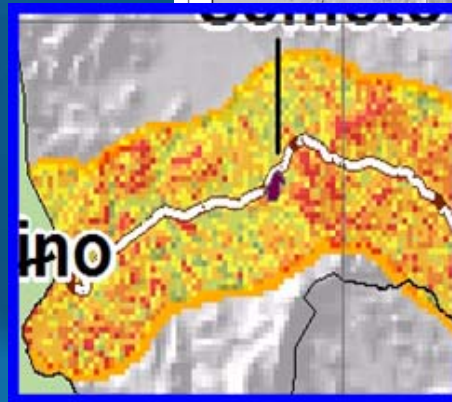


Condición estática

Pendiente del Terreno (Pt)



Modelo Digital de
Elevación (MDE)
Resolución de 30 m

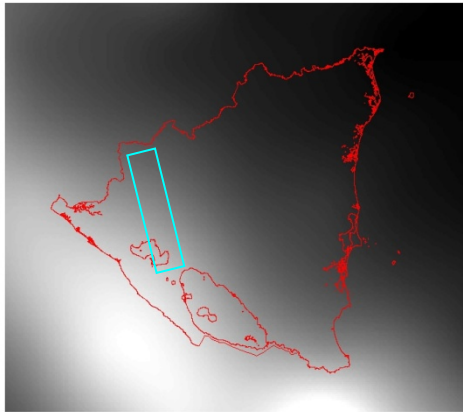


Rango de pendientes del terreno (°)	Forma del Terreno	Elevación del terreno
0 - 2	Casi plano	Muy Bajo
2 - 4	Suavemente inclinado	Bajo
4 - 8	Inclinado	Moderado
8 - 15	Moderadamente escarpado	Moderado
15 - 30	Escarpado	Alto
30 - 45	Muy escarpado	Muy alto
>45	Extremadamente escarpado	Muy alto

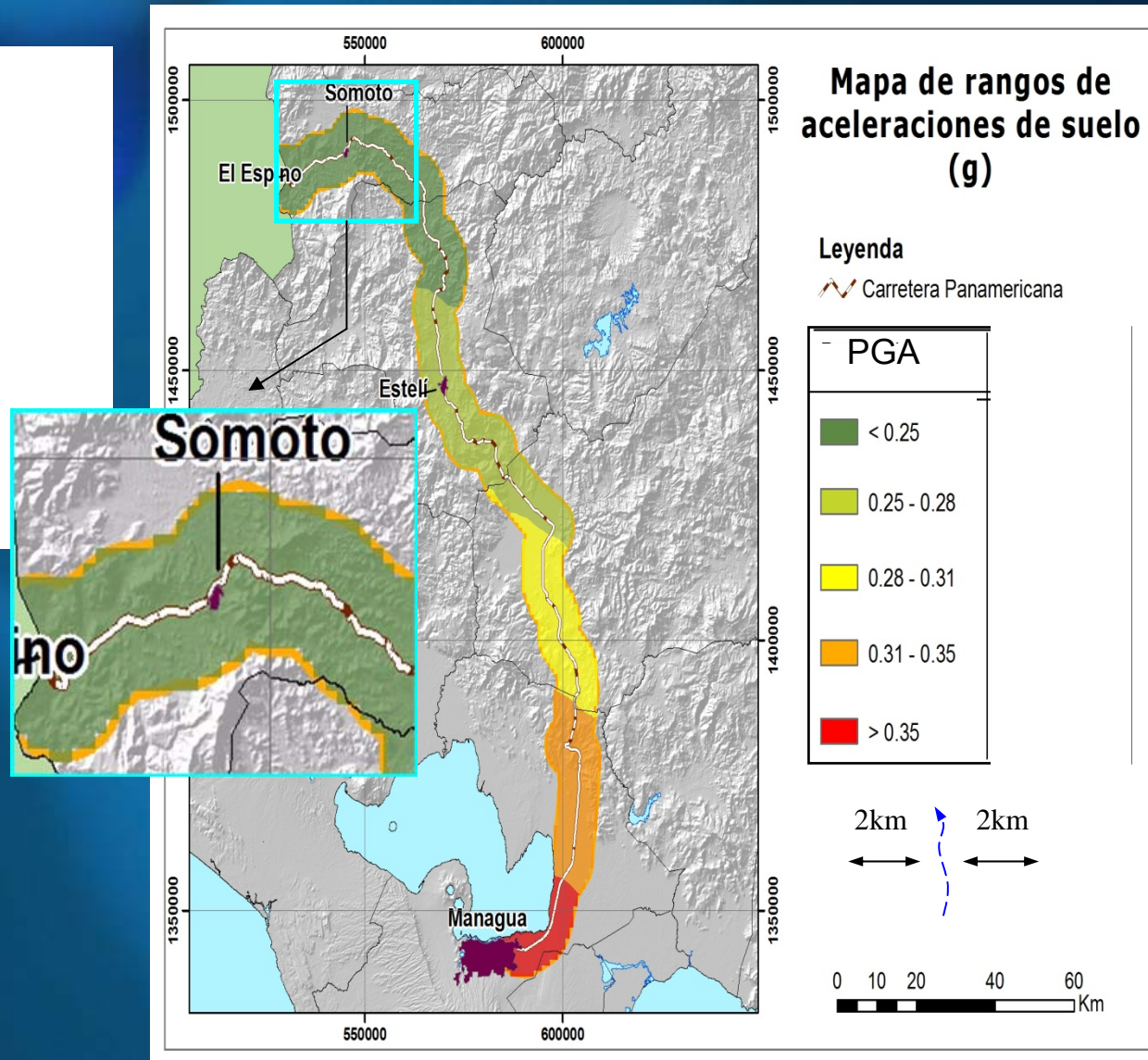
SOTWARE ARCGIS 9

Condición dinámica

Pico máximo de aceleración (PGA)



PGA [g]
Periodo de retorno 50 años
Se obtiene de sismos de
Subducción



$$\text{Log PGA} = -X + 0.553M_w + 0.537\ln R + 0.00302R; X = 1.687 \text{ (Roca)}; X = 1.408 \text{ (Suelo)}$$

INVENTARIO DE TALUDES

PROYECTO: Estudio de peligro por derrumbe y deslizamientos en Carretera Managua -El Espino.

SITUACIÓN: Carretera Totogalpa

Coordenadas UTM	XUTM	YUTM
	N1491669	E553890

Elevación (m)	Grado de precisión (m)	765	± 5 m
---------------	------------------------	-----	-------

GEOMETRÍA	Altura	Longitud	Dirección	Pendiente
Margen derecho	15m	25m	N15°O	25°
Margen izquierdo	---	---	---	--

LITOLOGÍA: Talud excavado en suelos areno-limoso color amarillento muy alterados acompañados de conglomerados rojos meteorizados y fracturados con inestabilidades controladas por la baja resistencia de los materiales del terreno.

