

ANÀLISI DEL RISC D'ALLAUS A LA RUTA D'ACCÉS A MINA VELADERO (DEPARTAMENT DE SAN JUAN, ARGENTINA) I ESTUDI D'ALTERNATIVES DE DEFENSA

**Pere Oller¹, Lukas Stoffel², Marc Janeras³, Georgina Arnó³,
Hèctor de Buen³, Rodrigo Arancibia⁴**

¹Institut Geològic de Catalunya

²WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF Davos

³Geocat-Gestió de Projectes

⁴Asistencia Profesional en Materias de Montaña Ltda.

- **Contractació externa (APM Ltda, Xile)**
- **Treballs en mineres**
 - **Augment preu metalls**
 - **Noves explotacions**
 - **Increment de la producció**
- **Treball a Mina Veladero (Argentina)**
- **Compartits amb SLF Davos**

Situació



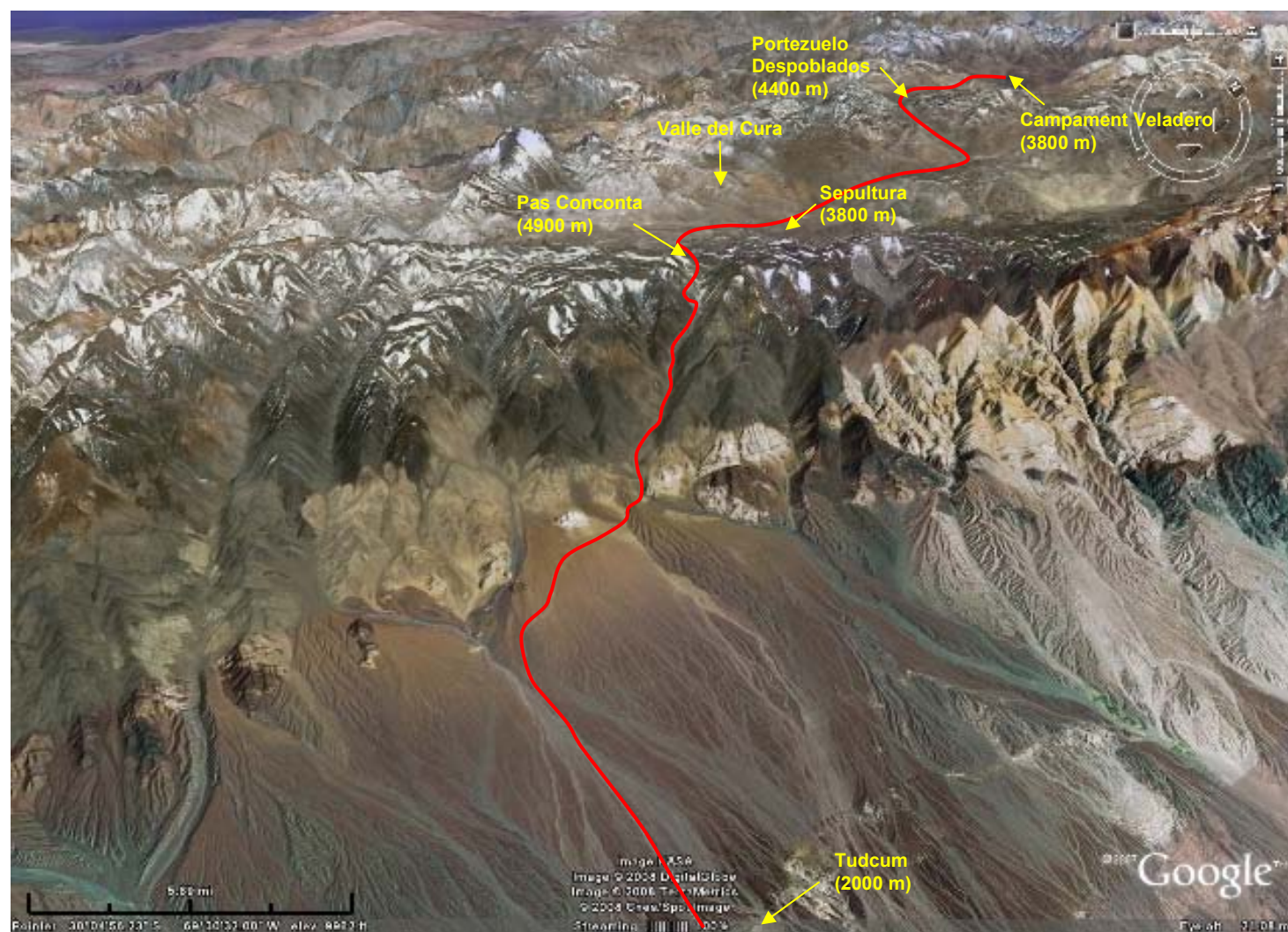
■ Situació



■ Situació



■ Situació



■ Geologia



■ Relleu



■ Campament Veladero



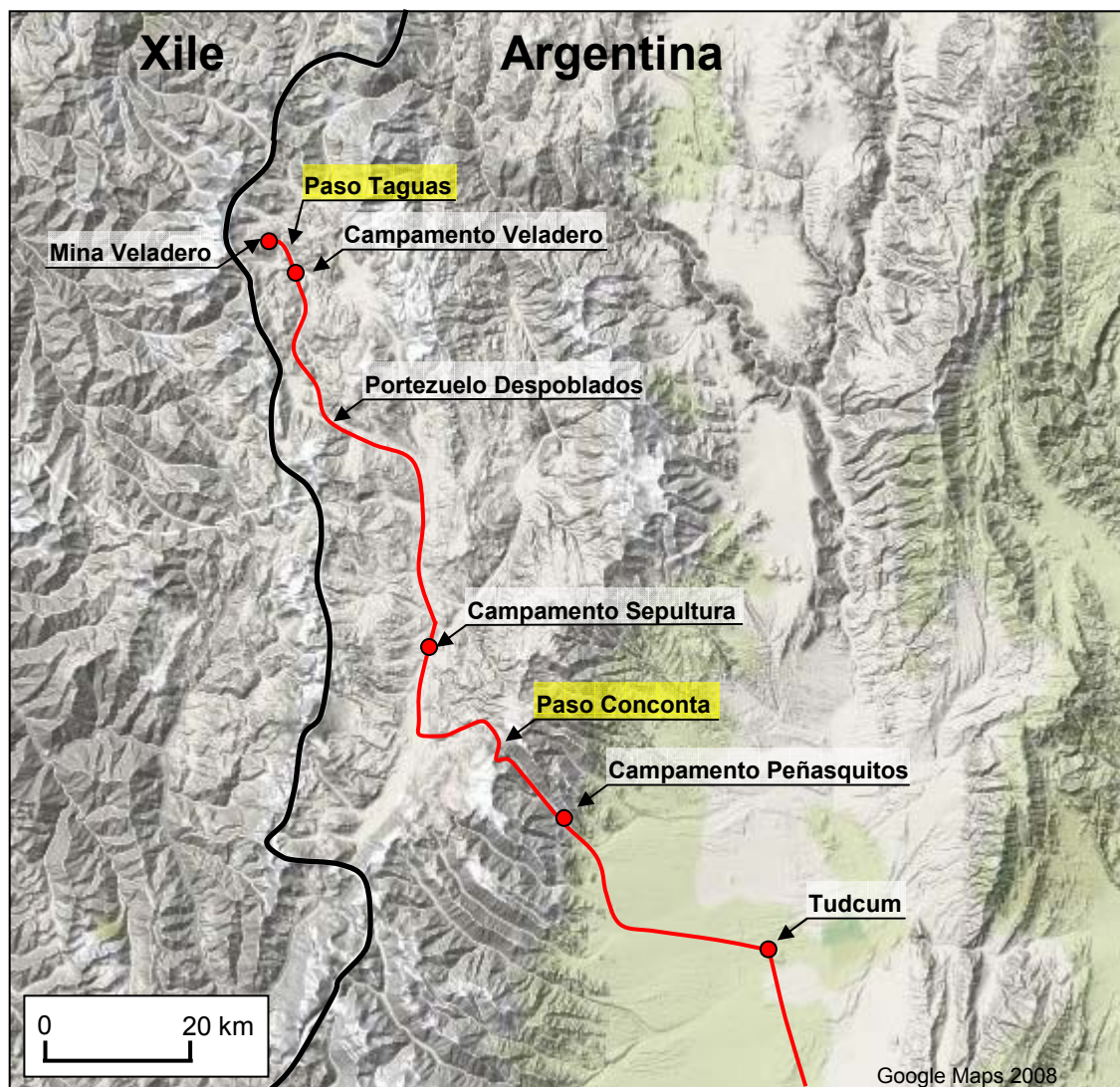












■ Pas Conconta



■ Pas Conconta



■ Pas Conconta



■ Pas Conconta



■ Valle del Cura - Campamento Sepultura



