GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

ANA Autoridad Nacional del Agua

PERÚ Ministerio del Ambiente

GOBIERNO REGIONAL DE LIMA

Gobierno Regional CUSCO

University of Zurich

care

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Análisis Costo-Beneficio de Medidas para mitigar Riesgos por Desastres Meteorológicos

ANA Autoridad Nacional del Agua

PERÚ Ministerio del Ambiente

GOBIERNO REGIONAL DE LIMA

Gobierno Regional CUSCO

University of Zurich

care

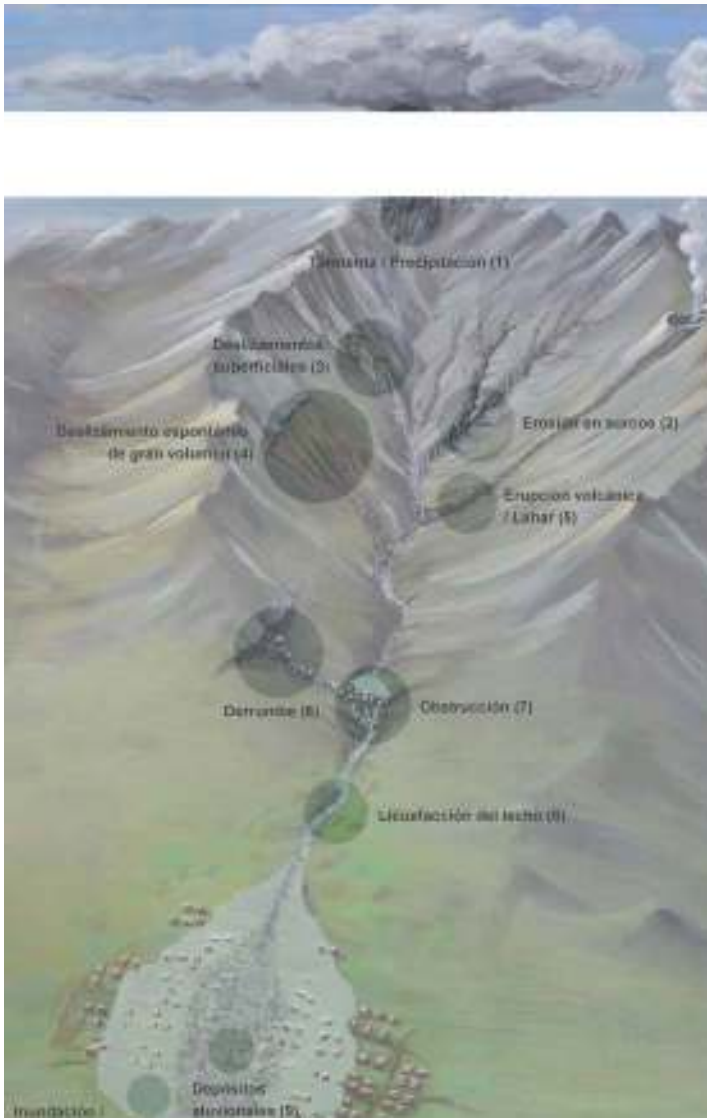
Programa

Lunes, 5.3.	INTRODUCCIÓN ORGANIZACIÓN 0.75h	ANÁLISIS DE AMENAZA (HUAYCOS) 3.5h	MODELACIÓN RAMMS 2h	ELABORACIÓN MAPAS DE INTENSIDADES/ AMENAZA 0.5h
Lunes, 5.3., Martes, 6.3.	INFLUENCIA CAMBIO CLIMÁTICO A ESCENARIOS 0.75h	ANÁLISIS DE RIESGO DEFINICIÓN, CRITERIOS DE BASE 1.5h	ANÁLISIS DE RIESGO CRITERIOS DE VULNERABILIDAD /MORTALIDAD 1h	ANÁLISIS DE RIESGO CRITERIOS DAÑOS INDIRECTOS 0.5h
Martes, 6.3.	ANÁLISIS DE RIESGO ACTIVIDAD INTERACTIVA 1h	ANÁLISIS DE RIESGO LEVANTAMIENTO POTENCIAL DE DAÑO 0.5h	WEB-GIS RESILIENCE TOOLBOX 0.5h	INSTITUCIO-NALIZACIÓN 1h

Programa

DIA 1 - 05.03.2018 - Análisis de Amenaza	
08:00 - 08:30	Inscripción de participantes
08:30 - 08:45	Bienvenida e inauguración por parte de COSUDE (Martin Jaggi, Jocelyn Ostolaza, COSUDE)
08:45 - 09:30	Introducción / Organización del taller Concepto de Riesgo Suizo Resilience Toolbox - Herramienta nacional para cuantificar costo-beneficio de medidas
09:30 - 10:00	Catastro de evento
10:00 - 10:20	*Coffee break*
10:20 - 13:20	Análisis de Amenaza proceso huayco o Datos de base necesarios o Determinar carga de sedimentos o Definición de escenarios o Testigos morfológicos o Interacción de procesos
13:20 - 13:30	Instalación de Software en laptops de participantes
13:30 - 14:50	*Almuerzo*
14:50 - 16:50	o Modelaciones numéricas 1D y 2D o Modelación numérica de huayco (actividad interactiva) o Elaboración de mapas de intensidades o Elaboración de mapas de Amenaza
16:50 - 17:05	*coffee break*
17:05 - 17:50	Influencia del Cambio climático a los escenarios
17:50 - 18:05	Conclusiones del día

DIA 2 - 06.03.2018 Análisis de Riesgo	
08:00 - 08:30	Inscripción de participantes
08:30 - 08:45	Retroalimentación del día 1
08:45 - 10:15	o Definición de Riesgo o ?Cuándo las autoridades están obligadas de planificar medidas de mitigación? o Criterios de riesgo (actividad interactiva), parte 1
10:15 - 10:35	*Coffe break*
10:35 - 11:35	Criterios de riesgo (actividad interactiva), parte 2
11:35 - 12:50	*Almuerzo*
12:50 - 13:15	Criterios de riesgo, parte 3
13:15 - 14:15	Cálculo de Riesgo (actividad interactiva)
14:15 - 15:00	Costo-beneficio de medidas de mitigación
15:00 - 15:25	Levantamiento del potencial de daño
15:25 - 15:45	*Coffe break*
15:45 - 16:15	Resilience Toolbox - Herramienta para calcular costo-beneficio de medidas
16:15 - 17:15	Institucionalización del mapa de amenaza y del cálculo de costo-beneficio
17:15 - 17:45	Conclusiones del día, entrega de constancia de participación



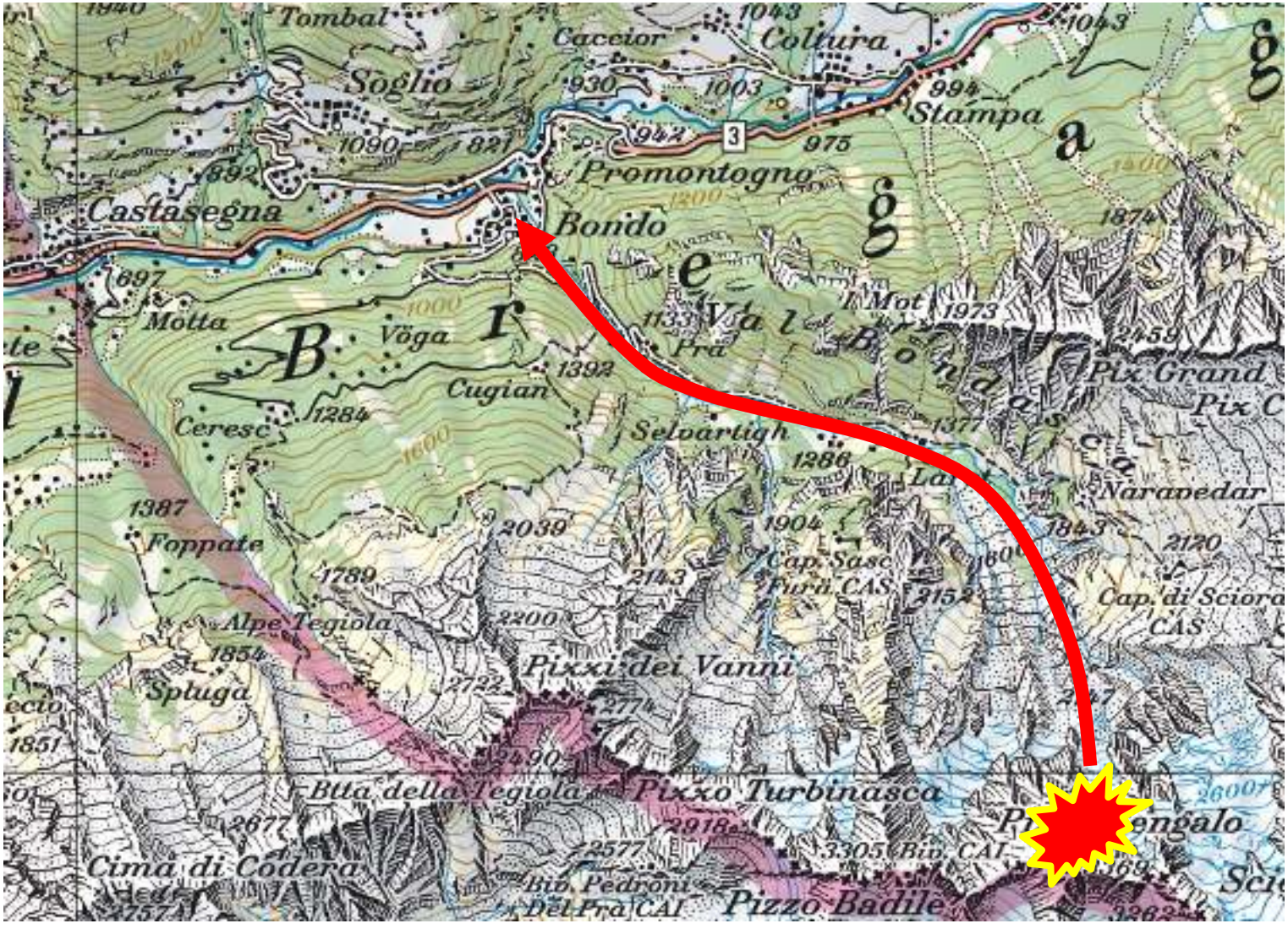
INTRODUCCIÓN

Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

© Refugio Sciora

© SLF Davos

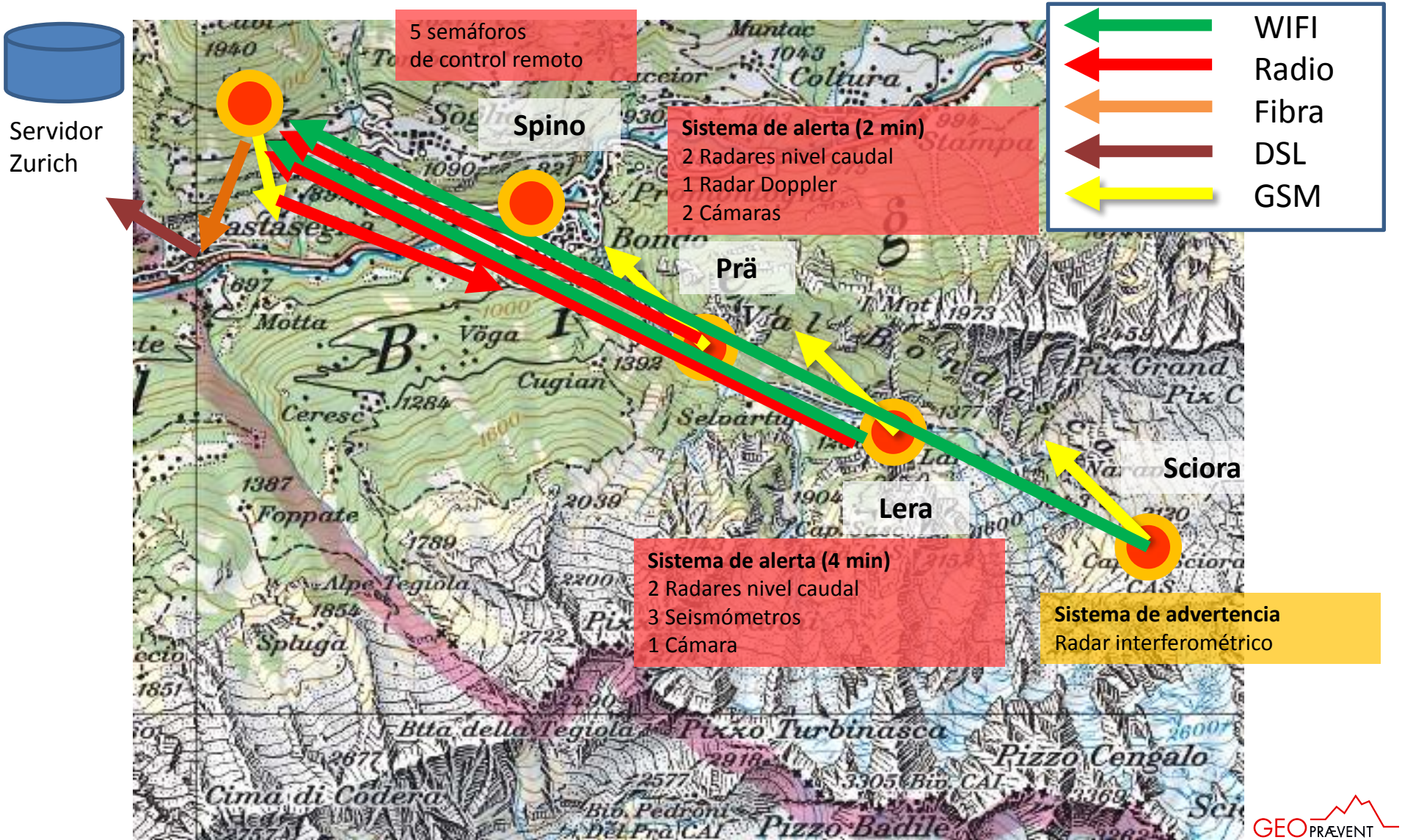
Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo



Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

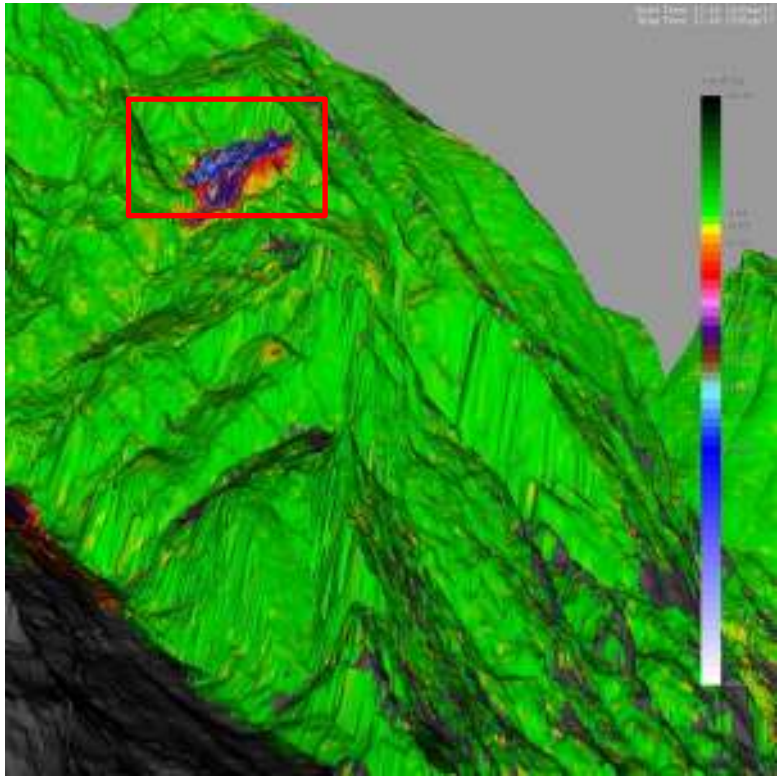
Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

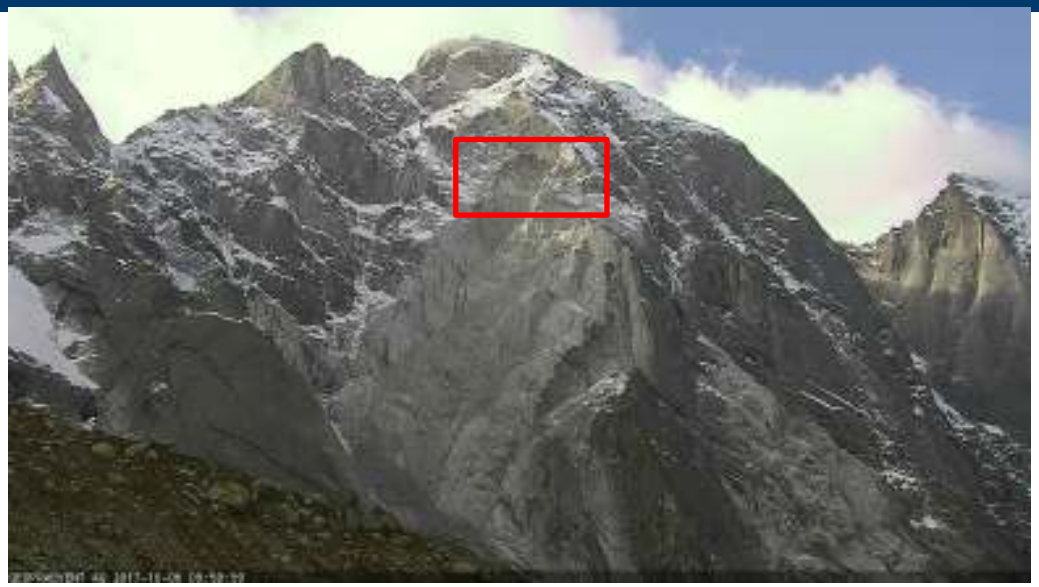
Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo



Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

Radar / cámara en Sciora



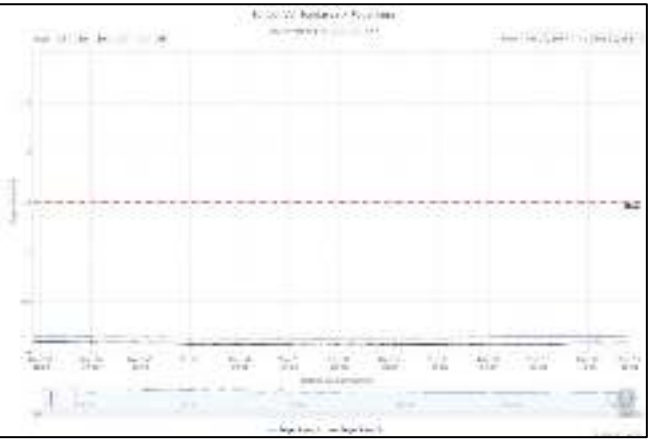


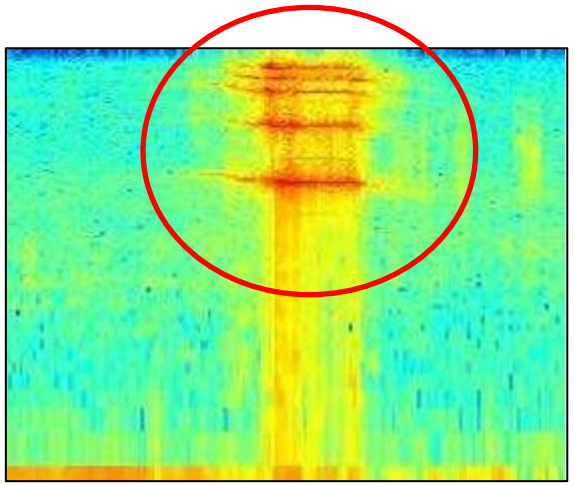
Radar Sciora: Evaluación en vivo

Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

Helicóptero sobrevuela estación





2 radares nivel caudal

Sistema de alerta

3 seismómetros

Sistema de alerta redundante
Detección de caídas

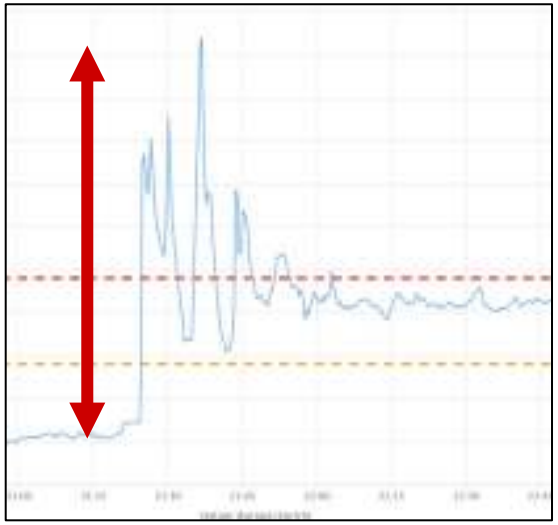
1 cámara

Verificación, vista global

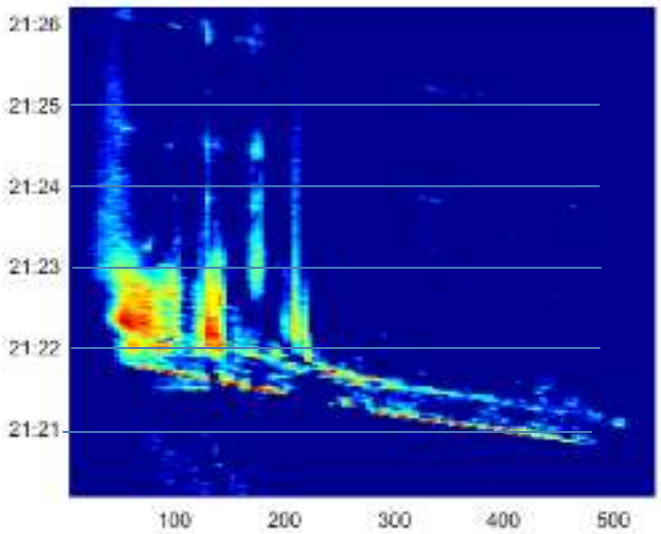
Prä

Bondo: Derrumbe/Aluvión Piz Cengalo

5 m de desnivel durante evento aluvional del 31 de agosto



Velocidad del aluvión en un tramo de 500 m: 10 m/s



2 radares nivel caudal

Sistema de alerta

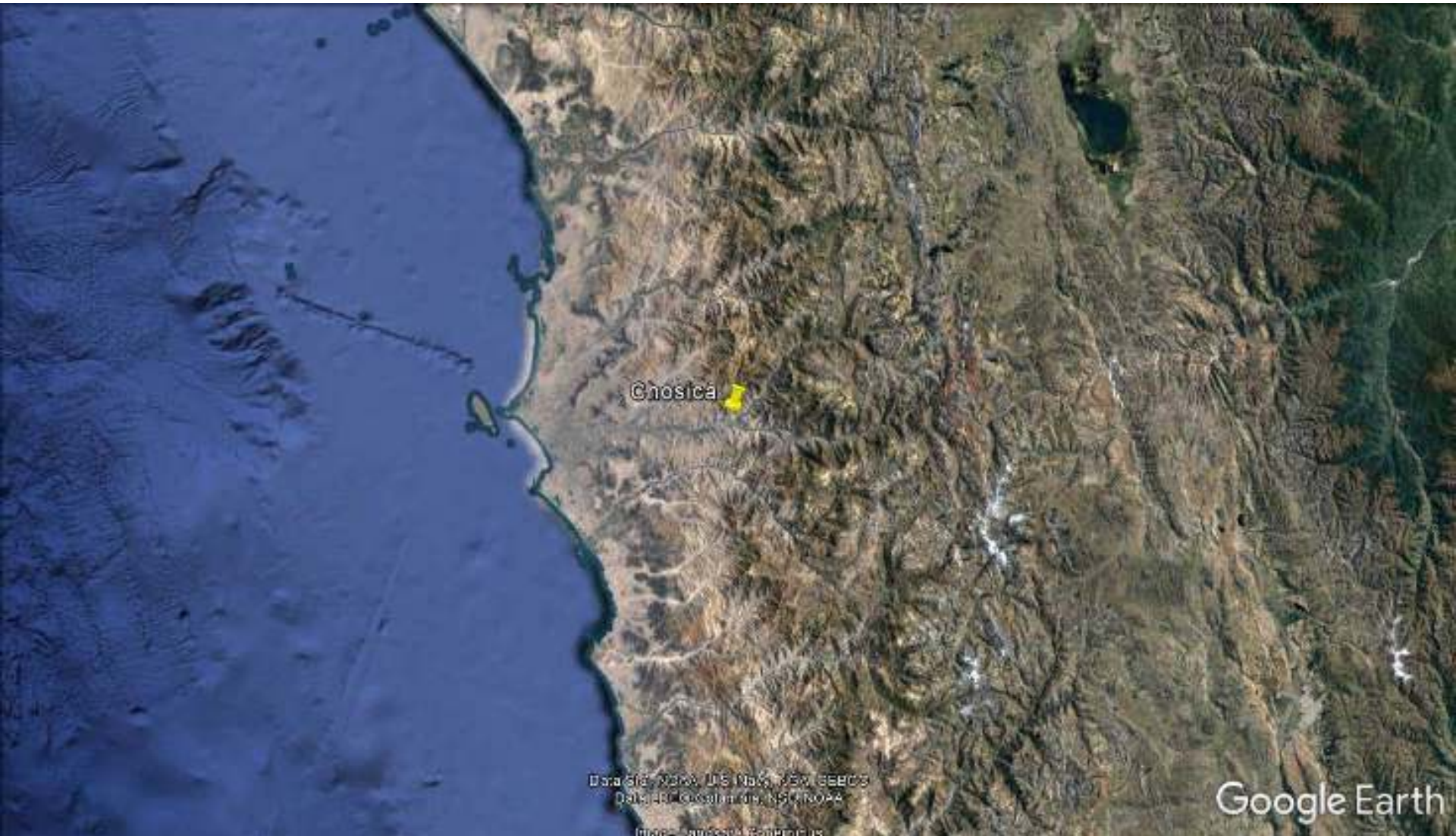
1 radar Doppler

Sistema de alerta redundante

2 cámaras

Verificación, vista global

Eventos aluvionales 2015 y 2017, Lima



Eventos aluvionales 2015 y 2017, Lima

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Evento aluvional Santa Lucía (Chile) 16.12.2017

Evento aluvional Santa Lucía (Chile) 16.12.2017

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Evento aluvional Santa Lucía (Chile) 16.12.2017

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Medidas de Mitigación

Chosica, Perú

Santa Lucía, Chile

Bondo, Suiza

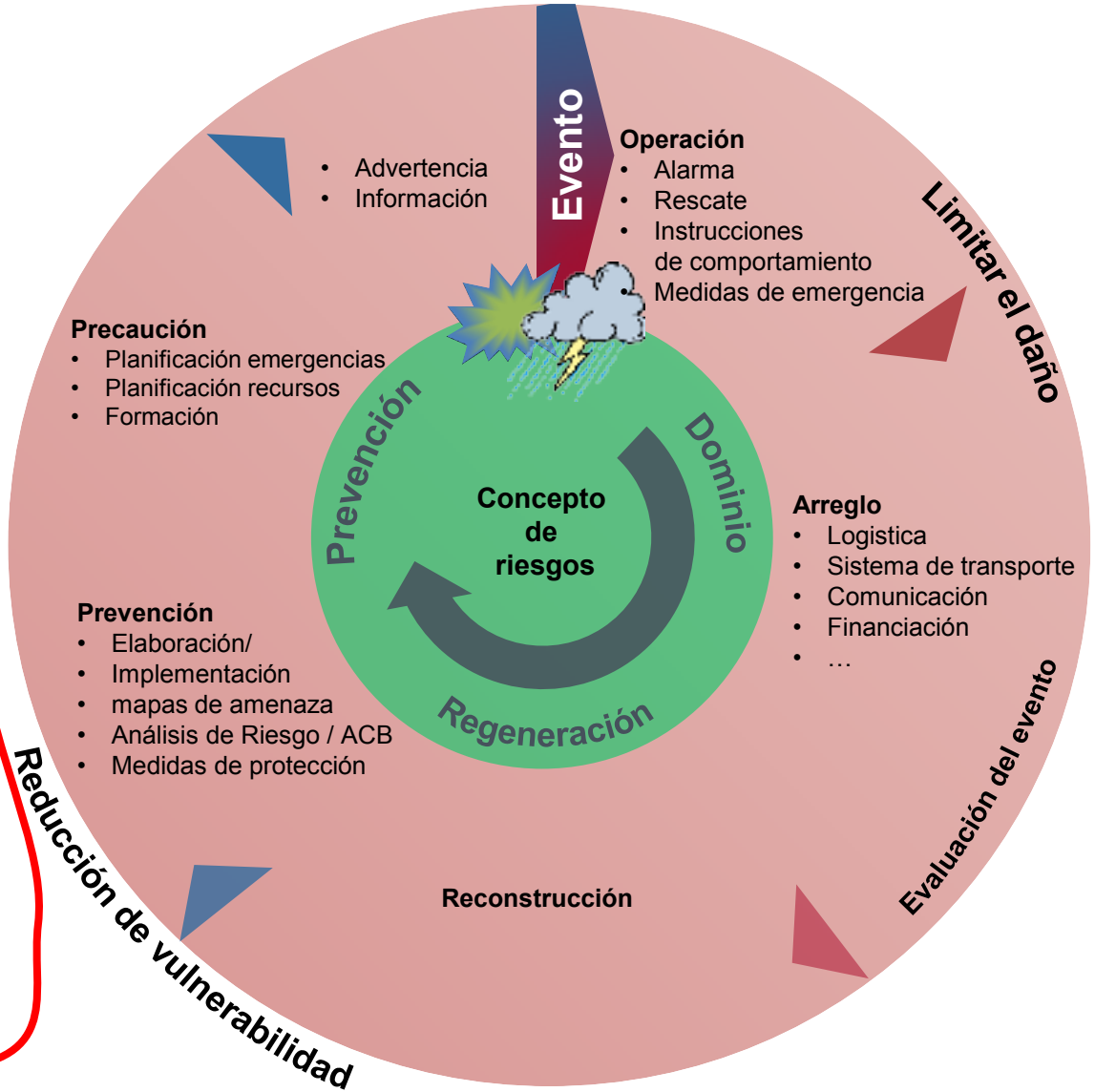
?Prioridad de inversión?