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTABILIDAD

Estabilidad	Inestable, con abundante vegetación. En talud derecho existe canaleta usada para el drenaje de agua de escorrentía, actualmente cubierta por la vegetación. Vista de un movimiento de masa en talud arenoso producido por contenido de agua del material. No se trata una protección o medida de estabilidad. En el margen izquierdo es un área llana y baja.
-------------	---

Protecciones	Ninguna
--------------	---------

Hidrogeología	Tipo de Evento	Seco	Flujo de detritos
---------------	----------------	------	-------------------

**PROYECTO MEXICANO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL
PARA EL DESARROLLO**



(Foto Tupak Obando, 10/07/2008)

Valoración de campo

INVENTARIO DE TALUDES

PROYECTO: Estudio de peligro por derrumbe y deslizamientos en Carretera Managua -El Espino.

SITUACIÓN: Camino Yalaguina hacia Chilamatillo y El Terrero

Coordenadas UTM	XUTM	YUTM
	N1489720	E553170

Elevación (m)	Grado de precisión (m)	790	± 5 m
---------------	------------------------	-----	-------

GEOMETRÍA	Altura	Longitud	Dirección	Pendiente
Margen derecho	3m	30m	N15°O	20°
Margen izquierdo	---	---	---	---

LITOLOGÍA: Talud excavado en rocas filitas grafitosa color gris blanquecina fracturada, meteorizada y ligeramente plegadas acompañada de roca andesita y conglomerados rojos con rotura en placas casi curva controlada por la estructura del macizo rocoso favorecida por la superficie de estratificación.

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTABILIDAD

Estabilidad	Inestable, con abundante vegetación. El talud de camino no tiene una protección o medida de estabilidad.
-------------	--

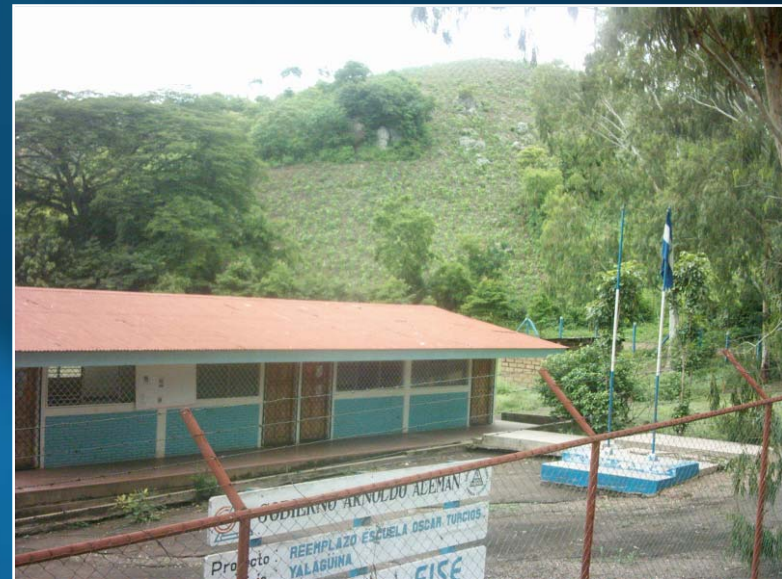
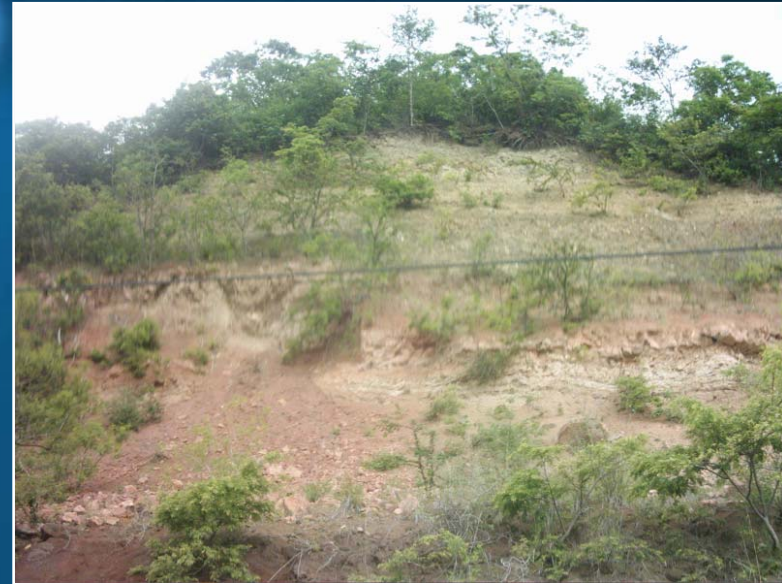
Protecciones	Ninguna
--------------	---------

Hidrogeología	Tipo de Evento	Seco	Derrumbe de roca
---------------	----------------	------	------------------

**PROYECTO MEXICANO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL
PARA EL DESARROLLO**



(Foto Tupak Obando, 10/07/2008)