■ Pas Taguas



■ Pas Taguas



■ Pas Taguas



■ Trànsit

- Mitjana diària
 - 60 vehicles (camions, autobusos, “camionetas”, maquinària pesada)
 - 500 persones (personal poc experimentat)
- Vialitat
 - Obert tot l'any 24 hores dia
 - Conconta: subministrament, torns, seguretat
 - Taguas: producció, seguretat



■ Trànsit



■ Trànsit



■ Trànsit



■ Trànsit



- Sistema actual de control
- Xarxa d'estacions automàtiques i manuals



■ Sistema actual de control

■ Desencadenament artificial manual al pas de Conconta



■ Sistema actual de control

■ Dics als “desarrollos” de Conconta



- Sistema actual de control
- Rètols d'avís abans dels passos perillosos

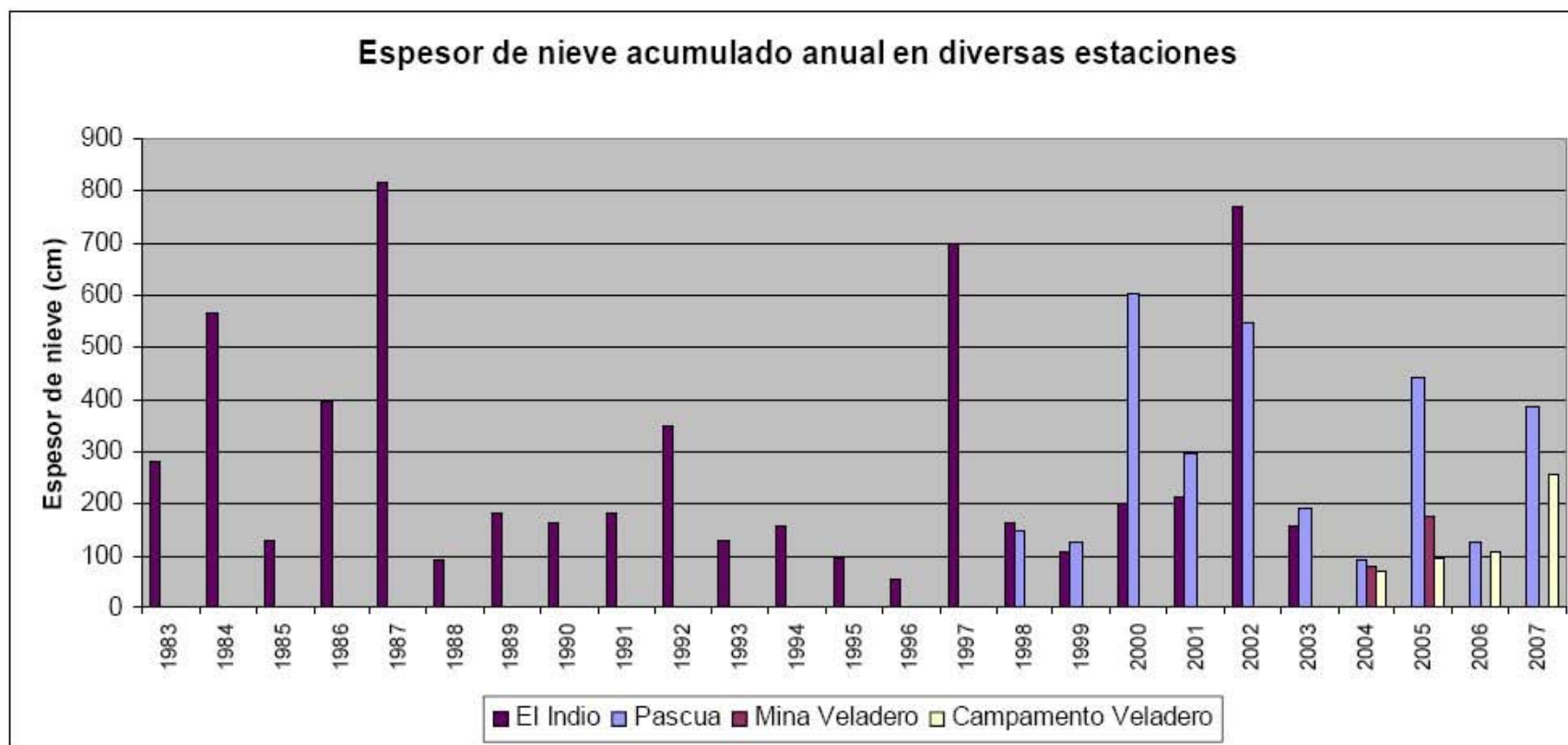


■ Limitacions

- 4 anys d'explotació estiu-hivern: 4 hiverns d'experiència
- 4 hiverns de dades nivo-meteo
- 4 hiverns d'observació d'allaus (hiverns secs)
- Inexistència de dades prèvies
- Absència de vegetació
- Bona cartografia (1:5.000 digital)