Cálculo de Riesgos y análisis costo-beneficio de medidas de mitigación

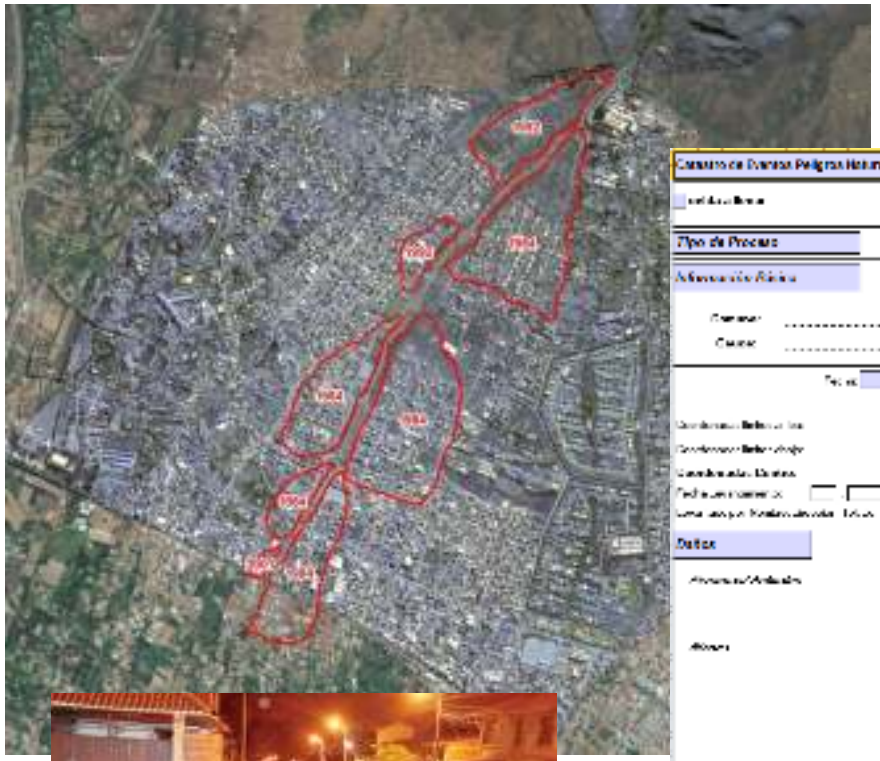
Resilience Toolbox

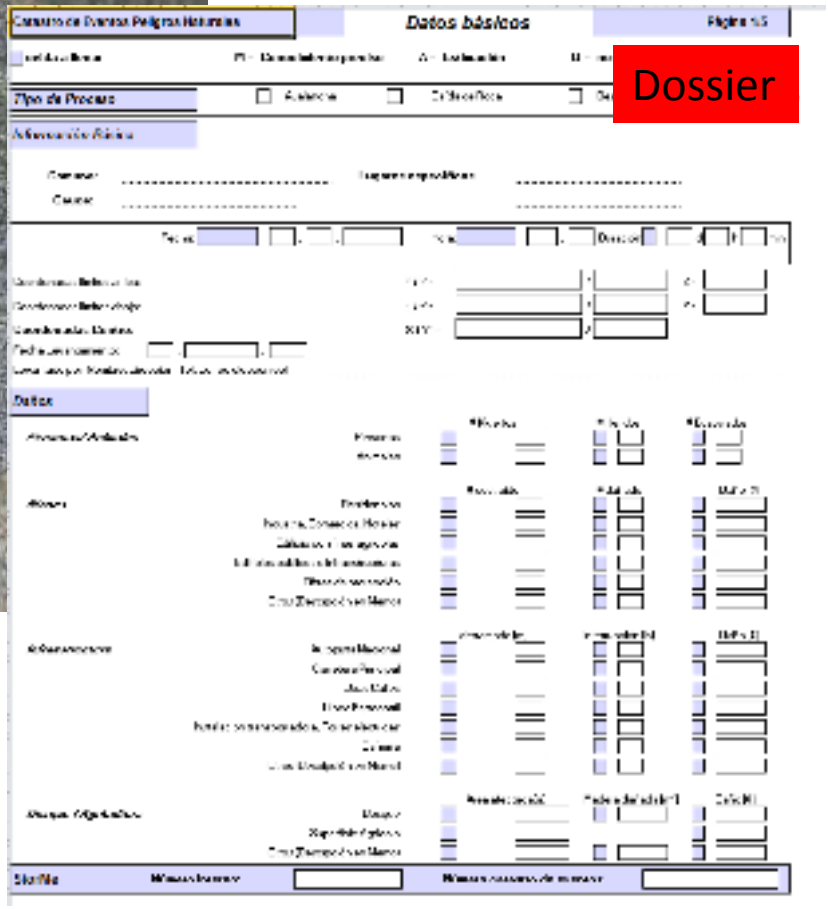
Concepto de Riesgo

Medidas a base de CBA

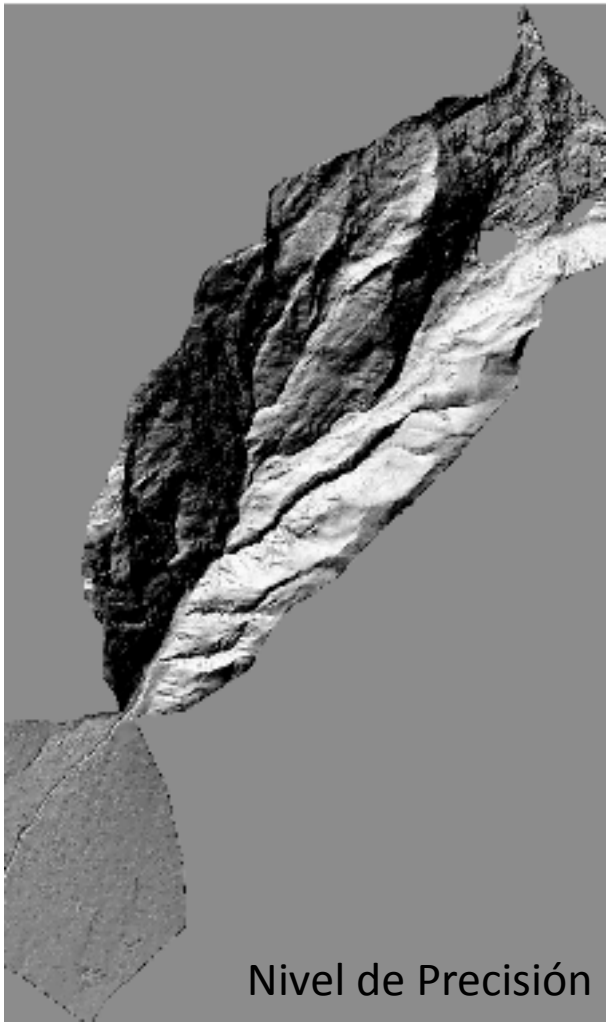


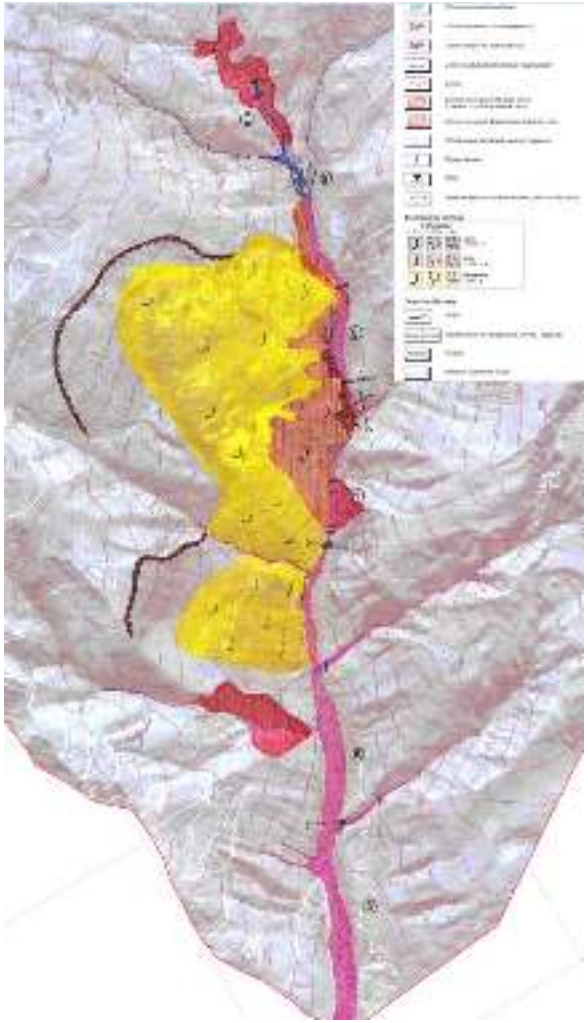
Concepto de Riesgo





Concepto de Riesgo





Concepto de Riesgo

Apreciación global de la carga

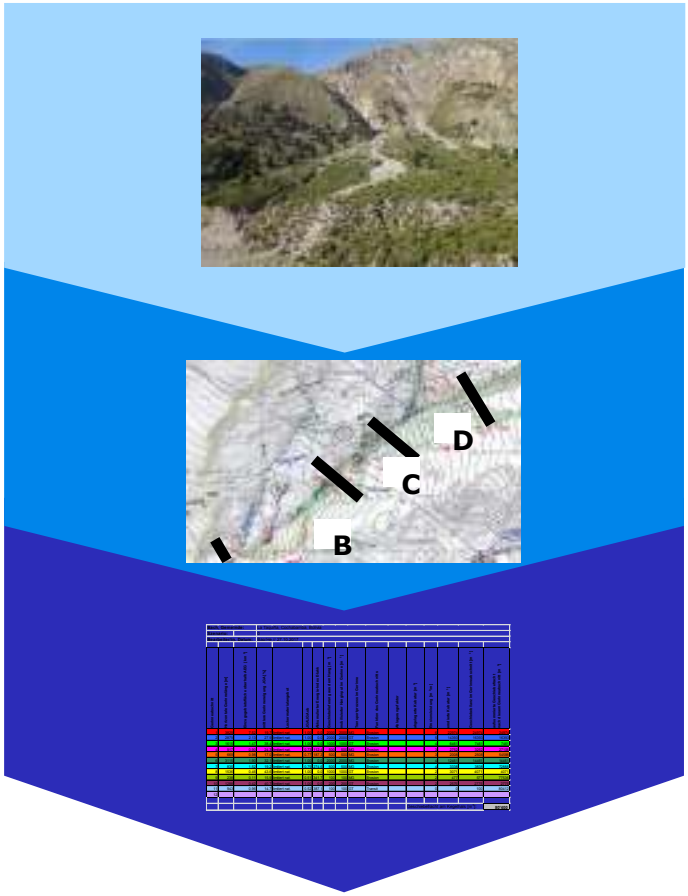
Lehmann Desktop

Levantamiento en terreno

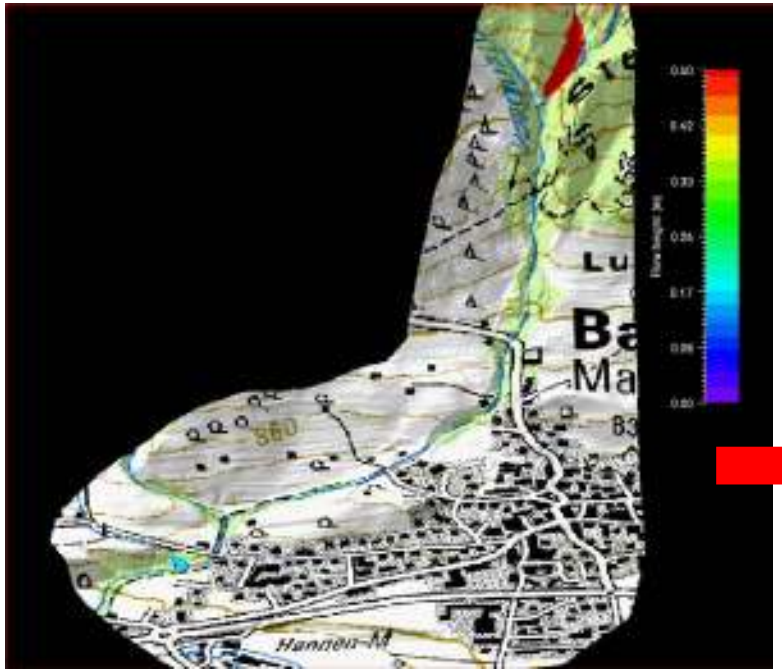
Lehmann Field

Levantamiento en terreno

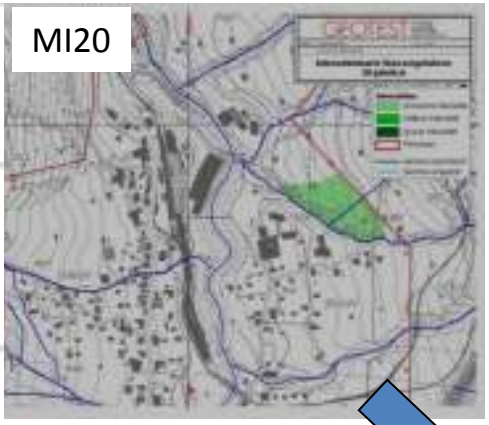
Gertsch

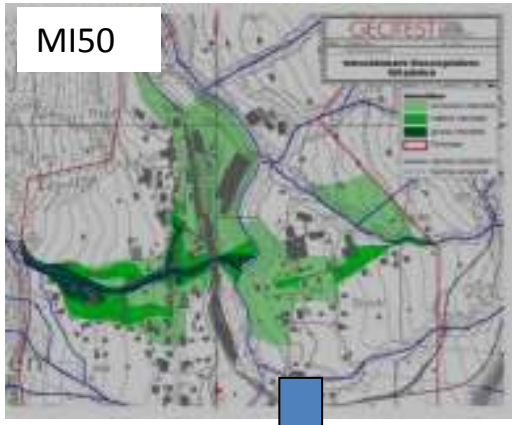


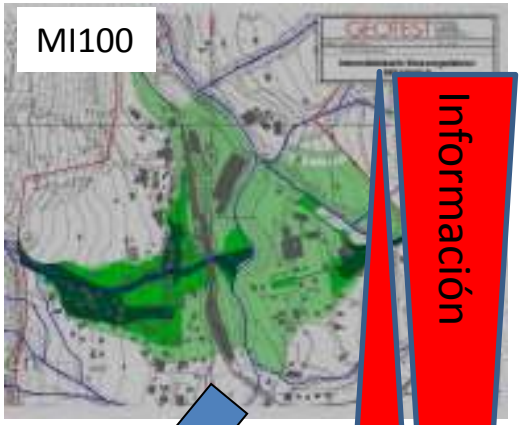
Concepto de Riesgo



Concepto de Riesgo

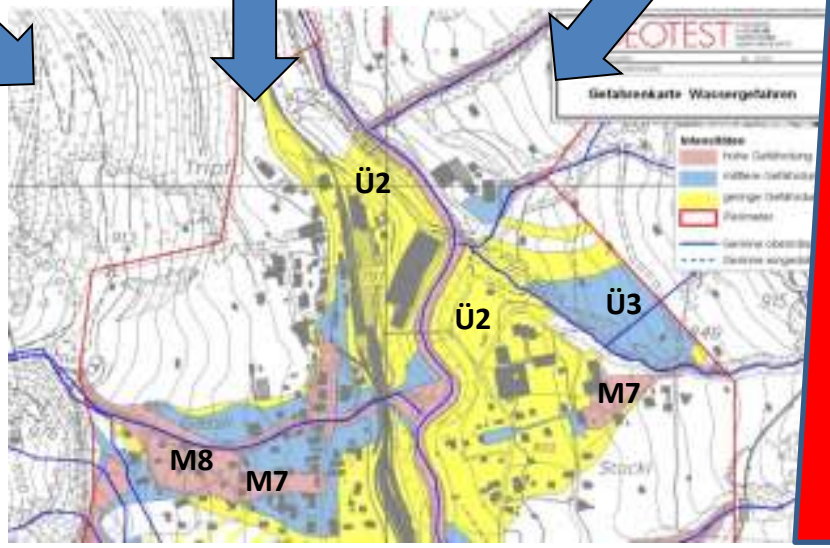






Intensidad	20	50	100
alta	9	8	7
mediana	6	5	4
liviana	3	2	1

Período de retorno



Información

Comprensibilidad

Concepto de Riesgo

Base para definir necesidad de análisis de Riesgo

Clases de objetos				Intensidades aceptadas		
				Periodo de retorno (años)		
Número	*Edificios / Objetos especiales*	*Infraestructura*	*Agricultura*	*< 20*	*20 - 50*	*50 - 100*
1			- Bosque natural/forestal - Naturaleza (pastos, vegetación herbácea)	3	3	3
2		- Carretera de tierra periférica		2	3	3
3	- Edificio sin ocupación	- Carretera/puente de importancia local - Torre de baja tensión - Aducción	- Cultivo permanente	2	2	3
4	- Edificio con ocupación temporal	- Carretera/puente de importancia regional - Torre de alta tensión / comunicación	- Bosques con función protectora	1	1	2
5		- Carretera/puente de importancia nacional - Planta de tratamiento de agua		0	1	2
6	- Zona de viviendas densas - Industria - Espacio público - Edificio culturale - Colegio / escuela - Hospital	- Terminal / Aeropuerto		0	0	1
7	- Objeto especial	- Objeto especial		*Evaluación caso por caso*		

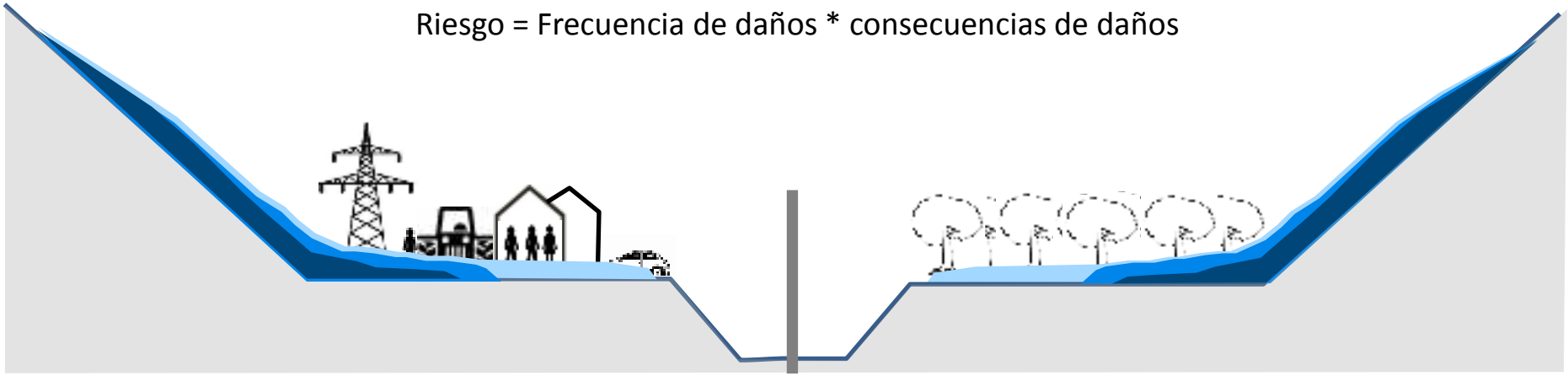
Leyenda

- 0 = Ninguna intensidad aceptada
- 1 = Solo intensidad baja aceptada
- 2 = Intensidad media y baja aceptada
- 3 = Intensidad alta aceptada

Concepto de Riesgo

Amenaza en ambos lados idéntica, Riesgo diferente

Riesgo = Frecuencia de daños * consecuencias de daños



Riesgos por Daños directos	Riesgos por Daños indirectos
Riesgos personas	
Riesgos bienes	Riesgos bienes

$$Riesgo\ total = \sum Riesgos\ directos, indirecto \qquad [Soles./a]$$

Criterios de cálculo de Riesgo

Cantidad objetos

Frecuencia eventos

Valor objetos

Presencia de personas

Vulnera-bilidad

Intensidad proceso

Velocidad media vehículos

Ocupación personas x edificio

Mortalidad

Frecuencia vehículos

Cálculo de Riesgo

Riesgo monetarizado:	USD/a	572’000
Riesgo después de implementación medida:	USD/a	180’000
Reducción de Riesgo:	**USD/a**	**392’000**
Costo de la medida:	USD	2’000’000
1% mantenimiento, 80 años de vida		
→ Costos anuales:	**USD/a**	**42’500**

Factor beneficio-costo: 9

Cálculo de Riesgo

Mapa de Intensidades 100 años **con** medida

Institucionalización

Participación
(ciudadana e interinstitucional)

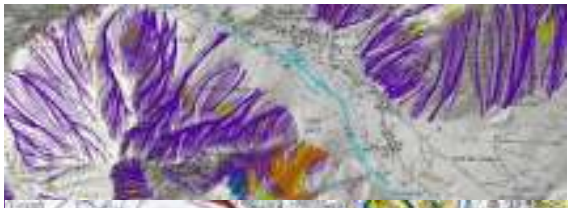
Precisión
(estudios de amenaza y de riesgo)

Sistema de sanciones / incentivos

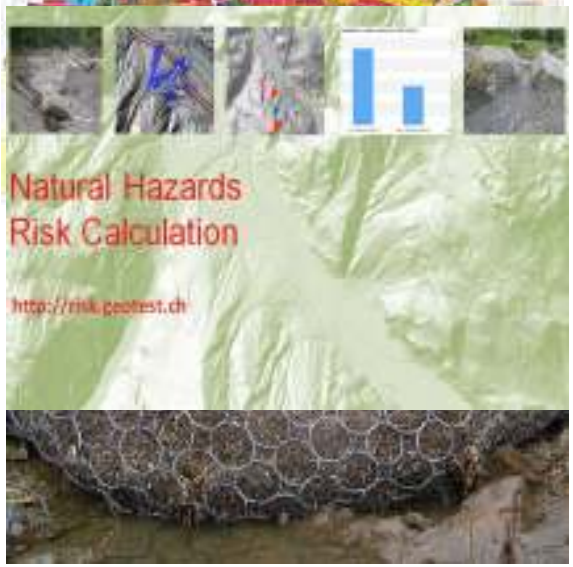
Implementación controlada

Institucionalización

años	G	R	C	
5 - 10	x	x		Leyes Prevención
1		x		Mapa Indicador de Amenaza
0.5 - 1		x	x	Mapa de Amenaza
2		x	x	Plan Regulador - Reglamento construcción / urbanización - Permisos de construcción
0.25		x	x	Análisis de Riesgo
0.25 - 1		x	x	Planificación de medidas - PRC - Mantención - Medidas técnicas - Alerta temprana



- Alta precisión garantiza alta confiabilidad
- A base de directrices nacionales (no negociable)
- Implementación en 2 años



- Participación ciudadana (talleres)
- Pre-aprobación Región
- Presentación pública
- Aprobación popular

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

ANÁLISIS DE AMENAZA HUAYCO

Análisis de Amenaza - Huayco

Evento aluvional 6 de febrero 2018, Tiquipaya, Cochabamba, Bolivia

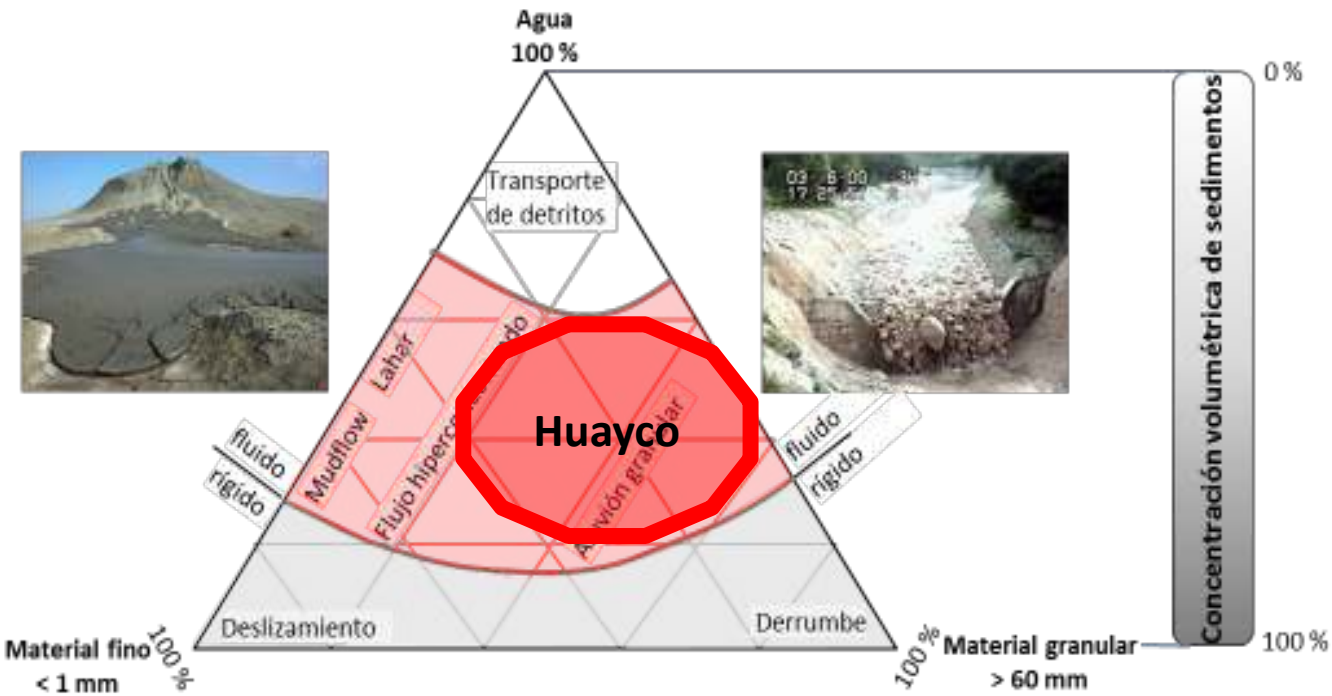
Mudflow con varios empujes, Carga aprox. 280’000 m^3

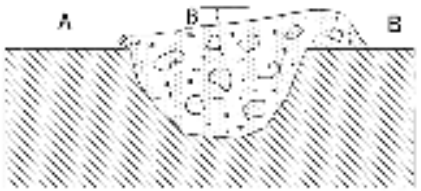
4 fallecidos

44 casas destruidas, > 200 casas afectadas

Análisis de Amenaza – Huayco

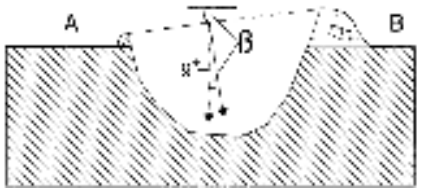
Definiciones





$$v = [g \cdot R \cdot \cos\delta \cdot \tan\beta]^{\frac{1}{2}}$$

Delta = Pendiente lecho



$$M = (6.4 * J_c - 23) * L \qquad 7\% < J_c < 15\ \%$$

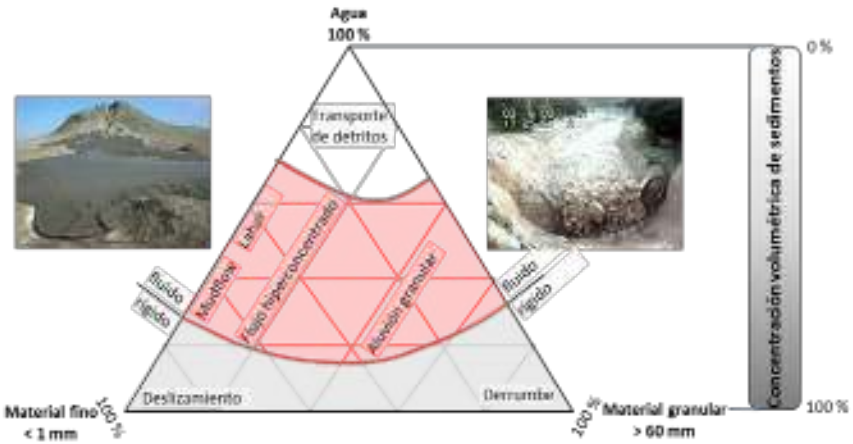
$$M = (110 - 2.5 * J_c) * L \qquad 15\% < J_c < 40\ \%$$

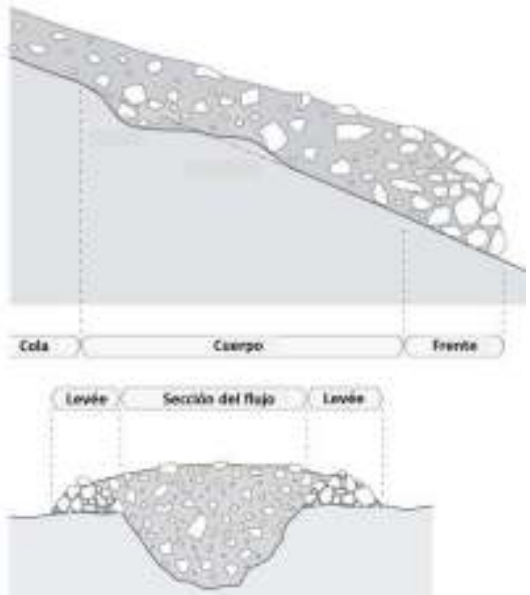
$$Q_{max} = 0.135 * M^{0.78}$$

$$v = 10 * R_h^{0.67} * J^{0.5} \qquad v = 2.1 * Q^{0.33} * J^{0.33}$$

Análisis de Amenaza – Huayco

Definiciones



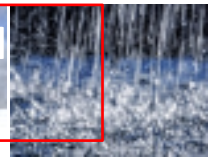


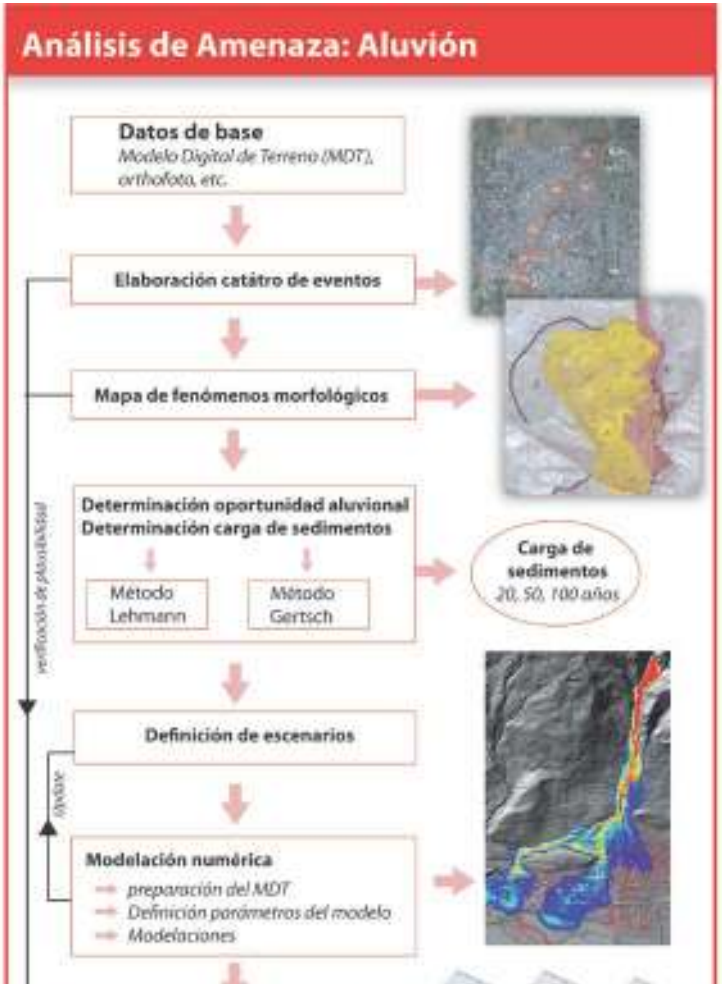
Algunas indicaciones sobre la oportunidad aluvional		
Cuenca	-	Pendiente promedio del cauce principal > 10 %
	-	Cauces con sección transversal en forma de pista de bobsleigh
	-	Acumulación de detritos sin clasificación de textura
	-	Gran disponibilidad de detritos en los cauces
	-	Inestabilidad en laderas (deslizamientos espontáneos)
	-	Levées de sedimentos paralelos a los cauces
	-	Grandes bloques con bordes redondeados
Cono y ápice	-	Pendiente del cono > 5 %
	-	Terreno ondulado
	-	Presencia de bloques aislados
	-	Perfil longitudinal estirado o convexo
	-	Levées o lenguas de aluviones con fenómenos de depósito de aluviones en el terreno (sin o con vegetación)

Análisis de Amenaza – Huayco

Definiciones

No necesariamente hay linearidad con precipitación!





Análisis de Amenaza – Huayco

Definiciones

Análisis de Amenaza – Huayco

Datos de base

Datos base
- Modelo digital de terreno (2m en x/y) - Fotos aéreas georeferenciadas, compatibles con SIG de diferentes fechas - Red fluvial compatible en SIG - Geometría de cauces (largo y perfil transversal) - Documentación de eventos - Valores característicos hidrológicos (caudal máximo e hidrograma) - Estudios existentes de remediación y estudios de amenazas previos

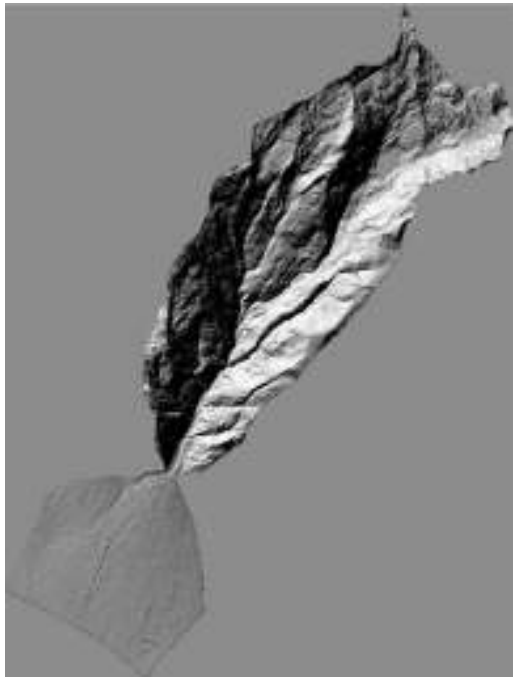
https://earthexplorer.usgs.gov/

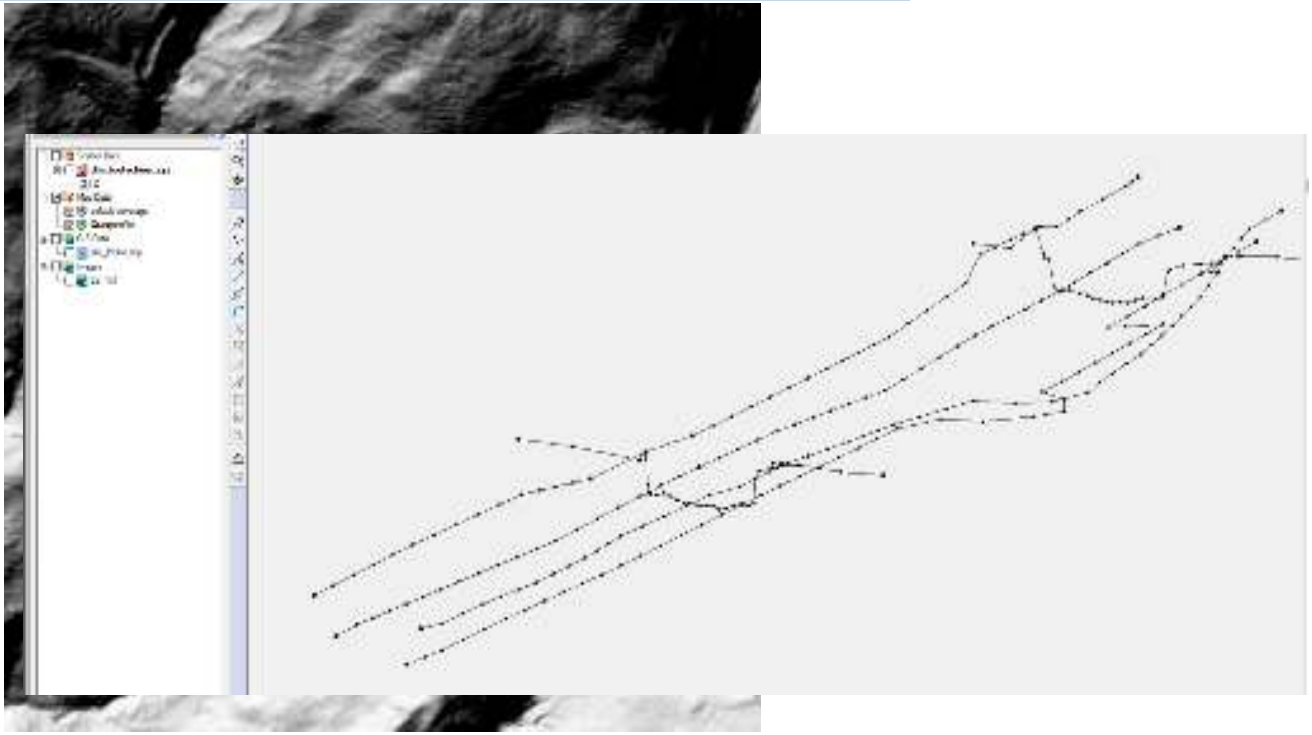
IGN, SENAMHI (hidrología), INRENA (Orthofotos)

Análisis de Amenaza – Huayco

Datos de base

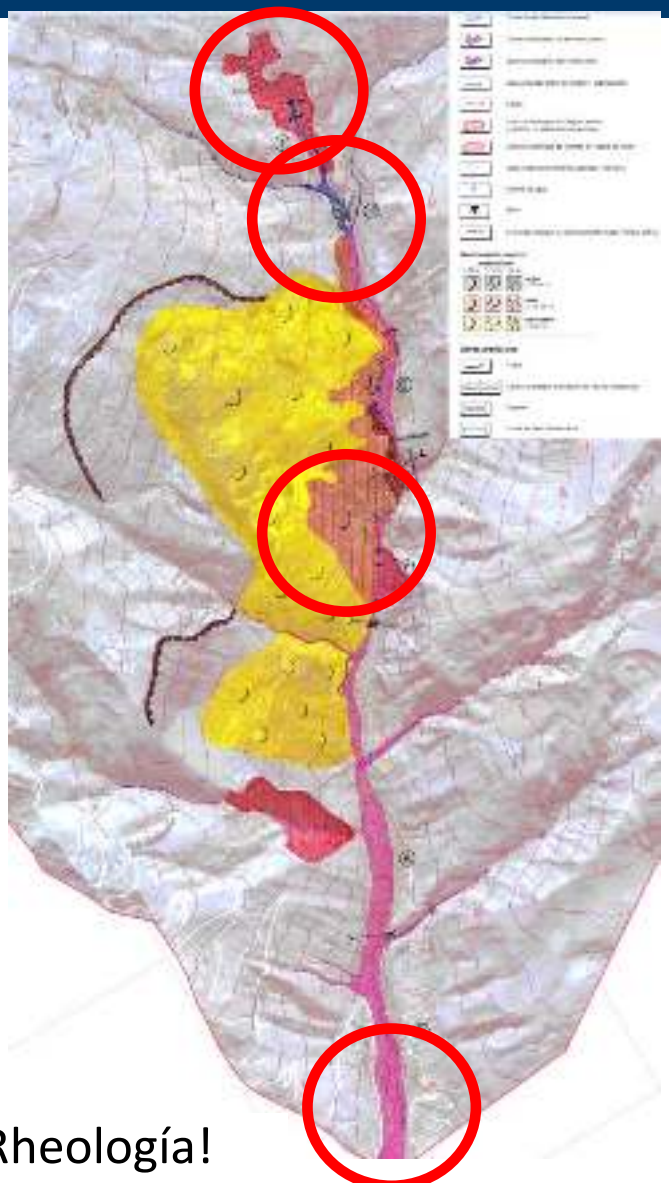
Datos base
- Modelo digital de terreno (2m en x/y) - Fotos aéreas georeferenciadas, compatibles con SIG de diferentes fechas - Red fluvial compatible en SIG - Geometría de cauces (largo y perfil transversal) - Documentación de eventos - Valores característicos hidrológicos (caudal máximo e hidrograma) - Estudios existentes de remediación y estudios de amenazas previos





Análisis de Amenaza – Huayco

Mapeo de fenómenos morfológicos



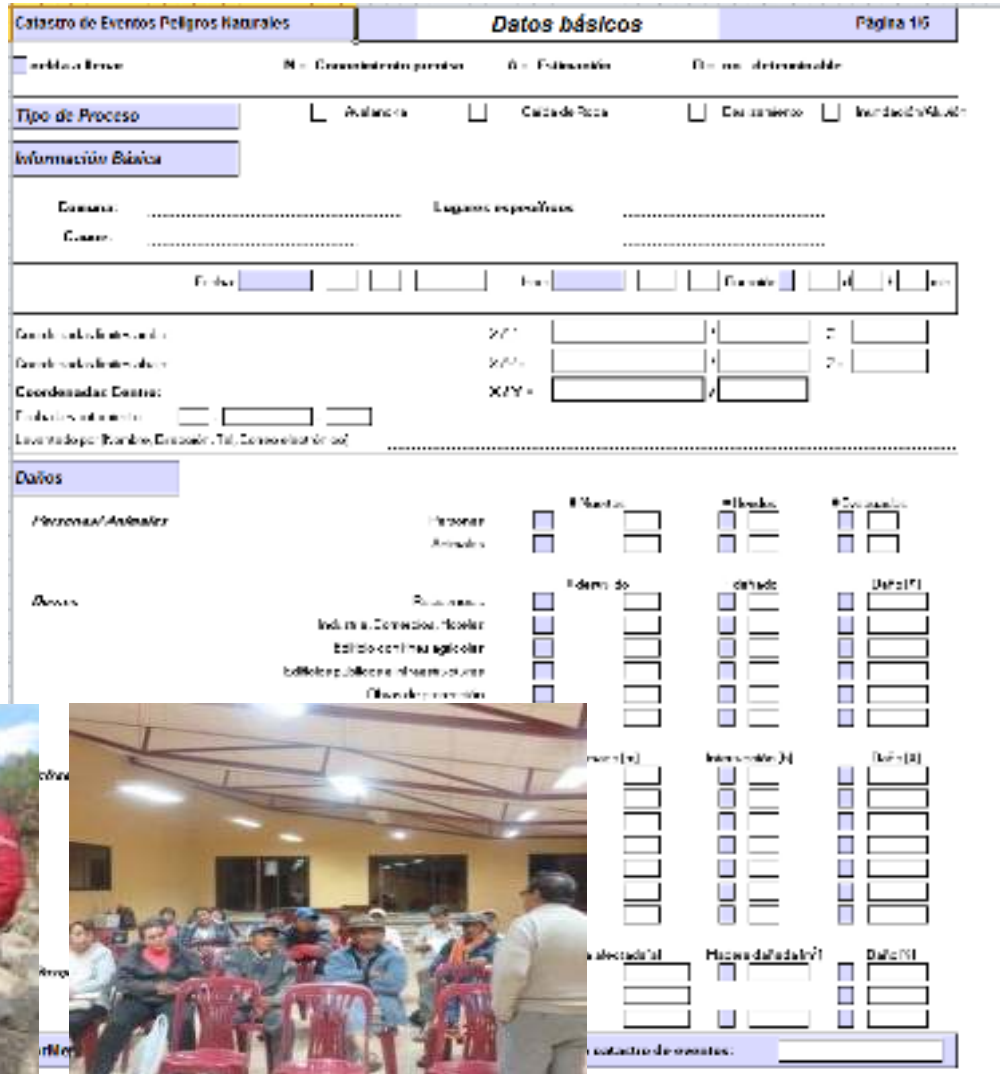
Rheología!