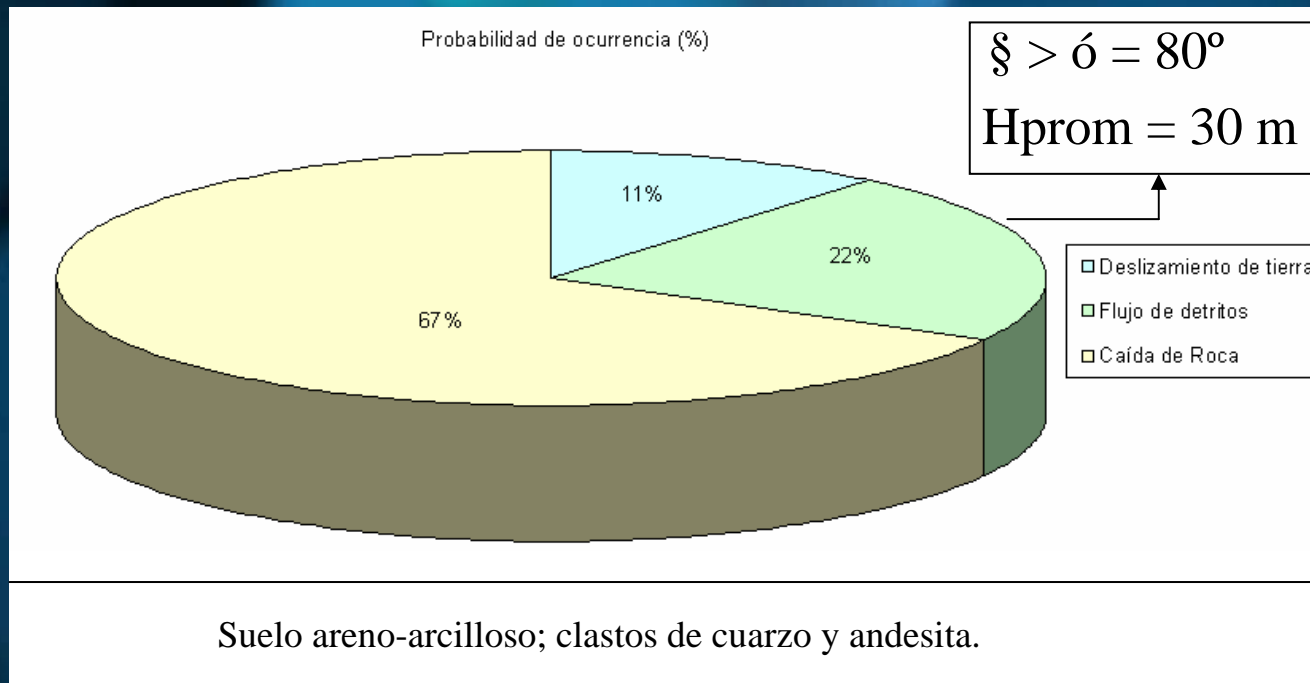


VISTAS DE INESTABILIDADES DEL TERRENO

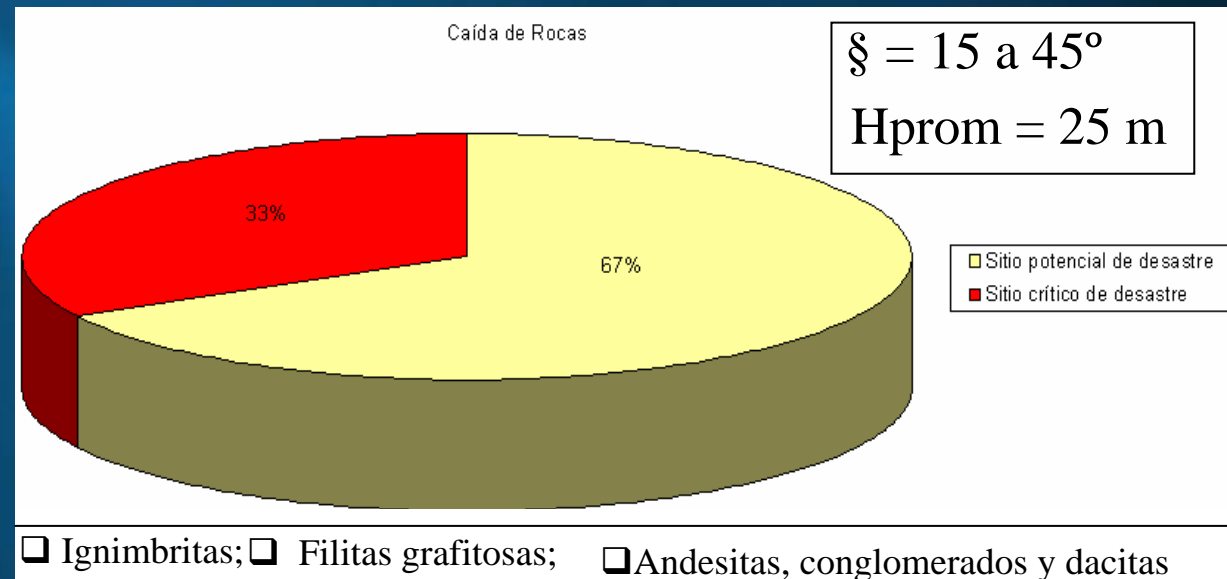
Inestabilidad de terreno de carretera Somoto-El Espino