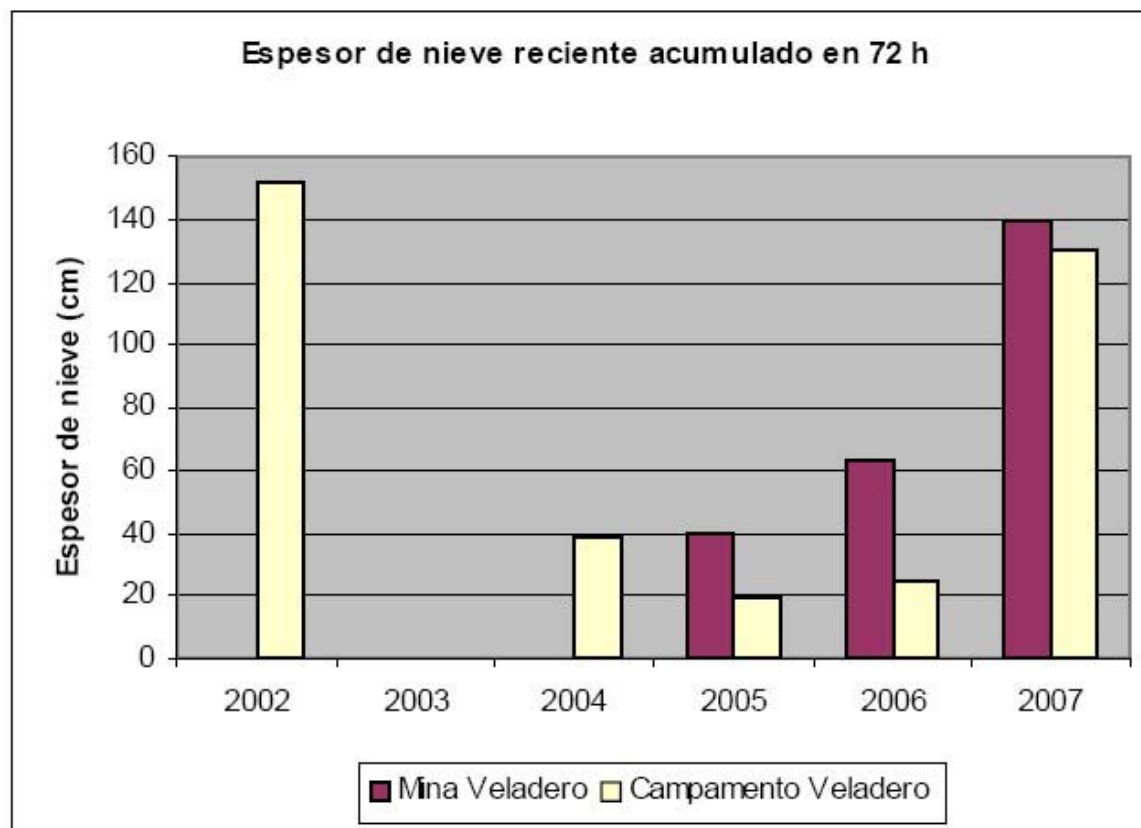
■ Precipitació:

- Gruix neu 100-200 cm habitual, 1000 cm hivern extrem.
- Gruixos màxims registrats: 91 cm en 24 h, i 152,2 cm en 72 h a campament Veladero.
- Segons personal mina, el 1997, s'acumularen 3 m en 72 h.



■ Precipitació:

- Gruix neu 100-200 cm habitual, 1000 cm hivern extrem.
- Gruixos màxims registrats: 91 cm en 24 h, i 152,2 cm en 72 h a campament Veladero.
- Segons personal mina, el 1997, s'acumularen 3 m en 72 h.



■ Precipitació:

- Gruix neu 100-200 cm habitual, 1000 cm hivern extrem.
- Gruixos màxims registrats: 91 cm en 24 h, i 152,2 cm en 72 h a campament Veladero.
- Segons personal mina, el 1997, s'acumularen 3 m en 72 h.

■ Temperatures:

- Mínimes entre -10°C i -15°C .
- Normal arribar als -25°C .
- En ocasions s'han superat els -40°C .
- Durant nevada entre 0 i -10°C .

■ Vent:

- Habitual i constant (quasi diari).
- A cotes altes velocitats màximes que amb freqüència superen els 100 km/h, en ocasions 250 km/h. A les valls valors màxims no superen 150 km/h.
- Direcció pràcticament sempre N, NO i O.

■ Mantell nival:

- Existent d'abril a setembre (6 mesos)
- Distribució irregular.
- Freqüent fort gradient de temperatura i formació de capes febles.
- Forta radiació: assentament del mantell i sublimació.

CARACTERITZACIÓ DE L'ACTIVITAT D'ALLAUS

■ Activitat d'allaus

- Principalment de placa dura i friable
- Zones favorables a l'acumulació pel vent
- Condicions per desenvolupar aerosol