Análisis de Amenaza – Huayco

Mapeo de fenómenos morfológicos

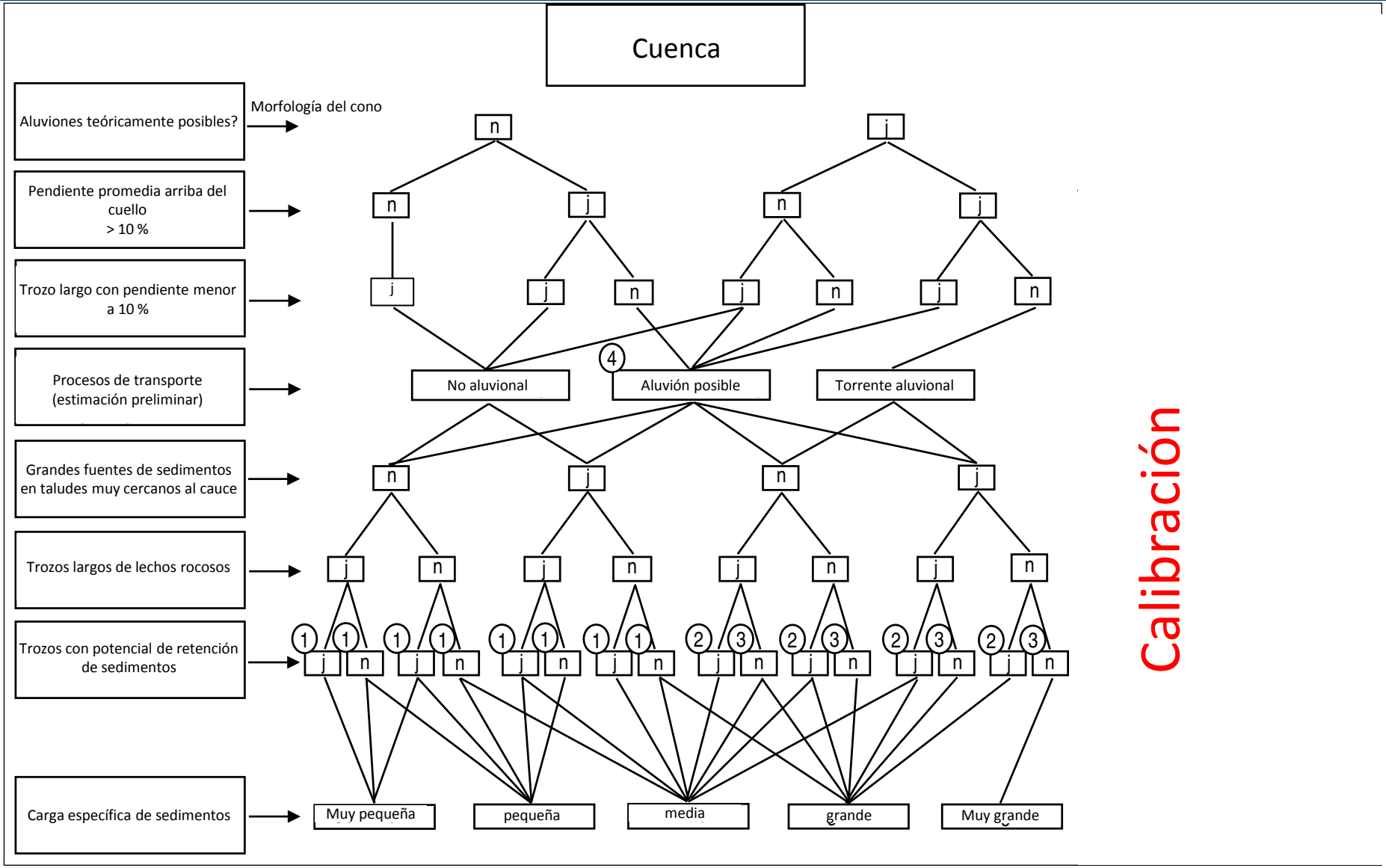
Análisis de Amenaza – Huayco

Catastro de eventos



Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann Desktop: Estimación BÁSICA de la carga de sedimentos (G100)



Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann Desktop: Estimación BÁSICA de la carga de sedimentos (G100)

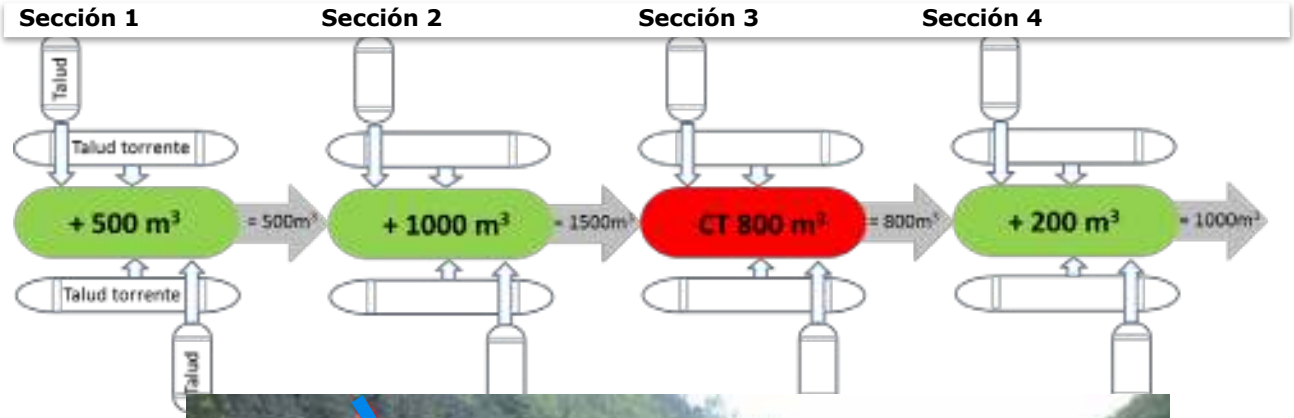
	Litología			
	Molasse	Flysch	Caliza	Granita/Gneiss
Carga específica [m^3/km^2]	10 km^2 - 1 km^2	10 km^2 - 1 km^2	10 km^2 - 1 km^2	10 km^2 - 1 km^2
muy pequeña	20 – 100	100 - 150	200 – 800	400 - 3.000
Pequeña	50 – 200	500 – 1.500	500 - 1.000	800 - 5.000
Media	150 – 500	2.000 - 5.000	1.000 - 5.000	1.500 - 15.000
grande	500 - 1.500	3.000 - 10.000	2.000 - 10.000	3.000 - 30.000
muy grande	800 - 3.000	8.000 - 20.000	3.000 - 30.000	8.000 - 80.000

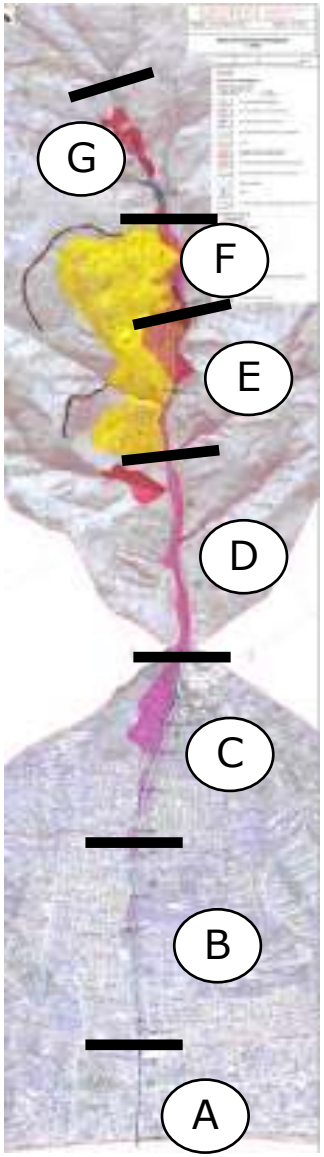
Calibración!

Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

Limitaciones: Área de cuenca: < 20 km^2
Calibración en cuencas alpinas

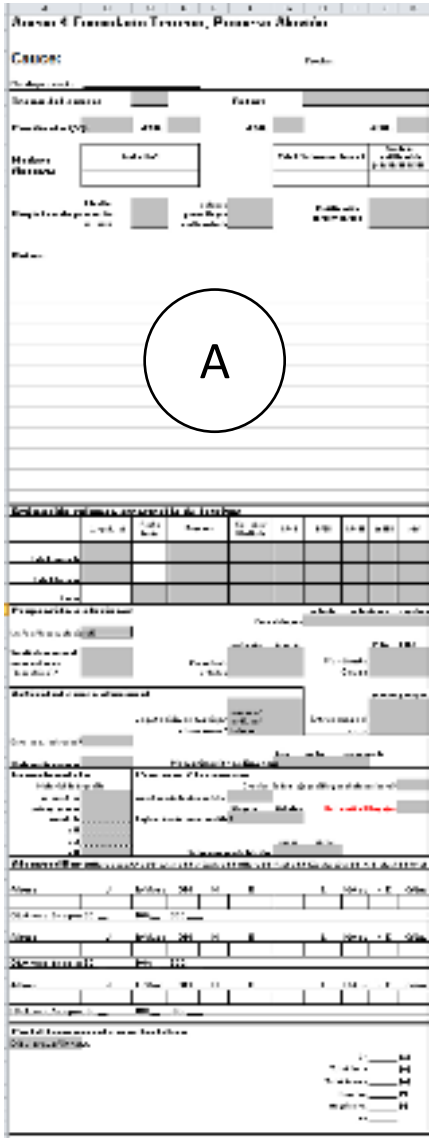




Definir secciones homogéneas > explicar criterios

Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann: Estimación de la carga de sedimentos (G100)



Cauce: _____ Fecha: _____

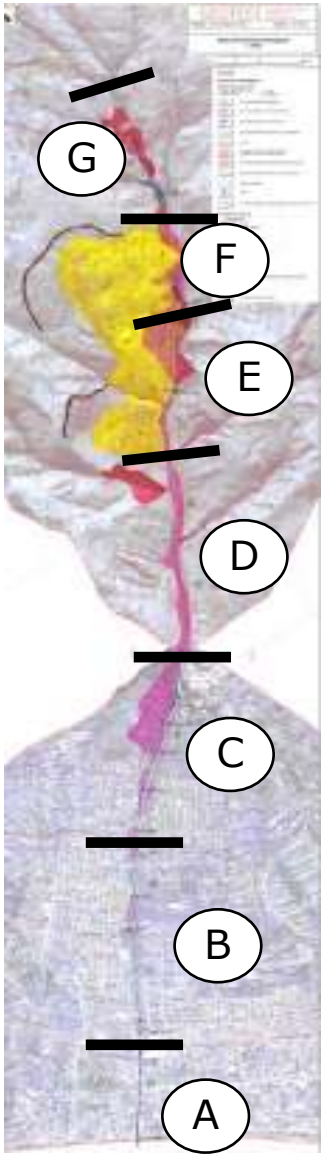
No. de proyecto: _____

Tramo del cauce:			**Fotos:**				
Pendiente (%):		**d90:**		**d50:**		**d30:**	
Madera flotante	Lecho: # m3	Grado de mobilisación (20/50/100)		Talud: Volumen madera m3	Grado de mobilisación (20/50/100)		
Deslizamientos talud	# desliz. superfic. antiguos		Volumen promedio por deslizamiento		Mobilisación 20/50/100		

Notas:

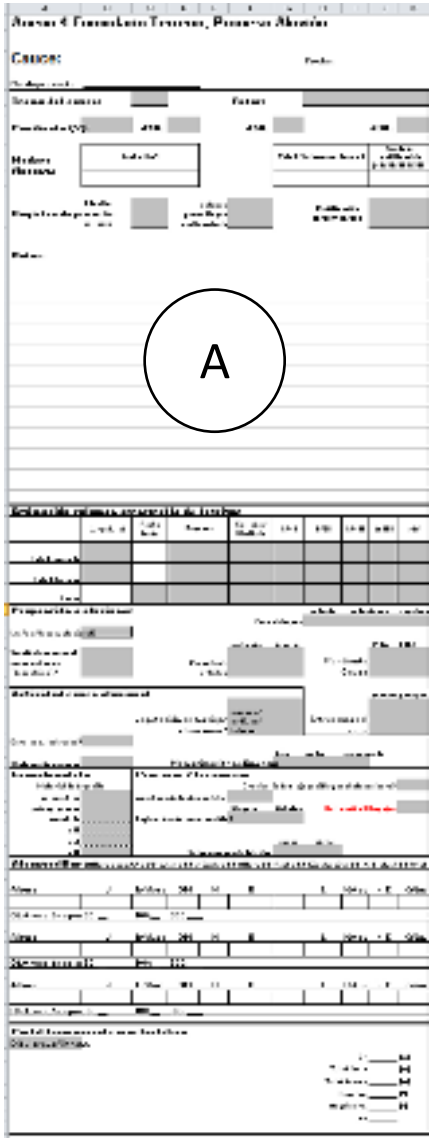
Estimación volumen arrastrable de detritos

Vista en dirección de flujo	Largo	Ancho lecho	Espesor	limitado / ilimitado	kf20	kf50	kf100	rkf20	rkf50	rkf100
Talud izquerdo										
Talud derecho										
Lecho										



Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann: Estimación de la carga de sedimentos (G100)



Propensión a aluviones

Forma bloques: redondo | redondeado | anguloso

Levées / lengua aluvional?

Corte transversal cauce en forma "bobysleigh"?

Deposito de detritos: ordenado | desord.

Pendiente Cauce: <10% | >10%

Actividad cauce aluvional

Vegetación en testigos morfológicos?: no | sí

Estructura del cono pronunciada: no | sí

Eventos catastrados?

Obstrucción existente?

Meteorización sedimentos: bajo | medio | pronunciado

Granulometría

Material de deposito: princp. fino | granular | mezclado

Procesos / Escenarios

Licuefacción lecho posible?

Estimación de empujes

Obstrucciones posibles?

Ruptura por obstrucciones posible?: Bloques | Arboles

Alcantarillado (Altura msnm// J // valor k // diámetro // Altura // Ancho // nivel represado // Xi Perdida hidráulica)

Altura	Pendiente	valor k	Diam	Altura	Largo	Nivel represado	XiE	Xi curva
Obstrucción a partir de:	20: __	50: __	100: __					
Altura	Pendiente	valor k	Diam	Altura	Largo	Nivel represado	XiE	Xi curva
Obstrucción a partir de:	20: __	50: __	100: __					
Altura	Pendiente	valor k	Diam	Altura	Largo	Nivel represado	XiE	Xi curva
Obstrucción a partir de:	20: __	50: __	100: __					

Perfil transversal característico

Dibujo:

Largo = _____ [m]

Talud izq. = _____ [m]

Talud der.s = _____ [m]

Ang. Izq. _____ [°]

Angulo der. _____ [°]

k = _____

Deslizamiento espontáneo

Area (Largo, ancho)

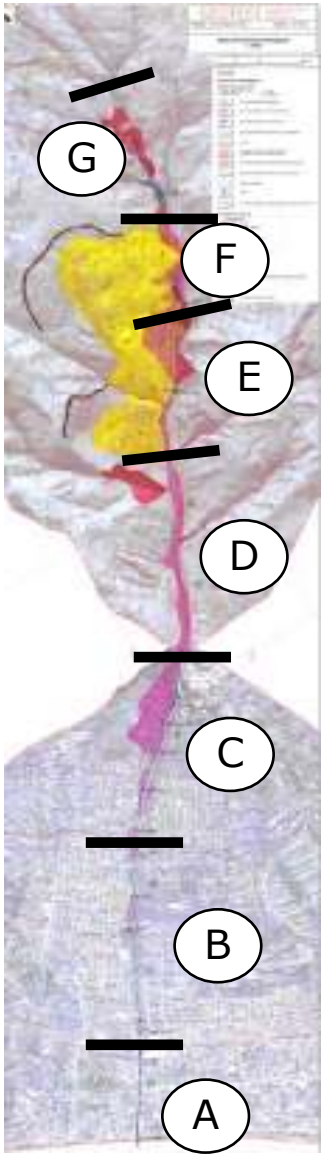
Activación 20/50/100

Descripciones

Árboles chuecos

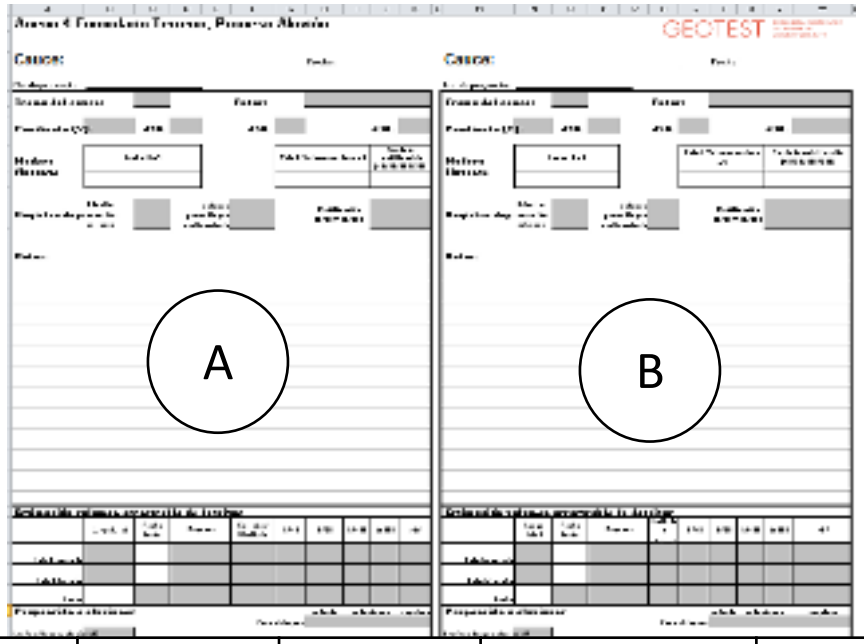
Pendiente talud

Fuentes dispersas de agua en el pied

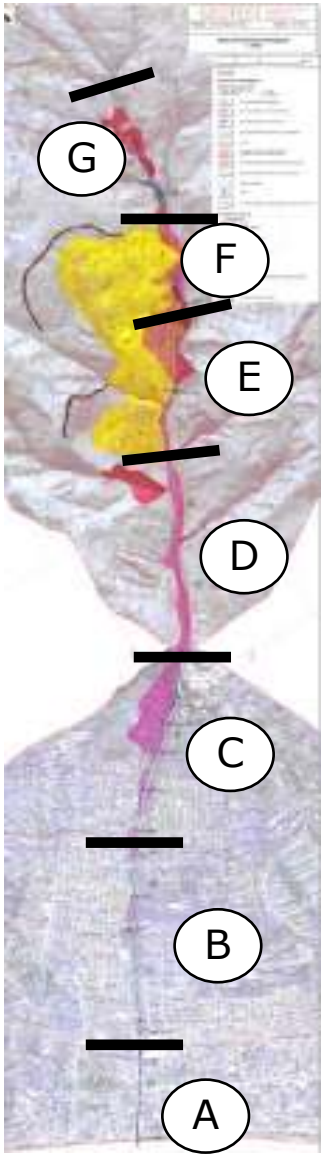


Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann: Estimación de la carga de sedimentos (G100)



Período de retorno	Lehmann (cuello)	*Gertsch (cuello)*	Lehmann (cono)	Input taludes	**Total con taludes**
20	Sin aluvión	*Sin aluvión*	Sin aluvión	0	**Transporte detritos**
50	120‘000	*105’000*	25‘000	30‘000	**150‘000 – 200‘000**
100	210‘000	*190’000*	45‘000	30‘000	**Ca. 250‘000 - 300‘000**
>100 años	Licuefacción lecho 500’000 m^3			0	**Ca. 500’000 - 600‘000**



Análisis de Amenaza – Huayco

Lehmann: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

En caso de erosión ilimitada:

Parte del cauce	Material de origen	Proceso	Espesor de erosión [m]
Lecho	Sedimentos fluviales	Aluvión	0.2 – 0.4 x ancho del cauce
		Transporte de sedimentos	0.1 x ancho del cauce
Taludes	Morrena	Aluvión	0.5 - 1
		Transporte de sedimentos	0.3 - 0.5
	Sedimentos fluviales y de aluviones	Aluvión	1 - 2
		Transporte de sedimentos	0.3 - 0.5
	Depósitos de derrumbes	Aluvión	0.5 - 1
		Transporte de sedimentos	0.2 - 0.5
Laderas	Diversos		Evaluación separada

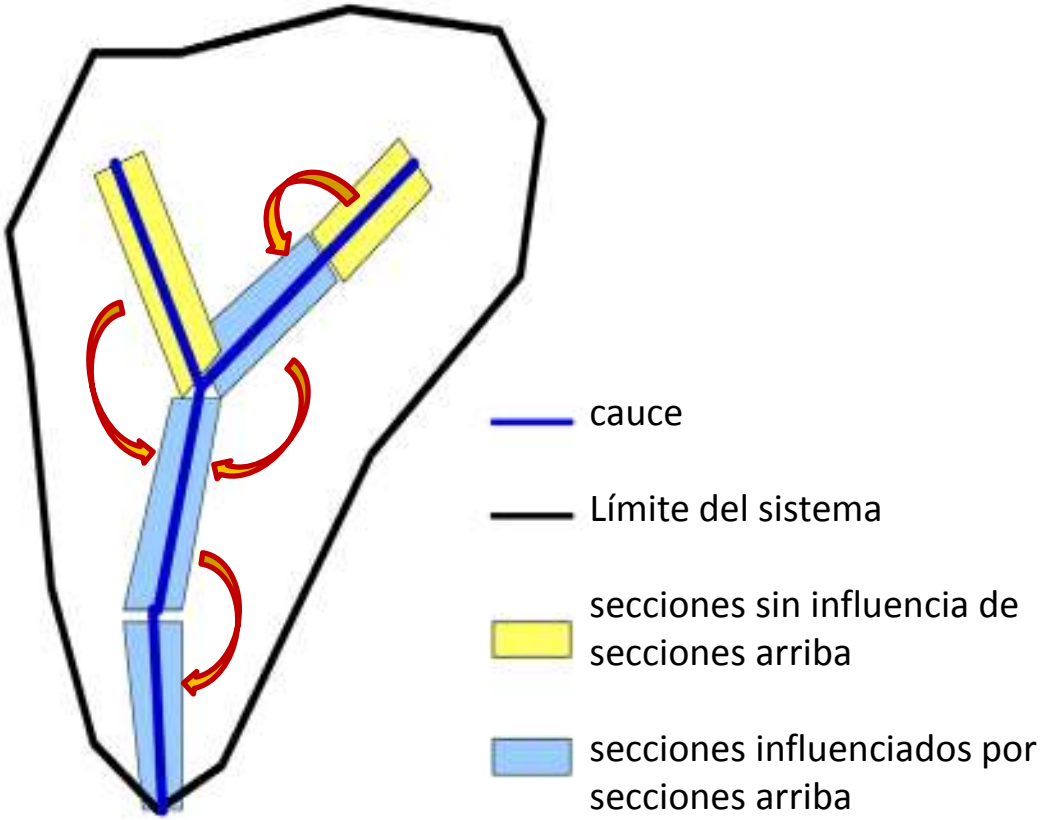
- Calibración para cuencas alpinas
- Cada cuenca aluvional es un individuo – Valores pueden diferenciar de las recomendaciones generales

Calibración!

Análisis de Amenaza – Huayco

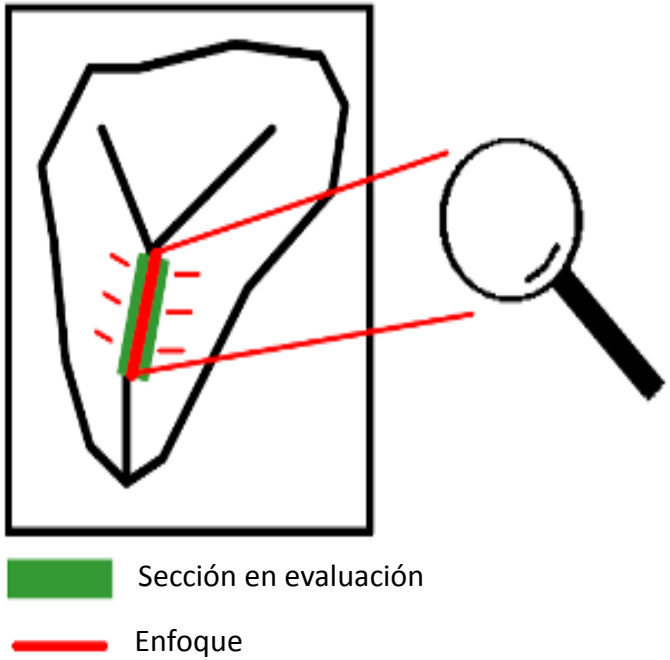
Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

Enfoque sistémico:



Definir secciones homogéneos

Analizar elemento específico del cauce



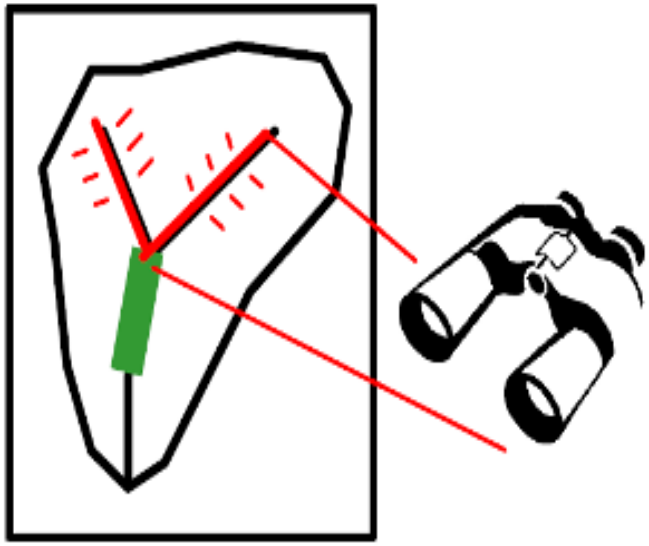
Factores considerados:
Pendiente de taludes
Tipo de material del talud
Interacción talud con cauce
Cobertura de vegetación
Disponibilidad de sedimentos en cauce

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

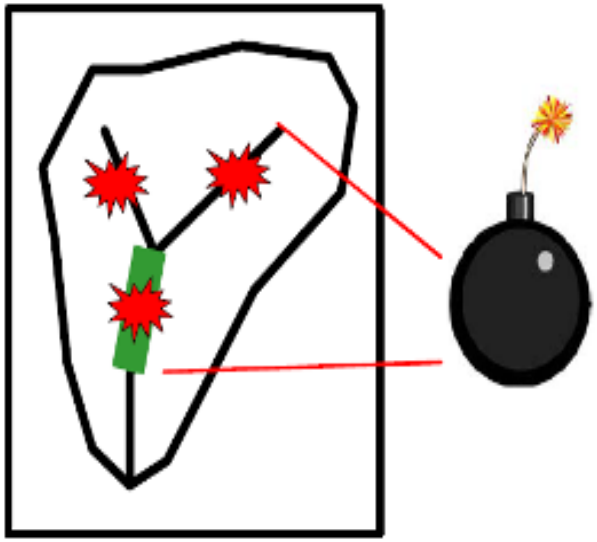
Análisis de interacción de los procesos de los diferentes secciones

→ Analizar interacción con secciones superiores



Factores considerados:
Cambio de pendiente entre secciones
Calcular y considerar indice de energía
Cantidad y tamaño de secciones que confluyen al trozo inferior

Identificación de factores críticos

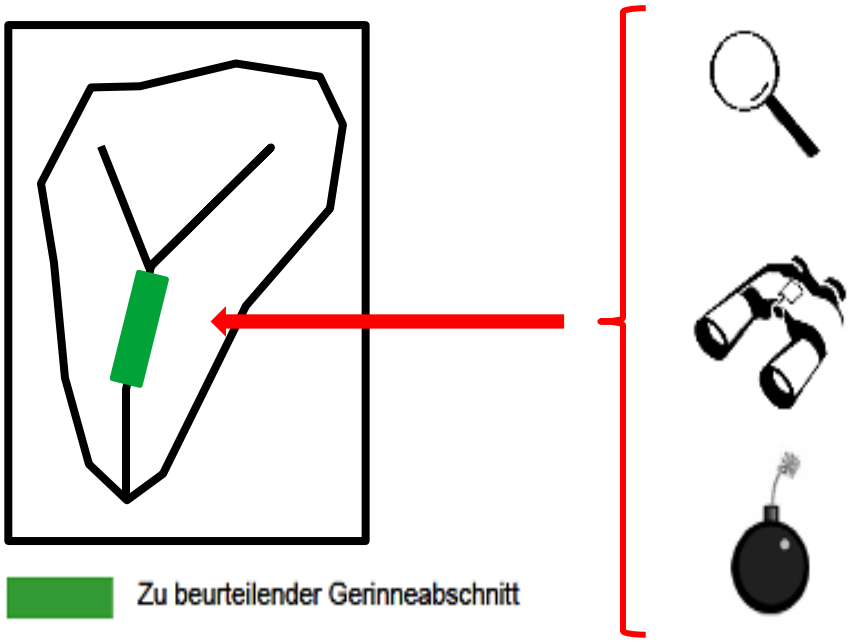


Factores considerados:
GLOF
Inestabilidades en permafrost
Deslizamientos grandes
Caudales cársticos
Obstrucciones, …

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

Cálculo de combinación de los procesos



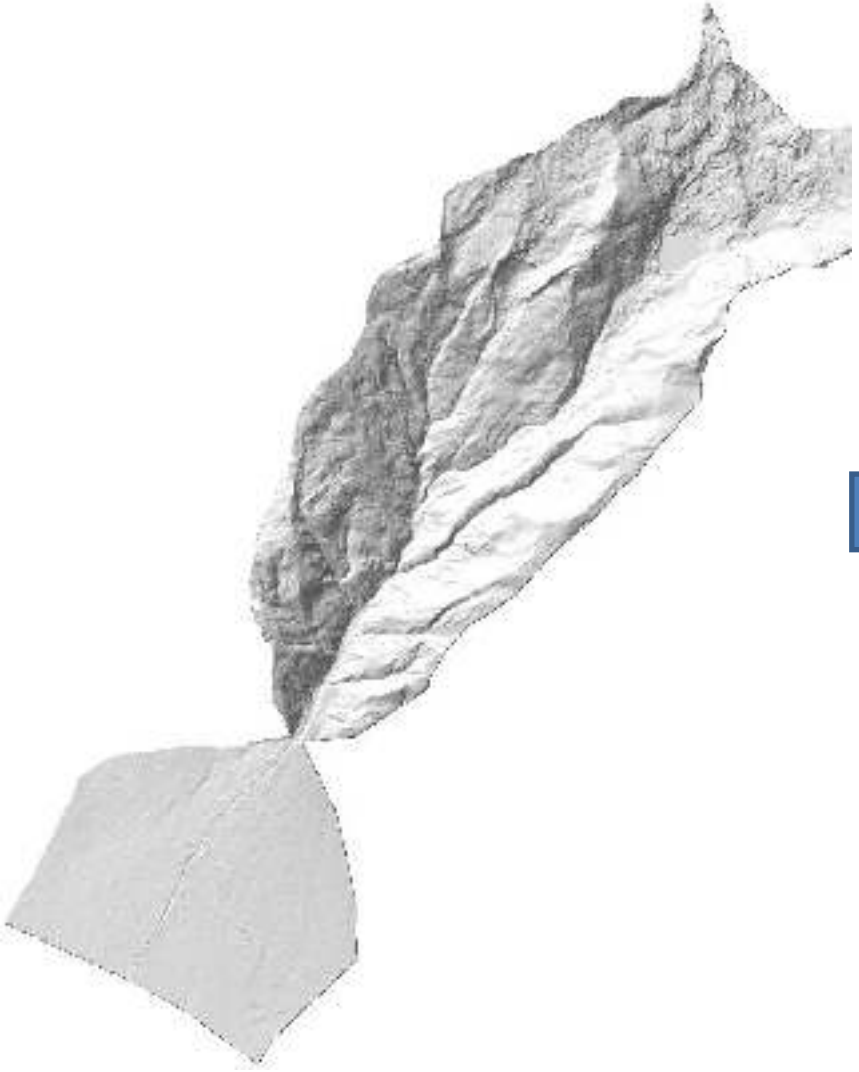
Elaboración de la herramienta
por la experiencia de 352 secciones y 101 torrentes

- Orientado a expertos en el tema (semiautomatizado)
- Area de aplicación: pendientes > 10 %, Cuencas < 20 km^2
- Software: con o sin GIS, a base de Excel
- Ventajas: el experto puede ajustar los parámetros o aceptar las recomendaciones de la herramienta
- Duración: 0.5 – 1 día (sin trabajo en terreno)
- Herramienta reconocida en la región alpina (2009)

Aplicación en otros países fuera de los alpes requiere calibración del modelo!