$$As = n * g$$

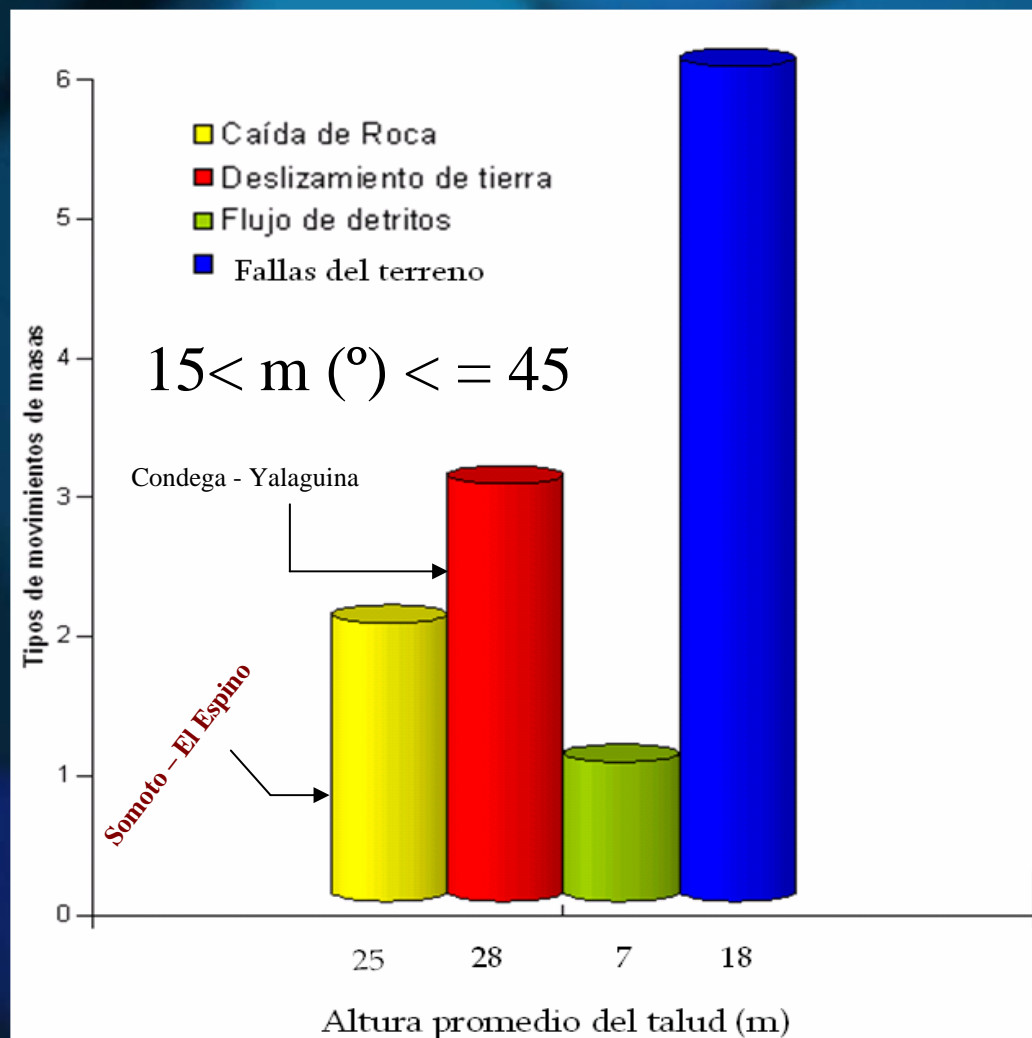
$$As = 0.27g - 1g$$



FT: Escarpado a muy Escarpado



Condiciones de estabilidad de talud



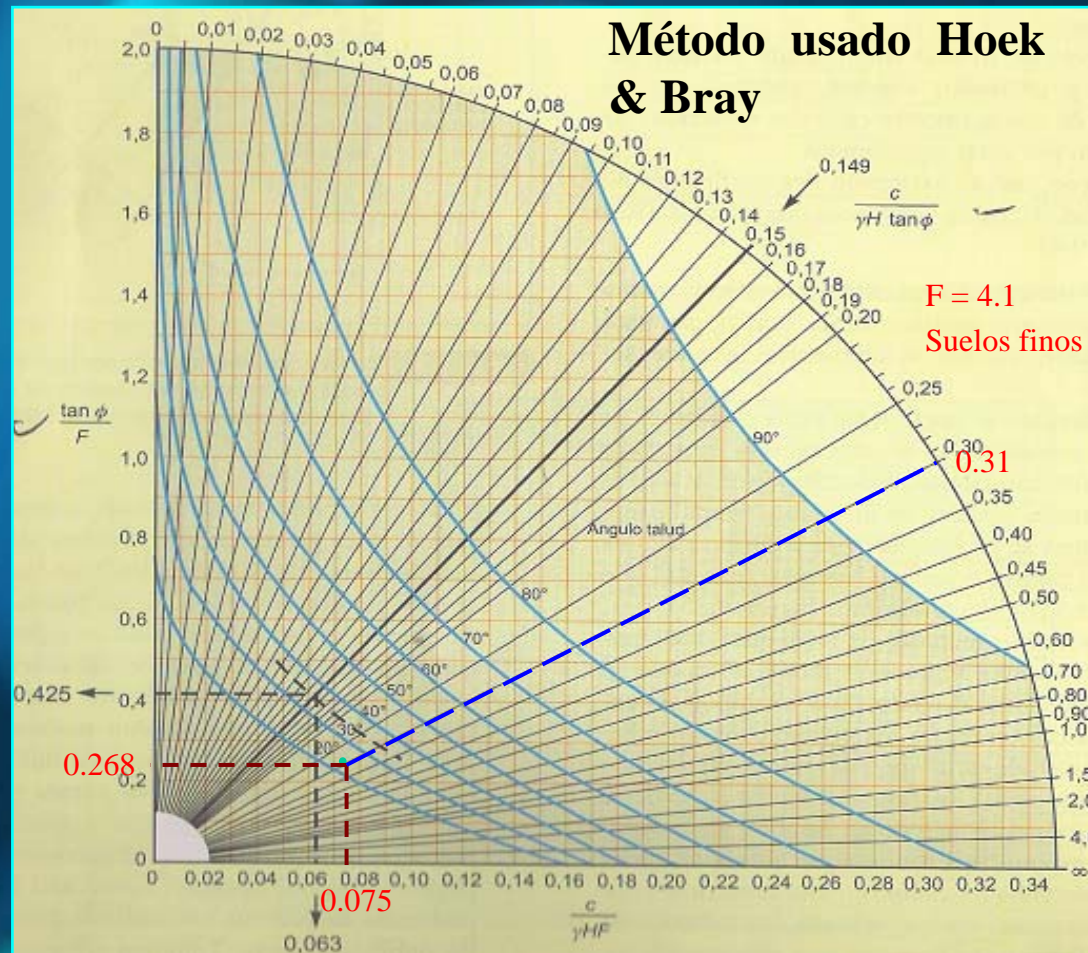
Algunos sitios potenciales/críticos
desastres en taludes de carretera

Somoto-El Espino

Nº	Coordenadas UTM		Tipo de desastres	Sitio potencial de desastre	Sitio crítico de desastre
	XUTM	YUTM			
1	1484828	530881	-----	*	*
2	1484413	531044	CR	*	*
3	1483975	531871	CR	*	
4	1489720	553170	CR		*
5	1488993	553266	CR	*	
6	1489637	553946	FD	*	
7	1491669	553890	CR	*	
8			FD	*	*
9	1493436	55220	CR	*	*
10	1491789	549089	CR	*	
11	1499487	57404	DT	*	

$$\frac{\frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \phi'}}{\frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot F \tan \phi'}} = \frac{F}{F}$$

Método usado Hoek & Bray



Cálculo de Coeficientes de Seguridad en distintos en zonas de la carretera Somoto – El Espino

Inclinación: 15°/45°

Material grueso

	Xutm	Yutm	Tipo de material encontrado	Ángulo de fricción básico (°)	Cohesión (tn/m2)	Factor de Seguridad (Fs)	tan de ángulo de fricción básico/Fs	Factor de Seguridad (Fs)