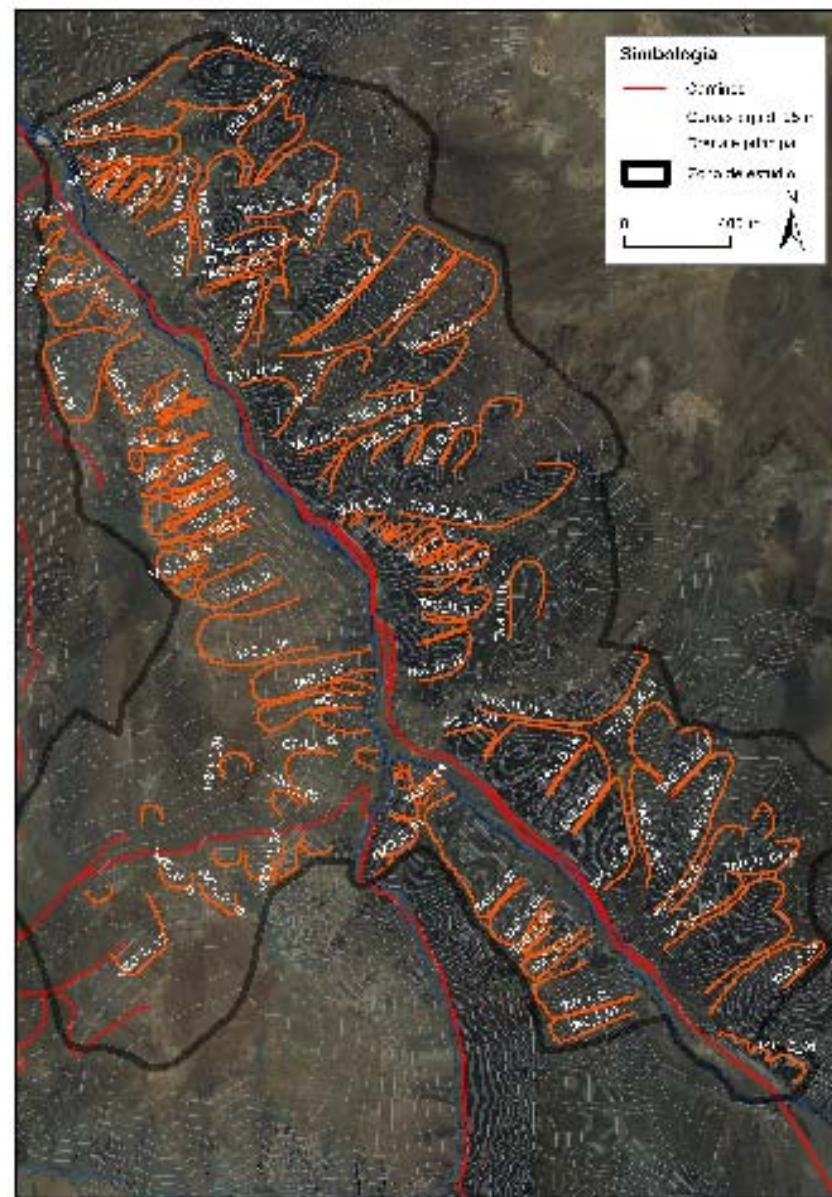


CARACTERITZACIÓ DE L'ACTIVITAT D'ALLAUS



- Quasi no hi ha dades d'observació
- Caracterització de les zones de sortida d'allaus a partir de les característiques del terreny
- A Conconta s'inventarien 21 zones de sortida, amb un sector més actiu entre els kms 51.2 al 53.2 (15 zones).
- A las Taguas s'inventarien 122 zones de sortida. Destaquen 10 zones d'allaus com les més perilloses.