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)



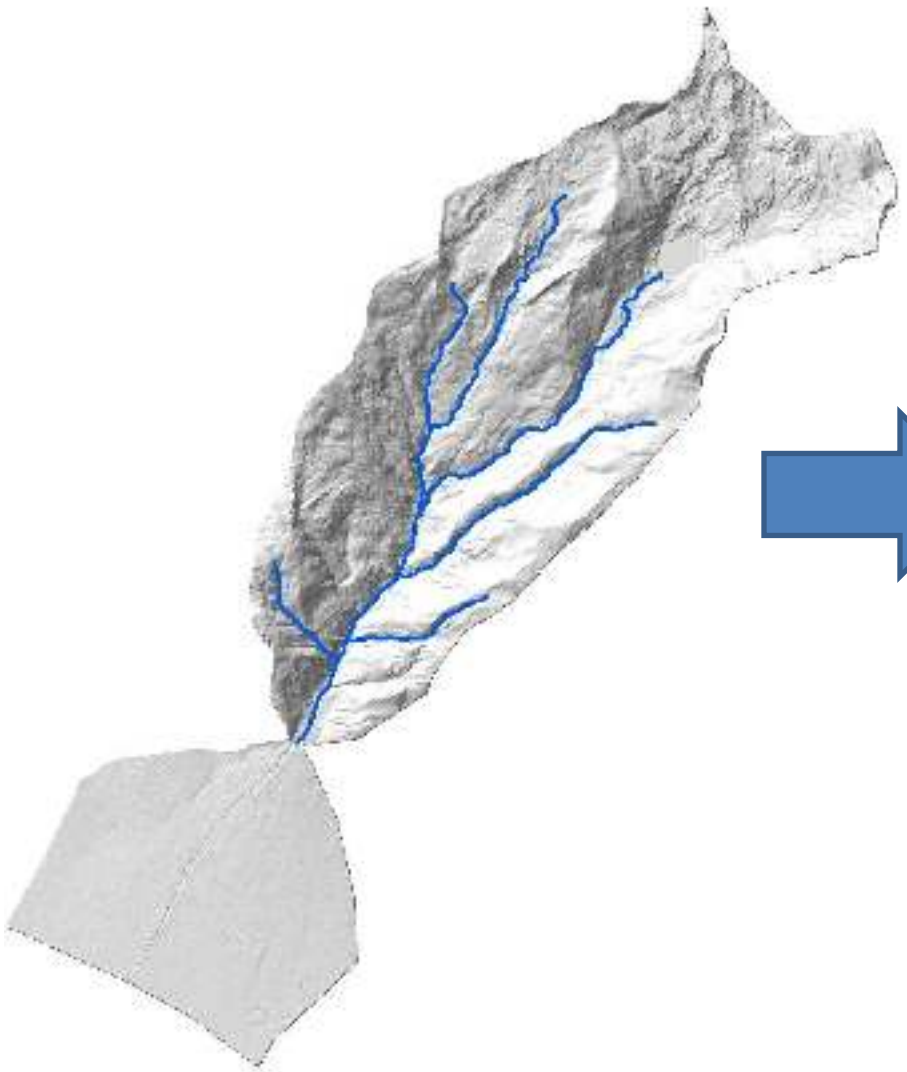
Delimitación de la cuenca arriba del cuello

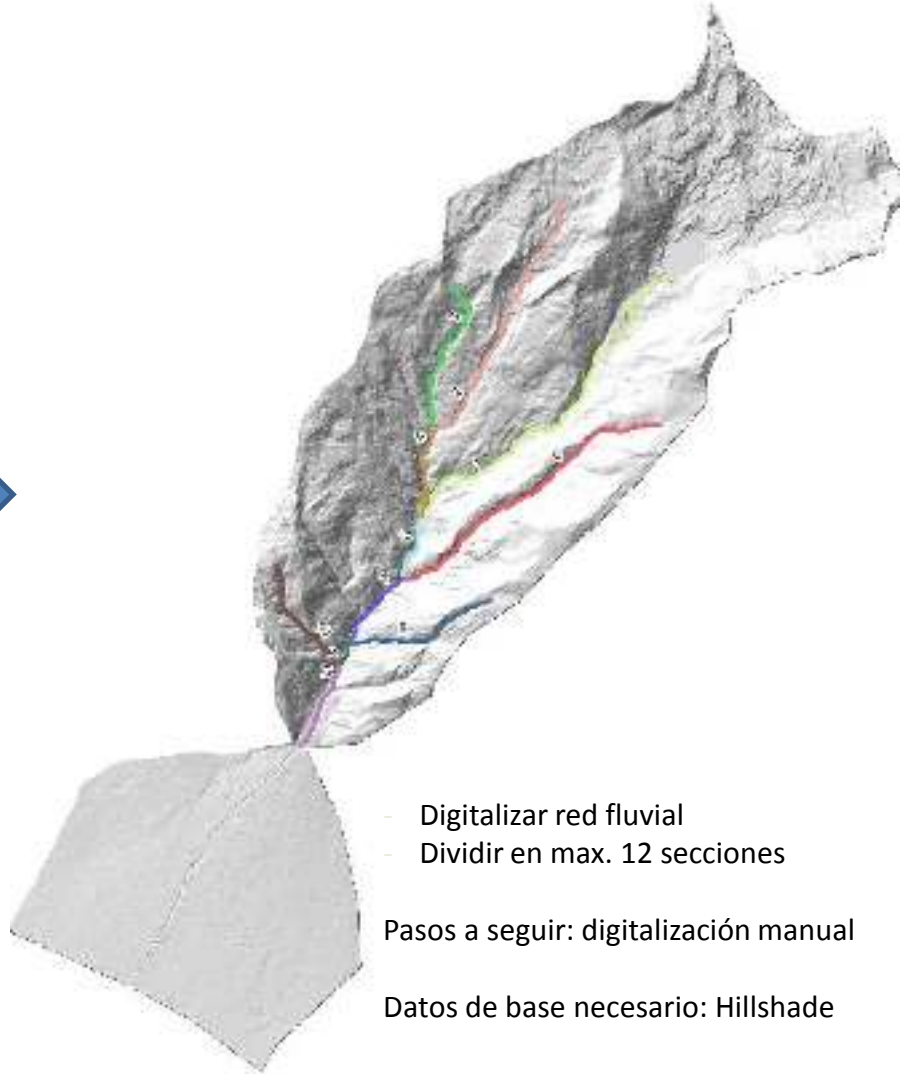
Pasos a seguir: ArcGIS > watershed

Datos de base necesario: DTM

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)





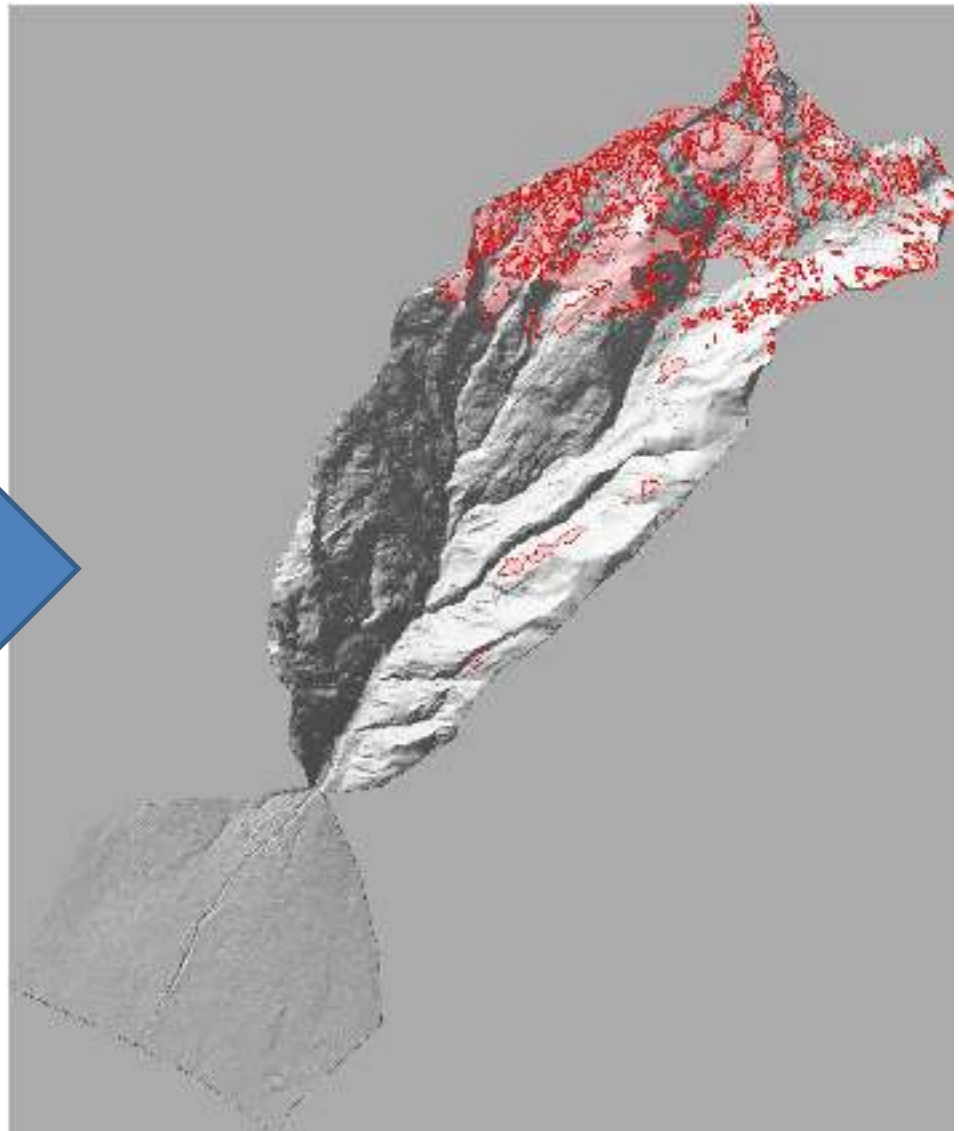
- Digitalizar red fluvial
- Dividir en max. 12 secciones

Pasos a seguir: digitalización manual

Datos de base necesario: Hillshade

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)



Evaluación semiautomática de ortofotos

- > min. 4-Band (RGB + canal infrarojo cercano)
  - > supervised image classification
  - > maximum likelihood Methode en ESRI ArcGIS

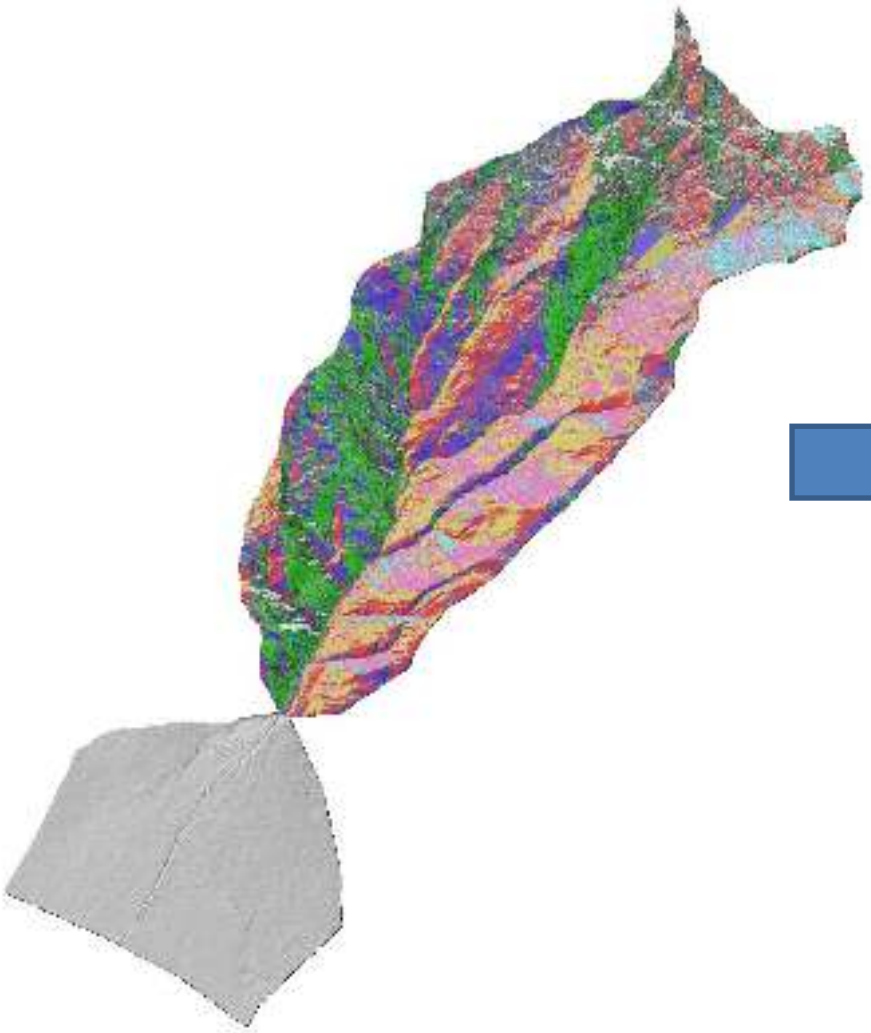
Resampling de los áreas de uso de la tierra (raster)

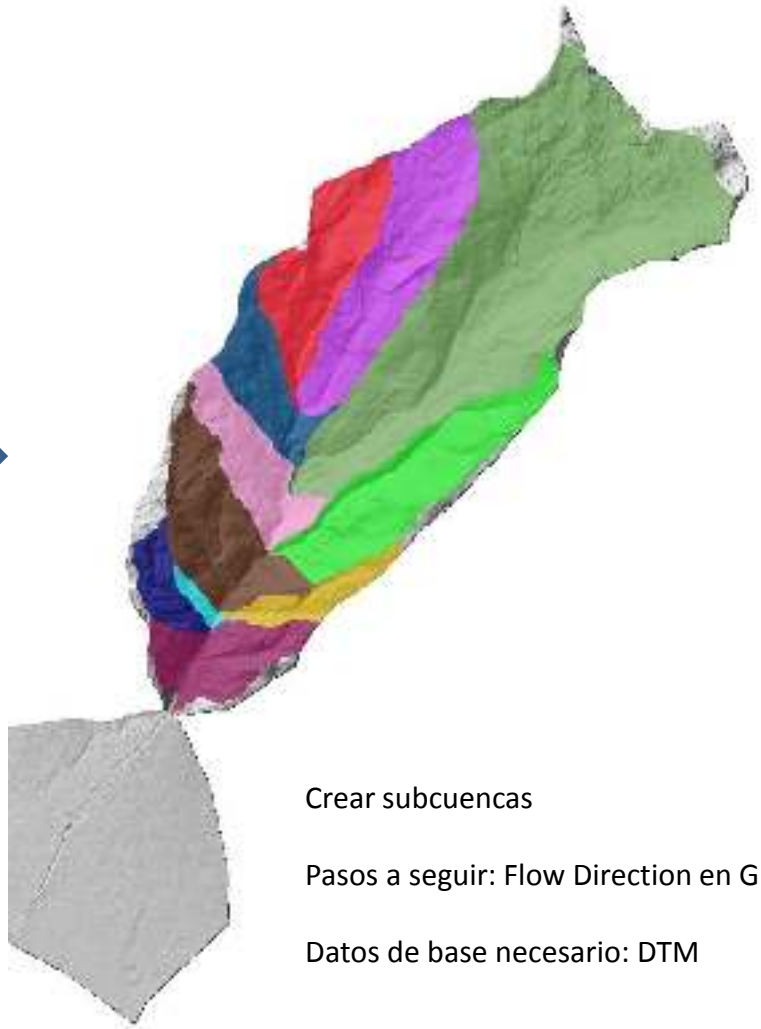
- > Resample al tamaño de celda requerida
- > Aplicaciones Spatial Analyst en GIS: focal statistics / region group / set cero / nibble / conditional expressions

Extraer áreas rocosas

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)





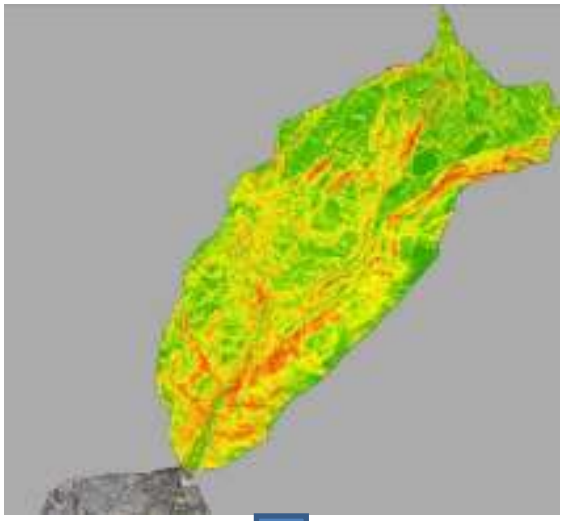
Crear subcuencas

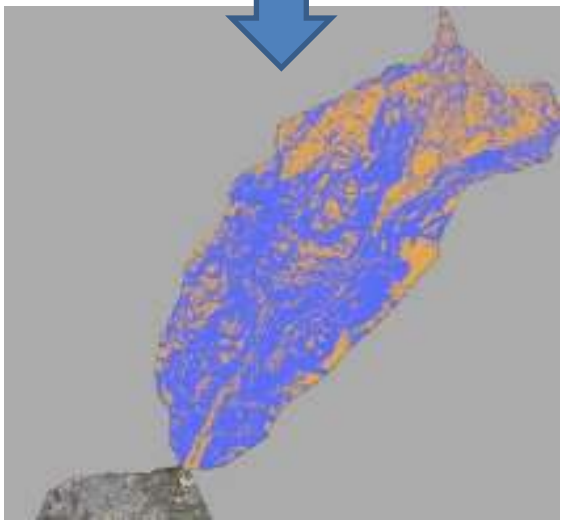
Pasos a seguir: Flow Direction en GIS

Datos de base necesario: DTM

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)





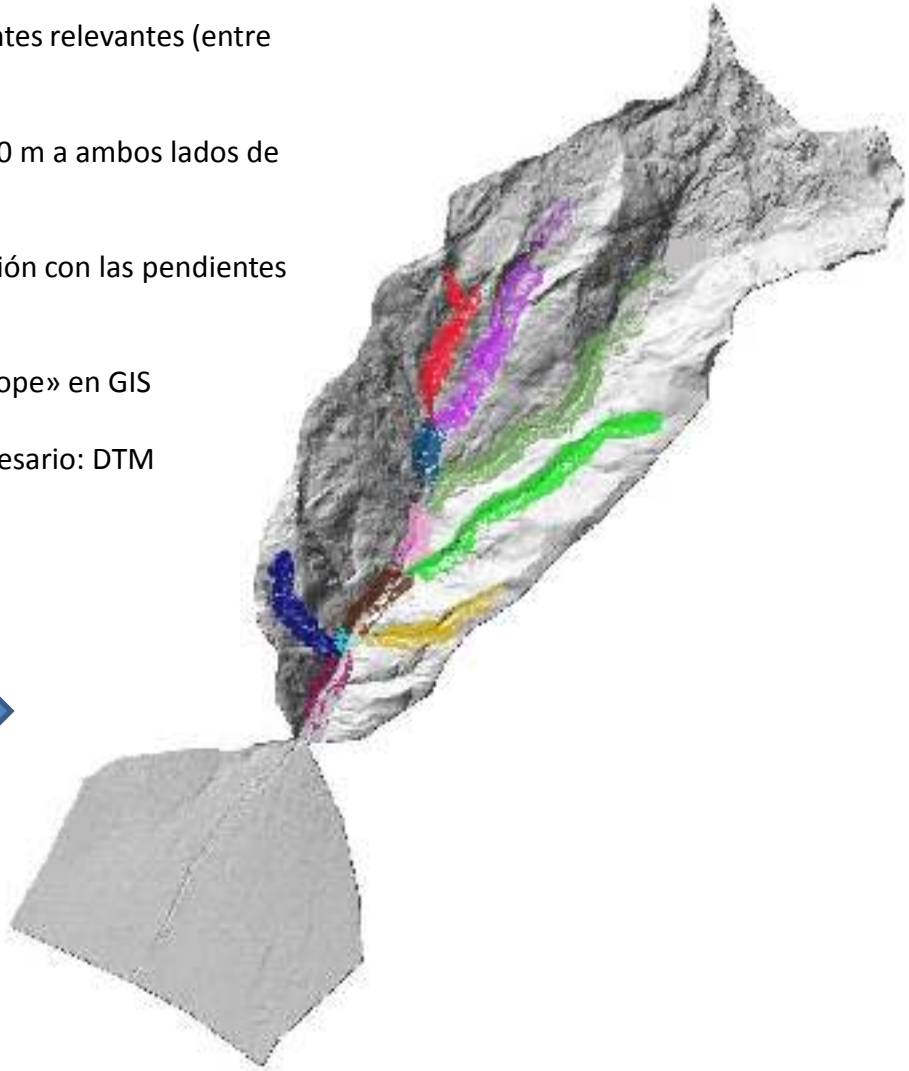
Definir las pendientes relevantes (entre 20° - 48°)

Crear buffer de 100 m a ambos lados de los cauces

Cruzar la información con las pendientes relevantes

Pasos a seguir: «slope» en GIS

Datos de base necesario: DTM



Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+ Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Entradas

Cuenca / Municipio:	Ejemplo Macul
Descripción del escenario:	G100
Adaptador/a, fecha:	Sua, 19.02.2018
Número de secciones:	7
Procedimiento: SIG (raster) con información de campo "1" SIG (vectorial) con información de campo "2" SIG (raster) sin información de campo "3"	3

	Entradas para el cauce														Entradas para el pendiente				
Número de sección	Número de secciones, que terminan en esta sección	Sección arriba 1	Sección arriba 2	Sección arriba 3	Sección arriba 4	Sección debajo	Área (cuenca parcial) [km²]	Disponibilidad del material	Altura [m sobre nivel del mar] al punto más alto de la sección	Largo de la sección [m]	Diferencia de altura [m]	Inclinación media del cauce [%]	largo inclinado L [m]	J sec. / J sec.arriba [-]	H100 [km²]	Hpot[km²]	HF [km²]	Hpot / H100	HF / H100
1	0					3	2.49029	3	2217	1737	521	30.0	1813.453	1	0.3326	0.26899	0.0187	0.80865601	0.05632516
2	0					3	0.19349	3	2035	628	334	53.2	711.2946	1	0.0841	0.0708	0	0.83719968	0
3	2	1	2			6	3.02369	3	1696	642	151	23.5	669.5186	0.57	0.1123	0.03865	0	0.79709474	0
4	0					6	0.52242	3	1695	1273	353	27.7	1321.037	1	0.2326	0.23095	0	0.99401238	0
5	2	3	4			7	3.71924	3	1545	322	65	20.2	328.4851	0.79	0.0603	0.05605	0	0.92927096	0
6	0					7	0.40439	3	2003	1102	603	54.0	1326.826	1	0.1891	0.17096	0.0118	0.9406439	0.06890985
7	2	5	6		CDC		6.05901	3	1409	2419	412	17.0	2453.035	0.40	0.4512	0.3455	0	0.76572085	0
8											#NV	#NV	#NV	1				#DIV/0!	#DIV/0!
9											#NV	#NV	#NV	1				#DIV/0!	#DIV/0!
10											#NV	#NV	#NV	1				#DIV/0!	#DIV/0!
11											#NV	#NV	#NV	1				#DIV/0!	#DIV/0!
12											#NV	#NV	#NV	1				#DIV/0!	#DIV/0!
CDC									1088		#NV	#NV	#NV	1				#DIV/0!	#DIV/0!

CDC = cuello del cono

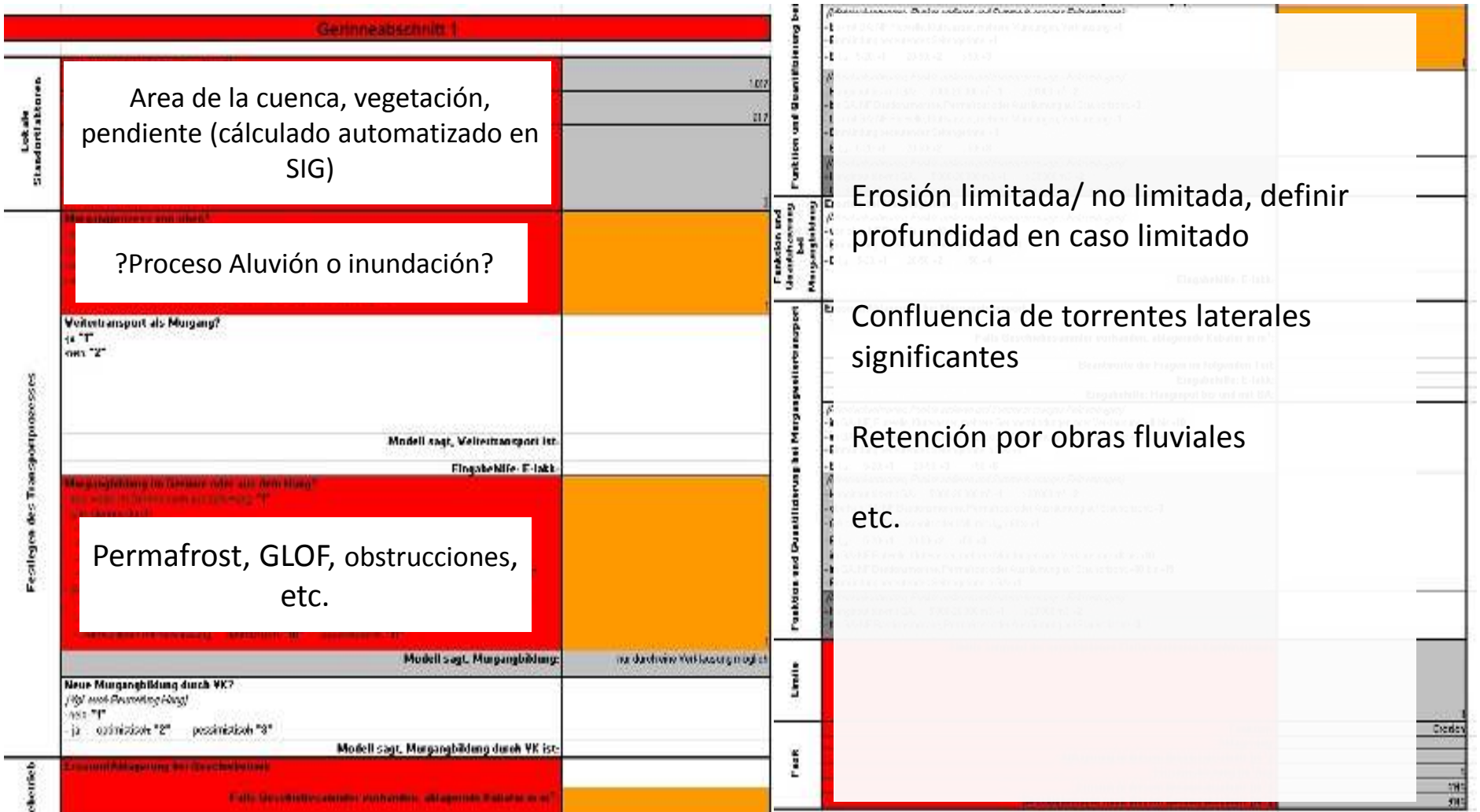
Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Cuestionamiento a completar por sección



Area de la cuenca, vegetación, pendiente (cálculado automatizado en SIG)

?Proceso Aluvión o inundación?

Permafrost, GLOF, obstrucciones, etc.

Erosión limitada/ no limitada, definir profundidad en caso limitado

Confluencia de torrentes laterales significantes

Retención por obras fluviales

etc.

Análisis de Amenaza – Huayco

Gertsch: Estimación de la carga de sedimentos (G100)

Estimación carga de sedimentos "Gertsch" (2009)

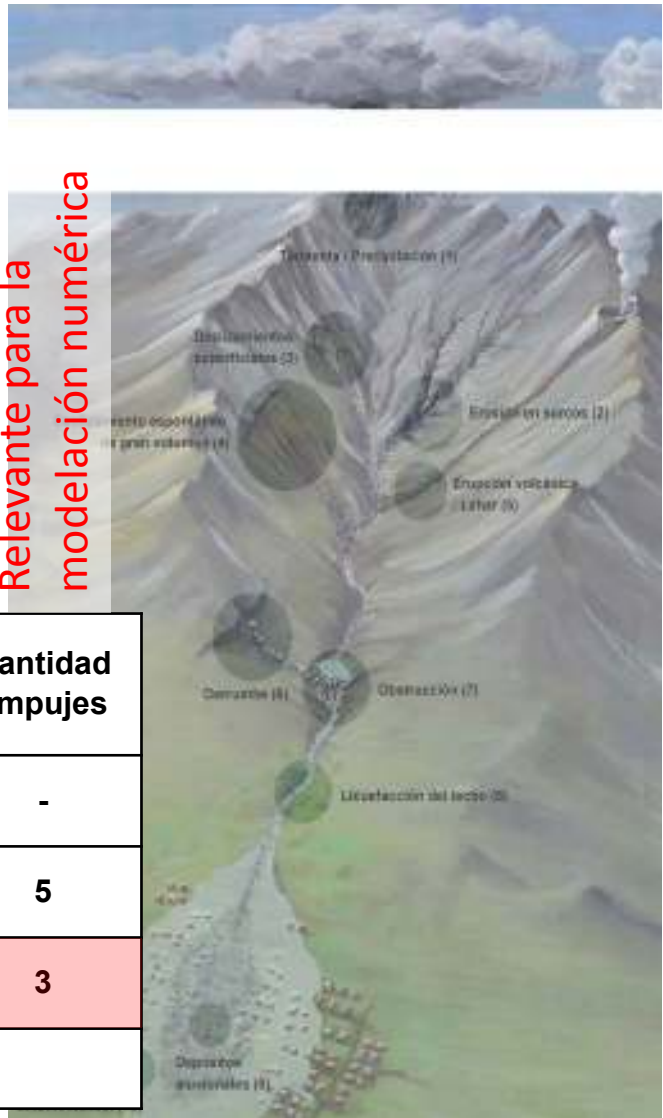
Cuenca, Municipio: Ejemplo Macul
Escenario: G100
Adaptador/a, fecha: Sua, 19.02.2018

Sección del cauce	Largo de la sección (horizontal) [m]	Área de la cuenca (parte arriba de la sección) [km 2]	inclinación media de la sección [%]	disponibilidad del material	Jsecc / Jsecc.arriba	Indice de energía acumulado leac	Carga de sedimentos del pendiente [m 3]	carga del pendiente movilizada al cauce [m 3]	proceso determinante en el cauce	Función de la sección del cauce	Factor de depósito	carga depositada [m 3]	tasa de erosión [m 3/m]	carga erosionada [m 3]	Saldo de carga en la sección [m 3]	carga de sedimentos sumada despues de esta sección [m 3]
1	1737	2.49	30.0	limitado	1.00	0.0	500	500	AL	erosión			5	8685	9185	9185
2	628	0.19	53.2	limitado	1.00	0.0	150	150	AL	erosión			2	1256	1406	1406
3	642	3.02	23.5	limitado	0.57	69.2	200	200	AL	erosión			5	3210	3410	14001
4	1273	0.52	27.7	limitado	1.00	0.0	3000	3000	TD	erosión			3	3819	6819	6819
5	322	3.72	20.2	limitado	0.79	108.3	50	50	AL	erosión			5	1610	1660	22480
6	1182	0.48	51.0	limitado	1.00	0.0	100	100	TD	erosión			2	2364	2464	2464
7	2419	6.06	17.0	limitado	0.48	164.0	200	200	AL	depósito		2000			-2000	22944
8																
9																
10																
11																
12																

Carga de sedimentos al cuello del cono [m^3]: **22'900**

Análisis de Amenaza – Huayco

Cantidad de empujes por escenario

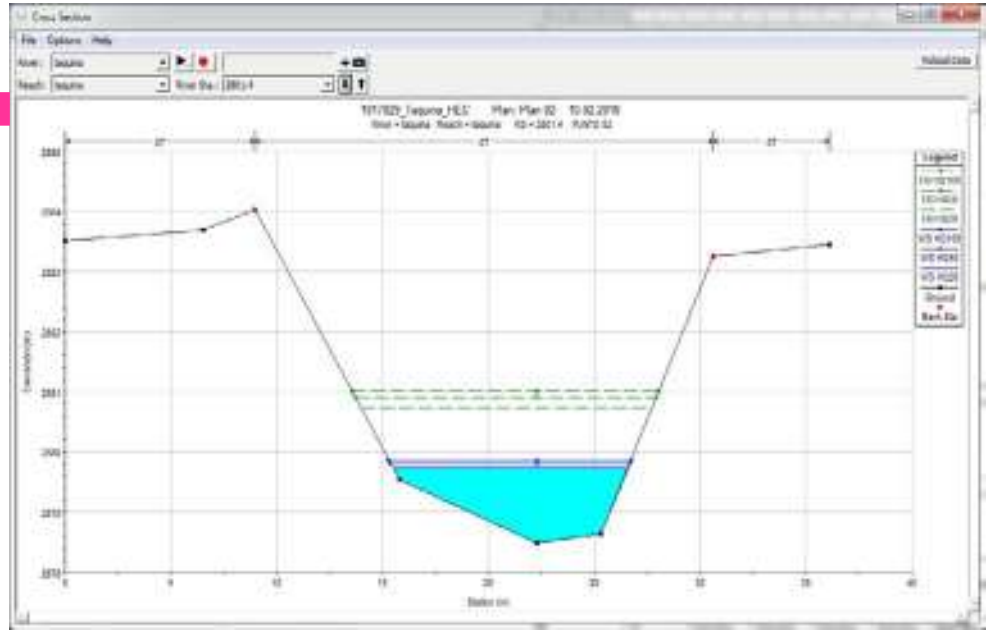


Relevante para la modelación numérica

Período de retorno	Lehmann (cuello)	*Gertsch (cuello)*	Lehmann (cono)	Input taludes	**Total con taludes**	**Cantidad empujes**
20	Sin aluvión	*Sin aluvión*	Sin aluvión	0	**Transporte detritos**	**-**
50	120‘000	*105’000*	25‘000	30‘000	**150‘000 – 200‘000**	**5**
100	210‘000	*190‘000*	45‘000	30‘000	**Ca. 250‘000 - 300‘000**	**3**
>100 años				100‘000	**Ca. 500’000 - 600‘000**	

Análisis de Amenaza – Huayco

Cantidad de empujes por escenario



Volumen por empuje:

Area perfil (geomensor): 60 – 80 m^2
Velocidad (Video): 6 – 8 m/s

A*v = Qmax$_{empuje}$ = 360 – 640 m^3/s

Velocidad: $v = 10 * R_h^{0.67} * J^{0.5} \sim 7 - 8$ m/s

Caudal por empuje: $Q_{max} = 0.135 * M_{empuje}{}^{0.78}$

Volumen$_{empuje}$
~ 20’000 – 40’000 m^3

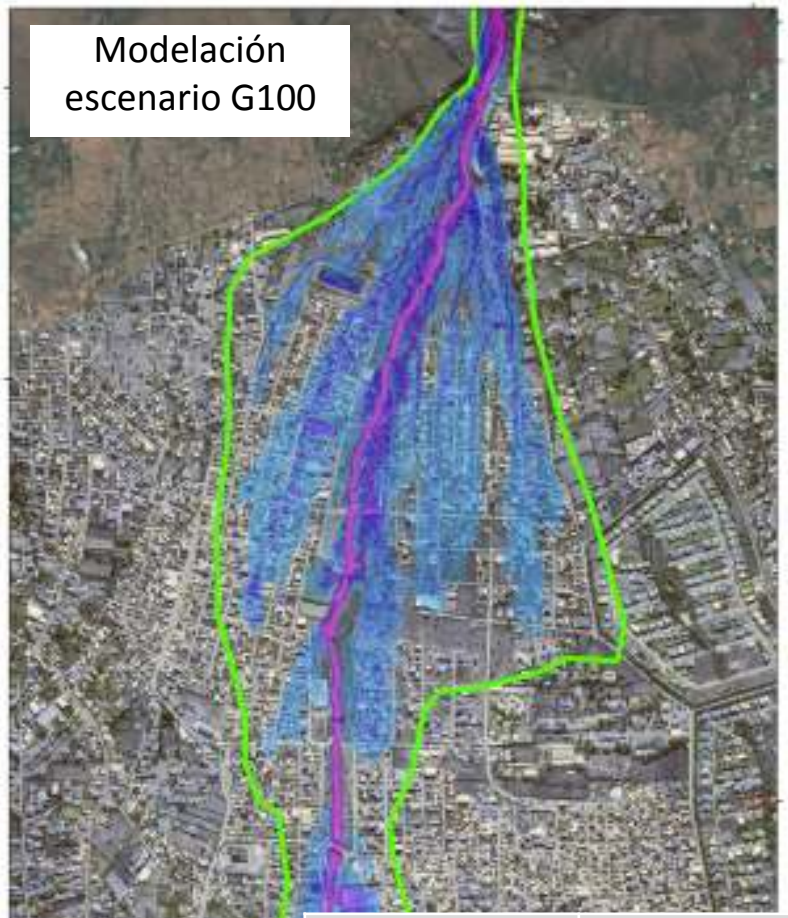
Análisis de Amenaza – Huayco

Escenarios para períodos de retorno < 100 años

Cálculo G20 y G50 a base del G100		Factores multiplicadores	
		G20	G50
Transporte predominante en la cuenca hidrográfica	aluvión	0.5 – 0.6	0.7 – 0.8
	transporte detritos	0.2 – 0.4	0.4 – 0.5
Área de la cuenca hidrográfica	0 – 0.5 km^2 0.5 – 5.0 km^2 > 5.0 km^2	0.5 – 0.6 0.3 – 0.5 0.2 – 0.4	0.7 – 0.8 0.5 – 0.7 0.4 – 0.5
¿Extensas secciones rocosas disponibles?	Sí No	0.6 – 0.8 0.2 – 0.4	0.7 – 0.9 0.4 – 0.6
¿Grandes depositos de detritos disponibles?	Sí No	0.2 – 0.4 0.6 – 0.8	0.4 – 0.5 0.8 – 0.9
¿Posibilidades de retención de detritos?	Sí No	0.6 – 0.8 0.2 – 0.4	0.8 – 0.9 0.4 – 0.5
	Factor final	calcular promedio → factor f_{20}	calcular promedio → factor f_{50}
	Cálculo carga de sedimentos	G20 = G100 * f_{20}	G50 = G100 * f_{50}