1								
2	1492671	546686	Andesita	45	28	3.7	0.270	1.00
3	1484413	531044	Ignimbritas	50	20	4.4	0.270	1.20
4	1489720	553547	Filitas grafitosa	30	25	2.1	0.276	0.58
5	1489964	555705	Conglomerados	35	0.24	2.6	0.269	0.70
6	1487098	540779	Arenas	28	0.24	2.0	0.265	0.53
7	1493436	55220	Depósito coluvial	34	0.06	2.5	0.268	0.67
8	1491789	549089	Dacitas	55	25	5.3	0.269	1.43
9	1484987	530927	Suelo arcillo-limoso					
10	1483975	531871	Basalto	52	40	4.7	0.272	1.28
11	1484413	5310440	Suelo arcilloso y riolitas	34	19	2.5	0.272	0.70
12	1491792	549093	Intrusivo riolítico	55	15	5.3	0.269	1.43
13	1488812	553039	Domo dacítico	45	105	3.7	0.270	1.00
14	1447909	572760	Suelo limo-arenoso	28	0.06	2.0	0.265	0.53

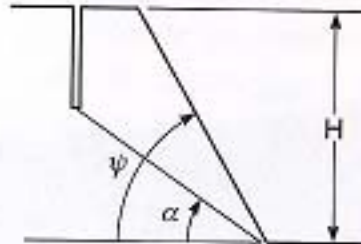
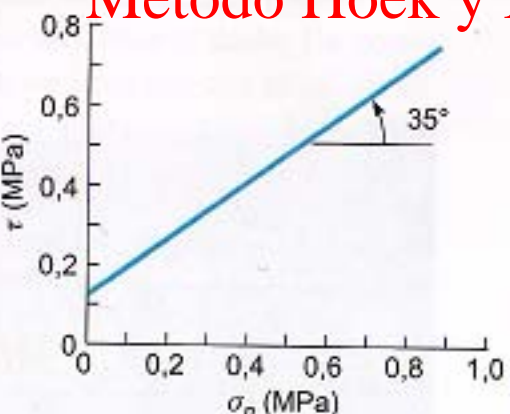
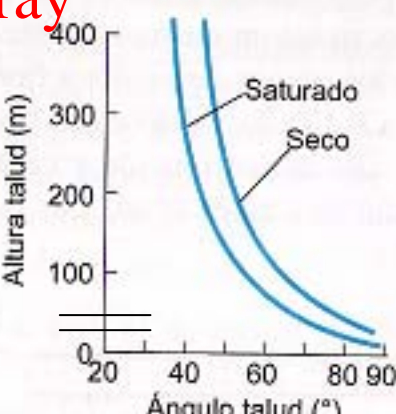
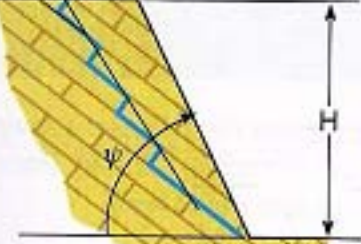
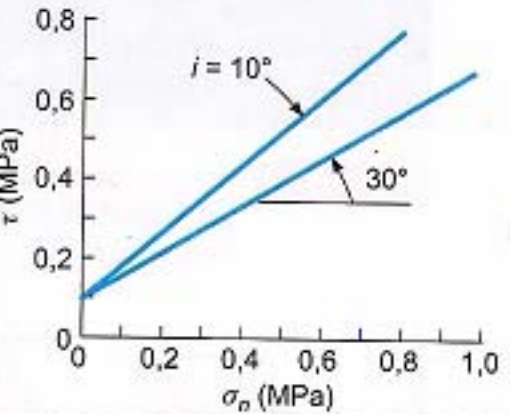
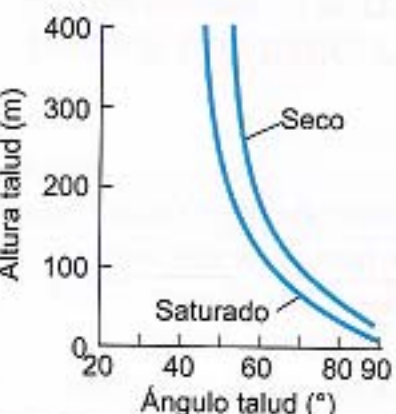
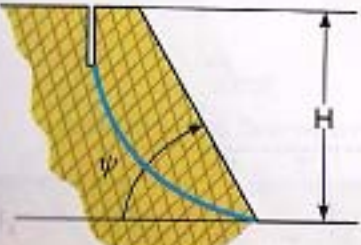
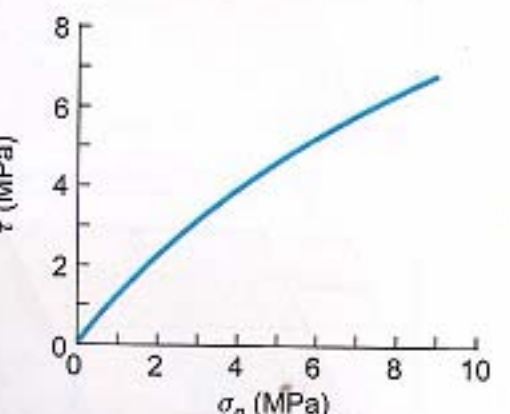
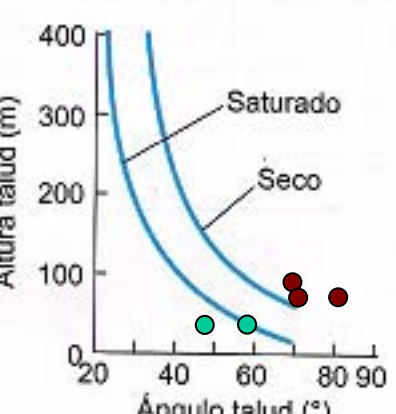
$F_{prom} = 3.5$