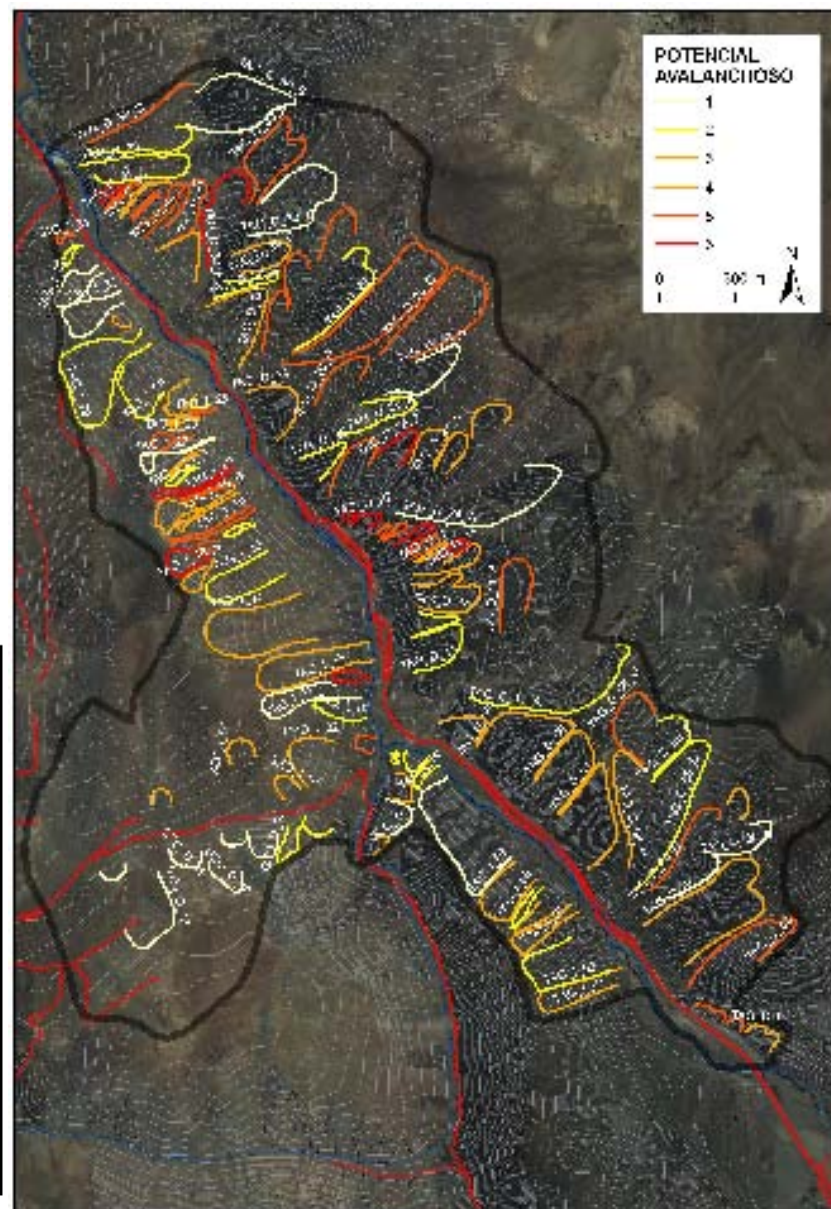
■ Taguas



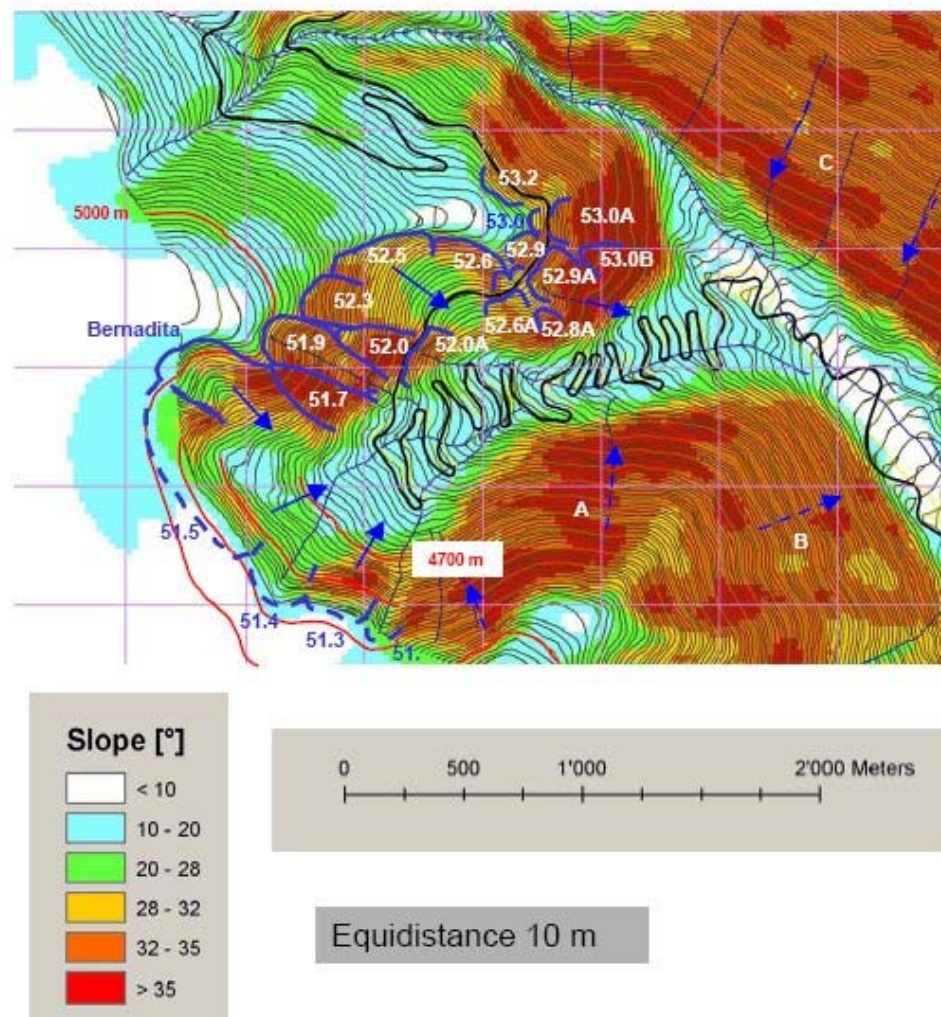
■ Taguas

Potencial allavós

Paràmetre	Rango	Valor
Orientación	S, SE	2
	E, O, SO	1
	N, NE, NO	0
Configuración favorable a la acumulación	Muy favorable	2
	Poco favorable	1
	No favorable	0
Pendiente	35°-45°	2
	28°-35°	1



Conconta



■ Estimació del risc col·lectiu i individual

Risc col·lectiu

$$R = \frac{WDT \cdot \beta}{24h} \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{T_i \cdot v_i} \lambda_i \quad [\text{morts/any}]$$

Risc individual

$$r = \frac{z}{24h} \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{T_i \cdot v_i} \lambda_i \quad [\text{mort/any}]$$

WDT: mitjana de trànsit diari

β : mitjana de passatgers per vehicle

g : amplada de carretera afectada per cadascuna de les allaus

T : període de retorn de cadascuna de les allaus

v : velocitat dels vehicles

λ : probabilitat de mort en un vehicle colpejat per una allau.

z : nombre de viatges per dia

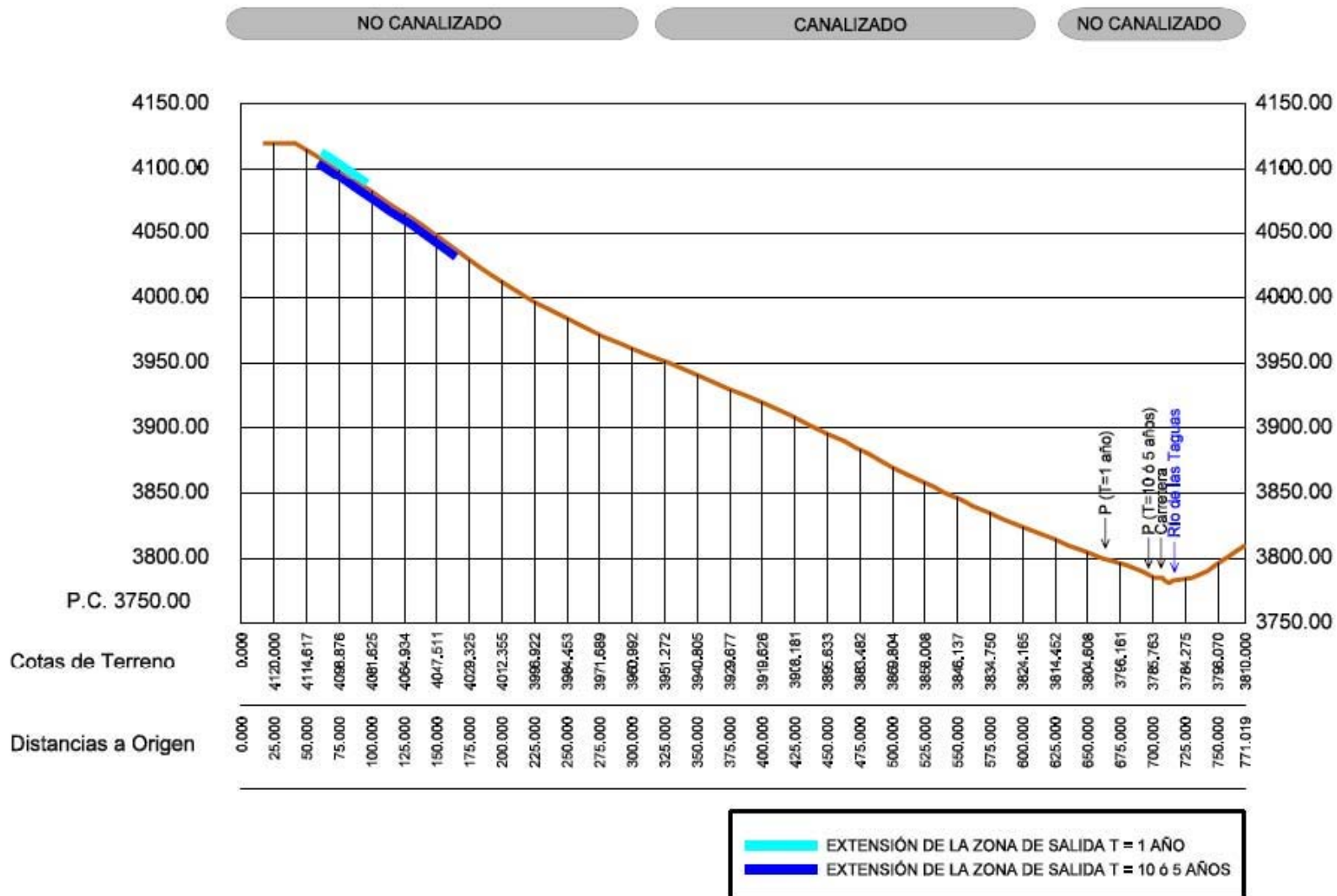
Wilhem (1998)