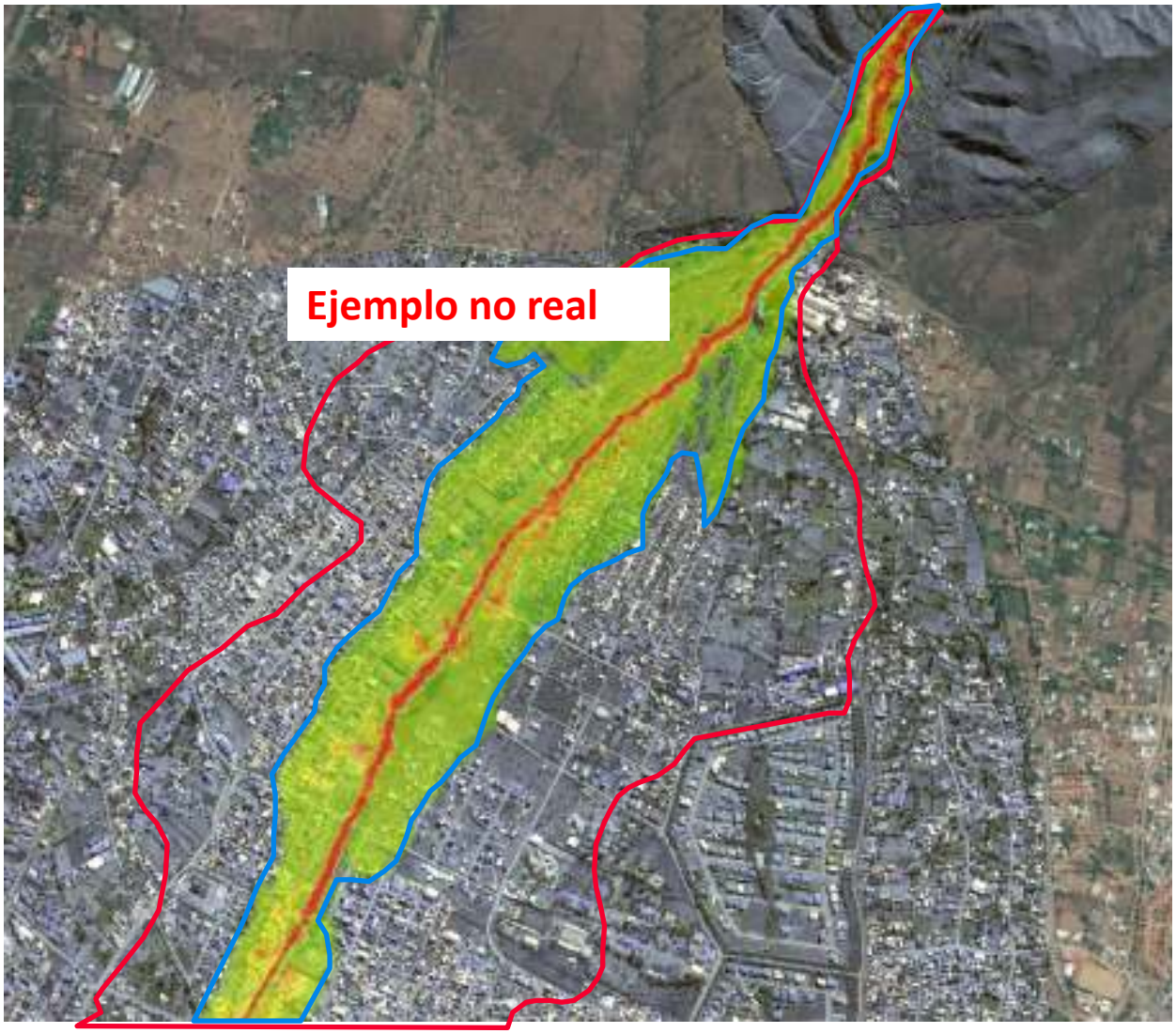
RAMMS::Debris Flow

PdR	50
Volumen$_{empuje}$	30‘000 m^3
mu	0.08
Xi	700
Densidad	1500 kg/m^3



PdR	100
Volumen$_{empuje}$	80‘000 m^3
mu	0.08
Xi	700
Densidad	1500 kg/m^3

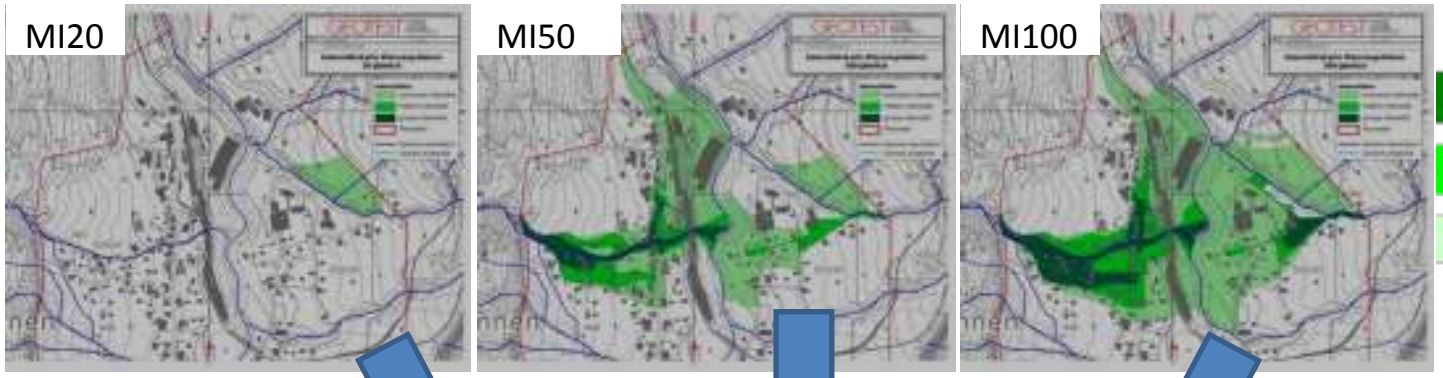
RAMMS::Debris Flow



Área potencialmente inundable

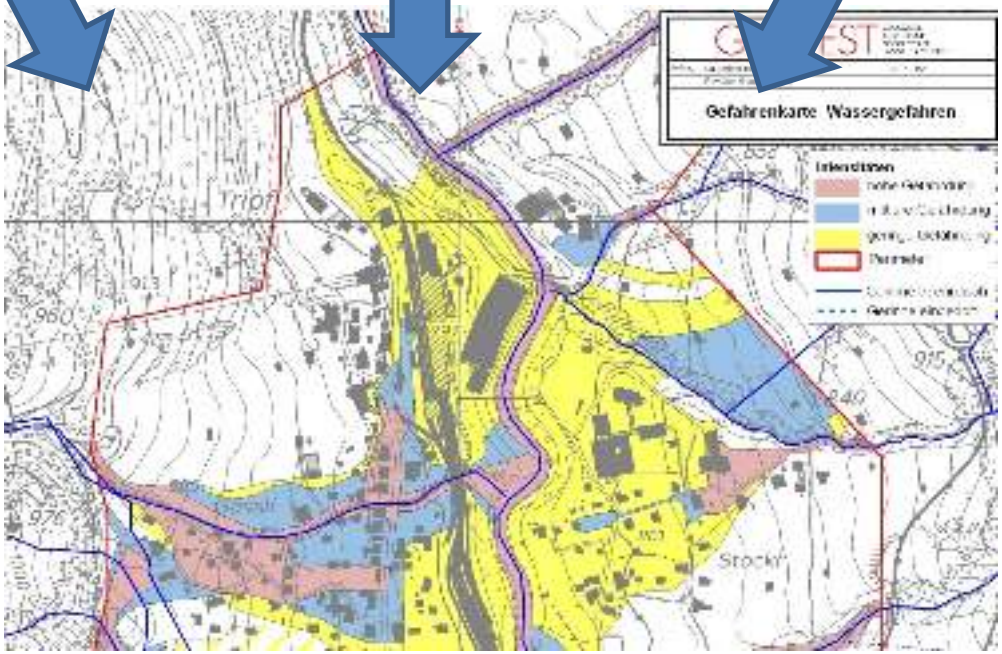
Área inundado del escenario p.e. 100 años de recurrencia

Mapas de Intensitades
Mapa de Amenaza/Peligro



Intensidad	20	50	100
alta	9	8	7
mediana	6	5	4
liviana	3	2	1

Período de retorno



Mapas de Intensitades
Mapa de Amenaza/Peligro

Zona de restricción	Consecuencia en plan regulador
• Destrucción de casas/infraestructura probable	• Prohibido construir obras • Ninguna reconstrucción de obras destruidas

Zona de obligación	Consecuencia en plan regulador
• Personas no amenazadas en casa • Daños de casas/infraestructura probable	• No definir nuevas zonas de construcción en plan regulador • Nuevas casas sólo con medidas de protección • No construir construcciones sensibles

Zona de indicación	Consecuencia en plan regulador
• Personas no amenazadas • Daños ligeros probable	• Informar dueños de terreno • Protección para construcciones sensibles

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

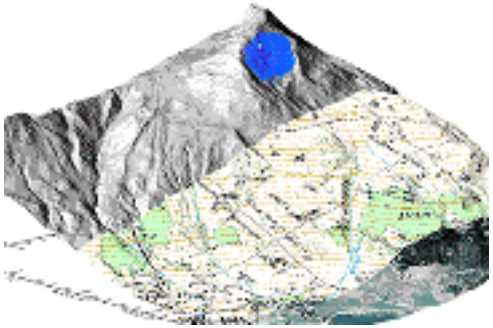
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

RAMMS::DEBRIS FLOW

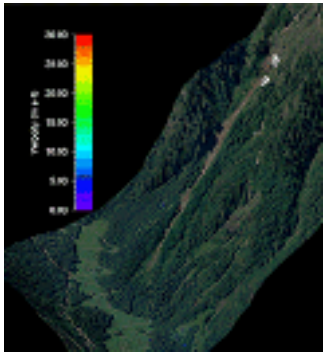
RAMMS::Debris Flow

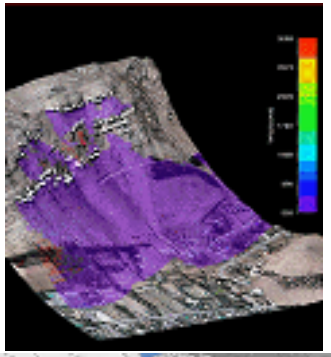
RAMMS::Debris Flow

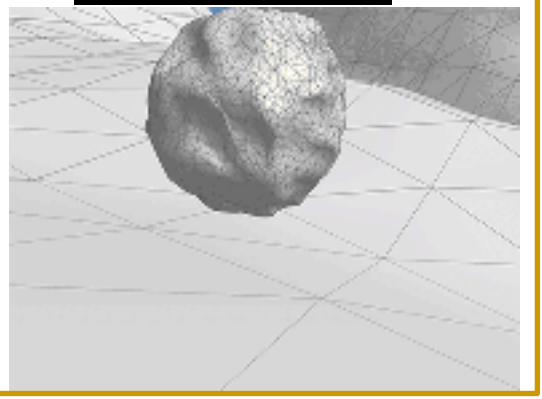
RAMMS::Avalanche



RAMMS::Rockfall







RAMMS::Debris Flow

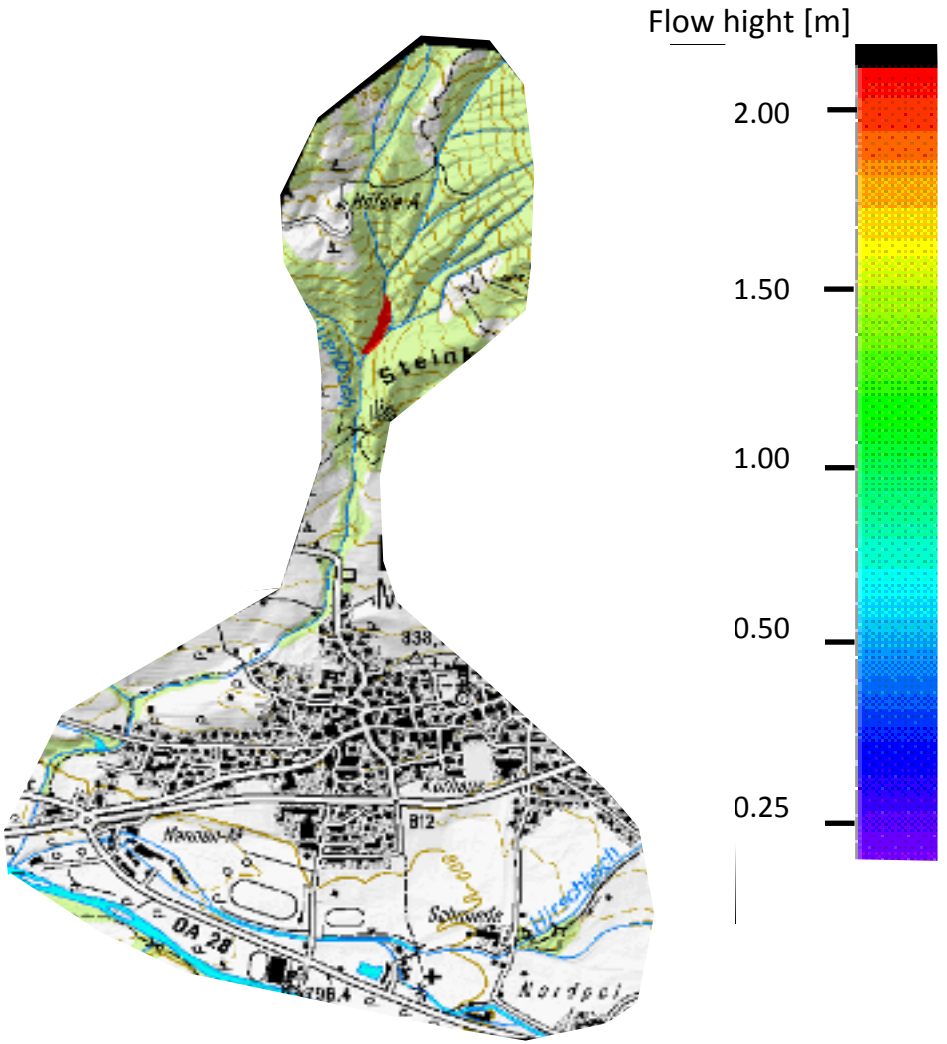
Apoyo importante para elaboración del mapa de amenaza y para planificación de medidas de protección

Input:

- Zona de arranque
- Volumen inicial
- Densidad del aluvión
- Parámetros de fricción

Output:

- Delimitación del aluvión
- Altura
- Velocidad
- Presión de flujo



RAMMS::Debris Flow

Ecuación modificada Voellmy-Salm

- Velocidad promediada en profundidad
- Flujo continuo

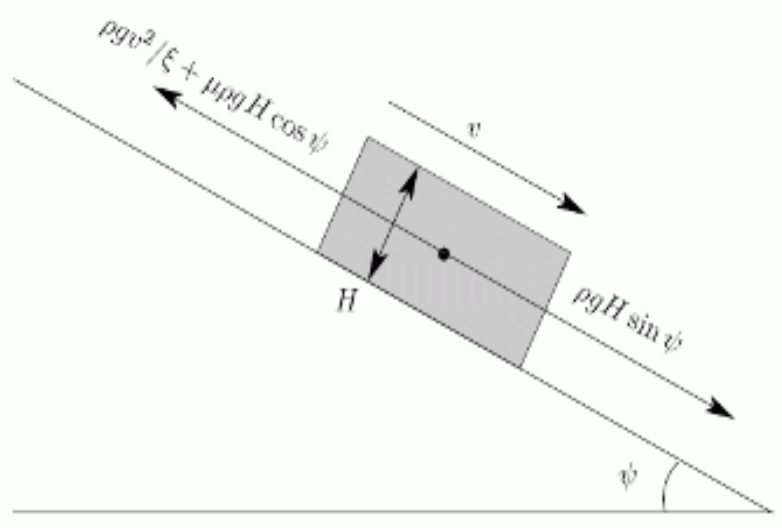
R = Resistencia a la fricción

Fuerza normal

Fuerza del peso

masa

$$R = \rho \cdot H \cdot g \cdot \cos\psi \cdot \mu + \frac{\rho \cdot g}{\xi} \cdot v^2$$



Mü:
Define la densidad, contenido de agua
Describe el comportamiento dentro de la masa en movimiento
Determina el alcance/largo del flujo
Mudflow = valor bajo de mu

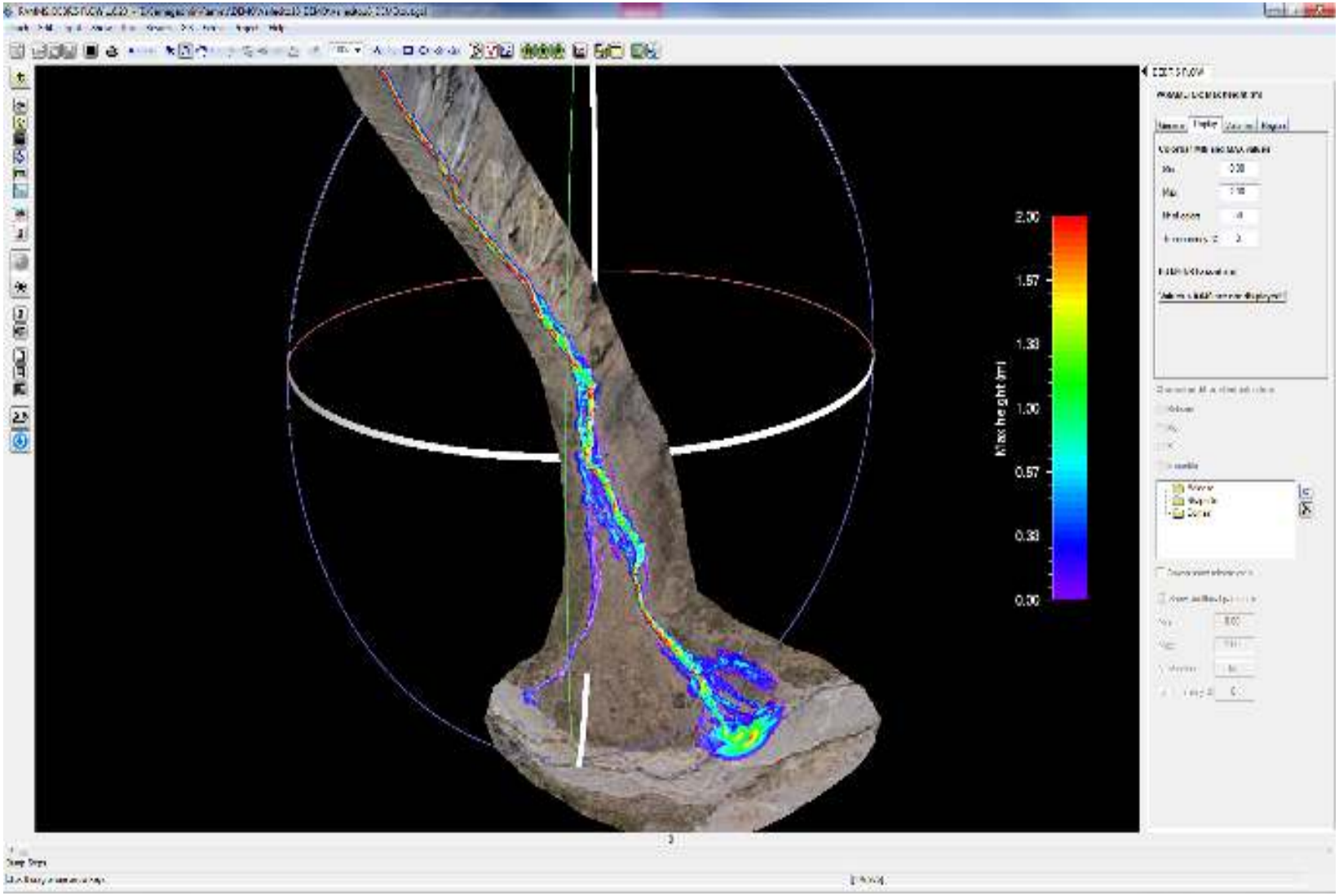
Default value: 0.2
Aproximación: tan del cono aluvional [°]
Valores: 0.05 – 0.4

Xi: Caracteriza la morfología (rugosidad) entre lecho y la masa.
Describe la pérdida de energía quinética por interacción entre flujo y lecho.

Determina la velocidad y la profundidad del flujo
Mudflow = valor alto (< 1000)

Default value: 200

RAMMS::Debris Flow



RAMMS::Debris Flow

Rickenmann, D. (1999): Empirical Relationships for Debris Flows. In: Natural Hazards 19; 47:77. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

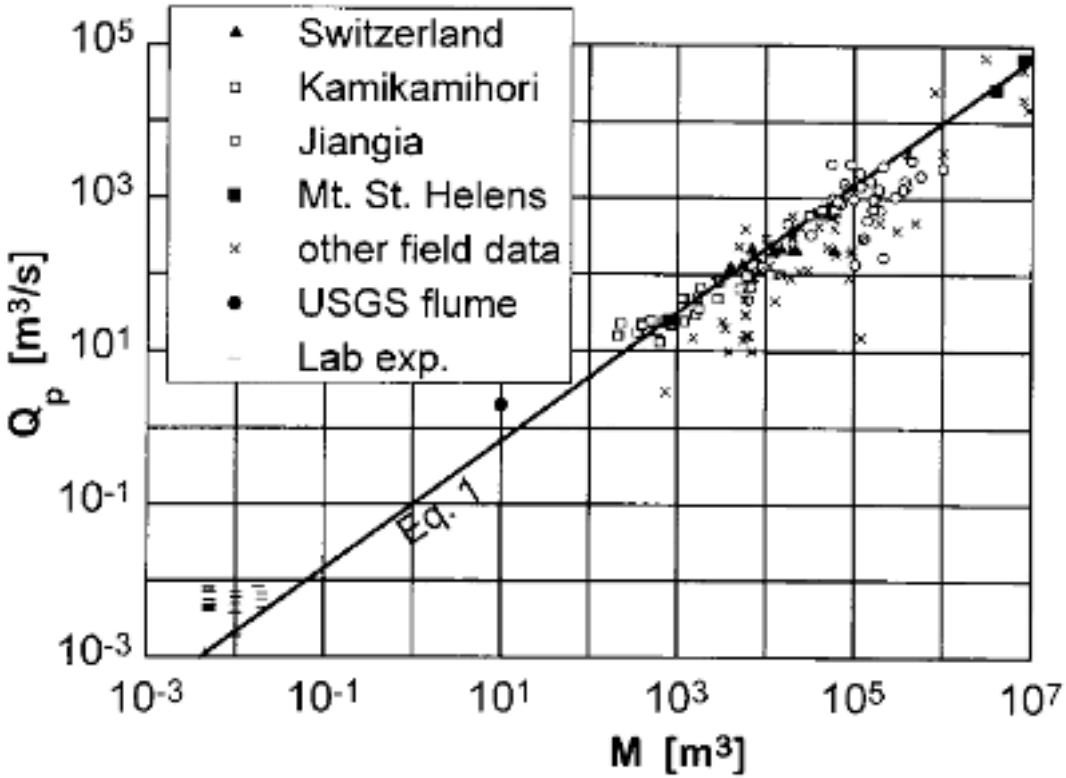
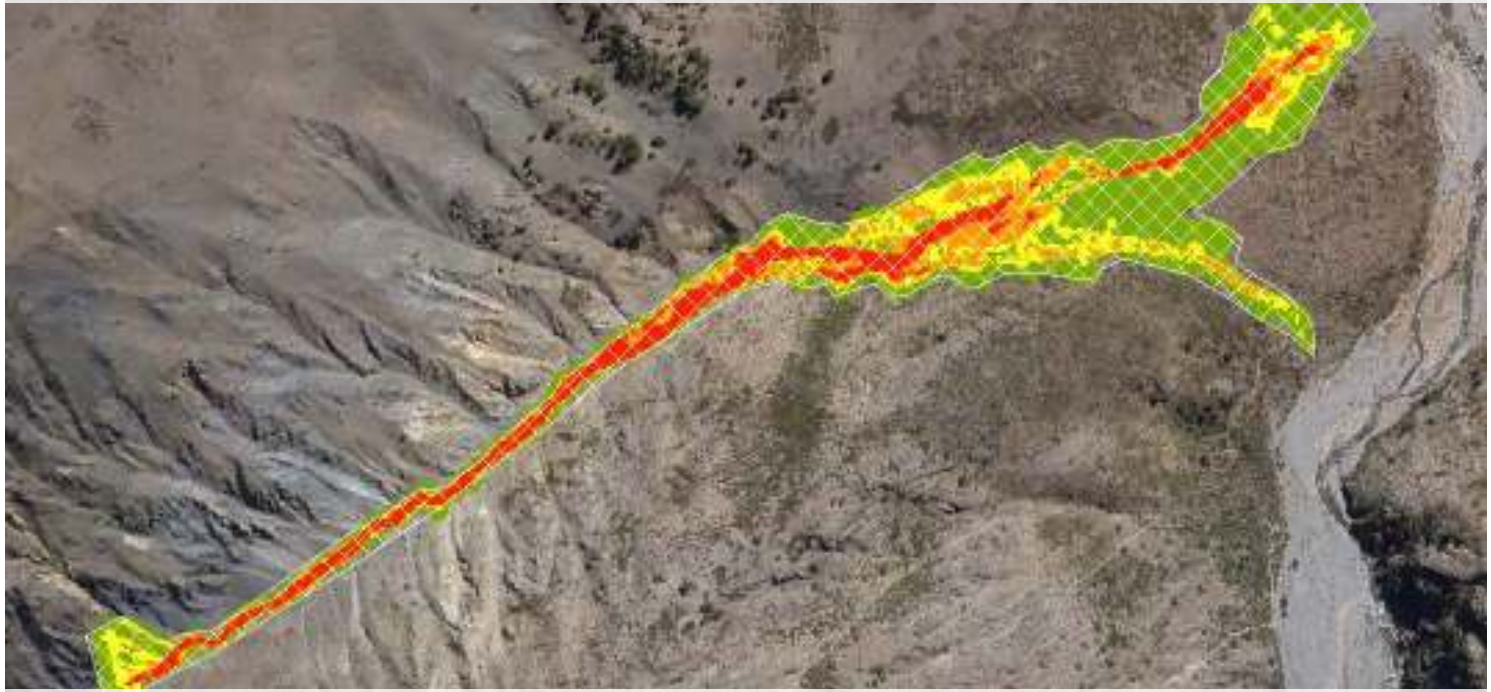


Figure 2. Peak discharge (Q_p) of debris flows vs debris-flow volume (M). Also shown is the semi-theoretical line satisfying Froude similarity (Equation (1)).

$$Q_* = 0.1 M_*^{5/6} = 0.1 M_*^{0.833},$$

RAMMS::Debris Flow

Momentum = masa * v
Para cada dump step, RAMMS calcula el momentum actual de todas las celdas mojadas



Condición para finalizar modelación:
Valor de momentum en dump step x < 5 % del momentum máximo

$$\sum_{1\,(celda)}^{i\,(celda)} (m * v) < \sum_{1\,(celda)}^{\max\,(celda)} (m * v) * 0.05$$

Licence key: 0hff-10mi-ljsm-54hh-324j

«l» de Lisa

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

RAMMS EJERCICIO

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

INFLUENCIA CAMBIO CLIMÁTICO A LOS ESCENARIOS

Puntos de discusión:

Los mapas de peligros en Perú consideran la recurrencia y las intensidades, interacciones de procesos?

Insitucionalilzación de los mapas de peligro en Perú?

- Obligación/ base legal de realizar el mapa?
- Qué hace el estado para que se respecte el mapa?
- Detalle de los mapas y su influencia para la acetpación?
- Cuan negociables son los mapas de peligro en el Perú?

CONCLUSIONES DEL DÍA

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

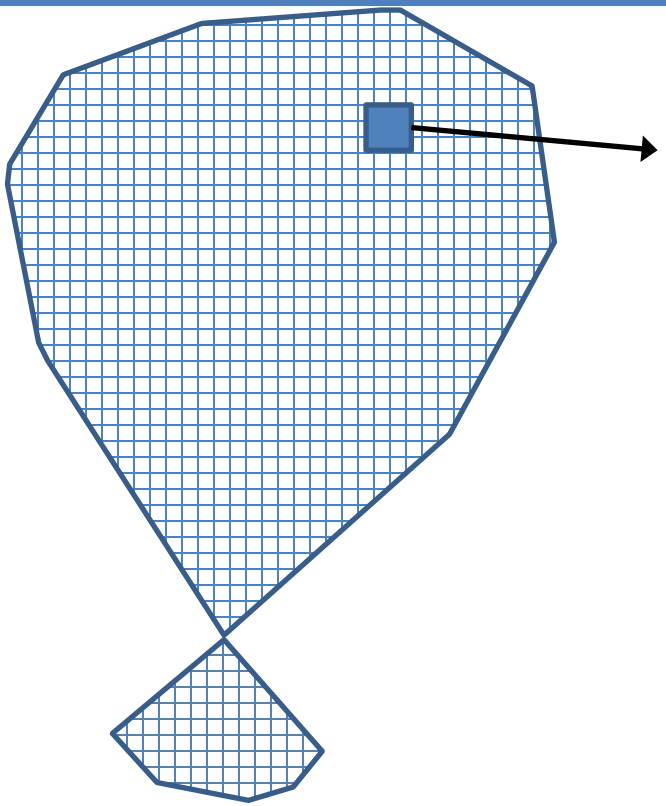
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

RETROALIMENTACIÓN DÍA 1

Retroalimentación Día 1

Definición peligro (abreviación): Es peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y una frecuencia de ocurrencia definida.

Situación para el proceso «Huayco»:



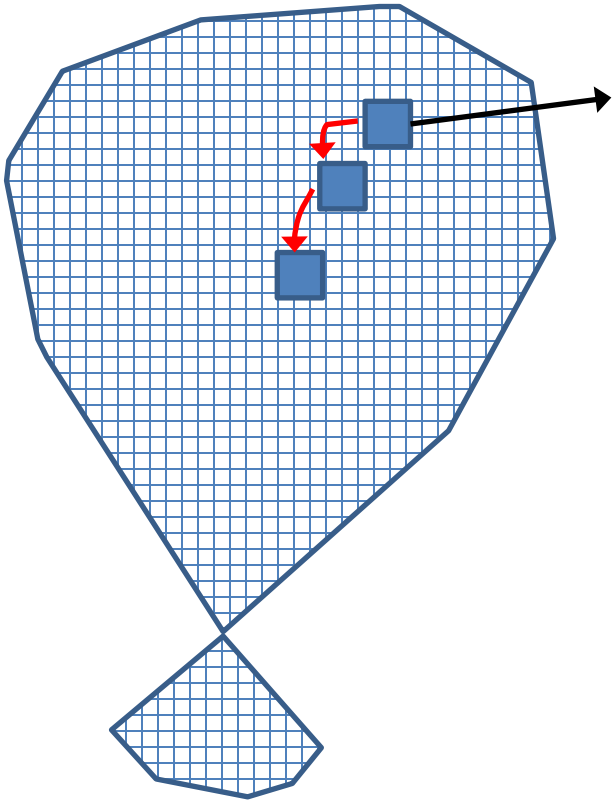
Análisis de susceptibilidad/disponibilidad a un proceso peligroso por celda del DEM con un análisis multicriterial, combinando factores tales como:

- Pendiente
- Litología
- Cobertura vegetal
- Precipitación
- …

- Aspecto de alta importancia para el análisis de peligro
- Descripciones claras en la guía CENEPRED

Retroalimentación Día 1

Situación para el proceso «Huayco»:



Sería un valor agregado añadir otros aspectos metodológicos, tales como:

- **Interacción de las celdas** o de procesos (cadena de procesos), que es la base inpescindible para definir los escenarios
- Cómo definir la **carga de sedimentos** por escenario (20, 50, 100 años de ocurrencia)
- Análisis de consecuencia del peligro en el cono: **cómo definir la extensión del peligro y su intensidad en el cono** (el criterio «cercanía de la celda al río» no es un parámetro conveniente)
- Exigencias mínimas para las **modelaciones numéricas**

Hoy en día se utiliza el análisis de antecedentes (catastro de eventos) para definir el **período de retorno** de un proceso peligroso.
Sería un valor agregado definir metodologías adicionales para determinar el período de retorno, sobre todo para lugares donde no hay falta información de eventos anteriores

- Estadísticos hidrológicos/caudales
- Interpretación de testigos morfológicos en terreno
- Factores de deducción de la carga de sedimentos, saliendo del eventos posible con períodos de retorno de 100 años (Lehmann, Gertsch)

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

ANÁLISIS DE RIESGO

Análisis de Riesgo

Análisis de déficit de protección

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

?Es necesario realizar un análisis de riesgo? / ?Se permite construcciones nuevas?