$F_{prom} = 0.9$

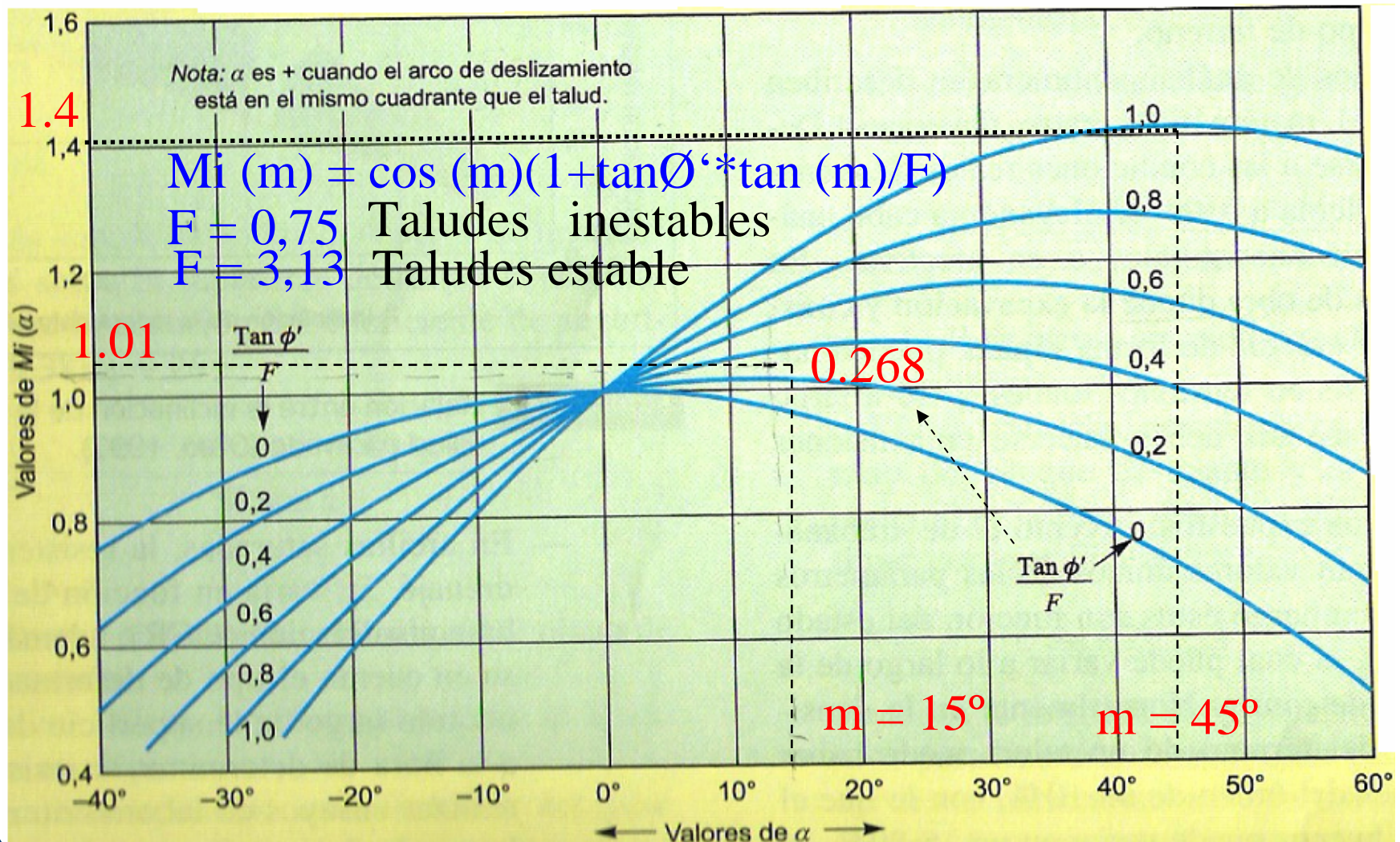
Estable

Inestable

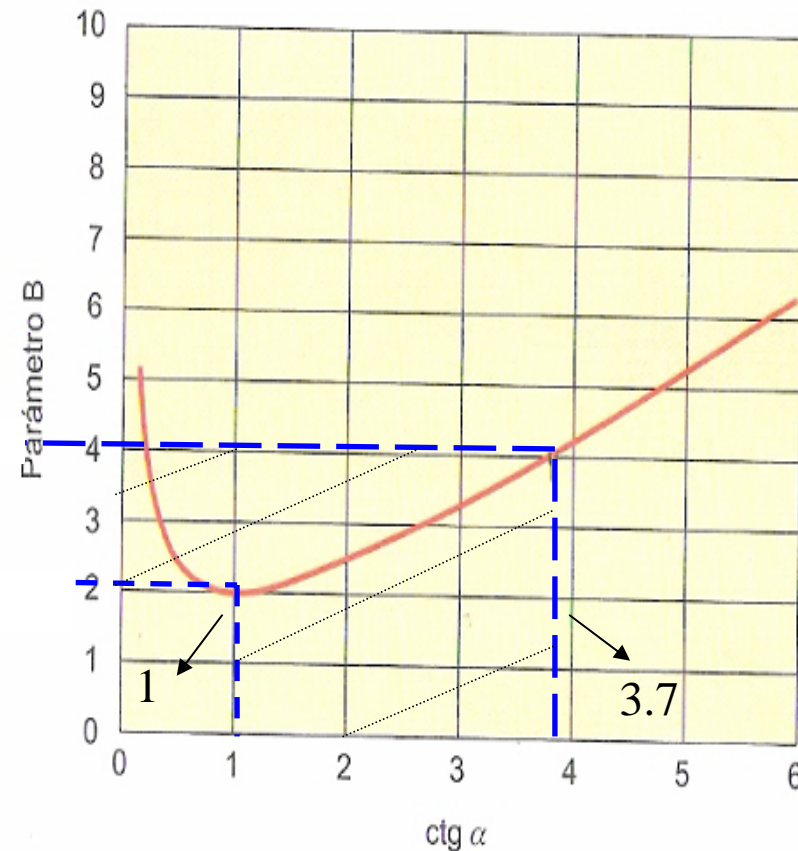
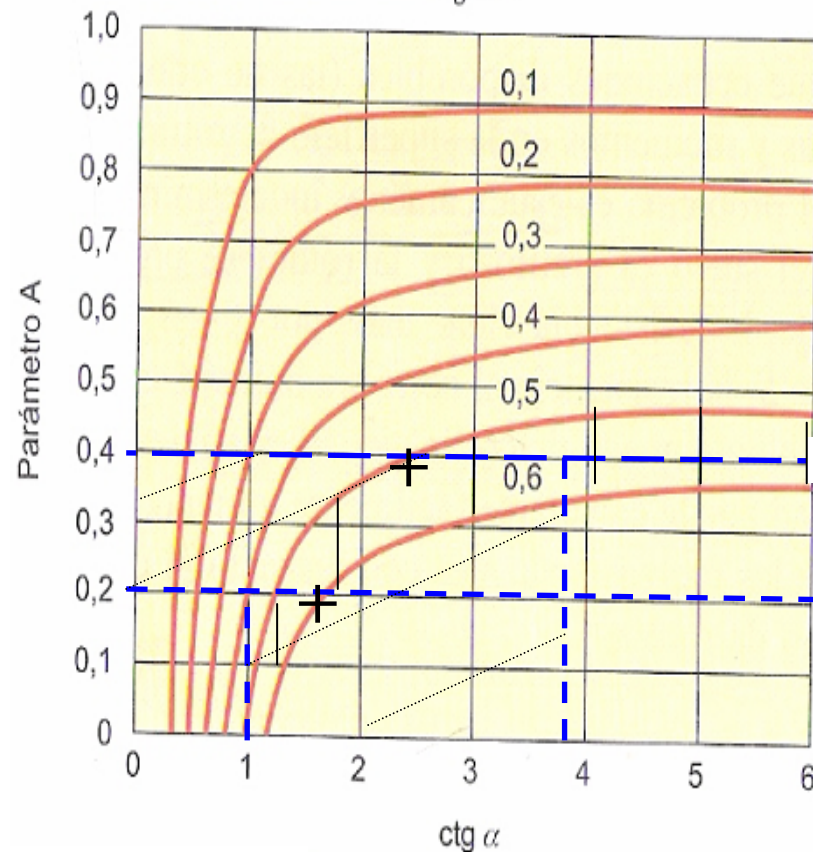
Método Hoek y Bray

Tipo de rotura	Relación $\sigma_n - \tau$	Relación $H - \psi$	Descripción
			<p>Rotura plana a favor de discontinuidad (estratificación, esquistosidad, junta).</p>
			<p>Superficie de rotura escalonada en macizos rocosos formados por bloques.</p>
			<p>Rotura circular en macizo intensamente fracturado y/o alterado.</p>

Método Bishop Simplificado



$r_u = 0$ Método de Talud Infinito



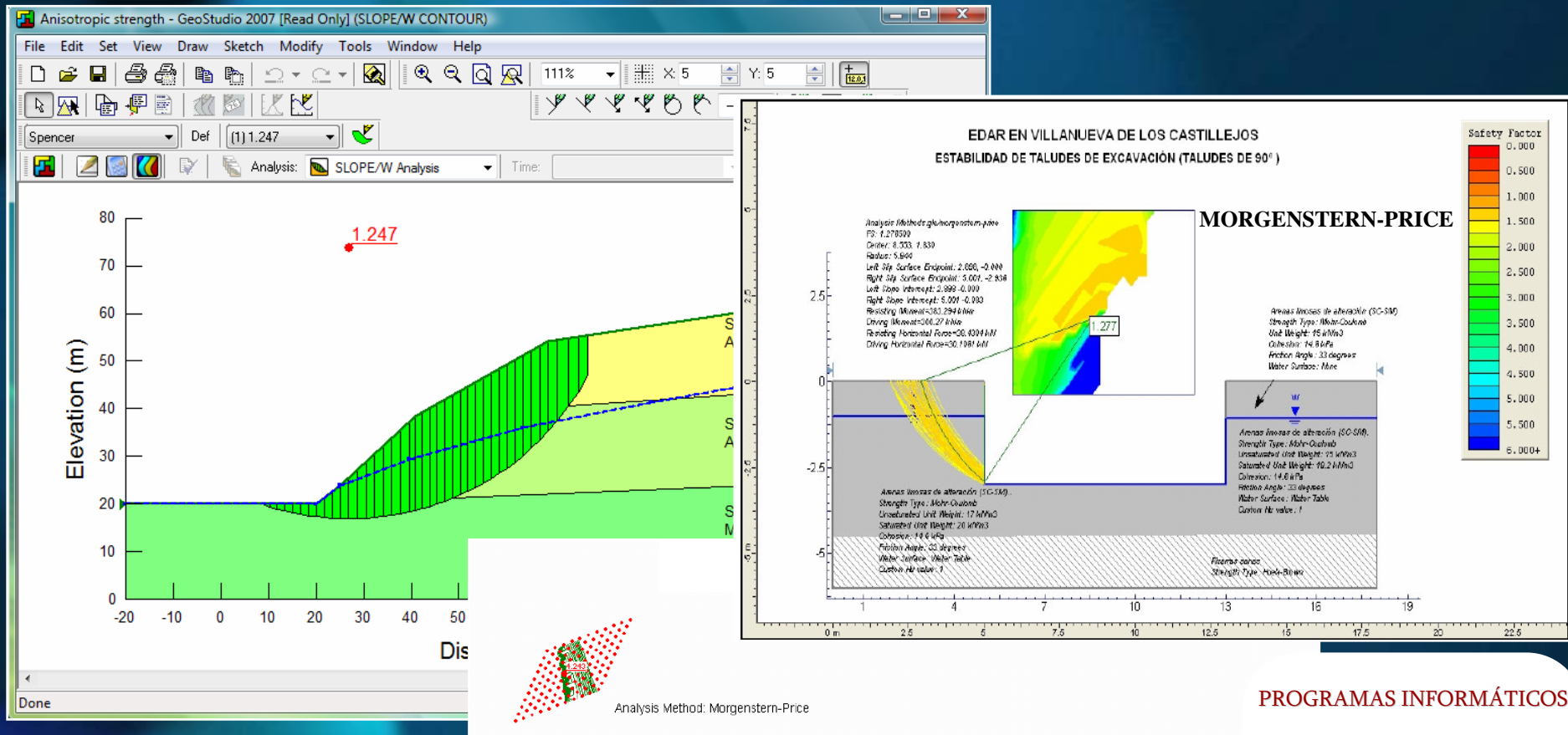
$F = [1 - r_u / \cos(m)] \tan \phi' / \tan(m)$ o bien $F = A \tan \phi' / \tan(m) + B c' / \gamma H$

