

PROYECTO MACASTAB

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



Jornada de Presentación: "ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES EN REGIONES VOLCÁNICAS"

Jueves, 14 de junio de 2018
(9:00 a 14:00 hrs.)

Salón de Actos del Edificio de Servicios Múltiples I del Gobierno de Canarias
Las Palmas de Gran Canaria.



Programa e inscripción en las Jornadas mediante web:

www.macastab.com



PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE INESTABILIDADES Y DISEÑO DE SOLUCIONES FRENTE A DESPRENDIMIENTOS.



PONENTE:

SERGIO LEYVA CAMPOS

ICCP - JEFE CONSERVACIÓN INTEGRAL

SERVICIO TÉCNICO DE CARRETERAS Y PAISAJE



ÍNDICE

- OBJETO DE LA PONENCIA
- PROBLEMÁTICA GENERAL
- DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA
- DISEÑO DE SOLUCIONES



OBJETO DE LA PONENCIA

DAR A CONOCER Y PRESENTAR, DE UNA MANERA GENÉRICA:

- EL ALCANCE Y LOS TRABAJOS DESARROLLADOS HASTA LA FECHA DENTRO DE LA FASE II DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO NATURAL DE INESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES DE NATURALEZA VOLCÁNICA, ACTUALMENTE EN ELABORACIÓN.
- EL ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD DENTRO DEL DIAGNÓSTICO PREVIO
- LOS MÉTODOS Y SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CAÍDAS DE BLOQUES ENFOCADOS NO SOLO A CARRETERAS. FACTORES A CONSIDERAR
- ANÁLISIS Y CÁLCULOS A LLEVAR A CABO PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE LAS SOLUCIONES A ADOPTAR. ESTACIONES GEOMECÁNICAS Y SIMULACIONES DE DESPRENDIMIENTOS
- ESTABLECIMIENTO DE UNA PRIORIZACIÓN DE LAS ACTUACIONES A LLEVAR A CABO EN FUNCIÓN DEL RIESGO E INVERSIÓN DISPONIBLE



PROBLEMÁTICA GENERAL

CARRETERAS CUYO TRAZADO DISCURRE POR RELIEVES ACCIDENTADOS O TERRENOS ESCARPADOS

EL DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE FORMA ADECUADA REQUIERE NO SOLO CONOMIENTO, TAMBIÉN DISPONIBILIDAD DE TIEMPO Y RECURSOS ECONÓMICOS QUE NO SIEMPRE SE DISPONEN

NO FÁCIL SOLUCIÓN. IMPOSIBILIDAD, BIEN FUNCIONAL, CONSTRUCTIVO O ECONÓMICO, DE ACTUAR SOBRE TODAS LAS INESTABILIDADES

SELECCIÓN DE DEFENSAS PASIVAS FRENTE A ACTIVAS



DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD:

- ❖ ELEMENTO A PROTEGER
- ❖ INFORMACIÓN PREVIA
- ❖ TRABAJOS DE CAMPO
- ❖ INFORME GEOTÉCNICO
- ❖ ANÁLISIS DE RIESGO



DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA



ELEMENTO A PROTEGER



VIALES

Vías de alta capacidad, carreteras y otras vías por las que circulan vehículos



ZONAS PEATONALES Y DE RECREO

Playas, áreas recreativas, parques y senderos peatonales. En general, se incluye cualquier zona o recinto donde se reúnan o acumulen personas en ciertos periodos de tiempo



EDIFICACIÓN E INSTALAC. INDUSTRIALES

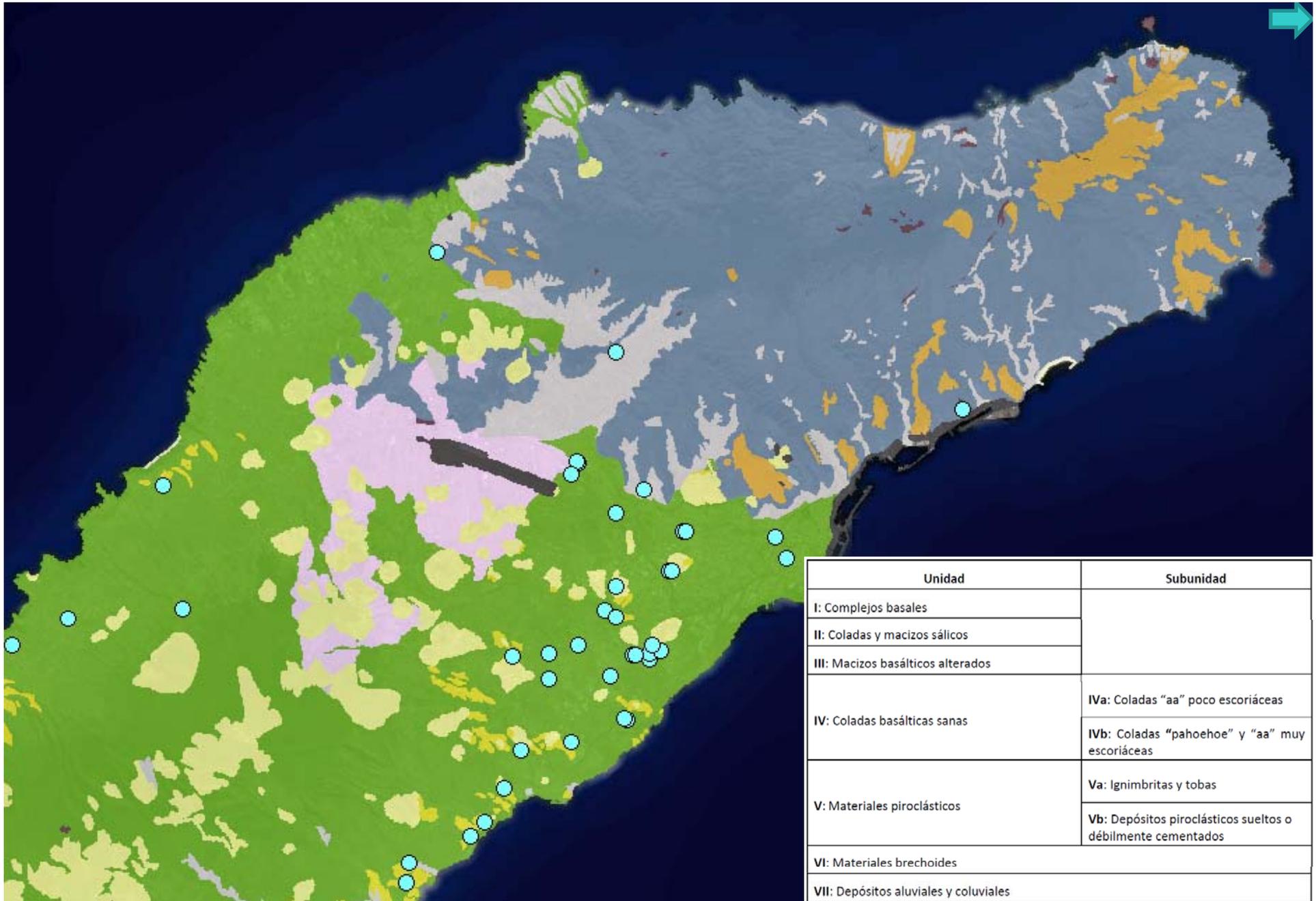
Se diferenciarán aquellas instalaciones de ocupación temporal (edificios públicos) de aquellas permanentemente habitadas o utilizadas para el almacenamiento de sustancias peligrosas o que presten servicio público de interés general

DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA



INFORMACIÓN PREVIA

- ➔ ESTUDIOS E INFORMES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS EN DICHO ÁMBITO O ZONA DE ACTUACIÓN. MAPAS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS. ➔
- ➔ CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA Y DRENAJE ➔
- ➔ HISTORIAL SÍSMICO DE LA ZONA ➔ ➔
- ➔ HISTÓRICO DE EVENTOS
- ➔ CARTOGRAFÍA DEL ÁMBITO. ESCALAS ➔
- ➔ ACCIONES ANTRÓPICAS: EXCAVACIÓN, CONSTRUCCIÓN, VIBRACIONES POR VOLADURAS, ACCIÓN ANIMAL. ➔