Clases de objetos				Intensidades aceptadas		
				Periodo de retorno (años)		
Número	*Edificios / Objetos especiales*	*Infraestructura*	*Agricultura*	*< 20*	*20 - 50*	*50 - 100*
1			- Bosque natural/forestal - Naturaleza (pastos, vegetación herbácea)	3	3	3
2		- Carretera de tierra periférica		2	3	3
3	- Edificio sin ocupación	- Carretera/puente de importancia local - Torre de baja tensión - Aducción	- Cultivo permanente	2	2	3
4	- Edificio con ocupación temporal	- Carretera/puente de importancia regional - Torre de alta tensión / comunicación	- Bosques con función protectora	1	1	2
5		- Carretera/puente de importancia nacional - Planta de tratamiento de agua		0	1	2
6	- Zona de viviendas densas - Industria - Espacio público - Edificio culturale - Colegio / escuela - Hospital	- Terminal / Aeropuerto		0	0	1
7	- Objeto especial	- Objeto especial		*Evaluación caso por caso*		

Leyenda

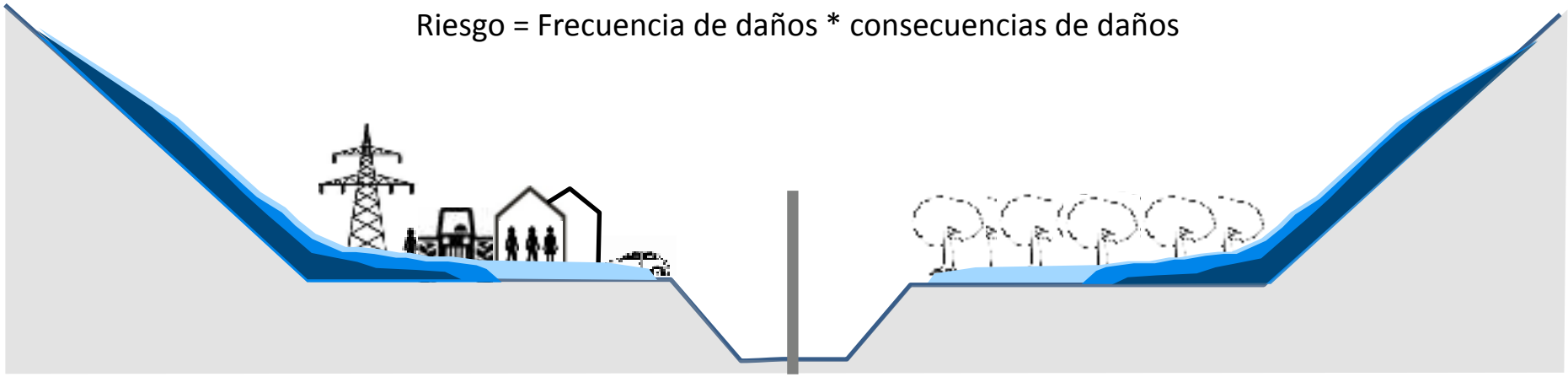
- 0 = Ninguna intensidad aceptada
- 1 = Solo intensidad baja aceptada
- 2 = Intensidad media y baja aceptada
- 3 = Intensidad alta aceptada

Análisis de Riesgo

Definiciones

Amenaza en ambos lados idéntica, Riesgo diferente

Riesgo = Frecuencia de daños * consecuencias de daños



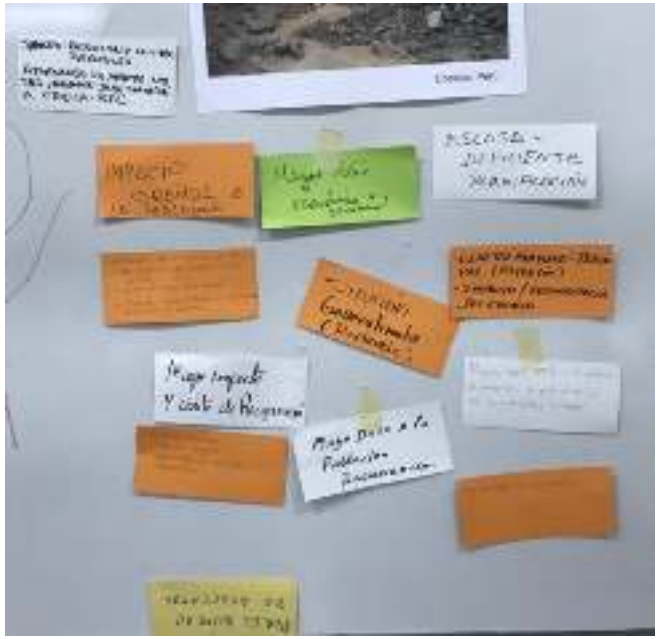
Riesgos por Daños directos	Riesgos por Daños indirectos
Riesgos personas	
Riesgos bienes	Riesgos bienes

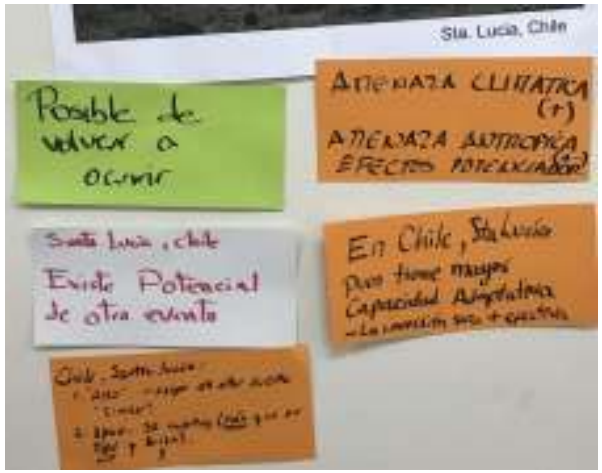
$$Riesgo\ total = \sum Riesgos\ directos, indirecto \qquad [Soles/a]$$

Análisis de Riesgo

Definiciones

Es importante estandarizar los parámetros de riesgos y sus valores correspondientes para tener resultados comparables que permiten priorizar las inversiones para reducir los riesgos





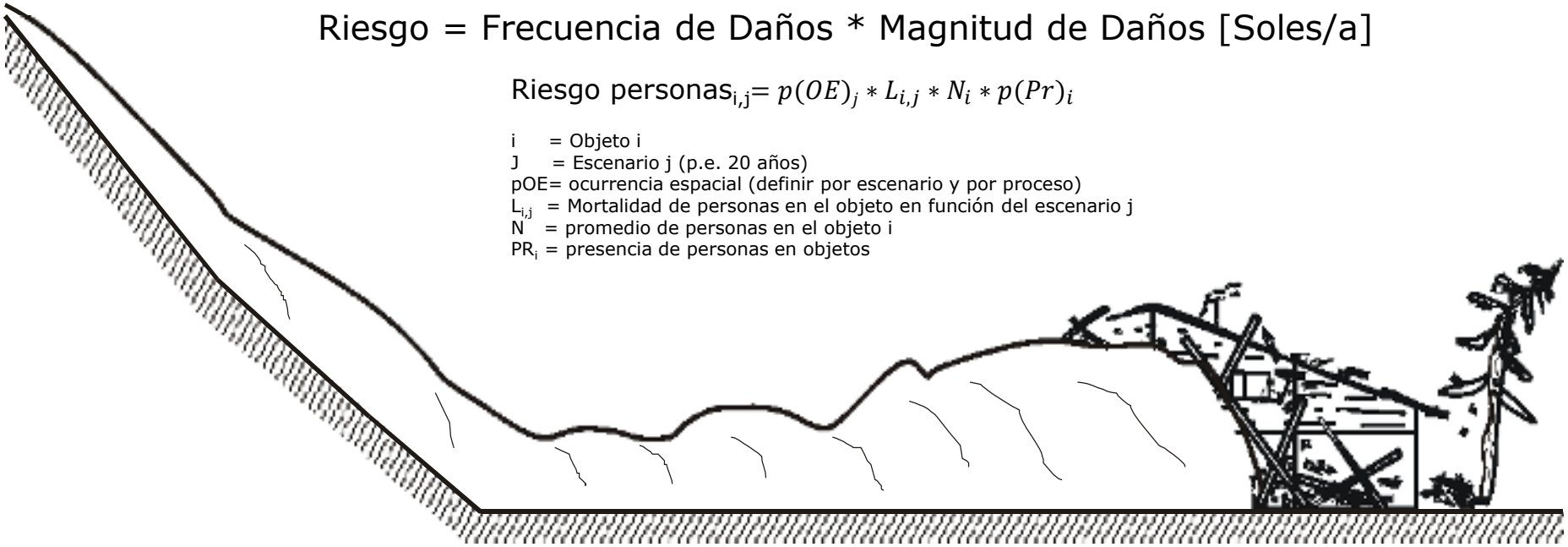
- Cantidad de personas afectadas
- Pérdidas económicas por falta de ingresos
- Alta intesidad del proceso
- Alta frecuencia de eventos parecidas
- Costo de recuperación
- Sta. Lucia tiene más capacidad adaptativa (alta resiliencia)
- Alta efectividad de la medida (Bondo)

Daño

Riesgo = Frecuencia de Daños * Magnitud de Daños [Soles/a]

Riesgo personas$_{i,j}$= $p(OE)_j * L_{i,j} * N_i * p(Pr)_i$

i = Objeto i
J = Escenario j (p.e. 20 años)
pOE= ocurrencia espacial (definir por escenario y por proceso)
$L_{i,j}$ = Mortalidad de personas en el objeto en función del escenario j
N = promedio de personas en el objeto i
PR_i = presencia de personas en objetos



Proceso peligroso

- Tipo de proceso
- Intensidad del proceso
- Período de retorno
- Ocurrencia espacial (Oe)

Potencial de daño

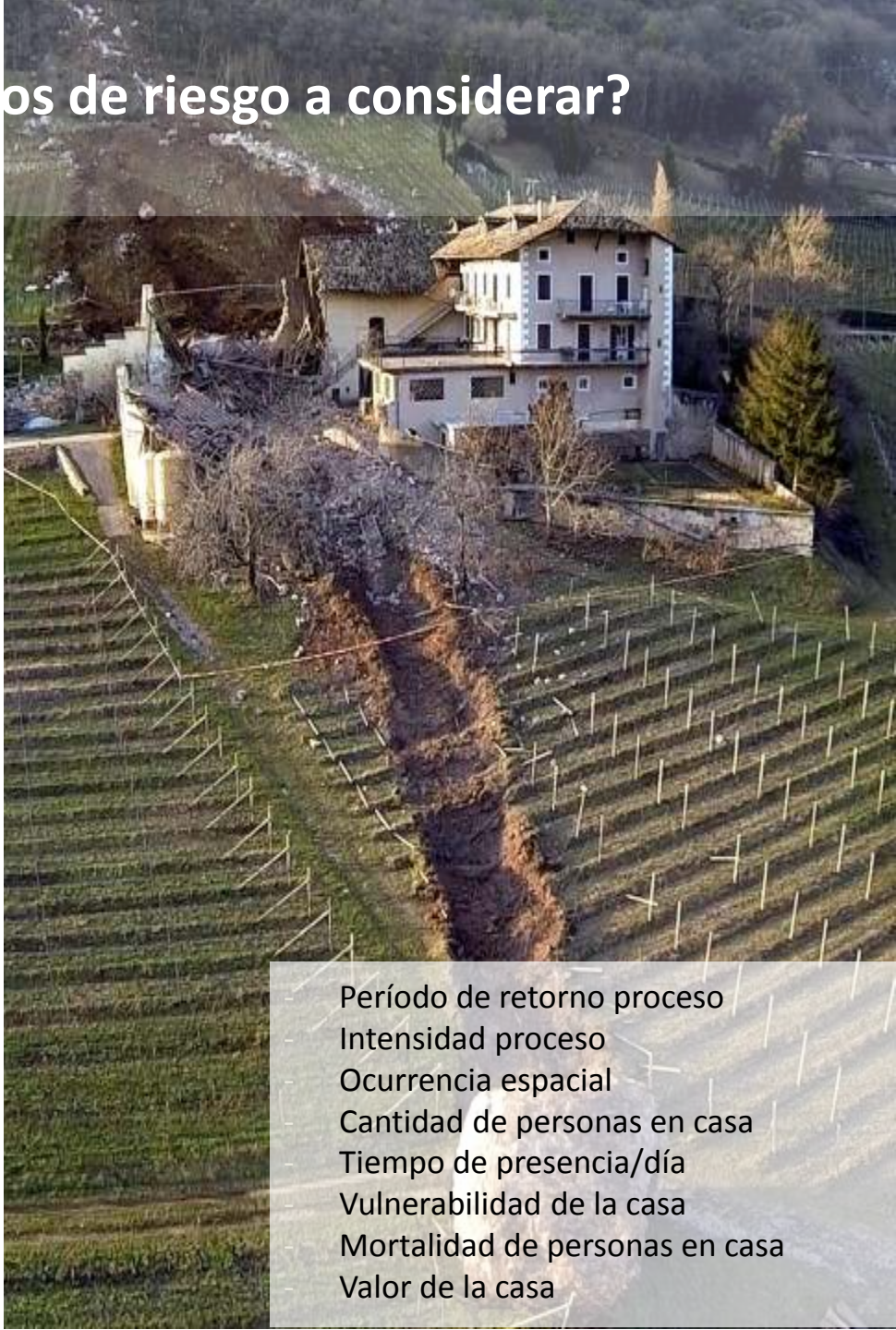
- Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

?Cuáles son los parámetros de riesgo a considerar?

- Período de retorno proceso
- Intensidad proceso
- Ocurrencia espacial
- Cantidad de personas en tren
- Velocidad media tren
- Frecuencia del tren
- Vulnerabilidad de los trenes
- Mortalidad de personas en el tren
- Valor del tren

?Cuáles son los parámetros de riesgo a considerar?

Tramin, Italia,
4000 m^3
Caída de bloques,
21 de enero del 2014

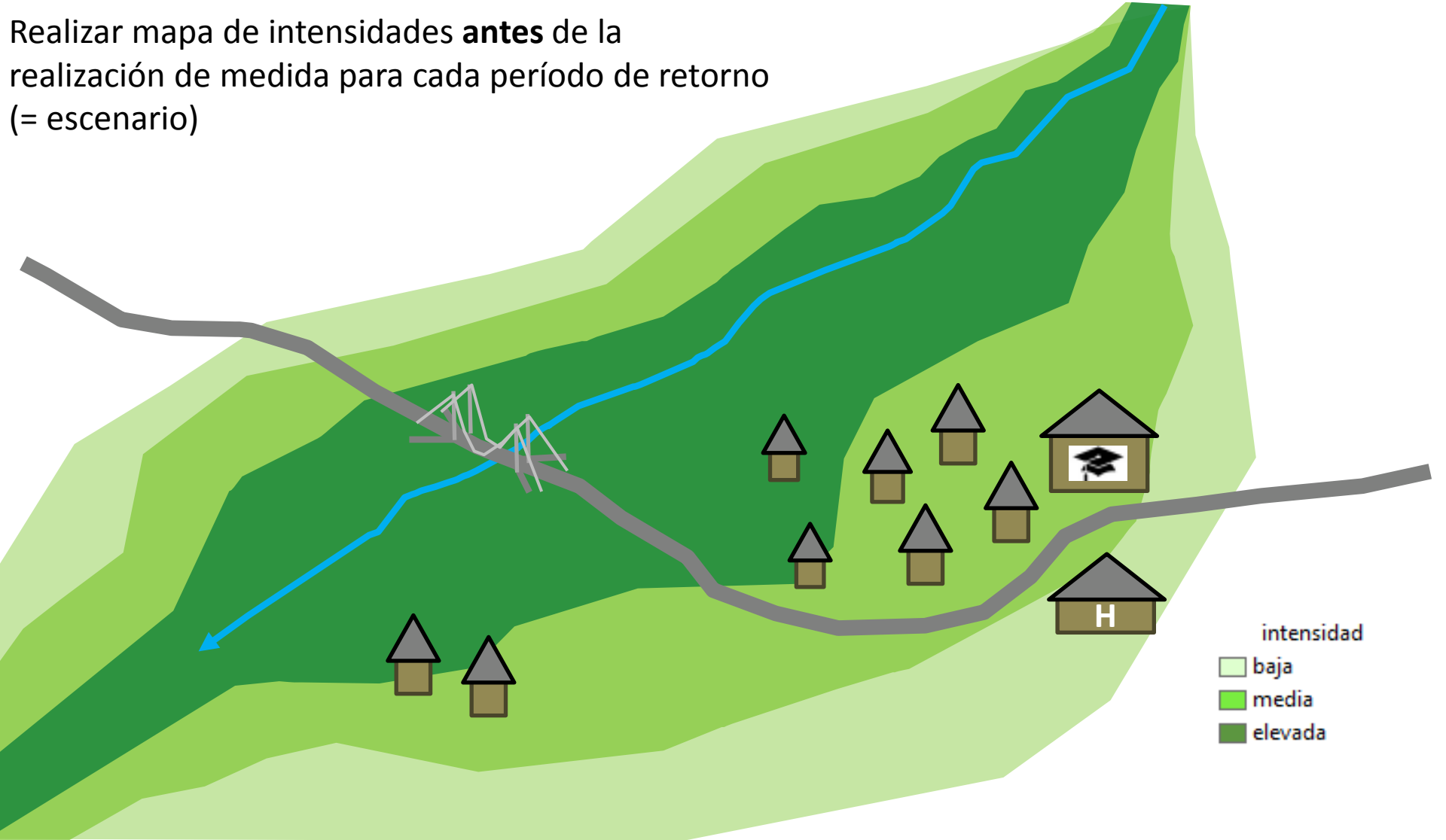


Período de retorno proceso
Intensidad proceso
Ocurrencia espacial
Cantidad de personas en casa
Tiempo de presencia/día
Vulnerabilidad de la casa
Mortalidad de personas en casa
Valor de la casa

Análisis de Riesgo

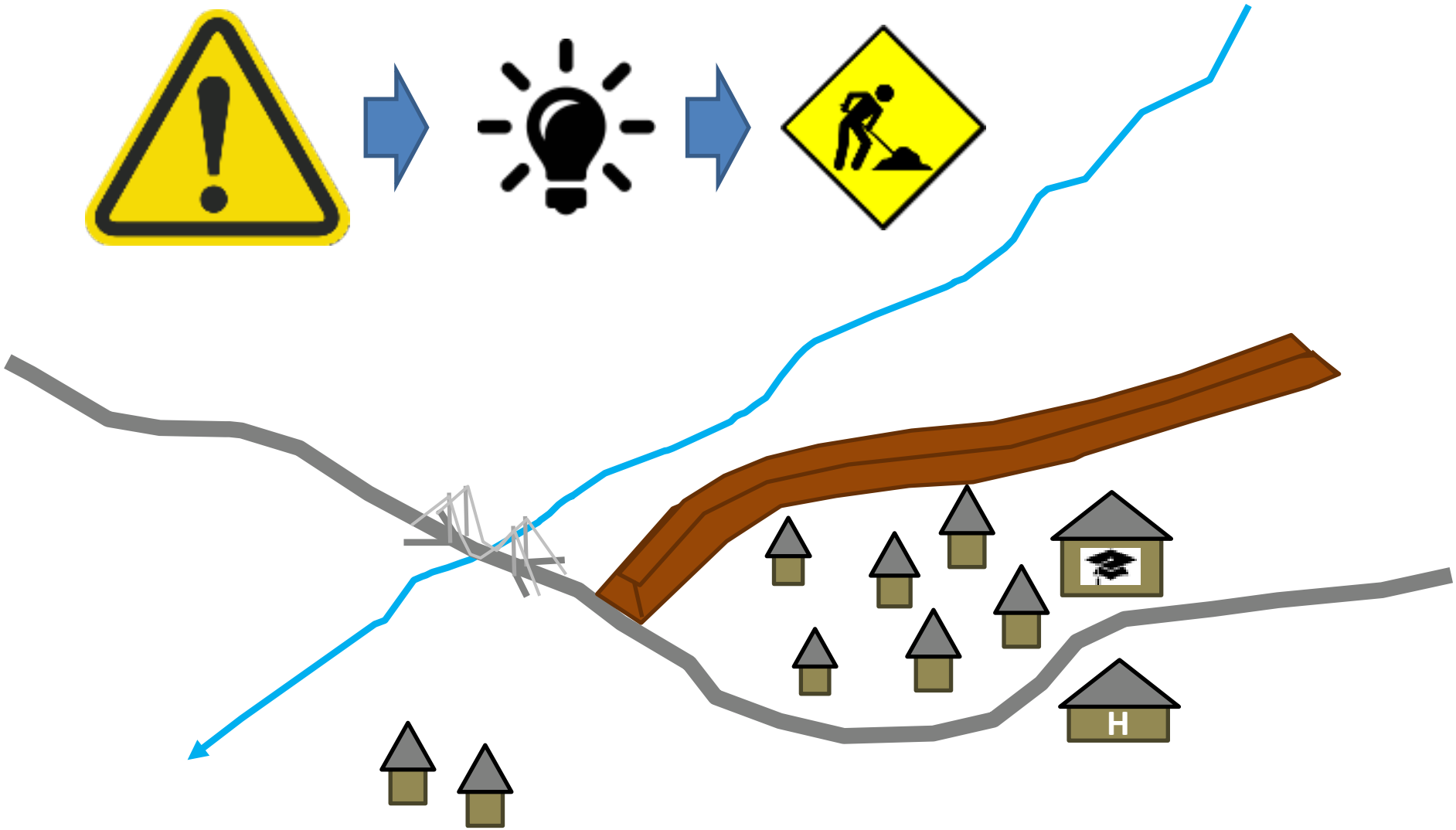
Concepto

Realizar mapa de intensidades **antes** de la realización de medida para cada período de retorno (= escenario)



Análisis de Riesgo

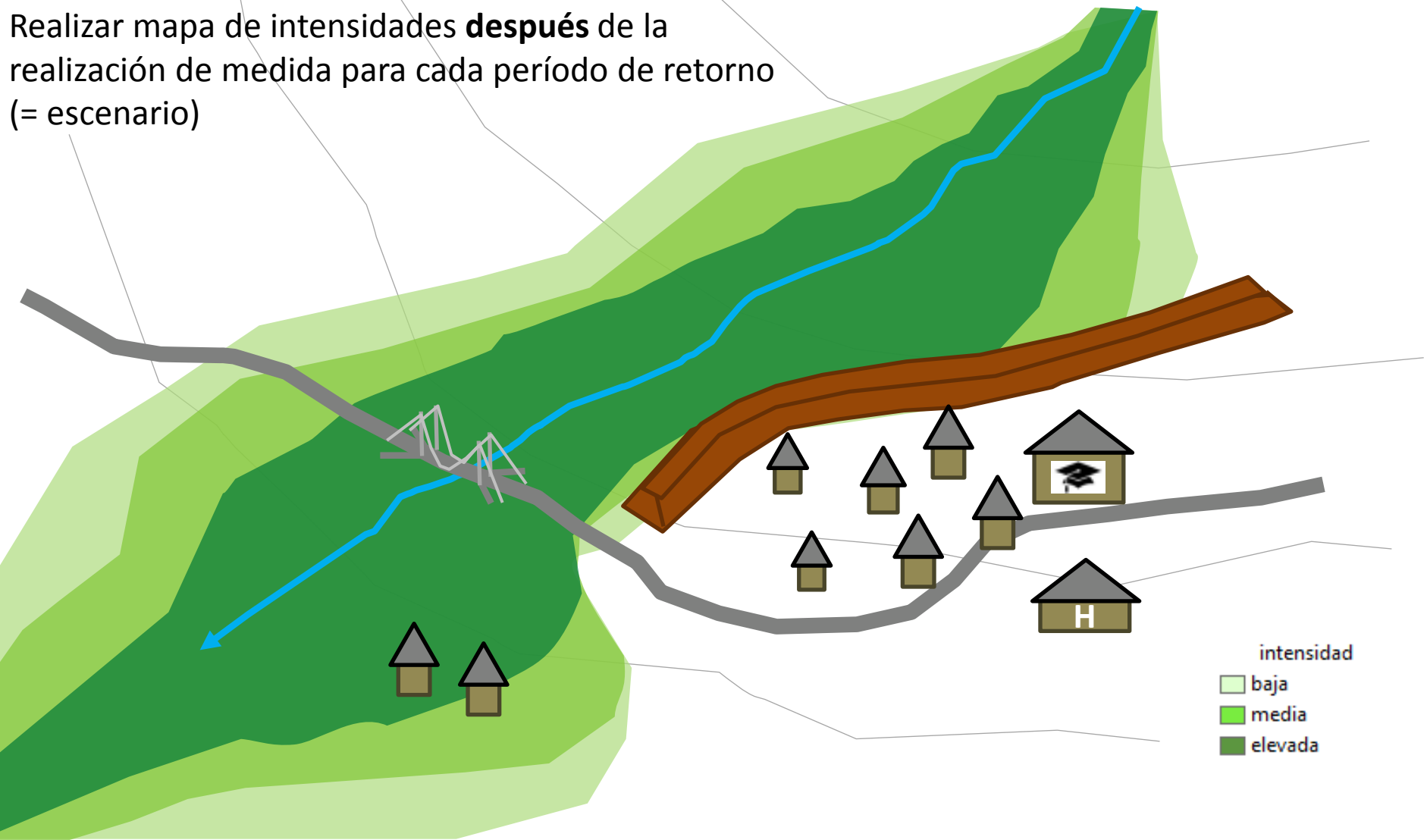
Concepto



Análisis de Riesgo

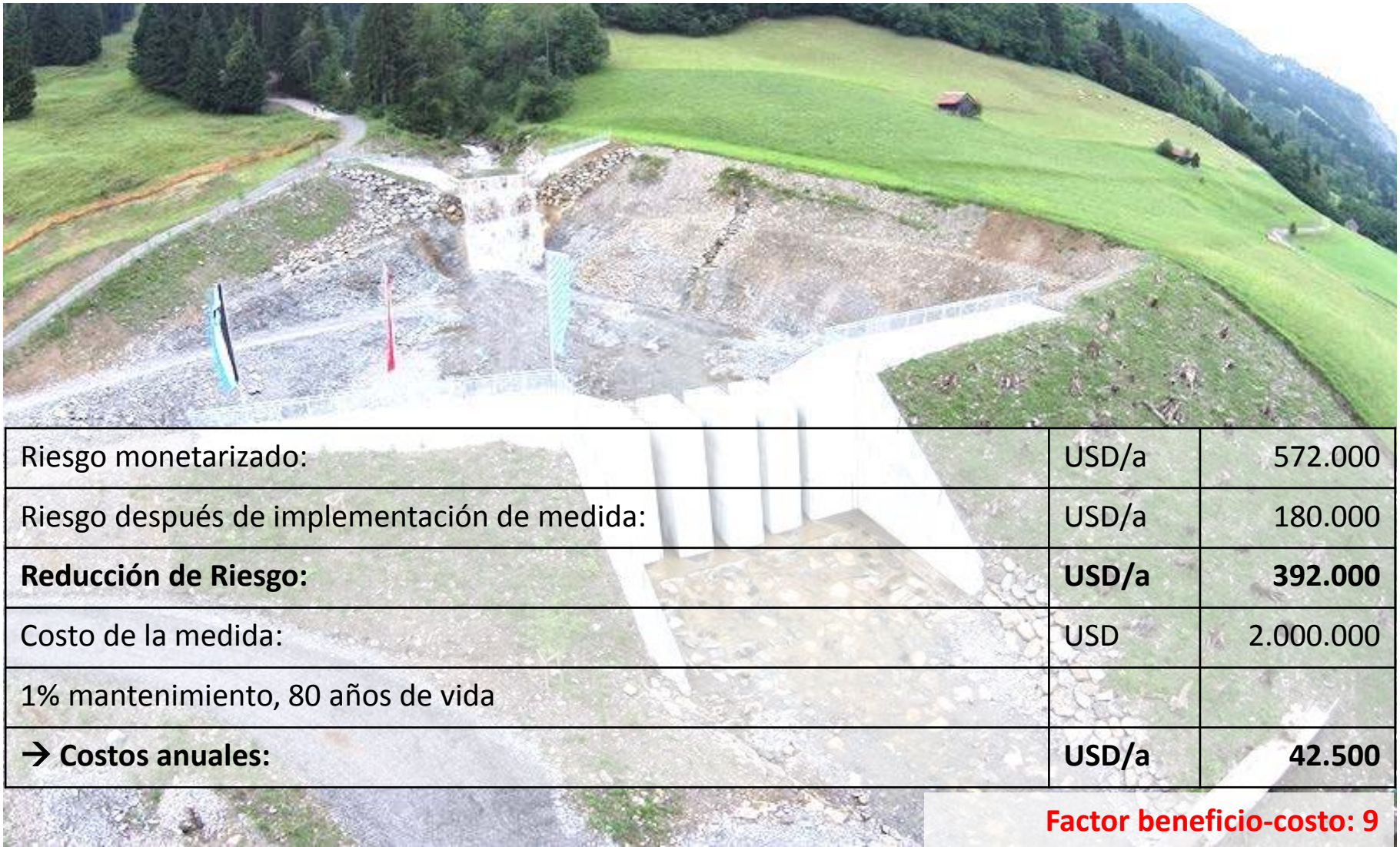
Concepto

Realizar mapa de intensidades **después** de la realización de medida para cada período de retorno (= escenario)



Análisis de Riesgo

Definiciones



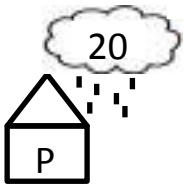
Riesgo monetarizado:	USD/a	572.000
Riesgo después de implementación de medida:	USD/a	180.000
Reducción de Riesgo:	**USD/a**	**392.000**
Costo de la medida:	USD	2.000.000
1% mantenimiento, 80 años de vida		
→ Costos anuales:	**USD/a**	**42.500**

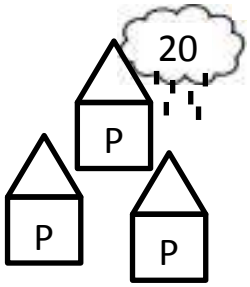
Factor beneficio-costo: 9

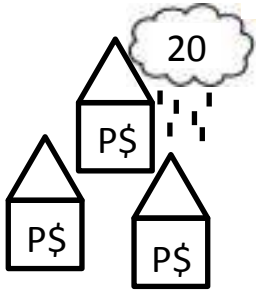
Análisis de Riesgo

Definiciones

Personas







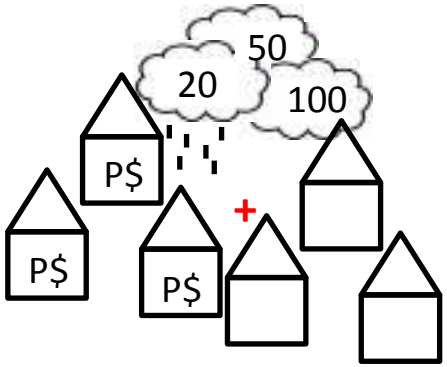
$$RP_{i,j} = p(OE)_j * \lambda_{i,j} * N_i * p(PR)_i$$

$$RP_j = \sum_i RP_{i,j}$$

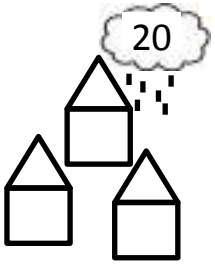
$$RTmon_j = RPj * WP + ROj$$

WP= *Willingness to pay*

i= *Objeto* j= *Escenario* (20 *años*)



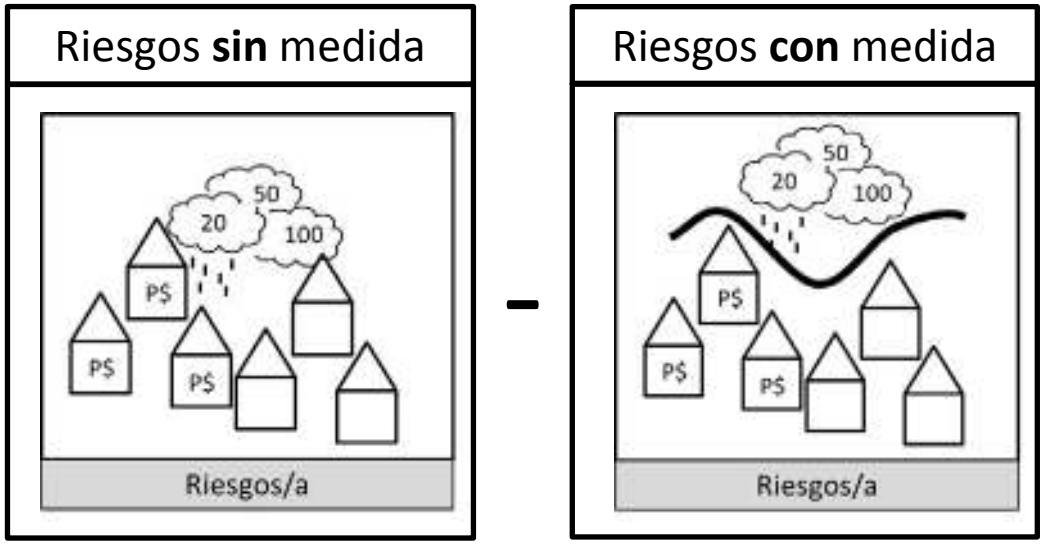
Bienes



$$RO_{i,j} = p(OE)_j * Vu_{i,j} * Va_i$$

$$RO_j = \sum_i RO_{i,j}$$

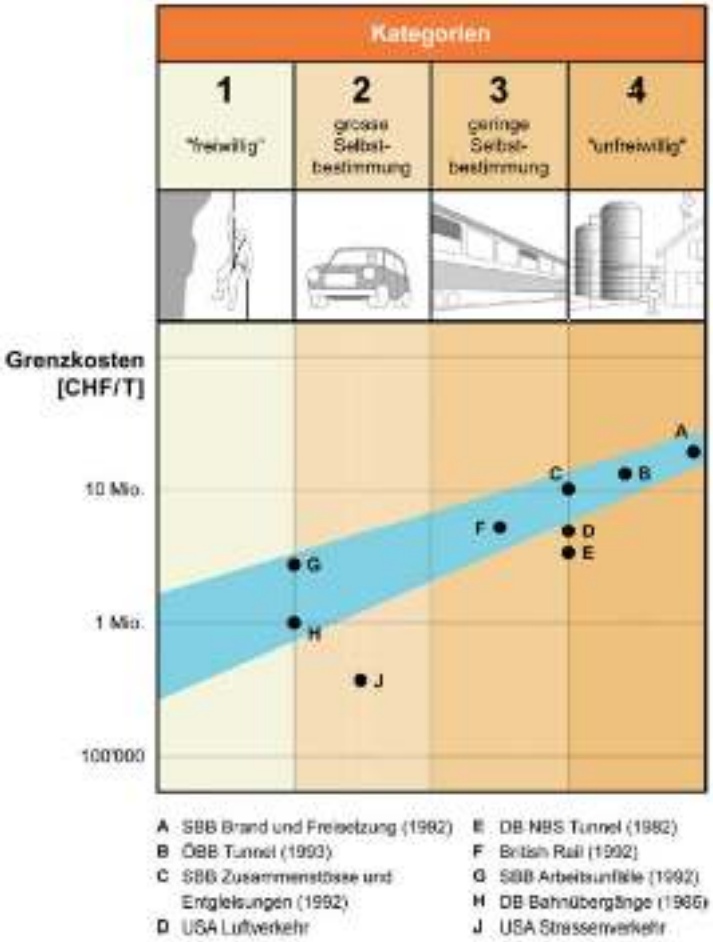
Concepto de daños indirectos



Costo de la medida (por año)

Análisis de Riesgo

Willingness to pay (WP)



Consenso Suiza:
USD 5 mio para evitar daño fatal

Aspectos a considerar	
Edad media de los Bolivianos	22.5
Jubilación	Hombres: 65 Mujeres: 55 – 60 promedio 58
Pérdida de años de compra (Erwerbsjahr)	35.5 años
Ingreso salario promedio	3.200 USD/a (2016) 5.000 USD/a con trabajos informales (estimación)
Ingreso salario promedio en 35.5 años	113.600 USD/35.5 años (formal) 177.500 USD/35.5 años (informal) > estimación Willingness to pay sin considerar aspectos éticos o cuantificación de pérdida para sobrevivientes

Análisis de Riesgo

Tipos de procesos analizados

Caída

Deslizamiento

Huayco

Inundación

Proceso peligroso

- Tipo de proceso
- Intensidad del proceso
- Período de retorno
- Ocurrencia espacial (Oe)

Potencial de daño

- Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

Análisis de Riesgo

Intensidad de procesos

	Intensidad		
	Baja	Mediana	Alta
Aluvión, Huayco			
		H < 1 m V < 1 m/s <1.000 kg/m²	H > 1 m V > 1 m/s > 1.000 kg/m²
Inundación			
	H < 0.5 m V*h < 0.5 m²/s < 500 kg/m²	0.5 m < H < 2 m 0.5 < V*h < 0.5 m²/s < 1.000 kg/m²	H > 2 m V*h > 2 m²/s > 1.000 kg/m²

Proceso peligroso

- Tipo de proceso
- Intensidad del proceso
- Período de retorno
- Ocurrencia espacial (Oe)

Potencial de daño

- Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

Análisis de Riesgo

Intensidad de procesos

	Intensidad		
	Baja	Mediana	Alta
Caídas			
	< 30 kJ Destrucción de paredes de madera	30 < E < 300 kJ Destrucción paredes de hormigón armado de grosor < 0.5 m	> 300 kJ Destrucción de todo tipo de construcción
Deslizamientos			
	Movimientos mm/a Fisuras leves sin inestabilidad estructural	Movimientos cm/a Fisuras considerable inestabilidad estructural a largo plazo	Movimientos dm/a Torsión/destrucción de casas