$m = 15^\circ$ y 45° ; $B = 4$ y 1 ; $B = 1 / \cos(m) * \sin(m)$

$A = 0,2$ y $0,4$ para $r_u = 0,6$ y $0,5$ (coeficiente de presión intersticial)

$F = 0,75$ y $0,41$ (Factor de seguridad) **Taludes inestables**

APLICACIONES INFORMÁTICAS Y NUMÉRICAS EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

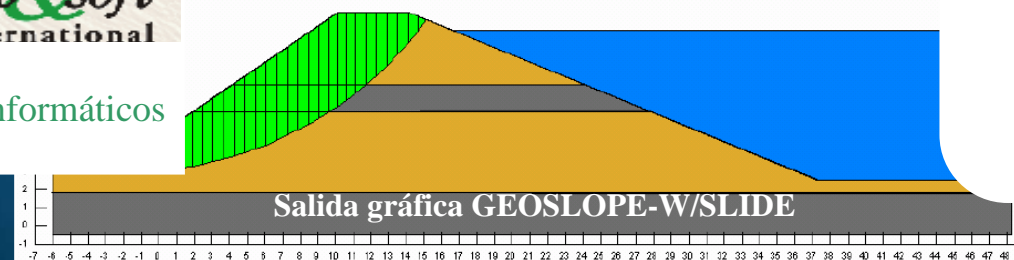


PROGRAMAS INFORMÁTICOS

- ☐ FLAC, UDEC
- ☐ ZSOIL, PLAXIS
- ☐ PHASE2, SLIDE
- ☐ GEOSLOPE
- ☐ ROCKFALL
- ☐ ROTOMAP



Programa informáticos



Plane Failure Analysis Module - Version 2.1

File Help

Required Data:

Slope Height: 100
 Slope Face Angle: 75
 Upper Slope Angle: 30
 Cohesion of Discontinuity Surface: 1000
 Friction Angle of Discontinuity Surface: 30
 Discontinuity Angle: 45
 Unit Weight of Rock: 125
 Unit Weight of Water: 62,4

Options:

☐ Water Filled Discontinuity:
 Percent Filled:

☐ Tension Crack:
☐ Unknown Location
☐ Known Location
 Distance from Crest:

☐ Dry
☐ Percent Filled:

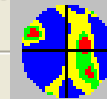
External Forces:

☐ Surcharge: Horizontal:
 Vertical:

☐ Artificial Support: Load:

☐ Horizontal Acceleration:

☐ Autocalculate: Desired Factor of Safety:



StereoNett Version 2.03

OK

Nov 28 1997

A utility by
 Johannes Duyster
 Institut für Geologie
 Ruhr-Universität-Bochum
 Universitätsstr. 150
 D44701 Bochum, Germany
 e-mail: Johannes.P.Duyster@ruhr-uni-bochum.de

Shareware - Distribute freely.
 Please read the copyright details in the help file

$$FS = \frac{C' + (\gamma_s z \cos^2 \alpha - u) \tan \phi'}{\gamma_s z \sin \alpha \cos \alpha} \quad 1$$

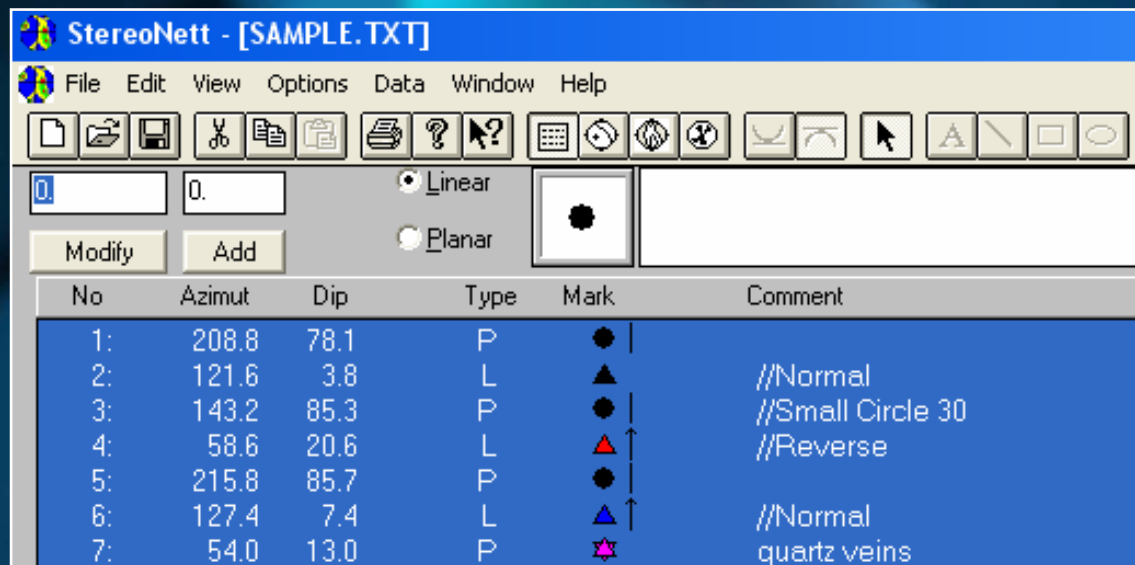
$$FS = \frac{\sum W \sin \alpha}{\sum [C' l + (W \cos \alpha - u l) \tan \phi']} \quad 2$$

$$FS = \frac{\sum \left[C' b + (W + \Delta T - u \cdot b) \tan \phi' \right] \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{FS}}}{\sum W \sin \alpha} \quad 3$$

$$FS = \frac{\sum \left[C' l + (W + \Delta T - u \cdot l) \tan \phi' \right] \frac{\cos^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{FS}}}{\sum (W + \Delta T) \tan \alpha} \quad 4$$