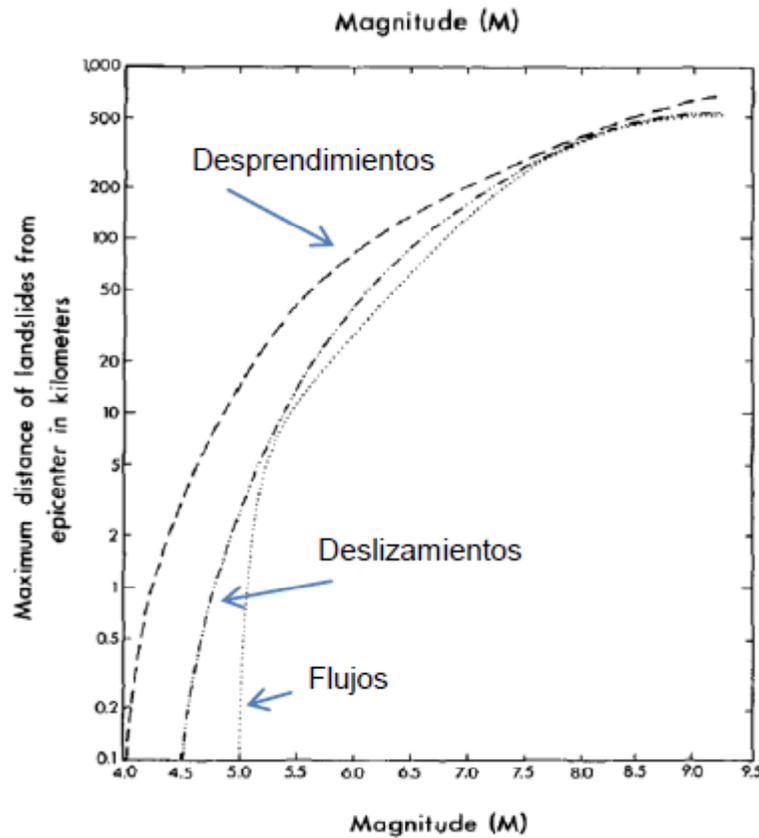


9

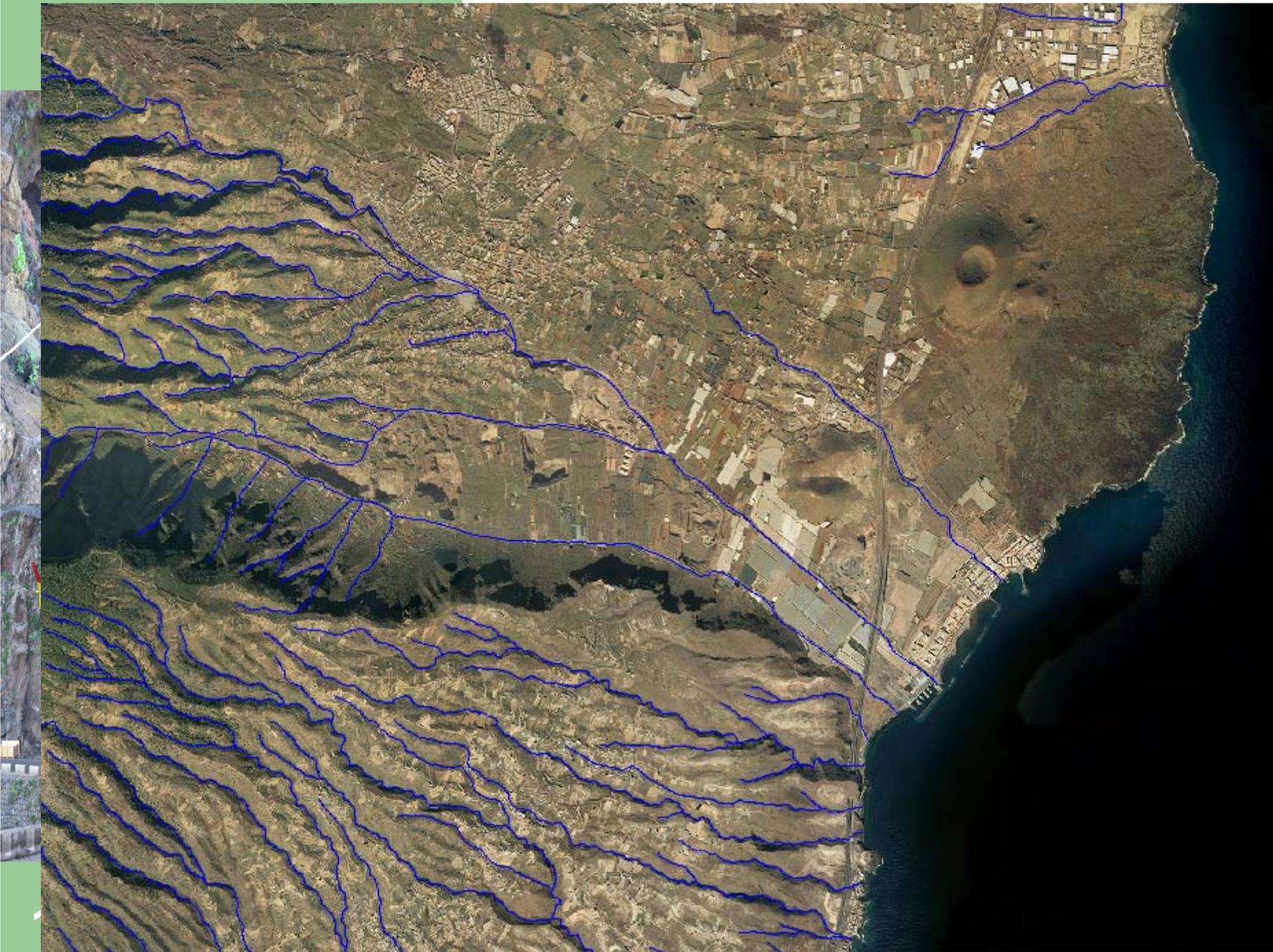
PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNOSTICO DE INESTABILIDADES Y DISEÑO DE SOLUCIONES FRENTE A DESPRENDIMIENTOS



Unidad	Subunidad
I: Complejos basales	
II: Coladas y macizos sálicos	
III: Macizos basálticos alterados	
IV: Coladas basálticas sanas	IVa: Coladas "aa" poco escoriáceas
	IVb: Coladas "pahoehoe" y "aa" muy escoriáceas
V: Materiales piroclásticos	Va: Ignimbritas y tobas
	Vb: Depósitos piroclásticos sueltos o débilmente cementados
VI: Materiales brechoides	
VII: Depósitos aluviales y coluviales	
VIII: Suelos arenosos	
IX: Suelos arcillosos y/o limosos	
X: Rellenos antrópicos	



Relación entre la magnitud del terremoto y las distancias epicentral para el desencadenamiento de diferentes tipos de movimientos
(Keefe, 1984)





SOLUCIONES FRENTE A DESPRENDIMIENTOS

y Transportes

LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA



TRABAJOS DE CAMPO

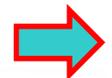
- ➔ LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y TAQUIMÉTRICOS ➔
- ➔ CARTOGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE SUFICIENTE DETALLE. ➔
- ➔ SECTORIZACIÓN DEL MACIZO ➔
- ➔ IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ÁREAS FUENTE. CUENCAS VERTIENTES ➔
- ➔ DETECCIÓN DE INDICADORES DE INESTABILIDAD EN EL TALUD O LADERA ➔

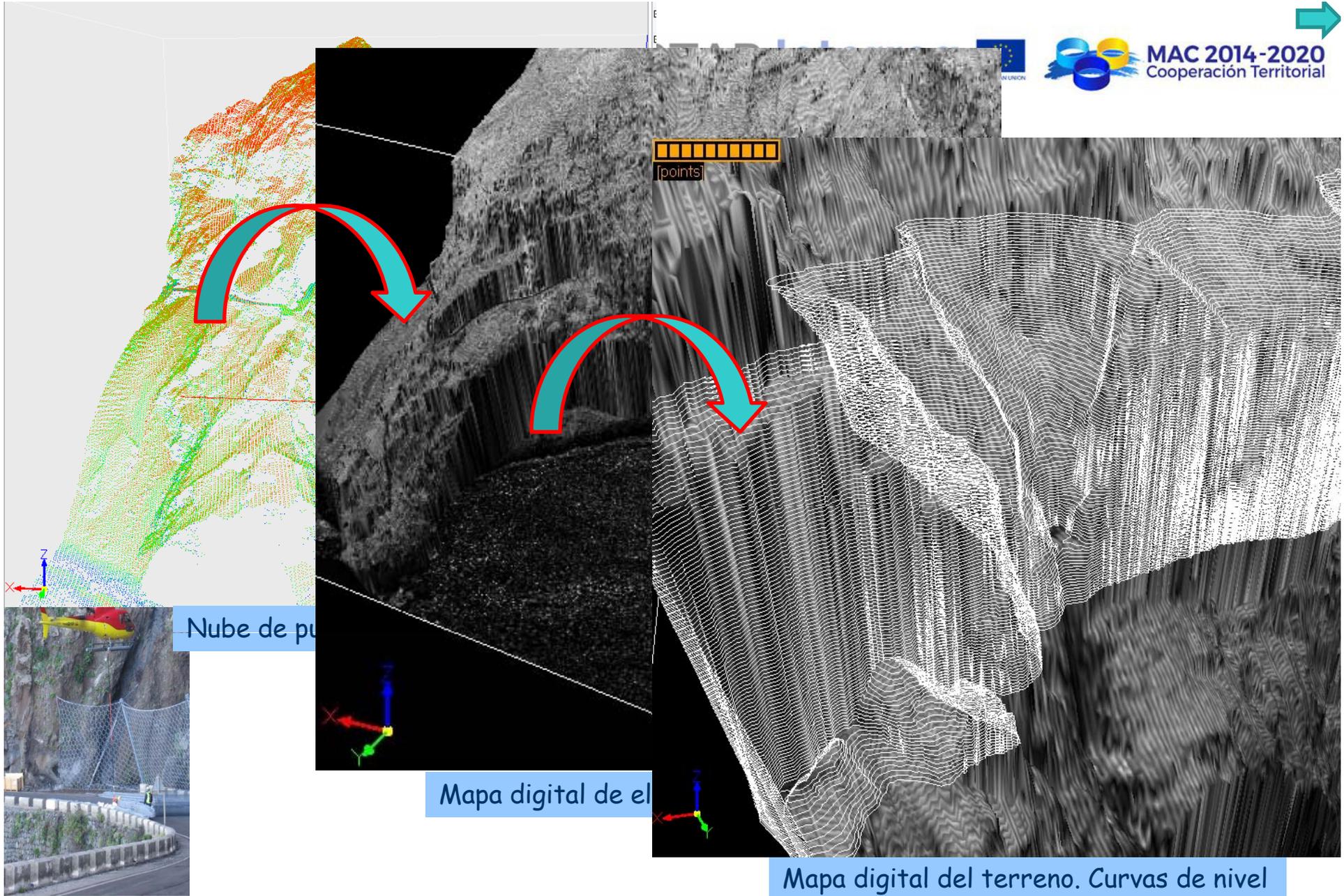
DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA



TRABAJOS DE CAMPO

- ➔ EVALUACIÓN DE LOS VOLÚMENES POTENCIALMENTE INESTABLES, MECANISMOS DE ROTURAS Y ÁREAS DE AFECCIÓN
- ➔ CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SECTORIZADA. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO Y GRADO DE ESTABILIDAD