Proceso peligroso

- Tipo de proceso
- Intensidad del proceso
- Período de retorno
- Ocurrencia espacial (Oe)

Potencial de daño

- Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

Análisis de Riesgo

Intensidad de procesos

Asignación de intensidades a imágenes en handouts

	Intensidad		
	Baja	Mediana	Alta
Deslizamientos superficiales rápidos			
	H < 0.5 m	0.5 m < H < 2 m	H > 2 m

Proceso peligroso

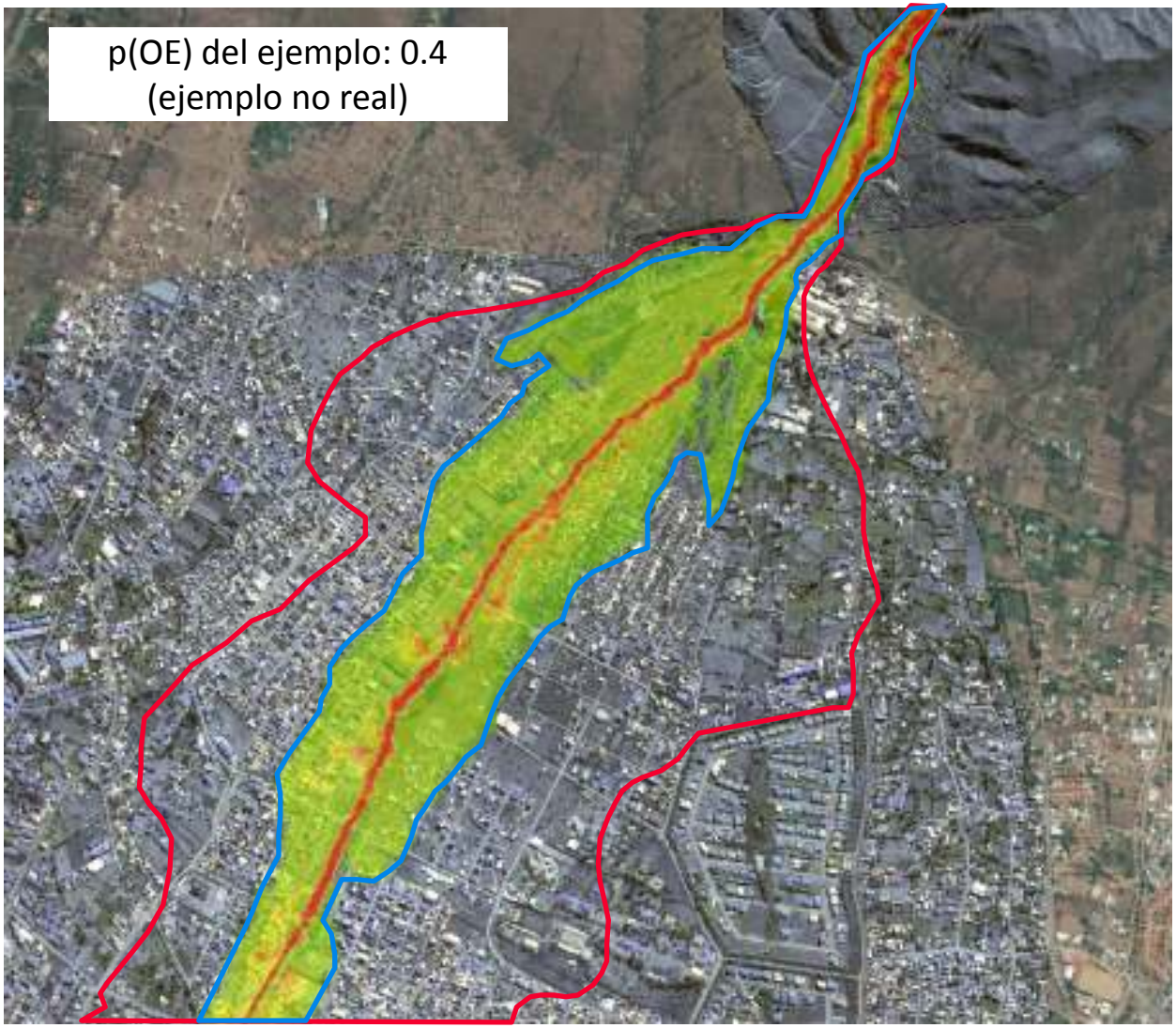
- Tipo de proceso
- Intensidad del proceso
- Período de retorno
- Ocurrencia espacial (Oe)

Ya discutido en «análisis de amenaza»

Potencial de daño

- Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

Análisis de Riesgo
Ocurrencia Espacial p(OE)



Área potencialmente inundable

Área inundado del escenario x

Definir factor p(OE) por escenario (valores fijos):

Escenario 20: 0.6
Escenario 50: 0.4
Escenario 100: 0.6

Los factores se los define en relación al área del mapa de intensidades concerniente:

Escenario 50: prA = 0.6*área potencialmente inundable del mapa de Intensidades 50 años

Análisis de Riesgo

Tipos de objetos, Valores, ocupación, presencia

Proceso peligroso

- Tipo de proceso
- Intensidad del proceso
- Período de retorno
- Ocurrencia espacial (OE)

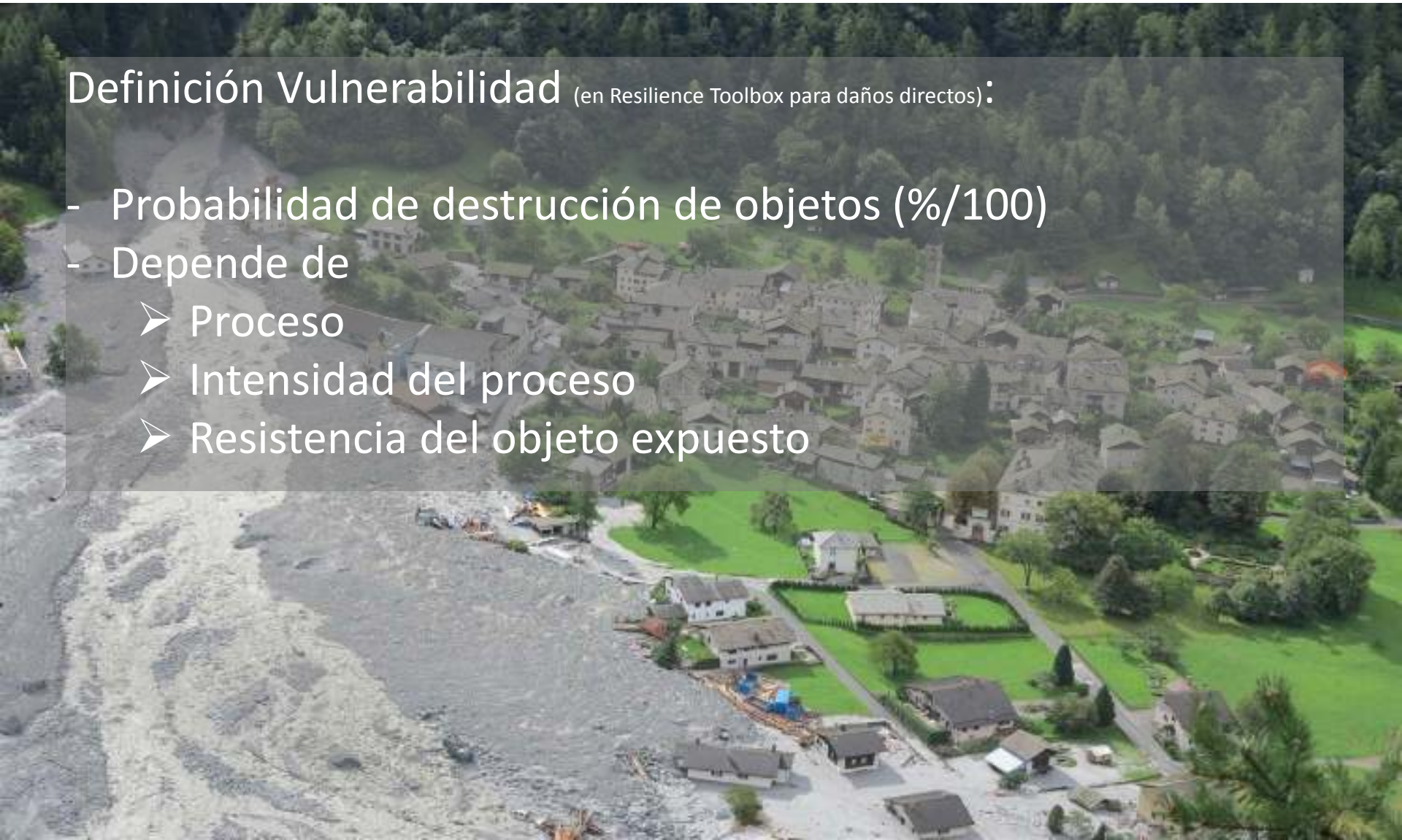
Potencial de daño

- Tipo de objeto
- Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

Análisis de Riesgo
Vulnerabilidad

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades



Definición Vulnerabilidad (en Resilience Toolbox para daños directos):

- Probabilidad de destrucción de objetos (%/100)
- Depende de
  - Proceso
  - Intensidad del proceso
  - Resistencia del objeto expuesto

Análisis de Riesgo
Vulnerabilidad

Ausfüllen Tabelle in Handout; Zuordnung Rundkleber auf A3-Zettel

	Inundación		
	Intensidad baja	Intensidad media	Intensidad alta
Altura flujo	*< 0.5 m*	*0.5 m < H < 2 m*	*> 2 m*
*Altura * velocidad Flujo*	*< 0.5 m2/s*	*0.5 < H*v < 2*	*> 2 m2/s*
Energía	*< 500 kg/m2*	*< 1000 kg/m2*	*> 1000 kg/m2*
Casa de adobe			
Casa de ladrillo			
Casa de homrigón armado			

	Huayco		
	Intensidad baja	Intensidad media	Intensidad alta
Altura flujo	-	*< 1 m*	*> 1 m*
velocidad Flujo	-	*< 1 m/s*	*> 1 m/s*
Energía	-	*< 1000 kg/m2*	*> 1000 kg/m2*
Casa de adobe	-		
Casa de ladrillo	-		
Casa de homrigón armado	-		

Potencial de daño

- Tipo de objeto, Valor objeto (por unidad)
- Cantidad de pisos
- Ocupación (# personas)
- presencia de personas/animales (h/día)
- Vehículos por día
- Velocidad de vehículos por día
- *Vulnerabilidad*
- *Mortalidad*

Análisis de Riesgo

Vulnerabilidad – valores de cálculo

Proceso: Inundación

Edificios		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
1	Vivienda madera y/o adobe	0.25	0.50	0.75
2	Vivienda ladrillo	0.20	0.40	0.60
3	Vivienda hormigón armado	0.10	0.20	0.30
4	Colegio / escuela / centro educacional	0.10	0.20	0.30
5	Hospital	0.05	0.15	0.20
6	Hotel	0.10	0.20	0.30
7	Oficina pública y privada	0.10	0.20	0.30
8	Industria	0.10	0.20	0.30
9	Granja arícola	0.25	0.50	0.75
10	Iglesia	0.10	0.20	0.30
11	Centro recreacional	0.15	0.30	0.45
12	Parque / Plaza / Centro deportivo	0.15	0.35	0.50
13	Objeto libre			

Objetos especiales		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
14	Planta de tratamiento de agua	0.10	0.20	0.30
15	Torre de comunicación	0.15	0.30	0.45
16	Aducción	0.20	0.40	0.60
17	Terminal / Aeropuerto	0.10	0.30	0.40
18	Objeto libre			

Infraestructura		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
19	Carretera asfaltada	0.05	0.10	0.15
23	Carretera de tierra	0.10	0.20	0.30
27	Puente de H°A°	0.05	0.10	0.15
31	Torre de alta tensión	0.00	0.05	0.35
32	Torre de baja tensión	0.00	0.05	0.35
33	Objeto libre			

Agricultura		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
34	Cultivos permanentes	0.30	0.50	1.00
35	Pastos	0.10	0.20	0.50
36	Área con vegetación herbácea y/o arbustiva	0.10	0.20	0.50
37	Bosque natural	0.05	0.05	0.30
38	Bosque forestal	0.05	0.05	0.30
39	Objeto libre			

Proceso: Deslizamiento rápido / Aluvión

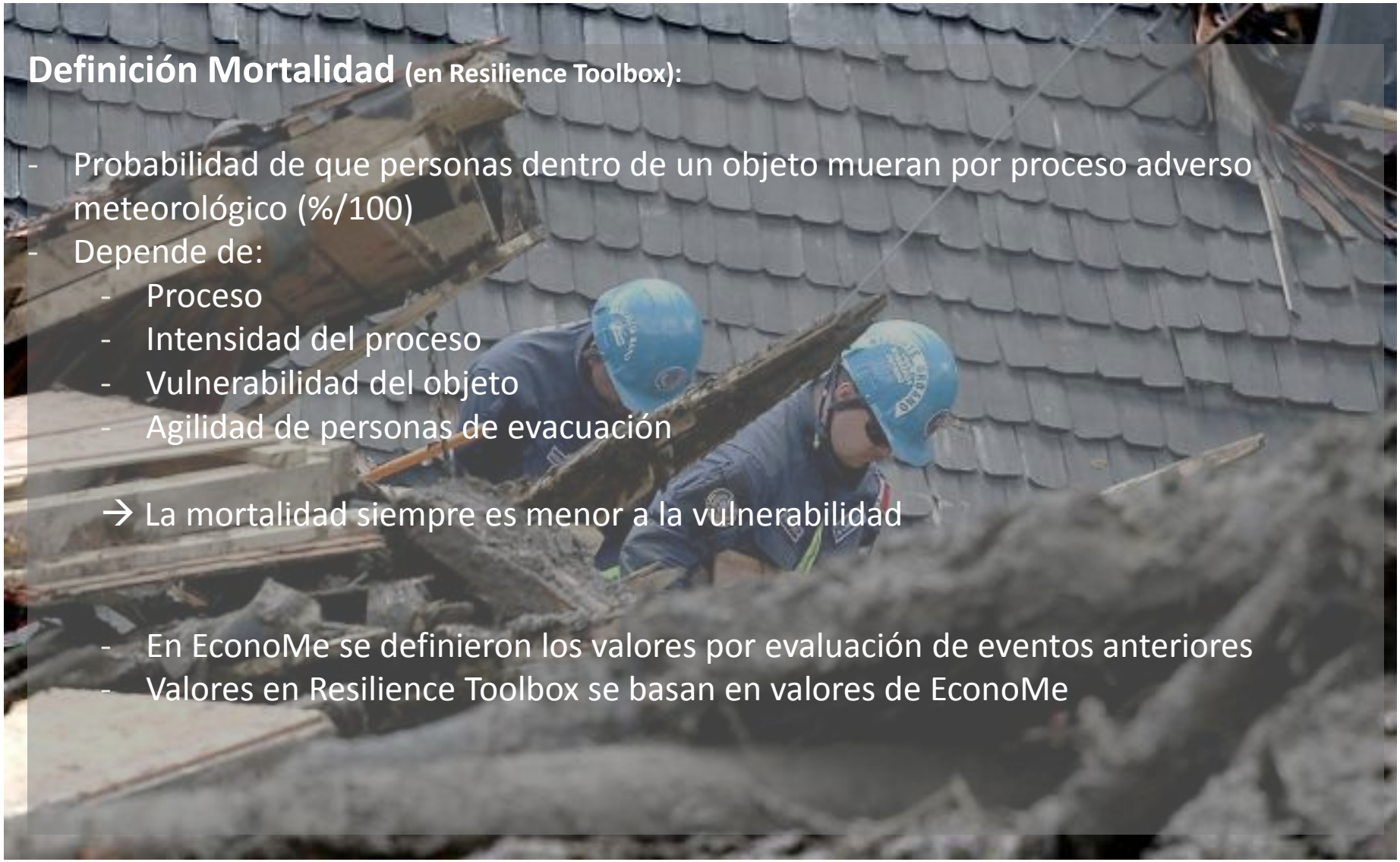
Edificios		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
1	Vivienda madera y/o adobe	0.25	0.50	1.00
2	Vivienda ladrillo	0.20	0.40	1.00
3	Vivienda hormigón armado	0.10	0.20	0.60
4	Colegio / escuela / centro educacional	0.10	0.20	0.60
5	Hospital	0.05	0.15	0.60
6	Hotel	0.10	0.20	0.60
7	Oficina pública y privada	0.10	0.20	0.60
8	Industria	0.10	0.20	0.60
9	Granja arícola	0.25	0.50	1.00
10	Iglesia	0.10	0.20	0.50
11	Centro recreacional	0.15	0.30	0.75
12	Parque / Plaza / Centro deportivo	0.15	0.35	0.85
13	Objeto libre			

Objetos especiales		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
14	Planta de tratamiento de agua	0.10	0.20	0.60
15	Torre de comunicación	0.15	0.30	0.75
16	Aducción	0.20	0.40	0.85
17	Terminal / Aeropuerto	0.10	0.30	0.60
18	Objeto libre			

Infraestructura		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
19	Carretera asfaltada	0.05	0.10	0.35
23	Carretera de tierra	0.10	0.20	0.75
27	Puente de H°A°	0.05	0.10	0.35
31	Torre de alta tensión	0.00	0.05	1.00
32	Torre de baja tensión	0.00	0.05	1.00
33	Objeto libre			

Agricultura		Vulnerabilidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
34	Cultivos permanentes	0.30	0.50	1.00
35	Pastos	0.10	0.20	0.75
36	Área con vegetación herbácea y/o arbustiva	0.10	0.20	0.75
37	Bosque natural	0.05	0.05	0.75
38	Bosque forestal	0.05	0.05	0.75
39	Objeto libre			

Análisis de Riesgo
Mortalidad



Definición Mortalidad **(en Resilience Toolbox):**

- Probabilidad de que personas dentro de un objeto mueran por proceso adverso meteorológico (%/100)
- Depende de:
  - Proceso
  - Intensidad del proceso
  - Vulnerabilidad del objeto
  - Agilidad de personas de evacuación

→ La mortalidad siempre es menor a la vulnerabilidad

- En EconoMe se definieron los valores por evaluación de eventos anteriores
- Valores en Resilience Toolbox se basan en valores de EconoMe

Análisis de Riesgo

Mortalidad

		Pot-Dano-Inund		
Edificios		Mortalidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
1	Vivienda madera y/o adobe	0.0000	0.0050	0.0500
2	Vivienda ladrillo	0.0000	0.0050	0.1500
3	Vivienda hormigón armado	0.0000	0.0005	0.0550
4	Colegio / escuela / centro educacional	0.0000	0.0003	0.0367
5	Hospital	0.0000	0.0500	0.5000
6	Hotel	0.0000	0.0005	0.0550
7	Oficina pública y privada	0.0000	0.0003	0.0367
8	Industria	0.0000	0.0003	0.0367
9	Granja arícola	0.0000	0.0005	0.0550
10	Iglesia	0.0000	0.0003	0.0367
11	Centro recreacional	0.0000	0.0003	0.0367
12	Parque / Plaza / Centro deportivo	0.0000	0.1200	0.5500
13	Objeto libre			
Objetos especiales		Mortalidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
14	Planta de tratamiento de agua	0.0000	0.0003	0.0367
15	Torre de comunicación	0.0000	0.0000	0.0000
16	Aducción	0.0000	0.0000	0.0000
17	Terminal / Aeropuerto	0.0000	0.0003	0.0367
18	Objeto libre			
Infraestructura		Mortalidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
19	Carretera asfaltada	0.0000	0.0003	0.03
23	Carretera de tierra	0.0000	0.0003	0.03
27	Puente de H°A°	0.0000	0.0003	0.03
31	Torre de alta tensión	0.0000	0.0000	0.0000
32	Torre de baja tensión	0.0000	0.0000	0.0000
33	Objeto libre			
Agricultura		Mortalidad por Intensidad		
ID-Objeto	Objeto	baja	media	alta
34	Cultivos permanentes	0.0000	0.0000	0.0000
35	Pastos	0.0000	0.0000	0.0000
36	Área con vegetación herbácea y/o arbustiva	0.0000	0.0000	0.0000
37	Bosque natural	0.0000	0.0000	0.0000
38	Bosque forestal	0.0000	0.0000	0.0000
39	Objeto libre			

Interaktive Einheit: s. Teilnehmerdossiers:
Vergleich der Werte für Prozess Ü

Análisis de Riesgo
Valores de cálculo

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

	sin valor
	valor variable
	valor recomendado
	valor cerrado

Estos criterios no dependen ni del proceso ni de la intensidad

Edificios		Valor real x unidad	Unidad	Cantidad pisos	ocupación	Motivación ajuste "ocupación"	Presencia personas	# vehículos/día	Velocidad media
ID-Objeto	Objeto	[Bs.]	[var.]	[-]	[personas x edificio]	[txt]	[h/día]	[-]	[km/h]
1	Vivienda madera y/o adobe	890	m2	valor variable	7		0.40		
2	Vivienda ladrillo	1'950	m2	valor variable	5		0.40		
3	Vivienda hormigón armado	2'900	m2	valor variable	5		0.40		
4	Colegio / escuela / centro educacional	2'600	m2	valor variable	valor variable		0.30		
5	Hospital	4'520	m2	valor variable	valor variable		0.83		
6	Hotel	2'980	m2	valor variable	valor variable		0.70		
7	Oficina pública y privada	2'800	m2	valor variable	valor variable		0.35		
8	Industria	4'600	m2	valor variable	valor variable		0.60		
9	Granja arícola	700	m2		valor variable		0.35		
10	Iglesia	2'800	m2		valor variable		0.04		
11	Centro recreacional	2'450	m2	valor variable	valor variable		0.35		
12	Parque / Plaza / Centro deportivo	700	m2		valor variable		0.35		
13	Objeto libre	valor variable	val. Var.	valor variable	valor variable	valor variable	valor variable		

Objetos especiales		Valor real x unidad	Unidad	Cantidad pisos	ocupación	Motivación ajuste "ocupación"	Presencia personas	# vehículos/día	Velocidad media
ID-Objeto	Objeto	[Bs.]	[var.]	[-]	[personas x edificio]	[txt]	[h/día]	[-]	[km/h]
14	Planta de tratamiento de agua	2'600	m2	valor variable	valor variable		0.35		
15	Torre de comunicación	432'000	pza.						
16	Aducción	2'800	m'						
17	Terminal / Aeropuerto	5'250	m2	valor variable	valor variable		0.50		
18	Objeto libre	valor variable	val. Var.		valor variable		valor variable		

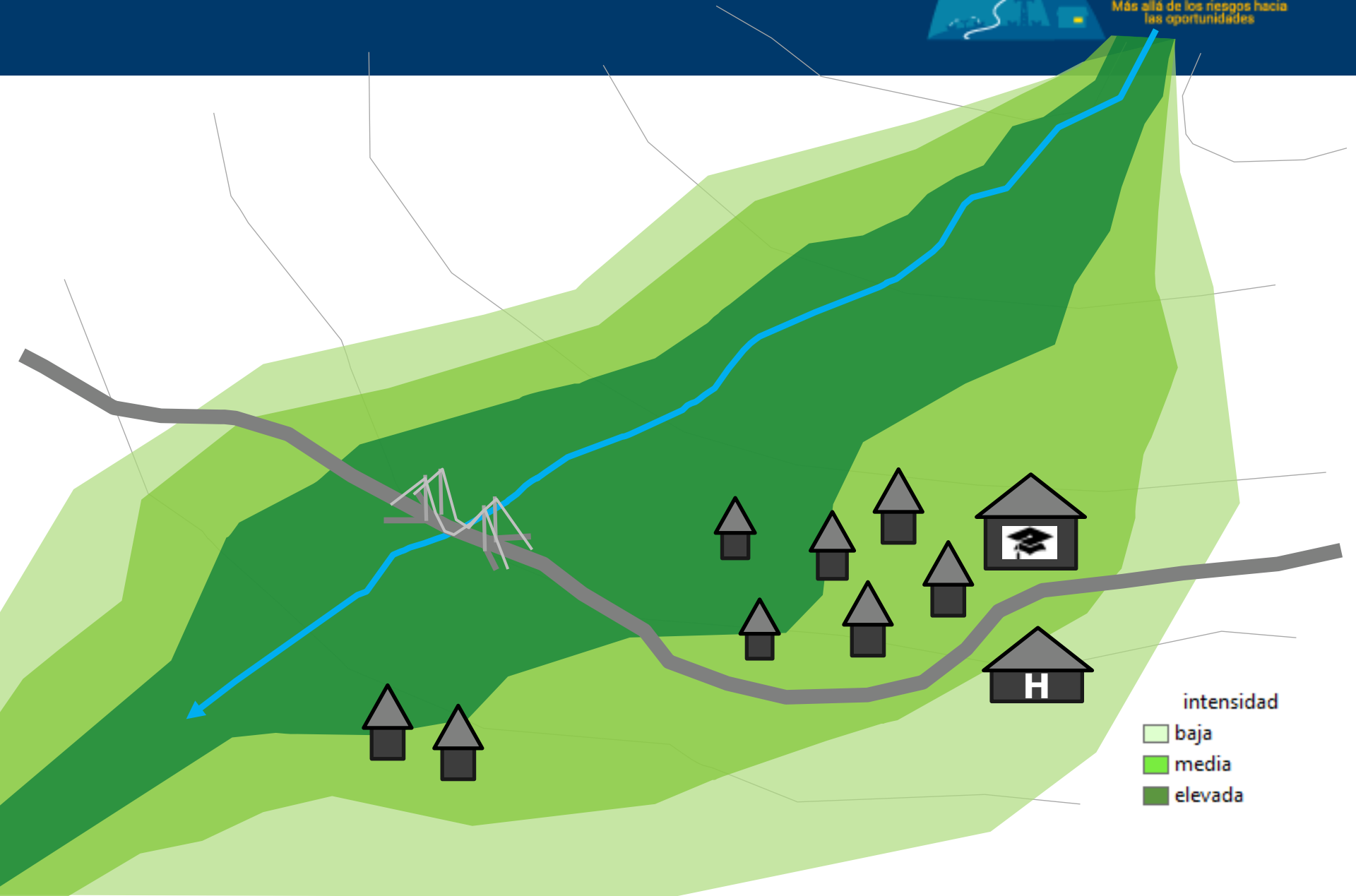
Infraestructura		Valor real x unidad	Unidad	Cantidad pisos	ocupación	Motivación ajuste "ocupación"	Presencia personas	# vehículos/día	Velocidad media
ID-Objeto	Objeto	[Bs.]	[var.]	[-]	[personas x edificio]	[txt]	[h/día]	[-]	[km/h]
19	Carretera asfaltada	7'600	m'		3.00			40'000	80
23	Carretera de tierra	3'700	m'		3.00			7'000	40
27	Puente de H°A°	7'200	m'		3.00			30'000	60
31	Torre de alta tensión	230'000	pza.						
32	Torre de baja tensión	145'000	pza.						
33	Objeto libre	valor variable	val. Var.		valor variable	valor variable		valor variable	valor variable

Agricultura		Valor real x unidad	Unidad	Cantidad pisos	ocupación	Motivación ajuste "ocupación"	Presencia personas	# vehículos/día	Velocidad media
ID-Objeto	Objeto	[Bs.]	[var.]	[-]	[personas x edificio]	[txt]	[h/día]	[-]	[km/h]
34	Cultivos permanentes	4840	has						
35	Pastos	350	has						
36	Área con vegetación herbácea y/o arbustiva	430	has						
37	Bosque natural	700	has						
38	Bosque forestal	430	has						
39	Objeto libre	valor variable	has						

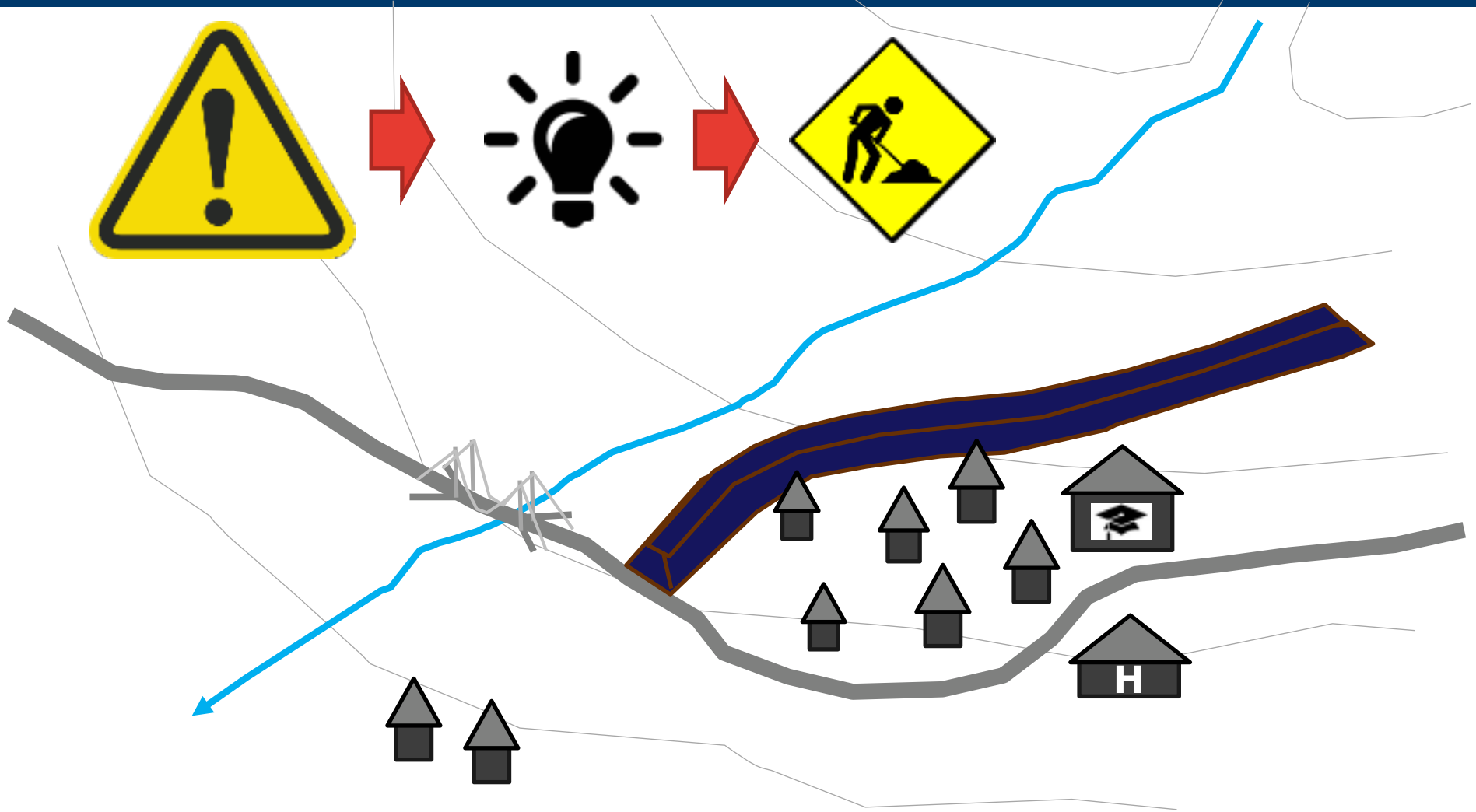
Cálculo de riesgo para un caso concreto

1. Concepto
2. Introducción al ejemplo
3. Cálculo del riesgo
4. Discusión de resultados

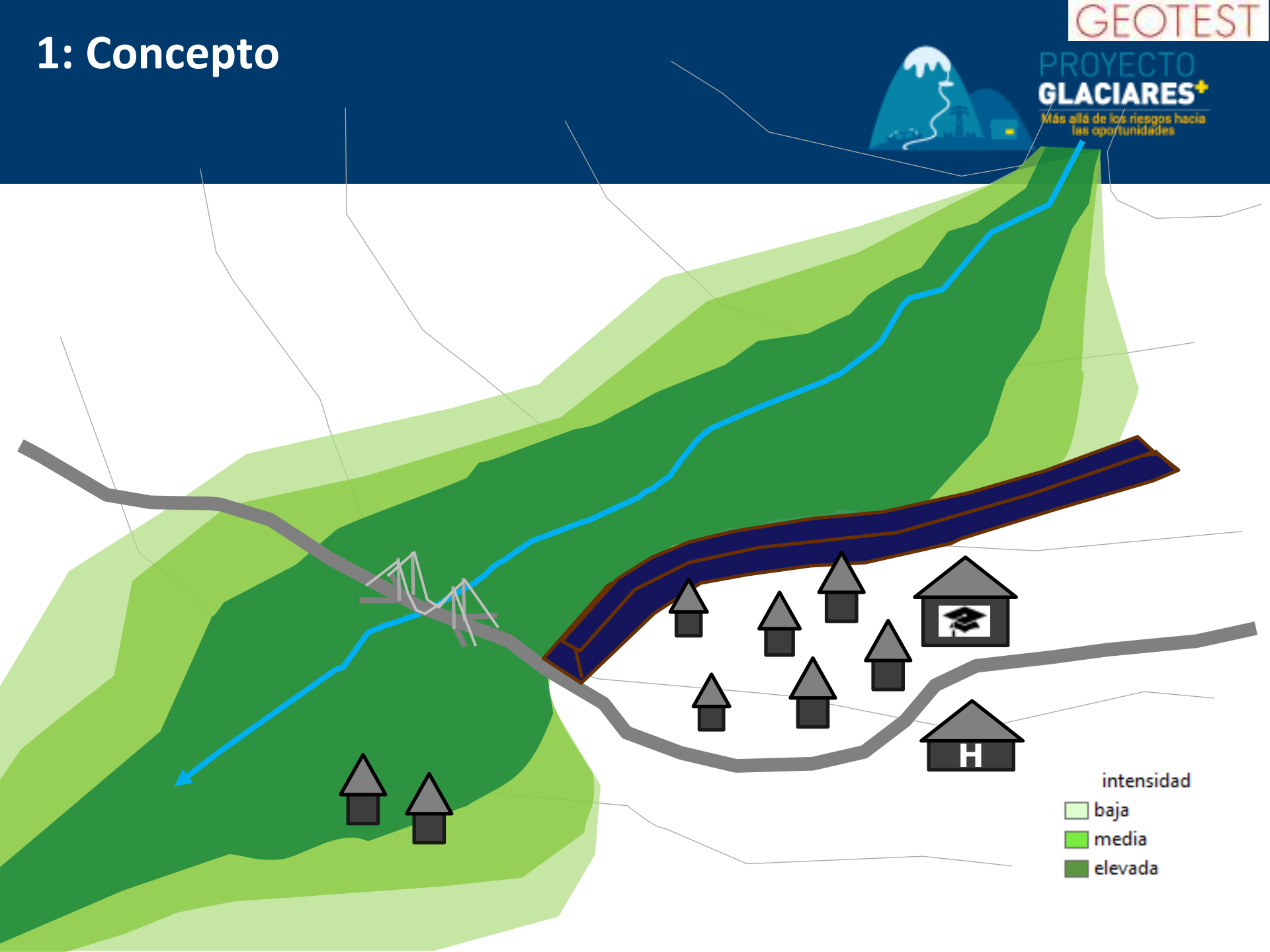
1: Concepto



1: Concepto



1: Concepto



2. Introducción al ejemplo

2. Introducción al ejemplo

2. Introducción al ejemplo

Información sobre la cuenca:

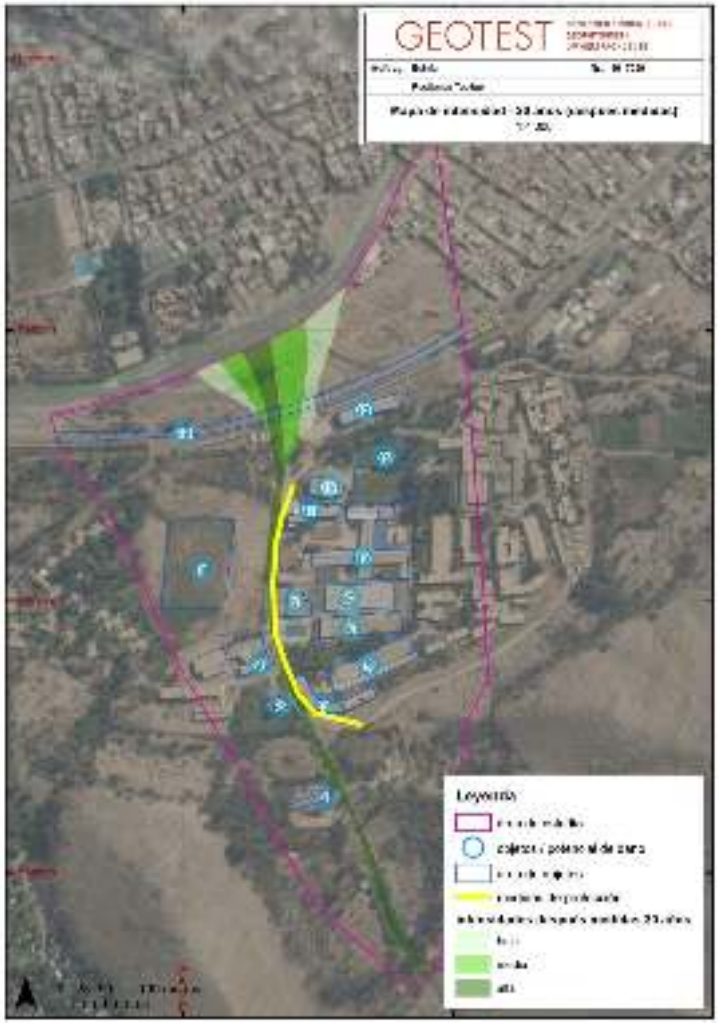
- Cuenca pequeña cerca de Lima, Perú
- Área: 0.8 km^2
- Altitud mín.: 820 m sobre el nivel del mar
- Altitud máx.: 1300 m sobre el nivel del mar

- 15 objetos:
  - Casas particulares
  - Indústria
  - Colegio
  - Hospital
  - Campos recreacionales

2. Introducción al ejemplo

2. Introducción al ejemplo

Mapa de Intensidades 20 años
sin medida



Mapa de Intensidades 20 años
con medida

2. Introducción al ejemplo

Mapa de Intensidades 50 años
sin medida

Mapa de Intensidades 50 años
con medida

2. Introducción al ejemplo

Mapa de Intensidades 100 años
sin medida

Mapa de Intensidades 100 años
con medida

2. Introducción al ejemplo

Datos necesarios:

- Mapa de intensidades período de retorno 20 / 50 / 100 años
  - sin medida
  - con medida

- Parámetros de objetos (con información de vulnerabilidades y mortalidades) en hoja separada

- Ecuaciones en hoja separada

2. Introducción al ejemplo

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

1

Riesgo personas

$$RP_{i,j} = p(OE)_j \cdot A_{i,j} \cdot N_i \cdot p(PR)_i \qquad \text{Ecuación 1}$$

Parámetros	Descripción	Unidad
$RP_{i,j}$	Riesgo de personas por objeto y por escenario	(# de muertos)
i	Objeto	--
j	Escenario (Periodo de retorno)	--
$p(OE)_j$	Probabilidad de ocurrencia espacial	--
$A_{i,j}$	Mortalidad de personas dentro del objeto por escenario	--
N_i	Cantidad de personas por objeto	# personas
$p(PR)_i$	Probabilidad de presencia de personas en el objeto	--

El riesgo de personas para todos los objetos por escenario se suma según ecuación 2:

$$RP_j = \sum_i RP_{i,j} \qquad \text{Ecuación 2}$$

2

Riesgo de bienes

$$RO_{i,j} = p(OE)_j \cdot Vu_{i,j} \cdot Va_i \qquad \text{Ecuación 3}$$

Parámetros	Descripción	Unidad
i	Objeto	--
j	Escenario (Periodo de retorno)	--
$RO_{i,j}$	Riesgo para bienes por objeto y por escenario	US$
$p(OE)_j$	Probabilidad de ocurrencia espacial	--
$Vu_{i,j}$	Vulnerabilidad del objeto por escenario	--
Va_i	Valor del objeto	US$

El riesgo de todos los bienes para un escenario se calcula igual que en ecuación 2 (sumar valores).