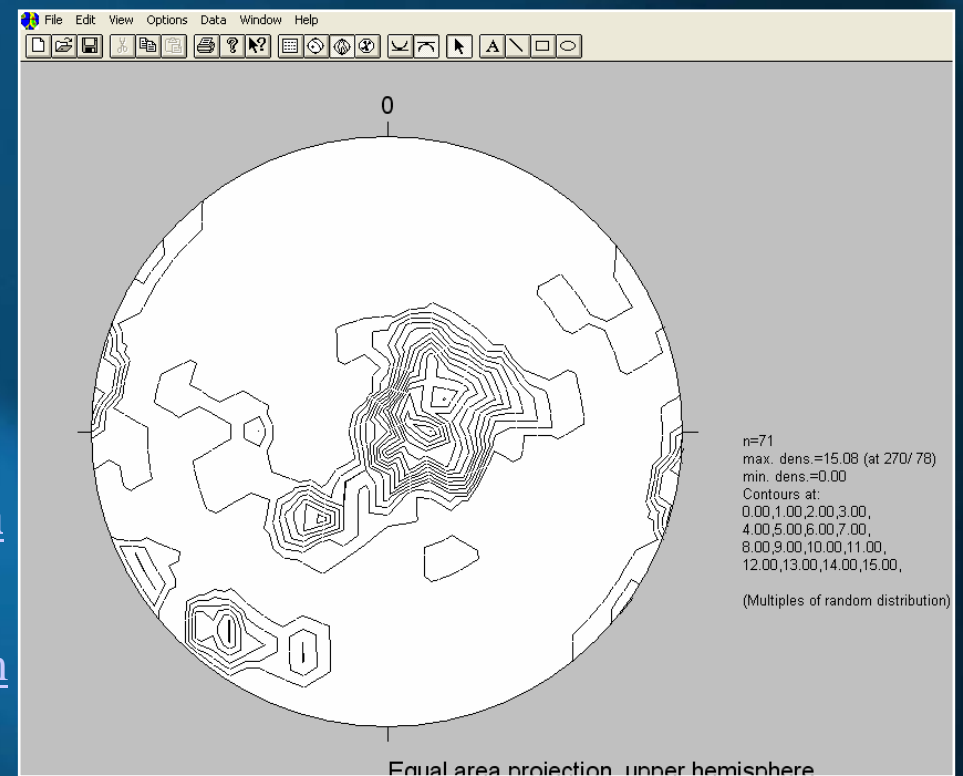
1: Talud infinito; 2: Método Fellenius;
 3: Bishop Simplificado; 4: Método Janbu





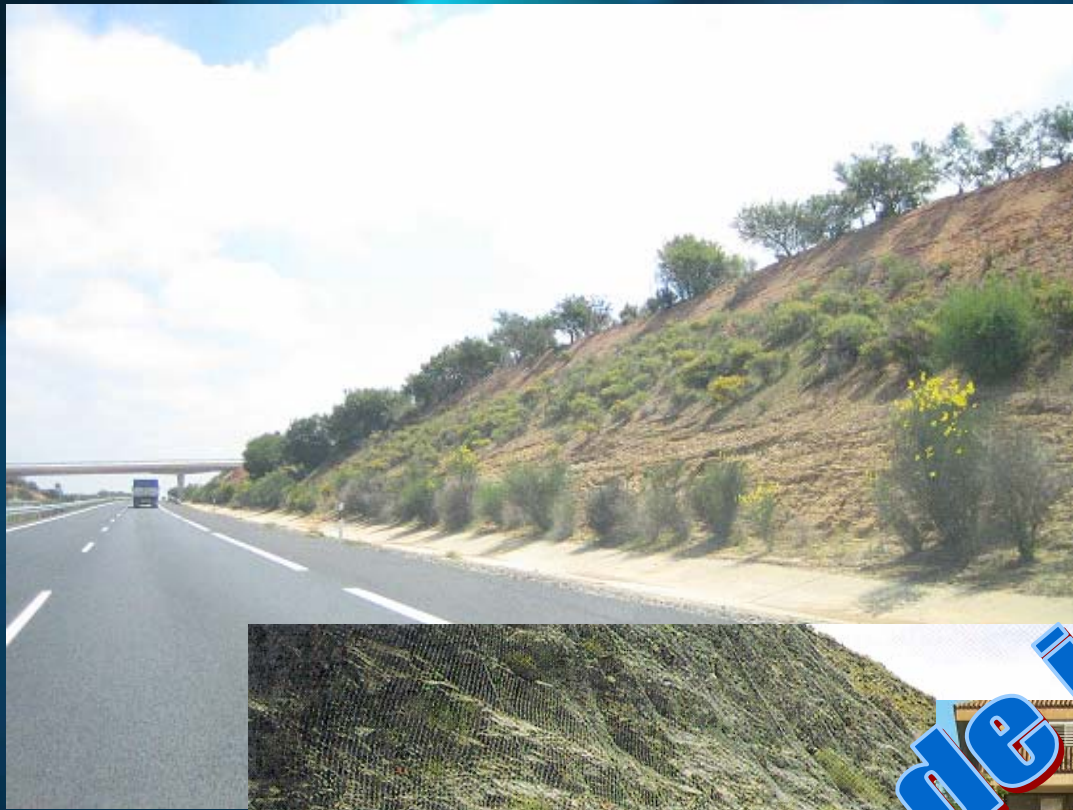
GEO&SOFT Barcelona
C/ Miquel Martí i Pol 21C
08184 Palau-Solità i Plegamans
BARCELONA - (E)
Tel/Fax +34 93 8647096
E-mail: info.spanish@geoandsoft.com

<http://ingenieriageologica.iespana.es/web.htm>



Algunas propuesta de obras de mitigación





Más obras de Ingeniería

SÍNTESIS

La vía de acceso que comunica los poblados **El Espino y Somoto** (al Norte de Nicaragua) presenta relieve escarpado y abrupto con elevaciones topográficas entre 600 a 1,200 metros y pendientes entre 15 y 45°.

Las obras civiles (por ejemplo, carreteras y puentes) deben construirse considerando la carga sísmica (0.25g; PR : 475 años) transmitida por sismos de subducción, especialmente, si los temblores de tierra son menores a 30 km con magnitudes mayor o igual que 5.

La mayoría de materiales geológicos encontrados son ignimbritas, filitas grafitosas, andesitas, conglomerados rojos, dacitas, coluvios, suelos areno-arcillosos, arenas y limos. Estos materiales afectados por movimientos de masas específicos, se encuentran leve hasta intensamente fracturado, meteorizado y alterado

Del total reconocido de movimientos de masas, el 67% es clasificado como **Caída de Roca** con las siguientes especificaciones de ocurrencia: Pendiente del terreno: $15^{\circ} < m < 45^{\circ}$; altura promedio del talud de 25m. Se contabilizan entre Somoto y El Espino 10 sitios potenciales (67%) y 5 sitios críticos a desastres (33%)

Los datos presentados son corroborados a través del **Modelo Hoek y Bray, y Bishop Simplificado**, en que se esperan roturas de circular en aquellos macizos intensamente fracturados y alterados (característicos del área) ya mostrados.

El cálculo geotécnico de estabilidad de taludes está en función de parámetros resistentes (por ejemplo cohesión, $0.06 - 105 \text{ kp/m}^2$, y /o ángulos de fricción interna, entre $28 - 55^\circ$) que se introduce a programa informático (**ILA, GEOSLOPE, PLAXIS, SLIDE, Zsoil**, y otros) apoyado en modelos numéricos (**Taylor, Janbu, Fellenius, y otros**) a fin de obtener factor de seguridad. Si FS es mayor que uno, el talud es estable, y si FS es menor que uno, el talud es inestable. En nuestro caso **FS oscila entre 0.75 y 3.5** (en función del tipo de material geológico evaluado)

De acuerdo con las condiciones topográficas, sísmicas y geológicas del área se proponen algunas obras civiles para mitigación de procesos inestables del terreno. Tales como: **Muros de gaviones, taludes con zanjas drenantes, muros de sostenimientos y contención, muros verdes y bio-ingeniería.**

¡¡MUCHAS GRACIAS!!