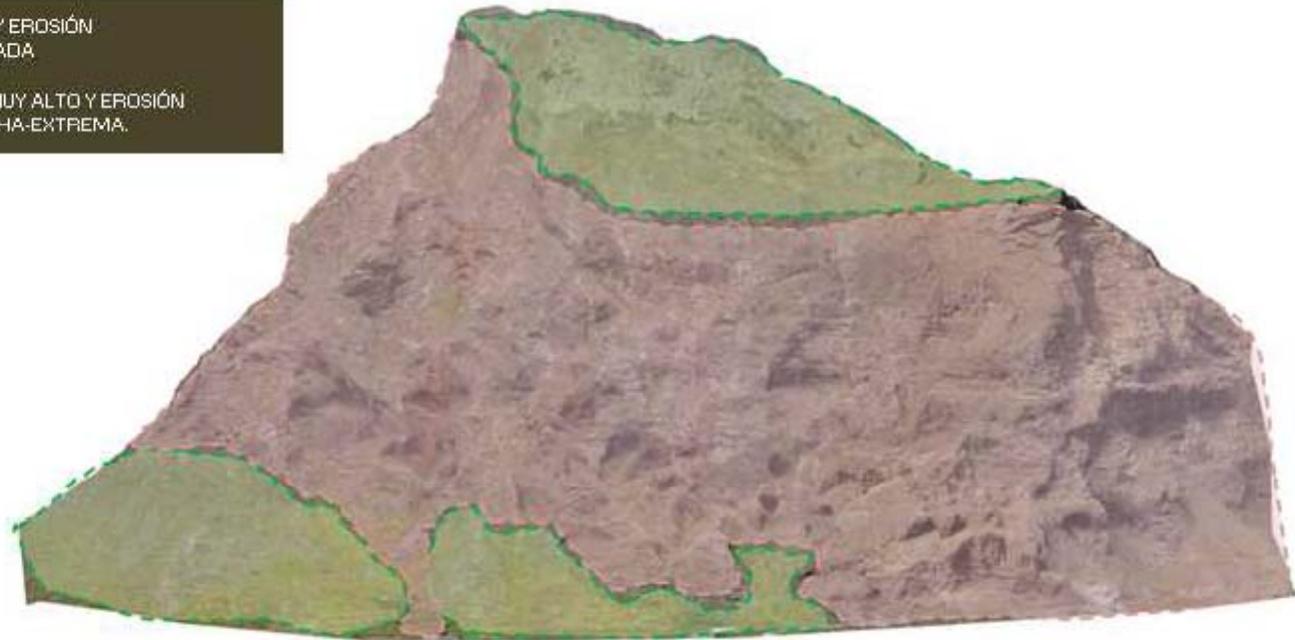




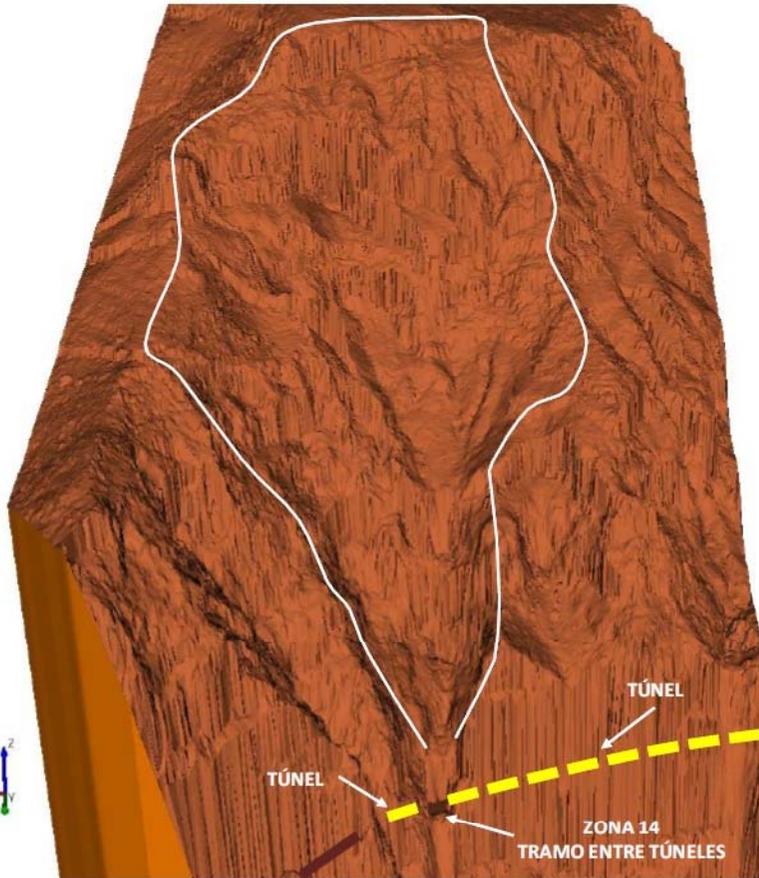


GRADO DE EROSIÓN MEDIO Y EROSIÓN DIFERENCIAL MODERADA

GRADO DE EROSIÓN ALTO-MUY ALTO Y EROSIÓN DIFERENCIAL DE MUCHA-EXTREMA.



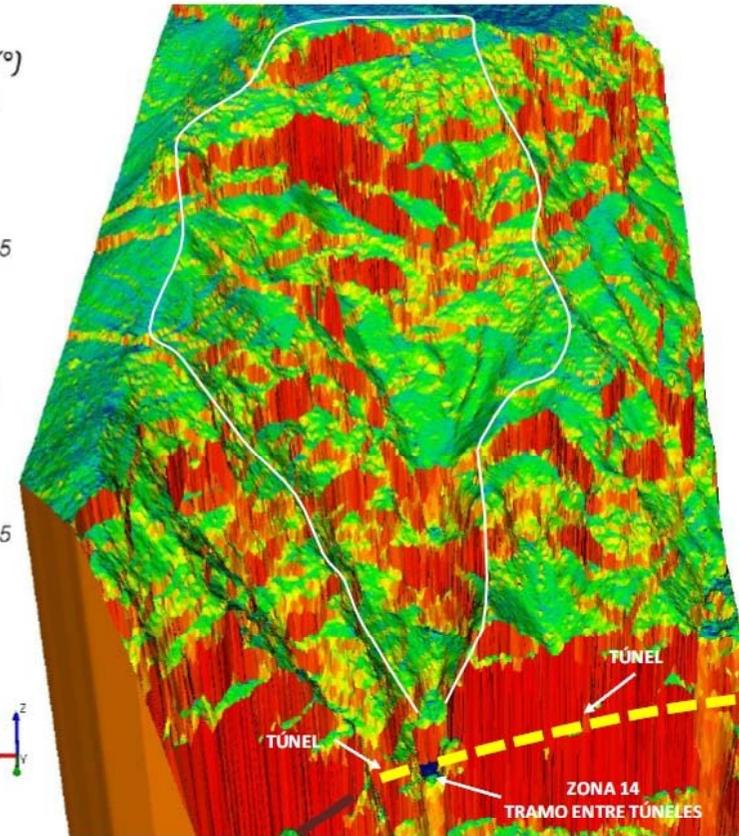
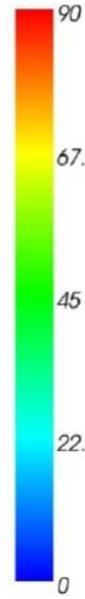




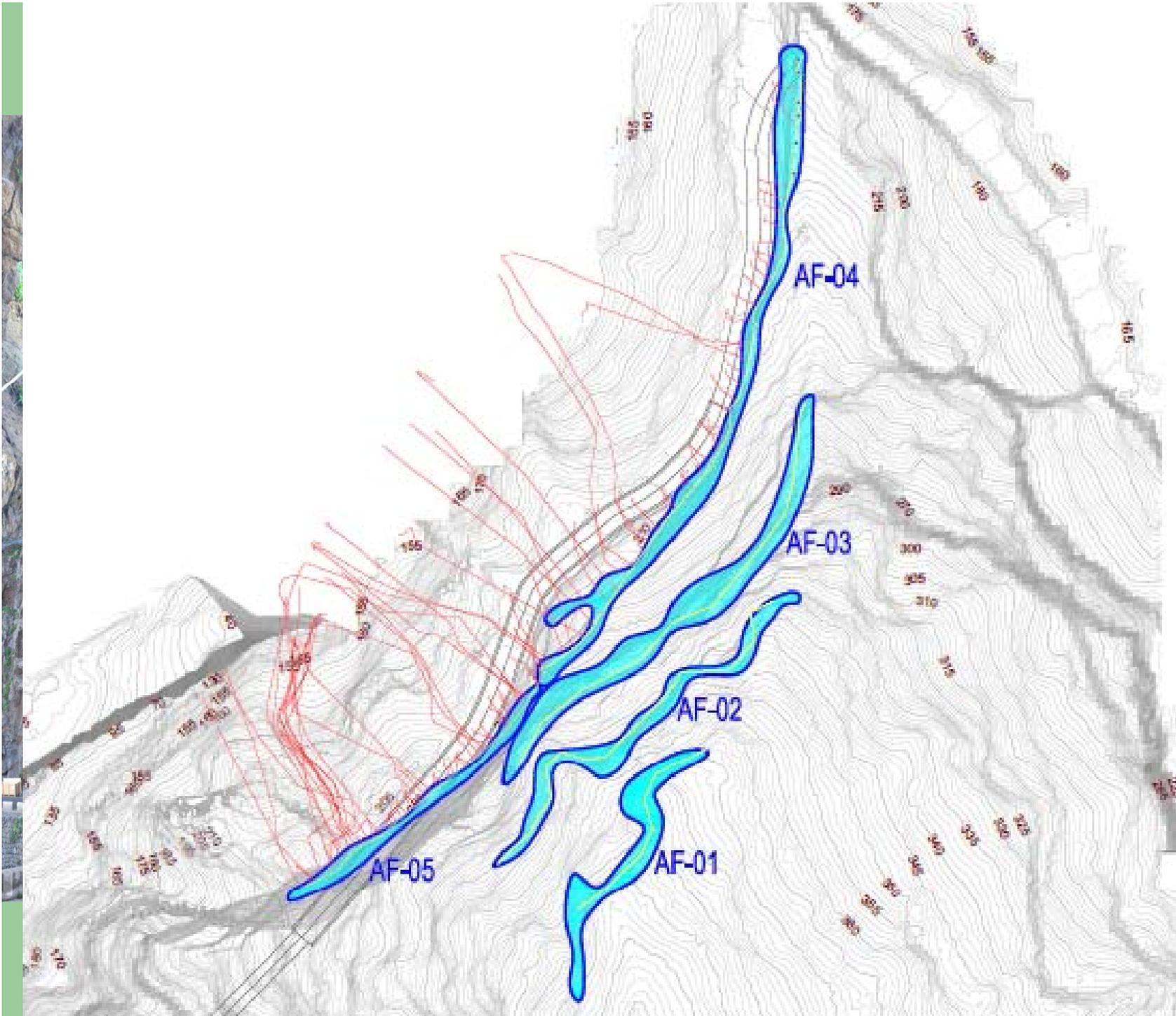
Modelo 3D de la Zona 14. En color blanco, límite de la cuenca vertiente hacia ella.



Dip (°)



Modelo 3D de la Zona 14 y mapa de pendientes. En color rojo los sectores con pendientes próximas a 90° y zonas con taludes invertidos.



DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA

**INDICADORES DE
INESTABILIDAD**



EN EL TERRENO

- ➔ GRIETAS Y ESCARPES
- ➔ ABOMBAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- ➔ CAÍDA DE ROCAS Y TIERRAS
- ➔ DESVÍOS DE CAUCES
- ➔ ACUMULACIÓN DE DEPÓSITOS A PIE DE LADERA
- ➔ ENCHARCAMIENTOS
- ➔ CAMBIOS EN FUENTES Y SURGENCIAS DE AGUA
- ➔ INCLINACIÓN DE ÁRBOLES



DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA

INDICADORES DE INESTABILIDAD



EN VIVIENDAS, INFRAESTRUCTURAS O CONSTRUCCIONES

- ➔ GRIETAS EN MUROS, PAREDES, PAVIMENTO
- ➔ DESPLOMES EN MUROS, PAREDES
- ➔ INCLINACIÓN DE TABIQUES, MUROS
- ➔ ROTURAS EN CONDUCCIONES



DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA

INFORME GEOTÉCNICO

- ➔ ANTECEDENTES
- ➔ ENCLAVE GEOLÓGICO
- ➔ MARCO GEOTÉCNICO GENERAL
- ➔ TRABAJO REALIZADO EN CAMPO Y EN LABORATORIO
- ➔ RESULTADOS OBTENIDOS
- ➔ ANÁLISIS DE RESULTADOS. CARACTERIZACIÓN Y PARÁMETROS DE DISEÑO
- ➔ CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- ➔ PLANOS Y DOCUMENTACIÓN ANEXA

DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA



ANÁLISIS DE RIESGOS



FINALIDAD:

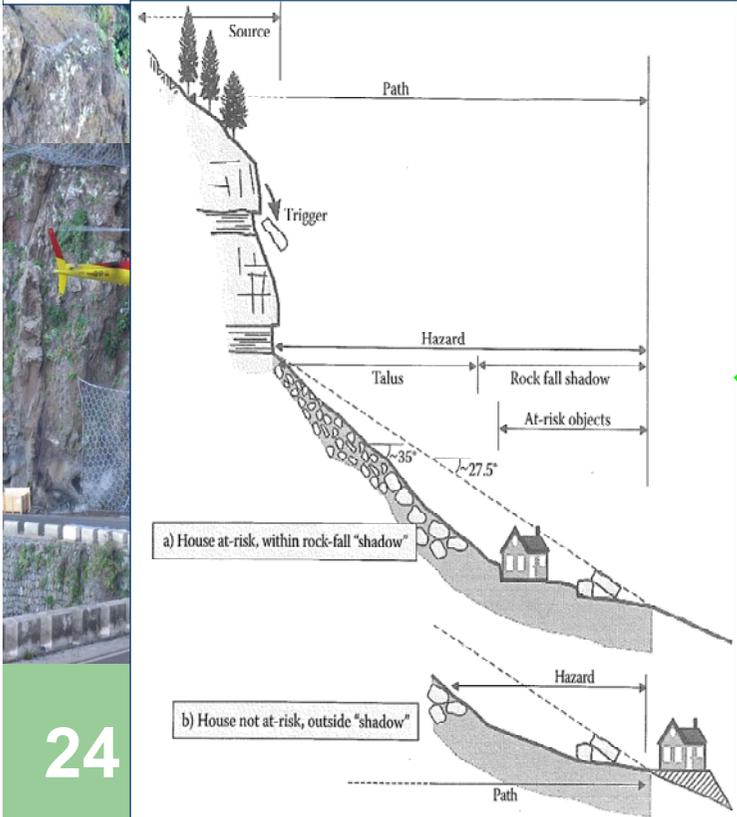
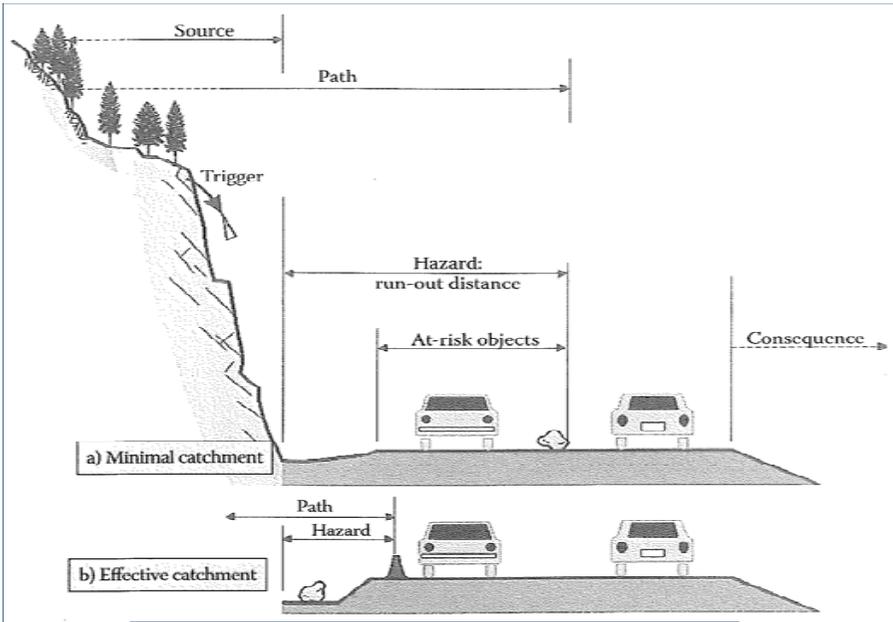
Conocer los riesgos relativos a desprendimientos de rocas y su probabilidad de ocurrencia
Poder tomar decisiones
Priorizar la inversión disponible en cada momento.



INFORMACIÓN PREVIA:

- HISTORIAL DE EVENTOS ANTERIORES
- GEOMETRÍA TALUD/LADERA
- SECCIÓN CARRETERA Y DATOS DE TRÁFICO
- CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y GEOMECÁNICA
- VOLUMEN Y TAMAÑO DE ROCAS CON RIESGO DE DESPRENDIMIENTO
- EFECTOS CLIMÁTICOS

E INFORMACIÓN PREVIA



➔ **ÁMBITO:**
VIALES

ZONAS DE RECREO Y PEATONALES
EDIFICACIÓN E INSTALACIONES
INDUSTRIALES

➔ VALORACIÓN DE PARÁMETROS
ESPECÍFICOS EN FUNCIÓN DEL ELEMENTO
A PROTEGER

EN EL CASO DE CARRETERAS:
-EFECTIVIDAD DE CUNETAS DE RECEPCIÓN
-RIESGO MEDIO VEHICULAR (EXPOSICIÓN
AL RIESGO)
-VISIBILIDAD FRENTE A DISTANCIA DE
REACCIÓN (DISTANCIA DE PARADA)
-ANCHURA DE LA VÍA

DIAGNÓSTICO E INFORMACIÓN PREVIA

APLICACIÓN EN CARRETERAS. FINALIDAD:

- EN AMBOS CASOS, LA BONDAD DEL MÉTODO DEPENDERÁ DE:
 - ADECUADA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (EXACTITUD DE LOS DATOS UTILIZADOS)
 - LA INFORMACIÓN HISTÓRICA QUE SE TENGA (HISTORIAL DE CAÍDAS, DATOS DE ACCIDENTES, COSTES SOPORTADOS EN LABORES DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN...)
- POSIBILIDAD O NO DE ESTIMAR LOS DATOS DE LOS QUE NO SE DISPONE DE INFORMACIÓN FIDEDIGNA MEDIANTE CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTOS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.
- ZONIFICACIÓN EN TRAMOS CARACTERIZADOS POR UN MISMO NIVEL DE RIESGO Y MECANISMO DE DESPRENDIMIENTO O INESTABILIDAD
- CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA DEL TÉCNICO O EQUIPO EVALUADOR.



RHRS

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE RIESGOS DE CAÍDA DE ROCAS
DESARROLADO POR EL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DE OREGÓN A
MEDIADOS DE LOS AÑOS 80 Y PUBLICADO EN 1990 POR PIERSON ET AL.

EL MÉTODO NACIÓ COMO RESPUESTA A LA NECESIDAD DE ESTABLECER
UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL RIESGO POR CAÍDAS DE BLOQUES
EN LAS CARRETERAS DEL ESTADO DE OREGÓN, LAS CUALES ESTÁN
TRAZADAS EN UNA ZONA CARACTERIZADA POR MONTAÑAS DE ORIGEN
ÍGNEO-METAMÓRFICO QUE DURANTE LA ÉPOCA DE INVIERNO ESTÁN
AFECTADAS POR INTENSAS LLUVIAS

SE BASA EN LA EVALUACIÓN DE 12 PARÁMETROS

CADA PARÁMETRO SE VALORA DE FORMA EXPONENCIAL SEGÚN LA
FÓRMULA " $y = 3^x$ " CON $x \approx 1-4$ E $y \leq 100$

PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE
INESTABILIDADES Y DISEÑO DE
SOLUCIONES FRENTE A DESPRENDIMIENTOS



Parámetro	Fórmula para estimar el valor del exponente, x
Altura de talud	$X = \text{altura de talud en pies} / 25$
Riesgo medio vehicular	$X = \% \text{ de tiempo} / 25$
Visibilidad	$X = [120 - (\% \text{ de visibilidad})] / 25$
Anchura de calzada	$X = [52 - (\text{anchura de calzada en pies})] / 25$
Tamaño de bloque	$X = \text{dimensión del bloque en pies} / 25$
Volumen	$X = \text{volumen en pies}^3 / 25$



Categoría	Criterio de valoración y puntuación			
	3 Puntos	9 Puntos	27 Puntos	81 Puntos
Altura del talud	25 pies (7.6 m)	50 pies (15.2 m)	75 pies (22.9 m)	100 pies (30.5 m)
Efectividad de la cuneta de recepción	Buena	Moderada	Limitada	Nula
Riesgo medio vehicular (AVR)	25% del tiempo	50% del tiempo	75% del tiempo	100% del tiempo
Porcentaje de la visibilidad (SD) frente a la distancia de reacción (DSD)	Suficiente visibilidad (100% DSD)	Moderada visibilidad (80% DSD)	Visibilidad limitada (60% DSD)	Visibilidad muy limitada (40% DSD)
Anchura de la calzada incluido el arcén	44 pies (13.4 m)	36 pies (11.0 m)	28 pies (8.5 m)	20 pies (6.1 m)

UNA VEZ EVALUADOS, VALORADOS Y SUMADOS TODOS ESTOS PARÁMETROS, EL MÉTODO PERMITE:

- CLASIFICAR Y ORDENAR LOS TALUDES SEGÚN SU NIVEL DE RIESGO ASOCIADO A POSIBLES DESPRENDIMIENTOS.
- ESTABLECER PRIORIZACIÓN DE ACTUACIONES:
 - VALORES > 500 → TALUDES DE CARRETERA QUE REQUIEREN DE ACCIÓN INMEDIATA
 - VALORES < 300 → TALUDES DE CARRETERA CON BAJA PRIORIDAD DE ACTUACIÓN

Juntas continuas con orientación adversa
Con relleno
Grandes diferencias en los rasgos erosivos
Extrema diferencia
4 pies (1.2 m) 12 yardas ³ (9.2 m ³)
Alta precipitación y largos períodos de heladas ó continua presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
de heladas, ni agua en el talud
Historia de caída de bloques

	de heladas, ni agua en el talud	presencia intermitente de agua en el talud	presencia continua de agua en el talud	presencia de agua en el talud y largos períodos de heladas
	Pocas caídas	Caídas ocasionales	Muchas caídas	Caídas constantes

DISEÑO DE SOLUCIONES

ANÁLISIS Y REVISIÓN DEL INFORME GEOTÉCNICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS: análisis coste-beneficio Deberán considerarse factores/condicionantes:

- Funcionales
- Constructivos
- Económicos
- Medioambientales



DISEÑO DE SOLUCIONES



- **Se podrá optar por una de las tres siguientes estrategias:**

- Eliminación del riesgo: Saneos, Excavaciones y Voladuras



- Prevención → DEFENSAS ACTIVAS: Actúan sobre las zonas afectadas del talud impidiendo que se produzca el deslizamiento, desprendimiento o la progresión de la rotura (Mallas TT, Mallas TTR cable, Redes de Cable, Membranas, Bulonajes, Hormigón proyectado); y en otros casos, ejerciendo una acción estabilizadora sobre la masa o bloque inestable (Anclajes activos).