	Risc col·lectiu	Risc individual
Conconta	0,06	$1,2 \times 10^{-4}$
Taguas	0,02	$3,1 \times 10^{-5}$
Risc acceptable <i>(Margreth 2003)</i>	<0,03	$<1 \times 10^{-5}$ <i>Treballador amb poques possibilitats d'evitar el risc</i>

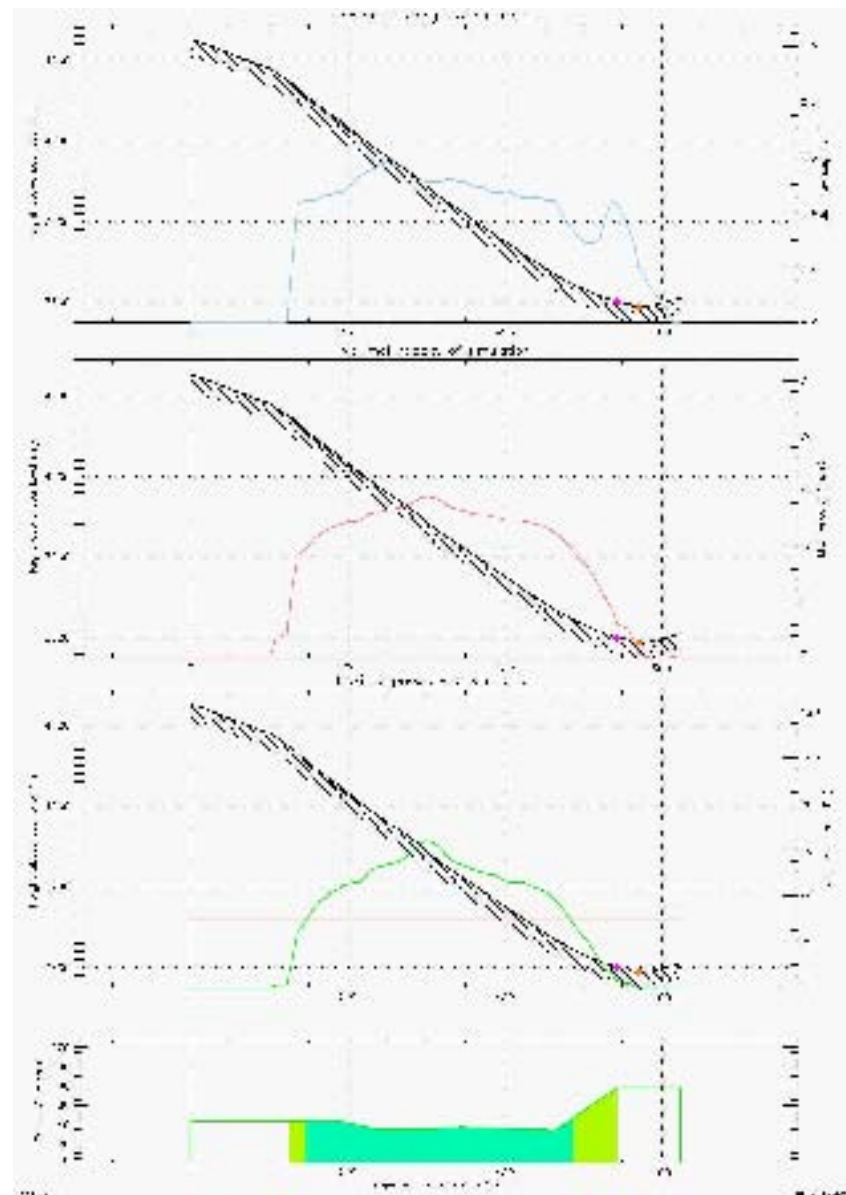
- Programa AVAL-1D (Christen et al., 2001, SLF). A Conconta verificació amb el programa 2D, RAMMS (prototip de Juliol de 2007, SLF).
- Definició dels paràmetres de càlcul. S'estableixen els períodes de retorn de treball T1, T5 y T10, tenint en compte que el període d'exploració de la mina és d'aproximadament 40 anys. Es considera que la baixa probabilitat de que es produeixi un escenari major que T10, no justifica un sobredimensionament de les obres.
- Es combinaren valors de gruix de sortida amb paràmetres de fricció μ i ξ conservatius.

Período retorno (T, años)	Tamaño avalanchas	Espesor de nieve considerado (H, cm)	μ	ξ (m/s ²)	Condiciones de desencadenamiento
1	Muy pequeñas	35	0,40	1000	Avalanchas desencadenadas en pendientes superiores a 35° y en zonas favorables a la acumulación por el viento.
5	Pequeñas	50	0,30	1200	Avalanchas desencadenadas en pendientes superiores a 28°.
10	Medianas	150	0,30	1200	Avalanchas desencadenadas en pendientes superiores a 28°.

D28D



■ AVAL-1D



Simbología

- Contorno
- Urbos (agua, 0-5 m)
- Cuadrado principal
- Tronco principal
- Tronco secundario
- Punto P (T = 10 a 5 años)