- Seguridad y control → DEFENSAS PASIVAS: no evitan la caída de rocas o la inestabilidad pero sí las consecuencias sobre la vía (o las atenúa) impidiendo que ésta la alcance o comprometa la seguridad vial de los usuarios.

- Estáticas: bermas, cunetones, colchones de impacto, terraplenes, muros de contención, pantallas de protección, viseras y voladizos, falsos túneles.

- Dinámicas: absorbe la energía deformándose. Barreras dinámicas, galerías dinámicas.



14/06/18 PR



20
orial

30

PRO
SOL



DISEÑO DE SOLUCIONES



IONES

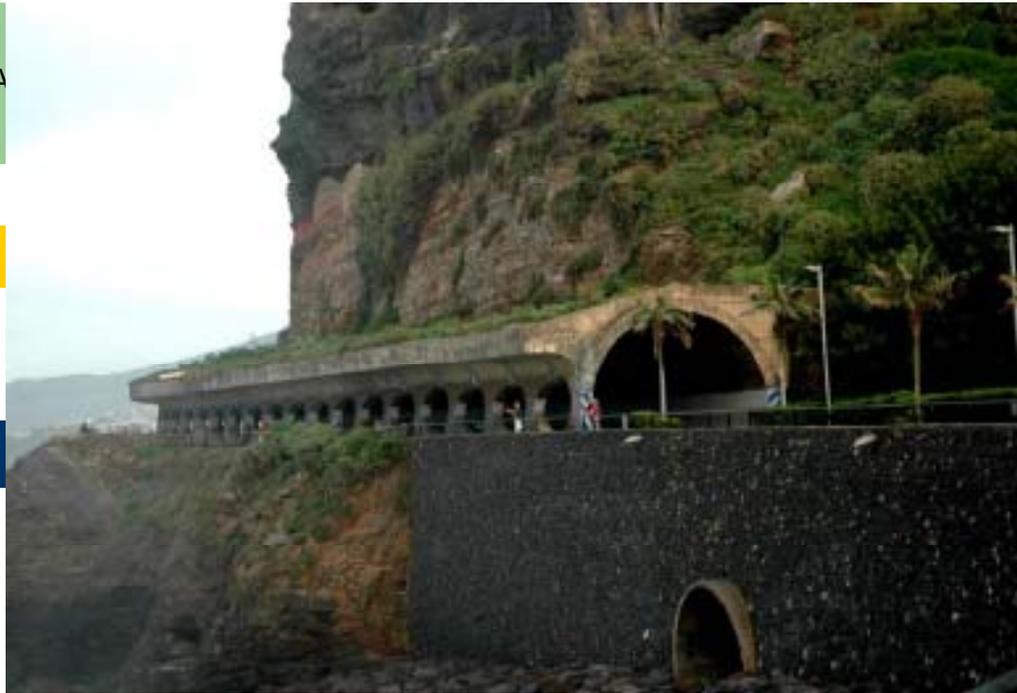


14/06/18 PRESENTA



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

DI



33

SOLUCIONES FRENTE A DESPRENDIMIENTOS

Consejería de Obras Públicas
y Transportes



LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



DISEÑO DE SOLUCIONES

TRABAJOS DE CAMPO

- Verificación del contenido del informe geotécnico
- Comprobación de inestabilidades locales
- Verificación de las áreas fuente
- Supervisión de los parámetros de diseño y caracterización del macizo o talud
- En el caso de soluciones pasivas, verificación de:
 - * Material y superficie de la ladera o talud, y su distribución en superficie
 - * Coef. de restitución, rugosidad y fricción
 - * Tamaño bloques y volumen de rocas



DISEÑO DE SOLUCIONES

ESTUDIO Y CÁLCULO DE SOLUCIONES

- DEFENSAS ACTIVAS

- DEFENSAS PASIVAS



DISEÑO DE SOLUCIONES

FUNCIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS Y DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales o reduciendo las presiones intersticiales mediante drenaje
- Proporcionar una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante o evitar el aflojamiento y posterior rotura progresiva a favor de la inestabilidad



DISEÑO DE SOLUCIONES

FUNCIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS Y DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES:

- Evitar el deslizamiento mediante contención o sostenimiento
- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud
- Interceptar el bloque o volumen de rocas desprendidas antes de alcanzar el elemento que se pretende proteger



DISEÑO DE SOLUCIONES

DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

• SIMULACIÓN Y MODELIZACIÓN DE DESPRENDIMIENTOS

Limitaciones del cálculo:

- Es una idealización de la realidad y no la realidad en sí misma
- Cálculo probabilístico
- Forma de la roca o bloque desprendido
- Forma de superficie y resolución mínima (E: 1:1000)
- Fragmentación del bólide durante su recorrido
- Comportamiento mecánico de la superficie en el impacto (R_t , R_n , Φ y Roughness)



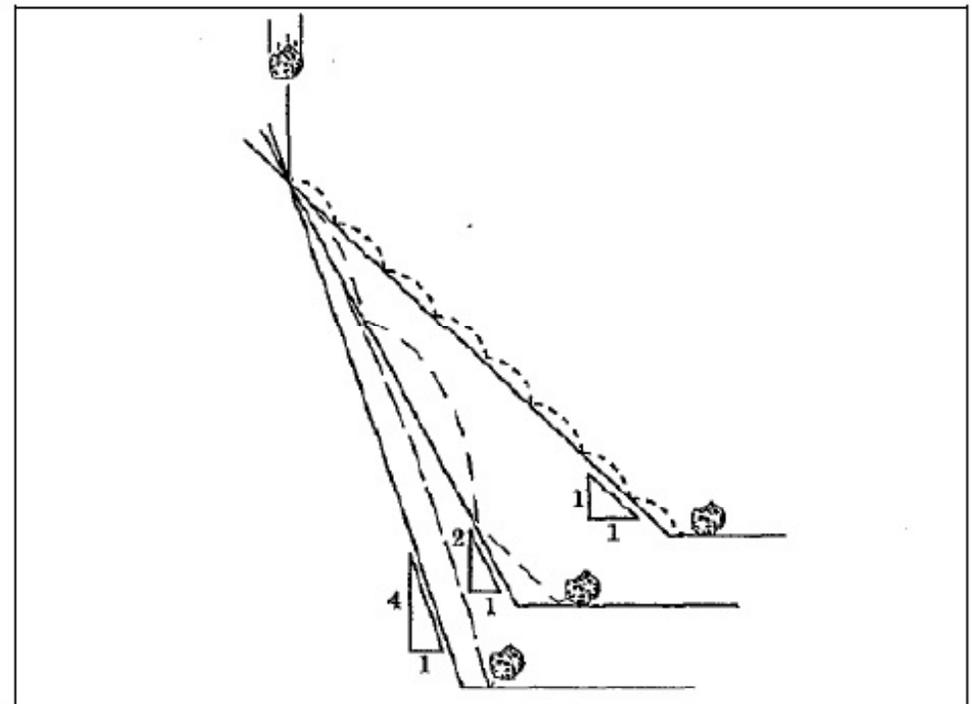
DISEÑO DE SOLUCIONES



DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

Tipos de movimientos:

- Rodadura y deslizamiento
- Rebote
- Caída libre



PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE INESTABILIDADES Y DISEÑO DE SOLUCIONES FRENTE A DESPRENDIMIENTO: **Figura 2.4.-** Trayectoria esperada de las rocas en un talud en función de la pendiente. (Protección contra desprendimientos de rocas. Pantallas Dinámicas. Ministerio de Fomento. 1.996).



Superficie de talud/ladera	Cubierta vegetal	Coeficientes			
		Rango de valores		Valor característico	
		Rt	Rn	Rt	Rn
Coladas y macizos rocosos masivos sanos (basálticos y sálicos) [RCS >= 25 MPa]	Sí				
	No				
Coladas y macizos rocosos masivos alterados (basálticos y sálicos) [RCS <25 MPa]	Sí				
	No				
Materiales piroclásticos y escorias de lava	Débilmente Soldados [RCS de 1 a 10 MPa]	Sí			
	Sueltos	No			
Depósitos aluvio-coluviare	Sí				
	No				
Suelos arcillosos y limosos	Sí				
	No				
Suelos granulares	Sí				
	No				
Rellenos antrópicos	Sí				
	No				
Pavimento asfáltico	Sí				
	No				

perficie →
cada
cas por

DISEÑO DE SOLUCIONES

DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

Bólido extremo:

Se define como aquel bloque pésimo o más desfavorable (mayor masa) detectado en cada una de las áreas fuente con riesgo de caída o desestabilización

Bólido ordinario:

Se define como aquel tamaño de bloque esperado de forma recurrente y periódica. Se considerará como mínimo una masa equivalente al 10% del mayor de los bólidos extremos.

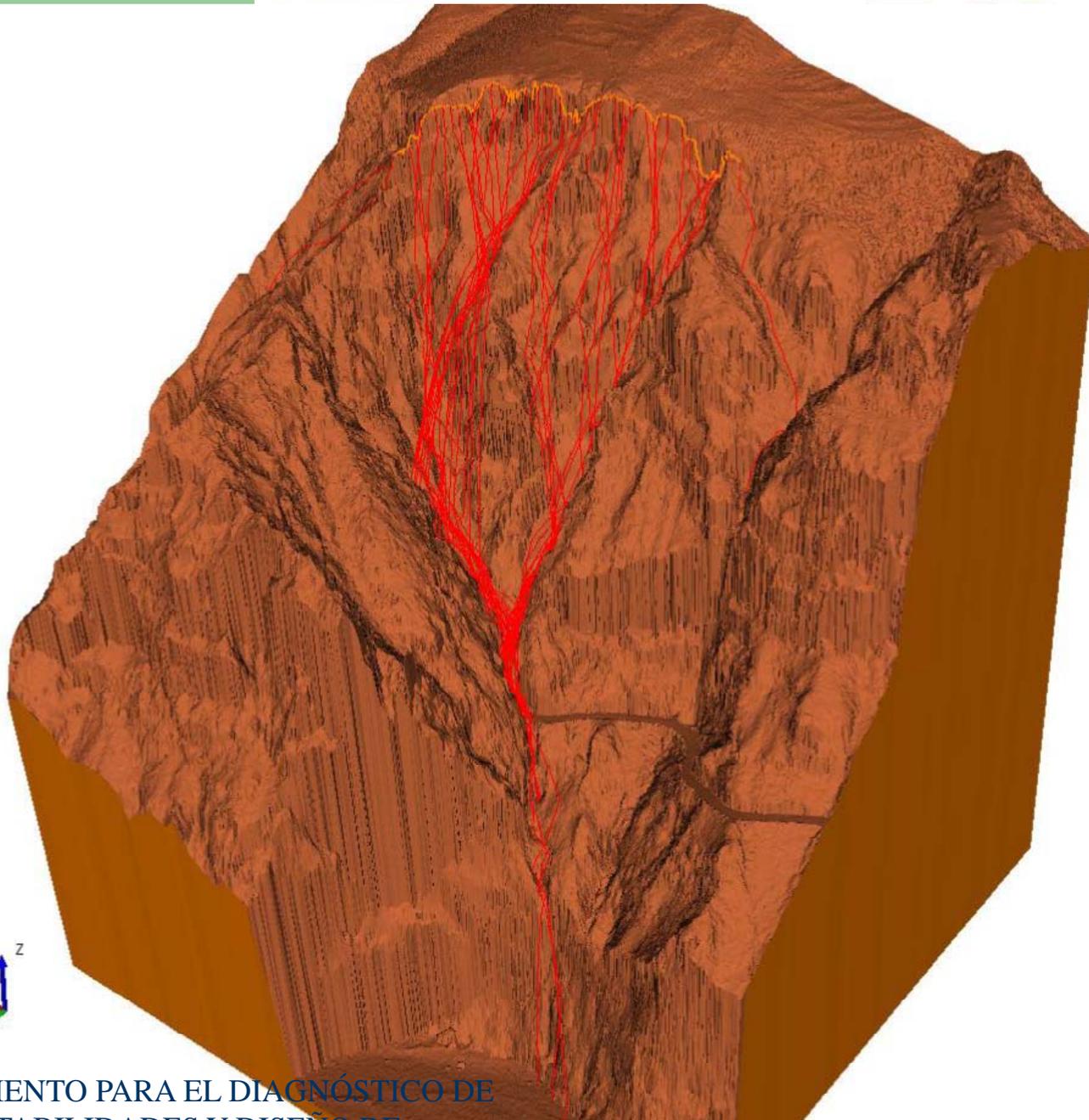
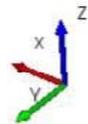


DISEÑO DE SOLUCIONES



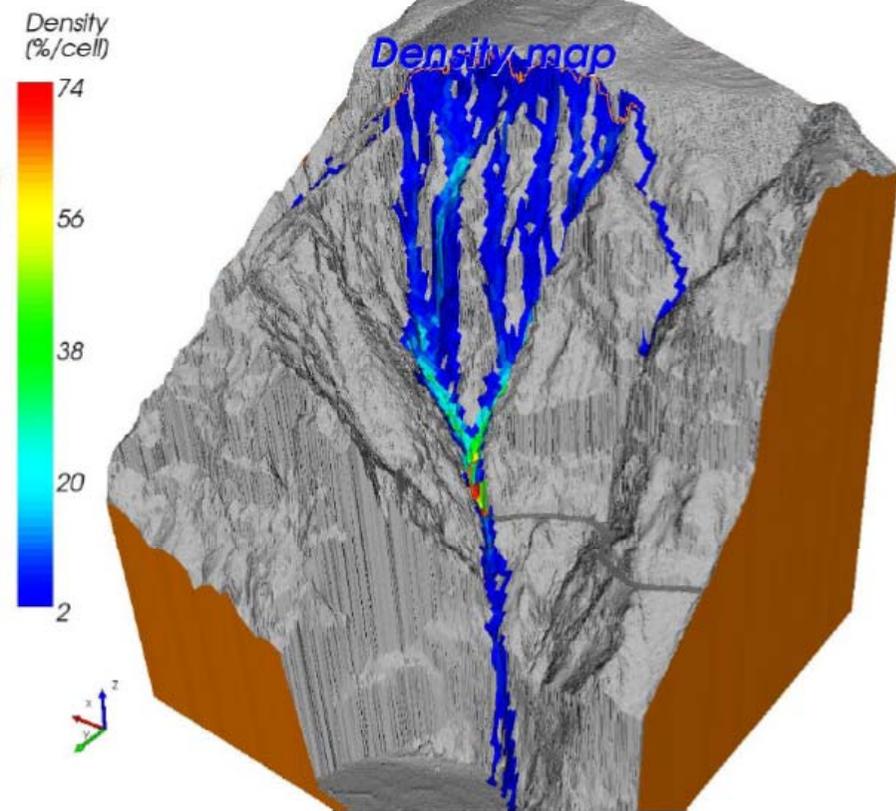
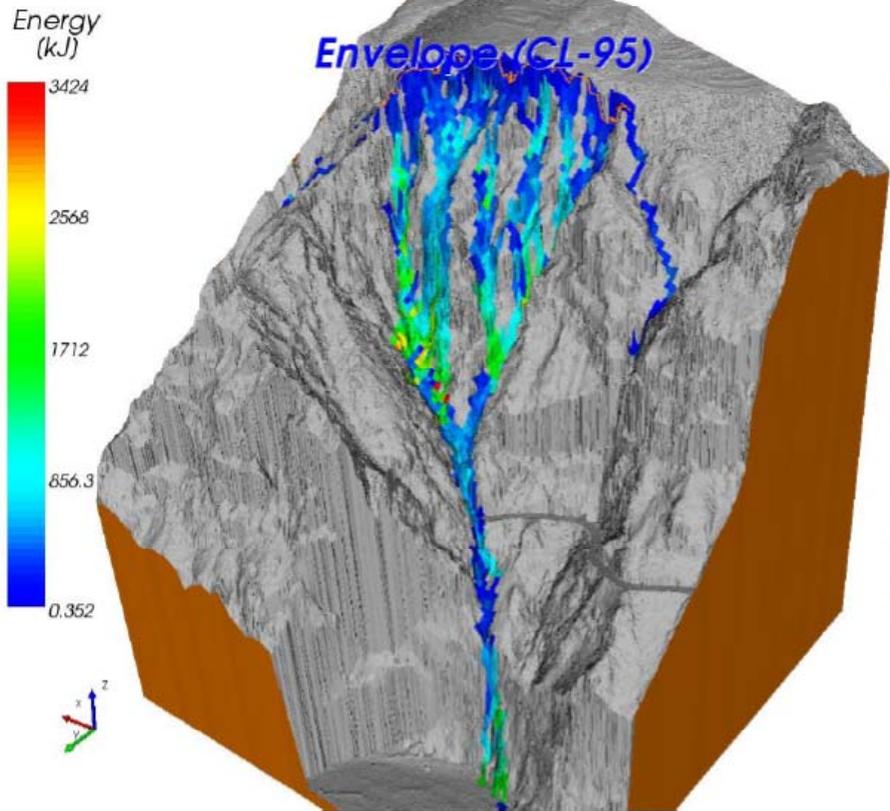
DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

- Simulación de trayectorias en 3D
- Simulación de trayectorias en 2D. Perfiles de energía y alturas de rebotes
- Análisis de passing rocks
- Número mínimo de eventos por simulación: 50



DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA

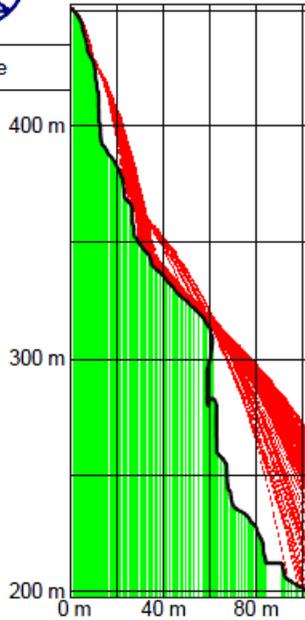
DISTRIBUCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS



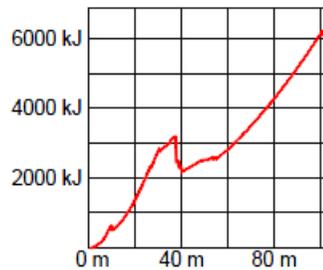


Rockfall 6.1

Signature

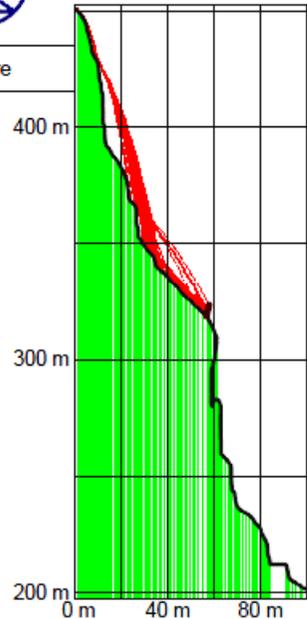


Surface

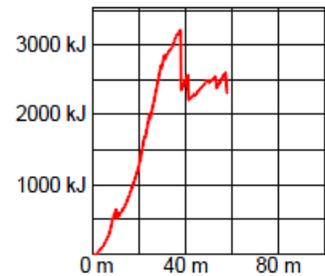


Rockfall 6.1

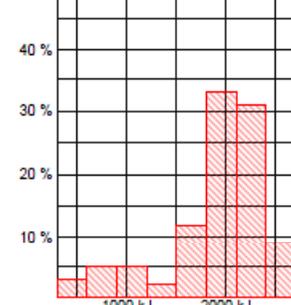
Signature



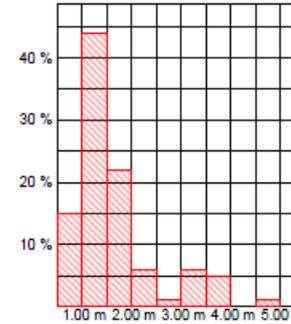
Surface



Structure No. 1 at 56,6 m - Hits: 100 of 100



energy
Class range (kJ) : 300.
Maximum value (kJ) : 2601.
Minimum value (kJ) : 409.
Mean value (kJ) : 1821.
Standard dev. (kJ) : 497.



bounce height
Class range (m) : 0.50
Maximum value (m) : 4.86
Minimum value (m) : 0.77
Mean value (m) : 1.86
Standard dev. (m) : 0.78

Statistics based on actual hits on barrier

Run No.	:		No. of rocks	:	100
Radius (m)	:	0.65	min. barrier height (m)	:	5.51
Mass (kg)	:	3048.42			
Initial Motion	:	rolling/sliding with rotation			
Initial position X(m)	:	0.00			

DISEÑO DE SOLUCIONES

DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

- Simulación de trayectorias en 3D

Se realizarán para cada una de las áreas fuente y en las dos hipótesis contempladas: Extremo y Ordinario.