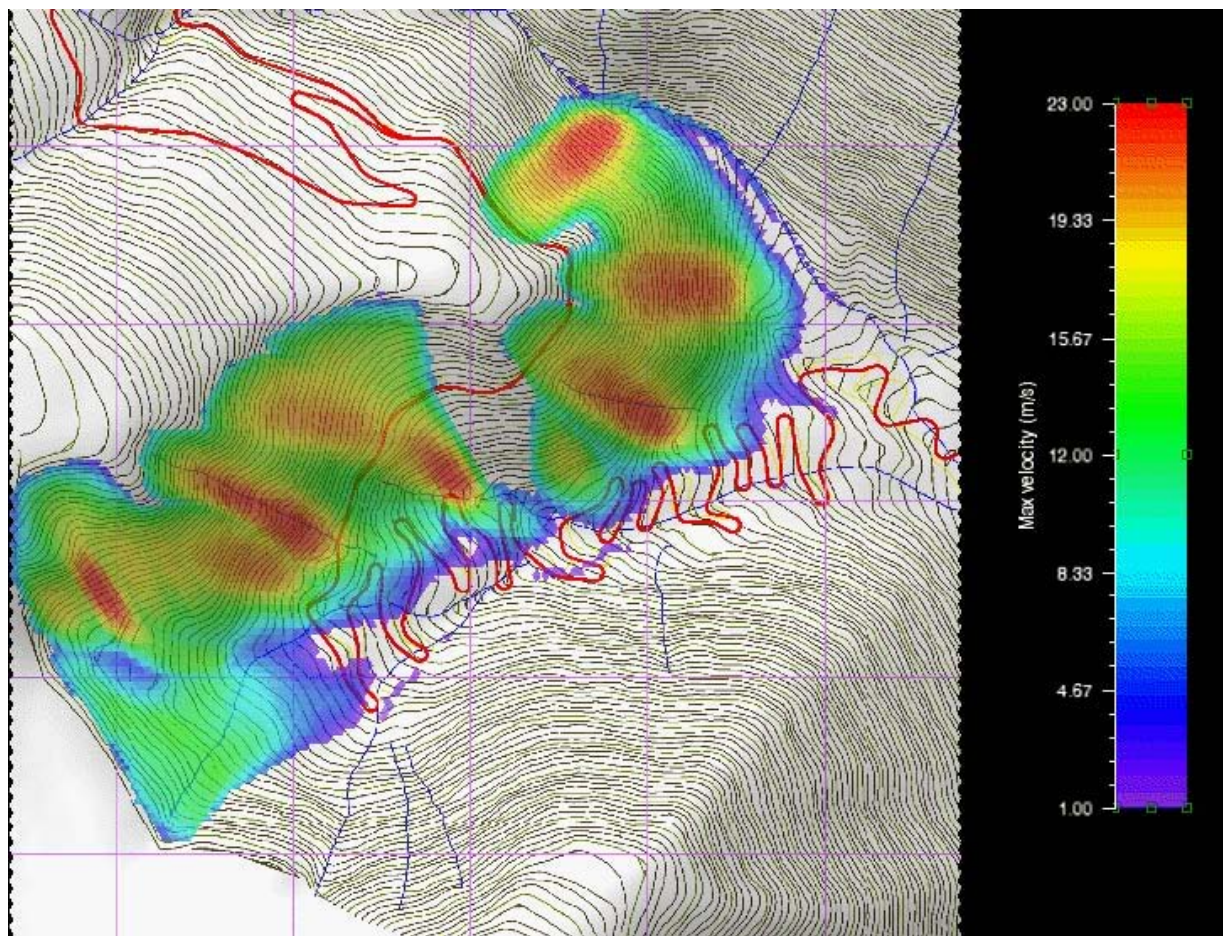
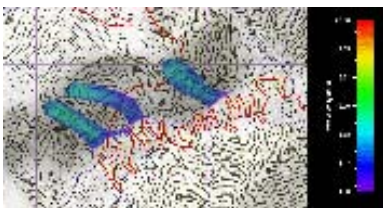
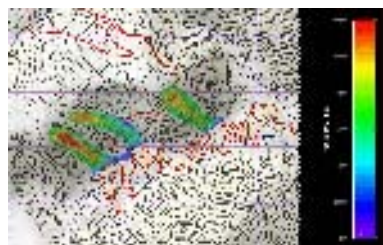
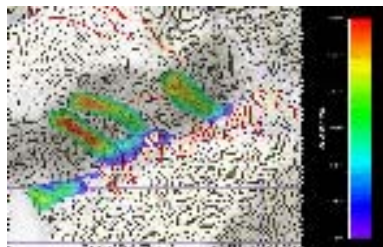
Alturas de flujo (m)
T = 10 años

- 0-4.8
- 5.5-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4

0 100 200 300 400 m

N

■ RAMMS



CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

- **Objectiu: conservar la vialitat hivernal amb seguretat enfront de les situacions “normals” durant un període de temps de 40 anys.**
- **Limitacions particulars de la zona:**
 - **Dificultats en l'ús de l'helicòpter a causa de l'alçada i el constant vent**
 - **Dificultats en les cimentacions a causa del sòl incohesiu i per existència de permafrost**
 - **Impossibilitat d'utilitzar dispositius llança projectils explosius a causa de la legislació argentina.**
- **L'estratègia final de defensa és consensuada amb la direcció de la mina.**

CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

■ Conconta: defensa activa-passiva

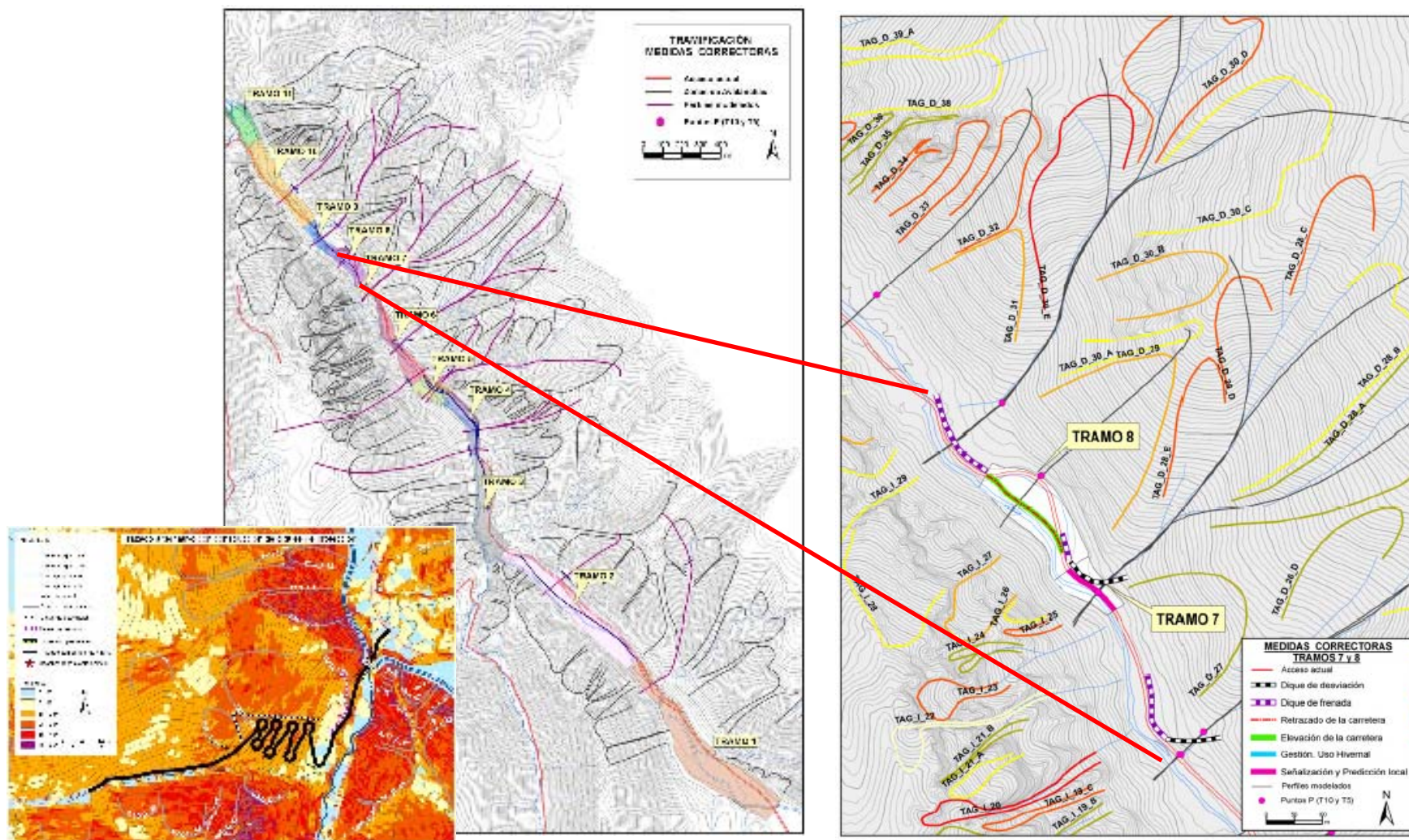
- Desencadenament artificial fixe a la zona de sortida
- Dics per protegir els trams baixos de carretera
- Retraçat d'algun tram.
- En situacions menys habituals: tir manual en zones on no existeix el dispositiu fixe de desencadenament.