A partir de las distintas trayectorias obtenidas → Diseño en planta de la barrera de protección

Porcentaje de interceptación requerida: 100 %



DISEÑO DE SOLUCIONES

DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

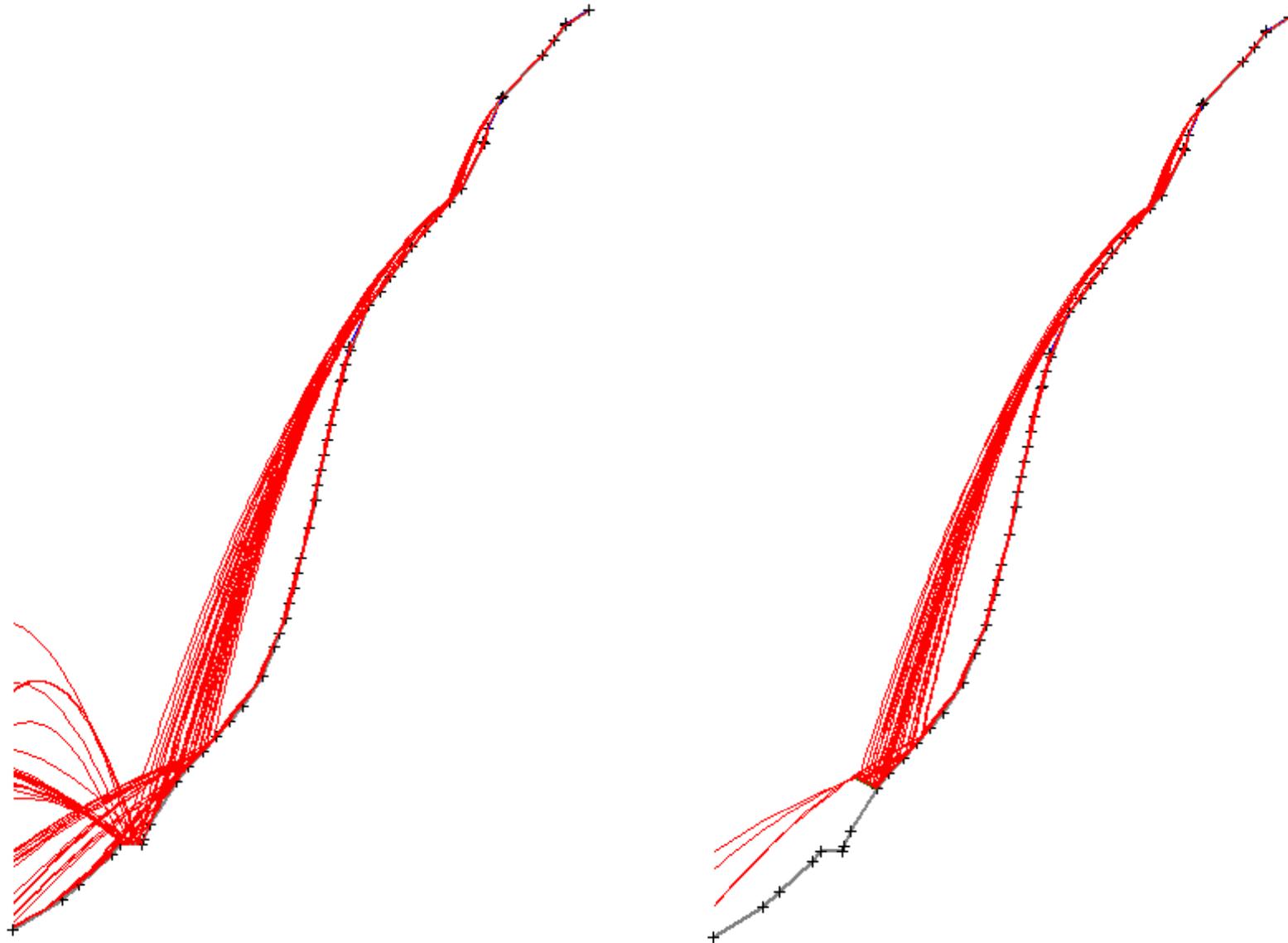
- Simulación de trayectorias en 2D

Se realizarán para cada una de las áreas fuente (perfiles principales) y en las dos hipótesis contempladas: Extremo y Ordinario.

A partir de dichos perfiles de energía obtenidos → Dimensionamiento de la barrera de protección (energía y altura de diseño)

Porcentaje de afección requerida: 0 %





DISEÑO DE SOLUCIONES

DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

- $E_{m\acute{a}x}$: valor pésimo obtenido en la distribución de energías simuladas para el bólido extremo
- E_{serv} : valor promedio obtenido en la distribución de energías simuladas para el bólido ordinario
- $H_{m\acute{a}x}$: valor pésimo obtenido en la distribución de alturas de impacto en barrera simuladas para ambos bólidos.



DISEÑO DE SOLUCIONES

DISEÑO DE SOLUCIONES PASIVAS

- E,diseño: MEL → valor más restrictivo de (en kJ):

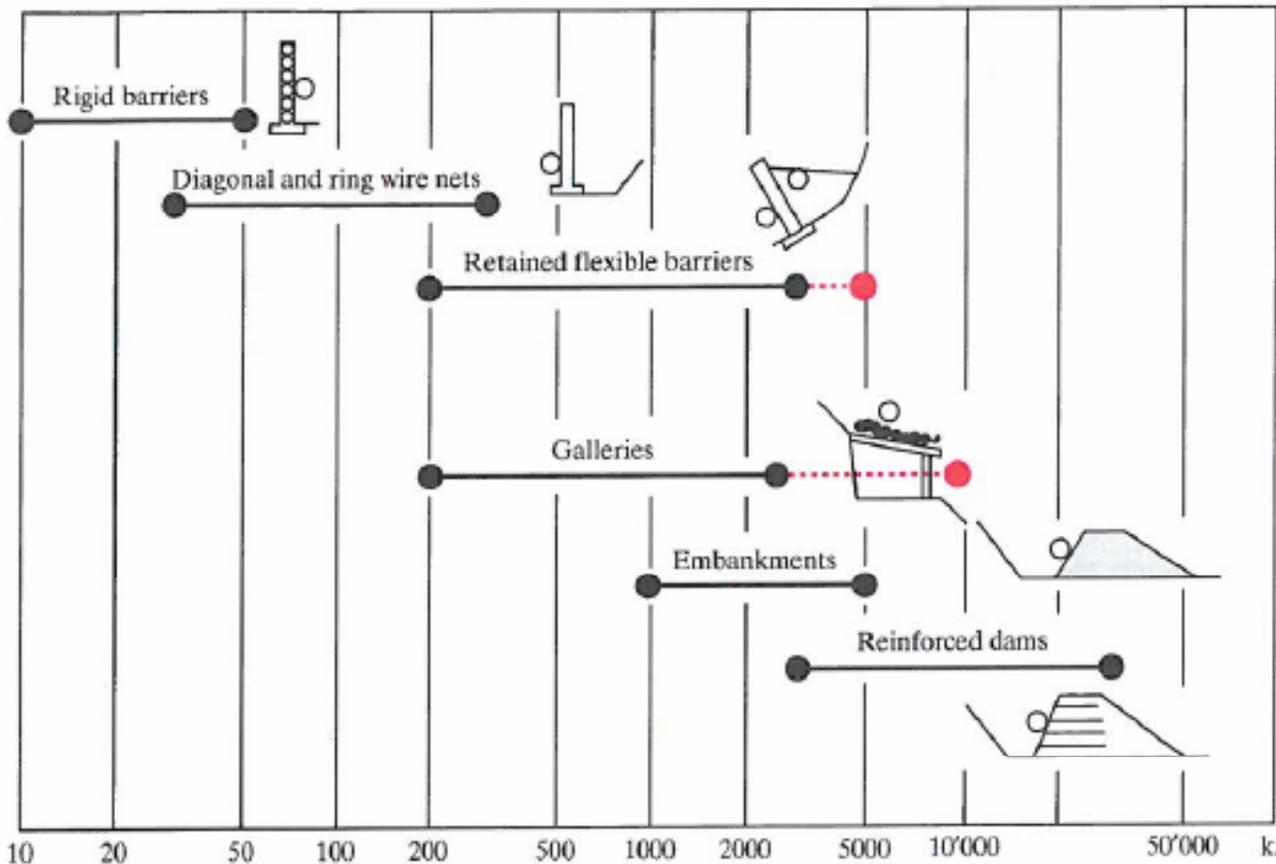
- MEL > E,máx
- MEL > 3*E,serv

MEL: Maximum Energy Level certificada
SEL: Service Energy Level certificada
MEL/SEL = 3 (ETAG 027)
MEL/SEL = 2 (SAEFL y NCHRP 20-07)