■ Taguas: defensa passiva

- Dics de conducció y detenció de les allaus.
- Retraçat i elevació de la carretera en alguns trams per reduir la seva exposició.
- Obrir una carretera alternativa
- En situacions menys habituals: tir manual.

CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

■ Taguas



CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

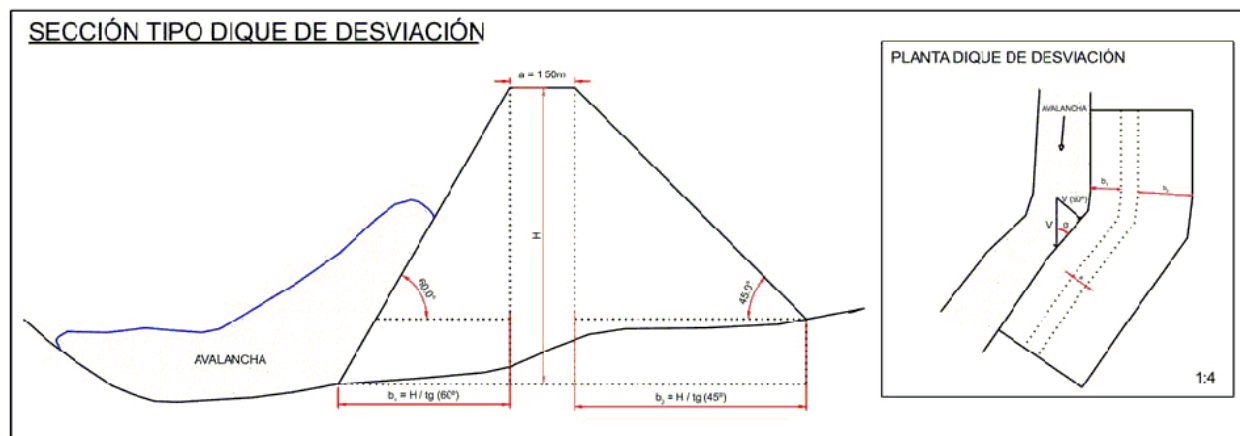
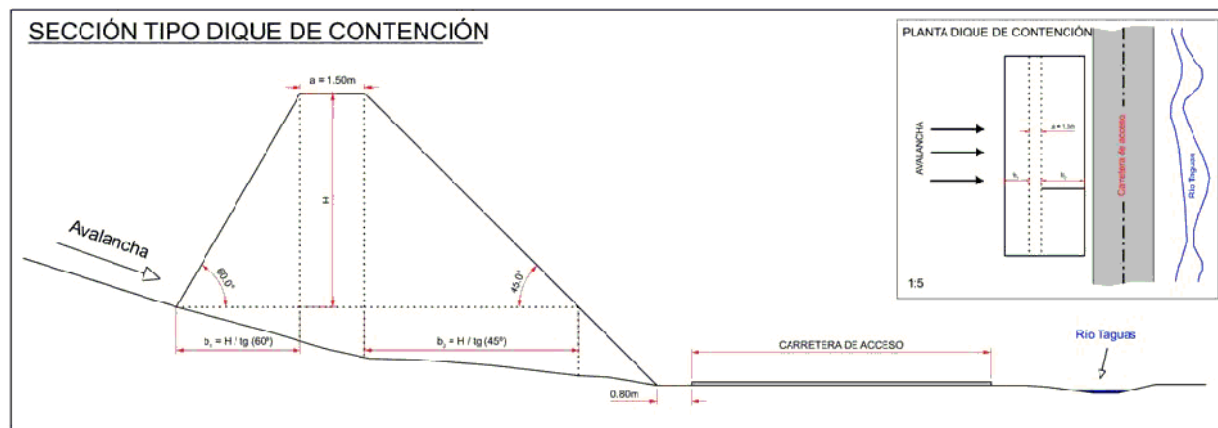
■ Taguas

	Dique deflector	Dientes de frenado	Cubeta de depósito	Dique de retención	Retrazado de carretera
TRAMO 1					
TRAMO 2			+		+
TRAMO 3					
TRAMO 4			+	+	+
TRAMO 5				+	
TRAMO 6	+			+	
TRAMO 7	+		+	+	
TRAMO 8				+	+
TRAMO 9				+	
TRAMO 10		+			
TRAMO 11					

	Potencial avalanchoso medio del tramo	Exposición de la carretera	Prioridad
TRAMO 2	Medio (3)	Alta	3
TRAMO 4	Muy alto (5-6)	Alta	1
TRAMO 5	Alto (4-5)	Media	3
TRAMO 6	Muy alto (5)	Media	2
TRAMO 7	Muy alto (5)	Alta	1
TRAMO 8	Medio (3)	Alta	2
TRAMO 9	Alto (4-6)	Media	2
TRAMO 10	Alto (4-5)	Baja	3

CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

■ Taguas



CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

■ Taguas



CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

■ Conconta



CONCEPCIÓ DEL DISPOSITIU DE DEFENSA

■ Conconta