- H,diseño: será el resultado de (en m):
 - H,máx + dimensión bólide extremo

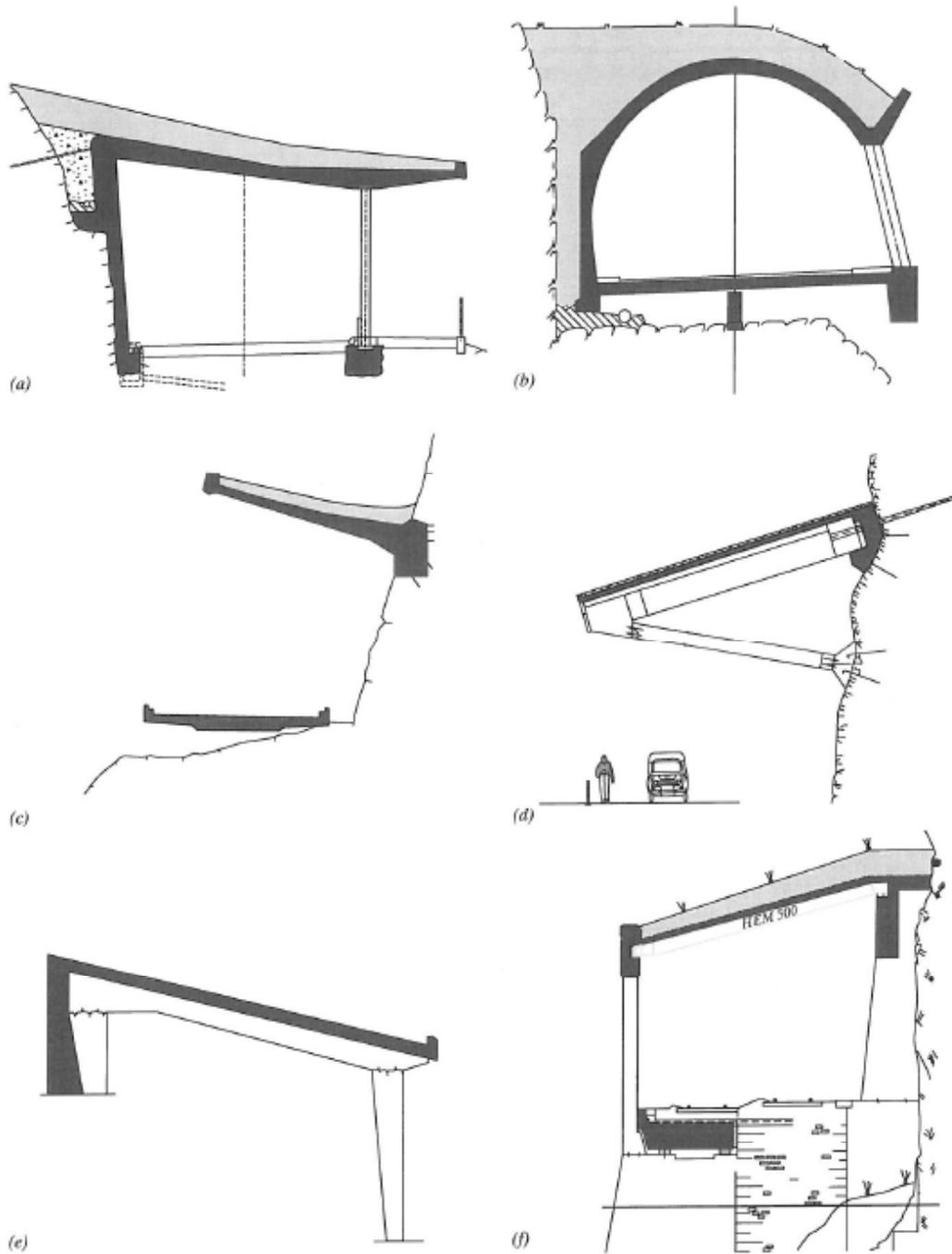


DISEÑO DE SOLUCIONES



Rockfall protection as an integral task. Structural Engineering International. 2009

Fig. 10: Classification of rockfall protection measures with respect to the ability to absorb kinetic energy (from Ref. [31, 32]), latest developments in red



Rockfall protection as an integral task. Structural Engineering International. 2009

Fig. 12: Swiss examples of structural systems for galleries, (a) slab restrained by back wall, (b) arch, (c) cantilever, (d) cantilever with struts, (e) cast-in place concrete, (f) composite of precast concrete and steel

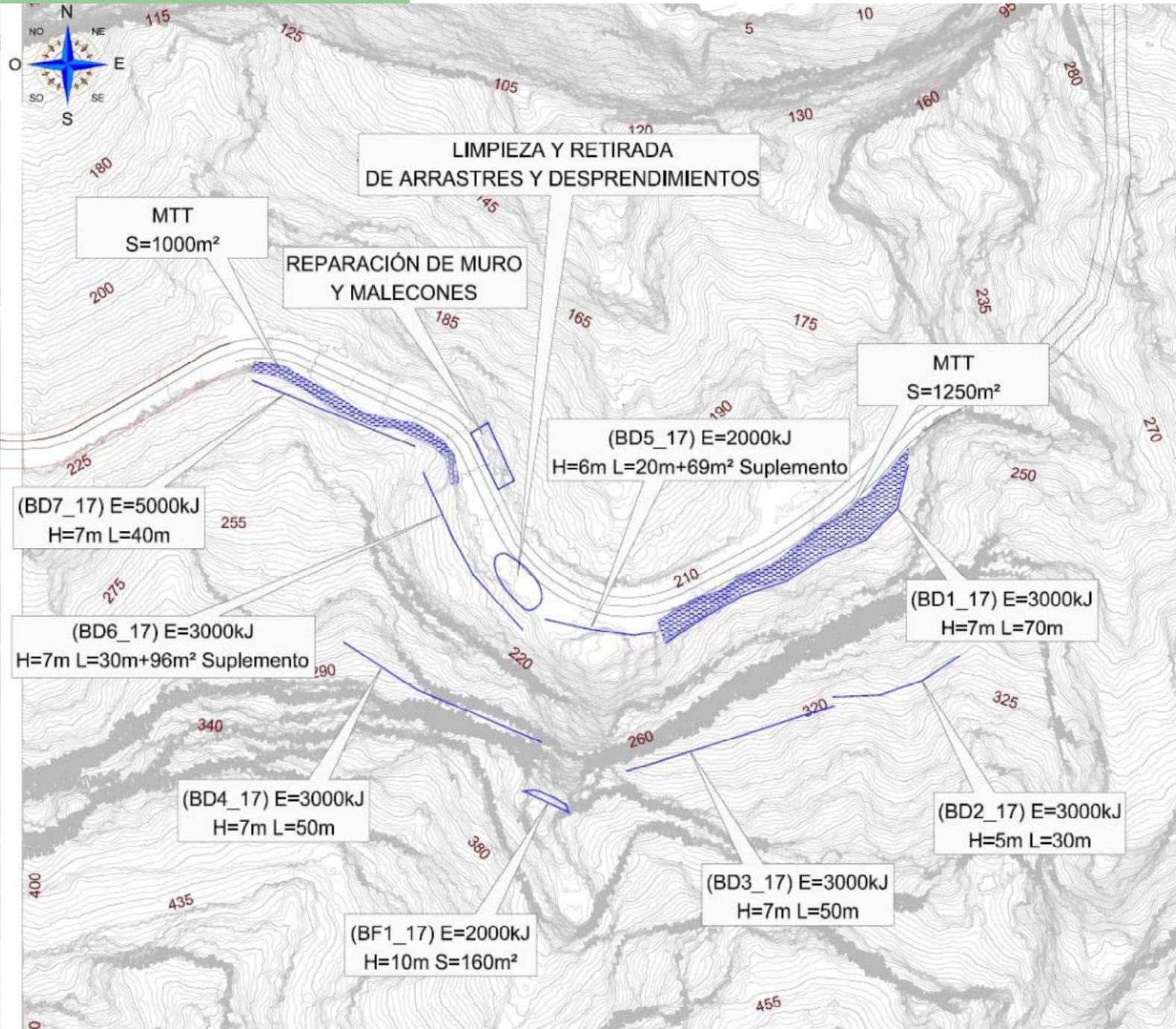


Table 3-2. SAEFL parameters for tests B and C

Class	Net Height h_v (m)	Test B (50%)			Test C (100%)				
		Energy (kJ)	Test Body		Energy (kJ)	Test Body		Braking Distance b_s (m)	Residual Useful Height h_n (m)
			Mass (kg)	Side Lengths (m)		Mass (kg)	Side Lengths (m)		
1	1.5	50	160	0.41	100	320	0.52	4.0	0.75
2	2.0	125	400	0.56	250	800	0.70	5.0	1.0
3	3.0	250	800	0.70	500	1,600	0.88	6.0	1.5
4	3.0	375	1,200	0.80	750	2,400	1.01	7.0	1.5
5	4.0	500	1,600	0.88	1,000	3,200	1.11	8.0	2.0
6	4.0	750	2,400	1.01	1,500	4,800	1.27	9.0	2.0
7	5.0	1,000	3,200	1.11	2,000	6,400	1.40	10.0	2.5
8	5.0	1,500	4,800	1.27	3,000	9,600	1.60	12.0	2.5
9	6.0	2,500	8,000	1.51	5,000	16,000	1.90	15.0	3.0

Source: Adapted from FOEN 2006

Table 3-3. ETAG 27 energy level classifications

Energy level classification	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEL (kJ)	-	85	170	330	500	660	1,000	1,500	>1,500
MEL \geq (kJ)	100	250	500	1,000	1,500	2,000	3,000	4,500	>4,500

Note: No test performed at SEL for Energy level classification 0

Source: Adapted from EOTA 2008

Table 3-4. ETAG 27 residual height categories for MEL test

Category	Residual Height
A	$\geq 50\%$ of nominal height
B	Between 30 and 50% of nominal height
C	$\leq 30\%$ of nominal height

Source: Adapted from EOTA 2008



DISEÑO DE SOLUCIONES

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

- ¿GLOBAL O PARCIALES? → $FS \geq 1,20$
- ¿ÚNICO O DIFERENTE EN FUNCIÓN DEL ELEMENTO A PROTEGER (VIALES, ÁREAS RECREATIVAS Y EDIFICACIONES)?
- ¿DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO O RECOMENDABLE?



DISEÑO DE SOLUCIONES

REQUERIMIENTOS RELATIVOS A LA VIDA ÚTIL O DURABILIDAD DEL SISTEMA

- PUEDE CONDICIONAR LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN O LOS MATERIALES QUE LO CONFORMAN

VIDA ÚTIL \geq 25 AÑOS Sin impacto y condiciones ambientales normales

VIDA ÚTIL \geq 10 AÑOS Sin impacto y condiciones ambientales agresivas



DISEÑO DE SOLUCIONES

CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN. COMPROBACIÓN DOCUMENTAL

- CERTIFICADOS DE CALIDAD. MARCADO CE
- FICHAS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS O DISPOSITIVO
- MANUAL DE INSTALACIÓN DEL FABRICANTE
- ENSAYOS DE CONTROL (IN SITU Y EN LABORATORIO)
- CERTIFICADO DEL FABRICANTE DE LA CORRECTA INSTALACIÓN DE LA BARRERA



DISEÑO DE SOLUCIONES

RECOMENDACIONES RELATIVAS AL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN POSTERIOR.

- ESTABLECIMIENTO DE INSPECCIONES PERIÓDICAS (ANUAL AL MENOS) PARA VERIFICAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO
- SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS DAÑADOS O DETERIORADOS
- EN UBICACIONES REMOTAS O DE MUY DIFÍCIL ACCESO, PREVER LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ALERTA FRENTE A IMPACTOS



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