3

Riesgo personas y bienes monetarizado por escenario

$$RTmon_j = RP_j \cdot WP + RO_j \qquad \text{Ecuación 4}$$

Parámetros	Descripción	Unidad
$RT\ mon_j$	Riesgo total monetarizado por escenario	US$
j	Escenario (Periodo de retorno)	--
RP_j	Riesgo de personas por escenario	US$
WP	Willingness to pay para evitar un daño mortal → 175 000	US$
RO_j	Riesgo para bienes por escenario	US$

4

Riesgo colectivo

$$Rcol_j = p_j \cdot RTmon_j \qquad \text{Ecuación 5}$$

$$Rcol = \sum_j Rcol_j \qquad \text{Ecuación 6}$$

Parámetros	Descripción	Unidad
j	Escenario (Periodo de retorno)	--
$RT\ mon_j$	Riesgo total monetarizado por escenario	US$
$Rcol_j$	Riesgo colectivo del escenario j	US$ / a
p_j	Frecuencia del escenario (ver abajo)	1 / a

Para calcular p_j:

$$p_j = P_j - P_{j+1}$$

$$P_j = \frac{1}{T_j}$$

Parámetros	Descripción	Unidad
j	Escenario (Periodo de retorno)	--
p_j	Frecuencia del escenario (ver abajo)	1 / a
P_j	Probabilidad de rebasamiento del escenario j	1 / a
T_j	Frecuencia del escenario j	1 / a

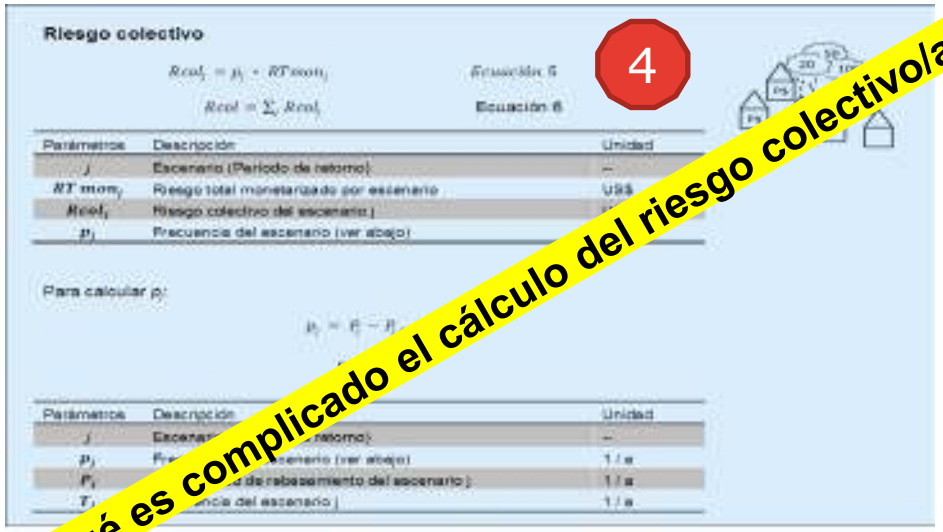
5

Relación costo-beneficio

Para calcular el cuociente costo-beneficio hay que relacionar la reducción de los riesgos monetarizados con el costo total de la medida.

$$\frac{(R\ sin) - (R\ con)}{costo\ Medida}$$

2. Introducción al ejemplo



4

¿Por qué es complicado el cálculo del riesgo colectivo/año?

Ejemplo:

RTmon20 = 20’000 US$
RTmon50 = 30’000 US$
RTmon100 = 90’000 US$

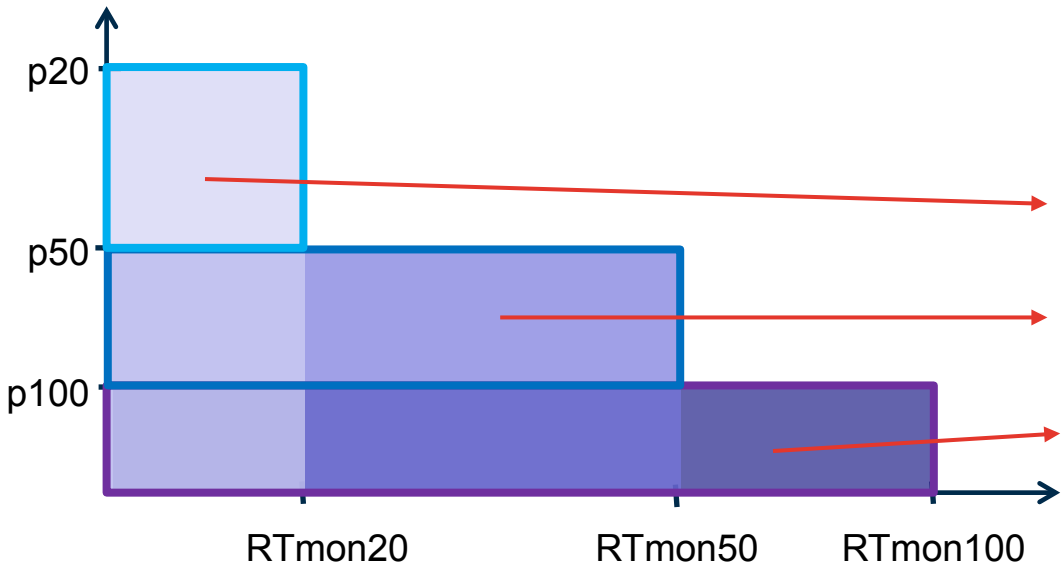
Por que no es:

$$Rcol = \left(\frac{1}{20} * RTmon20\right) + \left(\frac{1}{50} * RTmon50\right) + \left(\frac{1}{100} * RTmon100\right) = 2'500\ \text{US\$}/año$$

Porque el riesgo del evento 20 años ya está parcialmente contenido en los eventos 50 / 100 años

2. Introducción al ejemplo

El riesgo colectivo se calcula de manera «acumulativa / complementaria»



Cálculo de la frecuencia acumulativa correcta:

p20 = $(\frac{1}{20} - \frac{1}{50})$ = 0.05 – 0.02 = **0.03**

p50 = $(\frac{1}{50} - \frac{1}{100})$ = 0.02 – 0.01 = **0.01**

p100 = $\frac{1}{100}$ = **0.01**

La fórumula correcta es entonces:

$$Rcol = \boxed{\left((\frac{1}{20} - \frac{1}{50}) * RTmon20\right)} + \boxed{\left((\frac{1}{50} - \frac{1}{100}) * RTmon50\right)} + \boxed{\left(\frac{1}{100} * RTmon100\right)} = 1'800\ \text{US\$}/año$$

3: Cálculo del resultado

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Ejemplo Cálculo Riesgos

Sin Medida

Objetos		Oportunidad Espacial			Vulnerabilidad x intensidad			Mortalidad x intensidad			Ocupación		Riesgo personas		
No de objeto	*Valor [USD]*	*pOE_20*	*pOE_50*	*pOE_100*	*Vuln_20*	*Vuln_50*	*Vuln_100*	*Mort_20*	*Mort_50*	*Mort_100*	*#_Pers*	*Presencia pers.*	*Riesgo_20*	*Riesgo_50*	*Riesgo_100*
1	20'000	0.6	0.4	0.6	0	0	0.2	0	0	0	4	0.4	0	0	0
2													0	0	0
3													0	0	0
4													0	0	0
5													0	0	0
6													0	0	0
7													0	0	0
8													0	0	0
9													0	0	0
10													0	0	0
11													0	0	0
12													0	0	0
13													0	0	0
15													0	0	0
												TOTAL	**0**	**0**	**0**

Daños por escenario [USD]

	20 años	50 años	100 años
Personas	0	0	0
Bienes	0	0	2400
Total	**$ -**	**$ -**	**$ 2'400**

Riesgo colectivo por escenario [USD]

	20 años	50 años	100 años
Rj	$ -	$ -	$ 2'400
Pj	0.05	0.02	0.01
Pj+1	0.02	0.01	--
pj	0.03	0.01	0.01
Rj	**$ -**	**$ -**	**$ 24.00**

Rtotal / a $ 24.00

Análisis de Riesgo
Relación Costo-Beneficio de Medidas

Riesgo monetarizado:	USD/a	572’000
Riesgo después de implementación de medida:	USD/a	180’000
Reducción de Riesgo:	**USD/a**	**392’000**

Costo de la medida:	USD 2’000’000	
1% mantenimiento, 80 años de vida		
→ **Costos anuales:**	**USD/a**	**42’500**

Factor beneficio-costo: 9

Daños indirectos

Formas de daños indirectos:

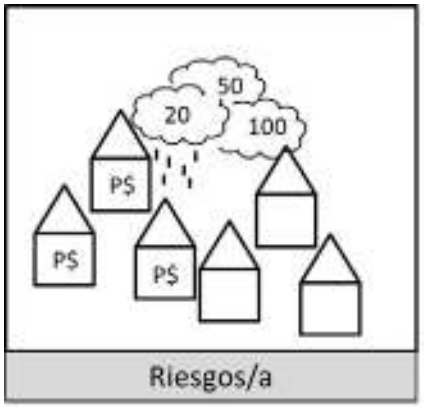
- Pérdida de producción empresarial durante días – meses
- Pérdidas en la agricultura por recuperación lenta (p.e. animales muertos)

Justificación de la consideración de daños indirectos

- Daños indirectos disminuyen actividades economías
- Sector agropecuario desventajado considerando solo daños directos
- Bajo nivel de resiliencia (p.e. baja cobertura de securos) incrementa la influencia de los daños indirectos

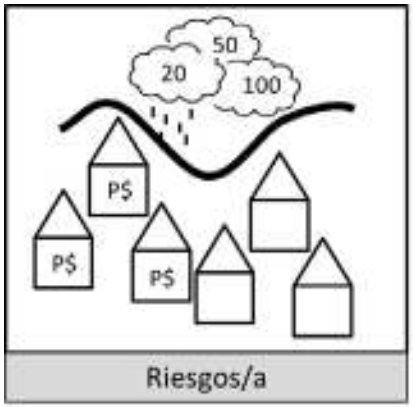
Concepto de daños indirectos

Riesgos **sin** medida

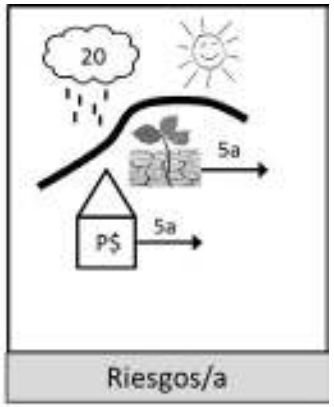


−

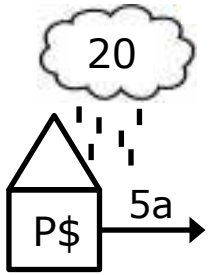
Riesgos **con** medida



+



Costo de la medida (por año)



Cuantificación de los daños indirectos:

- Beneficios de terceros no considerados
- Objetos considerados: sector agropecuario, economía
- Procesos considerados: sequía, inundación, aluvión, deslizamiento
- Duración de pérdidas → $f(proceso\ peligroso, intensidad\ proceso, resiliencia)$
- Pérdida por día (por persona, por área)

Concepto de daños indirectos

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Objeto

↓

Pérdidas/día

↓ *Multiplicación*

días con pérdidas

↓ *Multiplicación*

Factor de resiliencia [< 1]

↓

Costos indirectos [Bs./a]

Valor base (bs)				
Uso y ocupación productiva del suelo	Costo de producción y previsión (bs)	Costo aprox. De la mano de obra	Total costo (bs)	Unidad
Cultivos permanentes	3200	1500	4700	has
Pastos	250	130	380	has
Área con vegetación herbácea y/o arbustiva	200	130	330	has
Bosque natural	450	250	700	has
Bosque forestal	250	180	430	has
Ganadería	val. var.	valor variable		

Pérdida durante 5 años con reducción de pérdida 20 % por año

→$A = 4700 * 0.5 \div 365$ = pérdida/día [Bs.]

		Costos indirectos			
Edificios		Unidad			
ID-Objeto	Objeto	por empleado	por ha	Valor BOL	Ajuste Bolivia
1	Vivienda madera y/o adobe				
2	Vivienda ladrillo				
3	Vivienda hormigón armado				
4	Colegio / centro educacional				
5	Hospital	X		250	BIP BOL / BIP CH
6	Hotel	X		120	BIP BOL / BIP CH
7	Oficina pública y privada	X		120	BIP BOL / BIP CH
8	Industria	X		120	BIP BOL / BIP CH
9	Granja arícola	X		30	BIP BOL / BIP CH
10	Iglesia				
11	Centro recreacional				
12	Parque / Plaza / Centro deportivo				
13	Objeto libre				
Objetos especiales		Unidad			
ID-Objeto	Objeto	por empleado	por ha	Valor BOL	Ajuste Bolivia
14	Planta de tratamiento de agua				
15	Torre de comunicación				
16	Aducción				
17	Terminal / Aeropuerto	X		120	
18	Objeto libre				
Infraestructura		Unidad			
ID-Objeto	Objeto	por empleado	por ha	Valor BOL	Ajuste Bolivia
19	Carretera asfaltada				
23	Carretera de tierra				
27	Puente de H°A°				
31	Torre de alta tensión				
32	Torre de baja tensión				
33	Objeto libre				
Agricultura		Unidad			
ID-Objeto	Objeto	por empleado	por ha	Valor BOL	Ajuste Bolivia
34	Cultivos permanentes	-	x	6.4	D. Morales > ver cuadro
35	Pastos	-	x	0.4	D. Morales > ver cuadro
36	Vegetación herbácea/arbustiva	-	x	0.55	D. Morales > ver cuadro
37	Bosque natural	-	x	1	D. Morales > ver cuadro
38	Bosque forestal	-	x	0.6	D. Morales > ver cuadro
39	Objeto libre	-	x		

Concepto de daños indirectos

$$\# \text{ días pérdidas} = f(\text{Proceso}, \text{vulnerabilidad } x \text{ intensidad}, \text{resiliencia})$$

Tipo de objeto

↓

Pérdidas/día

↓ *Multiplicación*

días con pérdidas

↓ *Multiplicación*

Factor de resiliencia [< 1]

↓

Costos indirectos [Bs./a]

		Inundación					
Edificios		# días con Pérdida					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
1	Vivienda madera y/o adobe						
2	Vivienda ladrillo						
3	Vivienda hormigón armado						
4	Colegio / centro educacional						
5	Hospital	0.05	0	0.15	14	0.20	60
6	Hotel	0.10	1	0.20	14	0.30	30
7	Oficina pública y privada	0.10	2	0.20	14	0.30	30
8	Industria	0.10	2	0.20	14	0.30	30
9	Granja arícola	0.25	1	0.50	7	0.75	90
10	Iglesia						
11	Centro recreacional						
12	Parque / Plaza / Centro deportivo						
13	Objeto libre						

Objetos especiales		# días con Pérdida					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
14	Planta de tratamiento de agua						
15	Torre de comunicación						
16	Aducción						
17	Terminal / Aeropuerto	0.10	1	0.30	7	0.40	720
18	Objeto libre						

Infraestructura		# días con Pérdida					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
19	Carretera asfaltada						
23	Carretera de tierra						
27	Puente de H°A°						
31	Torre de alta tensión						
32	Torre de baja tensión						
33	Objeto libre						

Agricultura		# días con Pérdida					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
34	Cultivos permanentes	0.30	0	0.50	1095	1.00	1825
35	Pastos	0.10	0	0.20	730	0.50	1095
36	Vegetación herbácea/arbustiva	0.10	0	0.20	730	0.50	1095
37	Bosque natural	0.05	0	0.05	0	0.30	1095
38	Bosque forestal	0.05	0	0.05	0	0.30	1095
39	Objeto libre						

Concepto de daños indirectos

$$\#\ días\ pérdidas = f(Proceso, vulnerabilidad\ x\ intensidad, resiliencia)$$

Tipo de objeto

↓

Pérdidas/día

↓ *Multiplicación*

días con pérdidas

↓ *Multiplicación*

Factor de resiliencia [< 1]

↓

Costos indirectos [Bs./a]

		Sequía
Edificios		
ID-Objeto	Objeto	
1	Vivienda madera y/o adobe	
2	Vivienda ladrillo	
3	Vivienda hormigón armado	
4	Colegio / centro educacional	
5	Hospital	
6	Hotel	
7	Oficina pública y privada	
8	Industria	
9	Granja arícola	
10	Iglesia	
11	Centro recreacional	
12	Parque / Plaza / Centro deportivo	
13	Objeto libre	
Objetos especiales		
ID-Objeto	Objeto	
14	Planta de tratamiento de agua	
15	Torre de comunicación	
16	Aducción	
17	Terminal / Aeropuerto	
18	Objeto libre	
Infraestructura		
ID-Objeto	Objeto	
19	Carretera asfaltada	
23	Carretera de tierra	
27	Puente de H°A°	
31	Torre de alta tensión	
32	Torre de baja tensión	
33	Objeto libre	

Agricultura		Vulnerabilidad por Intensidad					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
34	Cultivos permanentes	0.50	0	1.00	0	1.00	1825
35	Pastos	0.25	0	0.50	0	1.00	1825
36	Vegetación herbácea/arbustiva	0.25	0	0.50	0	1.00	1825
37	Bosque natural	0.00	0	0.00	0	1.00	1825
38	Bosque forestal	0.00	0	0.00	0	1.00	1825
39	Objeto libre						

Concepto de daños indirectos

$$\# \text{ días pérdidas} = f(\text{Proceso}, \text{vulnerabilidad } x \text{ intensidad}, \text{resiliencia})$$

Tipo de objeto

↓

Pérdidas/día

↓ *Multiplicación*

días con pérdidas

↓ *Multiplicación*

Factor de resiliencia [< 1]

↓

Costos indirectos [Bs./a]

		Deslizamiento/Aluvión					
Edificios		Vulnerabilidad por Intensidad					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
1	Vivienda madera y/o adobe						
2	Vivienda ladrillo						
3	Vivienda hormigón armado						
4	Colegio / centro educacional						
5	Hospital	0.05	0	0.15	14	0.60	365
6	Hotel	0.10	1	0.20	14	0.60	365
7	Oficina pública y privada	0.10	2	0.20	14	0.60	365
8	Industria	0.10	2	0.20	14	0.60	365
9	Granja arícola	0.25	1	0.50	14	1.00	180
10	Iglesia						
11	Centro recreacional						
12	Parque / Plaza / Centro deportivo						
13	Objeto libre						

Objetos especiales		Vulnerabilidad por Intensidad					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
14	Planta de tratamiento de agua						
15	Torre de comunicación						
16	Aducción						
17	Terminal / Aeropuerto	0.10	1	0.30	7	0.60	720
18	Objeto libre						

Infraestructura		Vulnerabilidad por Intensidad					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
19	Carretera asfaltada						
23	Carretera de tierra						
27	Puente de H°A°						
31	Torre de alta tensión						
32	Torre de baja tensión						
33	Objeto libre						

Agricultura		Vulnerabilidad por Intensidad					
ID-Objeto	Objeto	Vuln_Int_baja	# días	Vuln_Int_media	# días	Vuln_Int_alta	# días
34	Cultivos permanentes	0.30	0	0.50	1095	1.00	1825
35	Pastos	0.10	0	0.20	730	0.75	1825
36	Vegetación herbácea/arbustiva	0.10	0	0.20	730	0.75	1825
37	Bosque natural	0.05	0	0.05	0	0.75	1825
38	Bosque forestal	0.05	0	0.05	0	0.75	1825
39	Objeto libre						

Concepto de daños indirectos

$$\# \, días \, pérdidas = f(Proceso, vulnerabilidad \; x \; intensidad, resiliencia)$$

Tipo de objeto

↓

Pérdidas/día

↓ *Multiplicación*

días con pérdidas

↓ *Multiplicación*

Factor de resiliencia [< 1]

↓

Costos indirectos [Bs./a]

No.		Inundación/aluvión/deslizamiento		Sequía	
PI	**Prepardness institucional**	**Índice**	**Ponderación**	**Índice**	**Ponderación**
PI1	Sistemas de intervención rápida (rapid response)		1		0
PI2	Sistema de alerta temprana		0.5		0
PI3	Sistema de prognósticos meteorológicos		0.5		0
PI4	Red de caminos redundante		0.5		0
PI5	Flexibilidad de suministro eléctrico		0.5		0
PI6	Flexibilidad cobertura televisiva, radiofónica, telf.móviles		0.5		0
PI7	seguridad de abastecimiento médico para personas/animales		1		1

GS	**Cohesión social**	**Índice**	**Ponderación**	**Índice**	**Ponderación**
CS1	potencial de ayuda comunitaria (informal)		1		1
CS2	potencial de ayuda comunitaria (formal) --> sindicatos, …		1		1

GL	**Recursos espaciales**	**Índice**	**Ponderación**	**Índice**	**Ponderación**
GL1	Disponibilidad de áreas agropecuarias alternativas		1		0.5

SP	**Servicios públicos**	**Índice**	**Ponderación**	**Índice**	**Ponderación**
SP1	Acceso a agua potable		0		1
SP2	Acceso a fuentes agua de riesgo		0		1
SP3	Acceso a servicios médicos		1		1
SP4	Acceso a información pública (celular, televisión. Radio)		0.5		0.5

RE	**Recursos económicos**	**Índice**	**Ponderación**	**Índice**	**Ponderación**
RE1	Dependencia del sector agropecuario / flexibilidad laboral		1		1
RE2	cobertura se seguros de bienes		1		1

Promedio de los índices de resiliencia ponderados	0	0

Determinación de valores de índice: 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Medidas de Mitigación

No.	Tipo de construcción	vida útil [años]	costo operacional anual [% de la inversión]	Costo anual de mantenimiento [% de la inversión]
1	Galería	80	0	2
2	Túnel	80	0	2
3	Túnel de descarga	100	0	1
4	Malla dinámica de control de aluviones	30	0	2
4	Malla dinámica de control de caídas	30	0	3
5	Diques simples de madera (tipo Krainer) no cubierto	20	0	2
6	Diques doble de madera (tipo Krainer) no cubierto	20	0	2
7	Diques simples de madera (tipo Krainer) cubierto de sedimentos	50	0	1
8	Diques doble de madera (tipo Krainer) cubierto de sedimentos	50	0	1
9	Dique de gabiones	20	0	3
10	Reforestación	100	0	4
11	Dique transversal de hormigón en ríos	50	0	2
12	Hondonada con dique de hormigón	80	0	1
13	Dique natural (acopio, rípio) compactado	100	0	1

Galería de hormigón

Galería de acero

Medidas de Mitigación

Túnel de hormigón

Túnel de hormigón

Túnel de evaciacuón de aguas

Túnel de evacuación de aguas

Malla dinámica, control de aluviones

Malla dinámica, control de caídas

Obras transversales de madera tipo Krainer

Obras transversales de hormigón

Medidas de Mitigación

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Estabilización de taludes con madera tipo Krainer

Estabilización de taludes con madera tipo Krainer

Reforestación

Reforestación

Reja de retención de madera flotante

Reja de retención de madera flotante

Hondonada con dique de hormigón

Hondonada con dique de hormigón

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

WEB-GIS

Presentación del tool (en preparación)

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Digitalización de mapas de Intensidades

Digitalización del potencial de daño

Imprimir

Imprimir
Imprimir mapa
exportar mapa
A4
72 dpi (rápido)
EXPORTAR PDF

flujo de trabajo: nuevo proyecto

administrador súper		administrador		usuario
				• Solicitar proyecto
		• Solicitar empresa		
• Crear empresa • (Crear administrador) • Asignar administrador a la empresa				
		• Crear proyecto • (Crear usario) • Asignar usuario al proyecto		
				• Editar proyecto • Calcular resultados del proyecto
		• Revisión del proyecto • Terminación del proyecto		

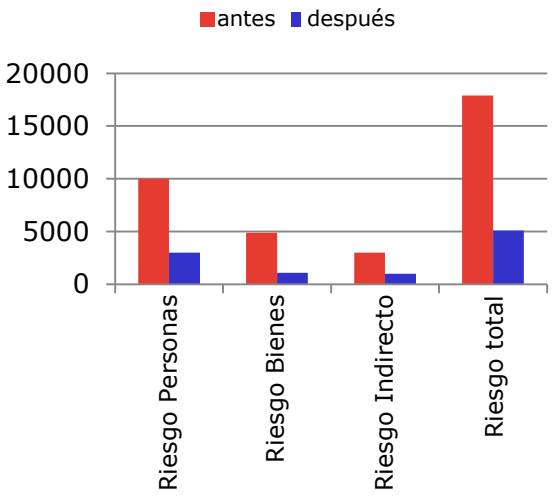
roles de usuario

competencias	admin súper	admin	usuario
CRUD empresas			
CRUD administradores			
CRUD proyectos			
CRUD usuarios y asignar proyectos			
Monitorear el estado del proyecto			
Registro de mapas de intensidades para todos los períodos de retorno • antes de la medida de mitigación • después de la medida de mitigación			
Registro del potencial de daño • daños directos • daños indirectos			
Registro de la resiliencia			
Registro de la medida de mitigación			
Almacenamiento de informes técnicos			
Cálculo de los resultados			
Terminación del proyecto			

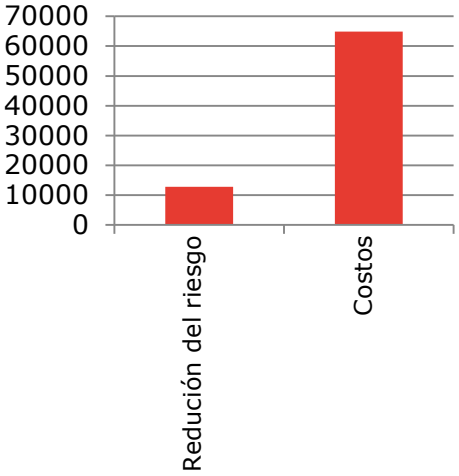
CRUD: acrónimo de "Crear, Leer, Actualizar y Borrar" (del inglés: Create, Read, Update and Delete)

Resultados del cálculo en Web-GIS

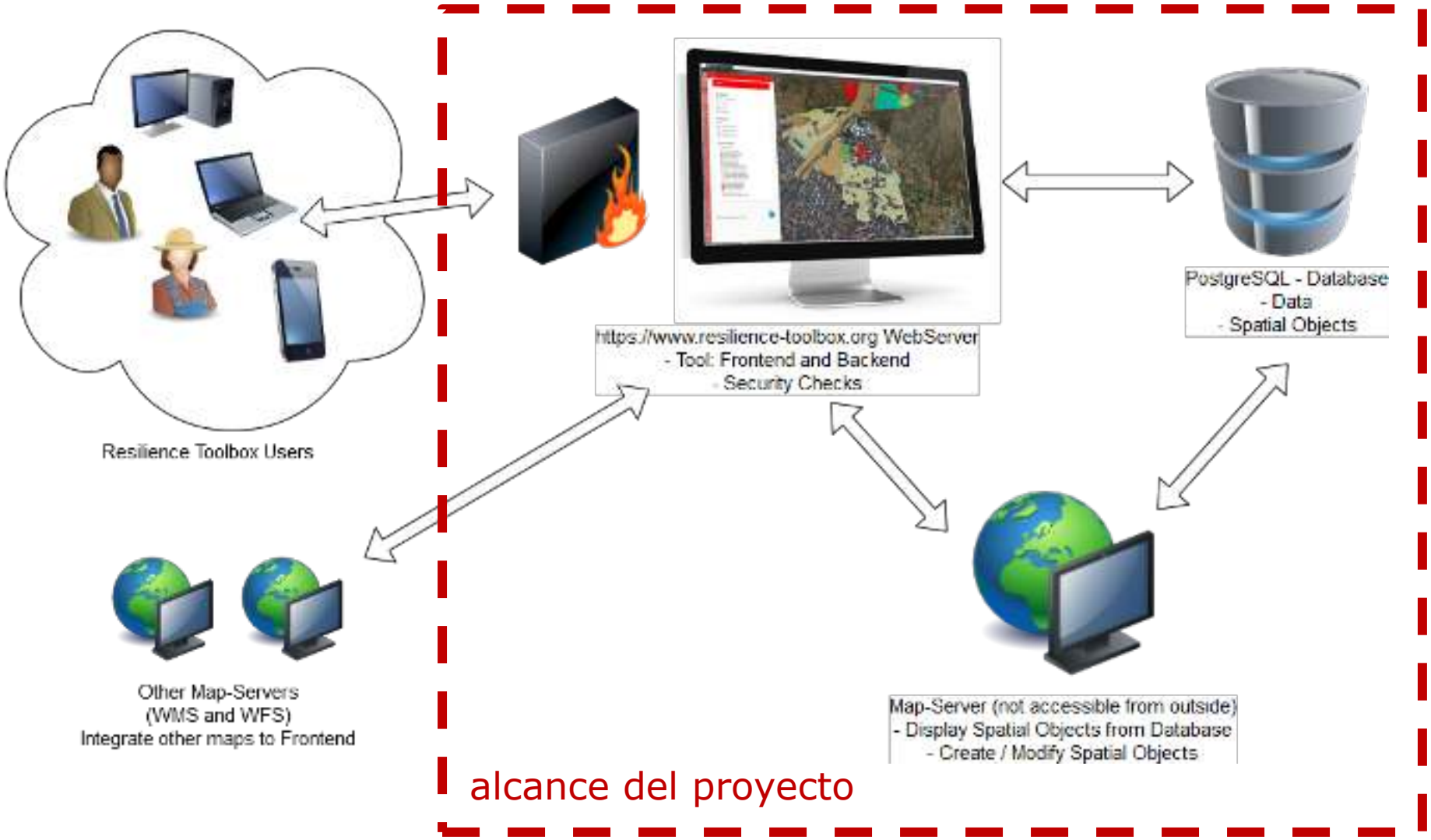
Riesgo (Bs./a)	sin medida	con medida	Reducción
Riesgo personas	10’000	3’000	7’000
Riesgo bienes	4’888	1’081	3’807
Riesgo indirecto	3’000	1’000	2’000
Riestgo total	17’888	5’081	12’807



Factor beneficio/costo	
Reducción del riesgo mediante medidas	12’807 Bs./año
Costes anuales de la medida	64’919 Bs./año
Factor costo-beneficio	0.2



Arquitectura WebGIS



GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

LEVANTAMIENTO POTENCIAL DE DAÑO

Levantamiento del potencial de daño

Levantamiento del potencial de daño

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

Clave para levantamiento del potencial de daño

	=	sin valor
	=	valor variable
	=	valor recomendado
	=	valor cerrado

Edificios		Valor real x unidad	Unidad	Cantidad pisos	ocupación	Presencia personas	# vehículos/día	Velocidad media	Abastecimiento agua	# empleados
ID-Objeto	Objeto	[Bs.]	[var.]	[-]	[personas x edificio]	[h/día]	[-]	[km/h]	[-]	
1	Vivienda madera y/o adobe	890	m2	valor variable	7	0.40				
2	Vivienda ladrillo	1'950	m2	valor variable	5	0.40				
3	Vivienda hormigón armado	2'900	m2	valor variable	5	0.40				
4	Colegio / escuela / centro educacional	2'600	m2	valor variable	valor variable	0.30				valor variable
5	Hospital	4'520	m2	valor variable	valor variable	0.83				valor variable
6	Hotel									
7	Oficina pública y privada									
8	Industria									
9	Granja arícola									
10	Iglesia									
11	Centro recreacional									
12	Parque / Plaza / Centro de									
13	Objeto libre									

Objetos especiales	
ID-Objeto	Objeto
14	Planta de tratamiento de a
15	Torre de comunicación
16	Aducción
17	Terminal / Aeropuerto
18	Objeto libre

Infraestructura	
ID-Objeto	Objeto
19	Carretera asfaltada
23	Carretera de tierra
27	Puente de H°A°
31	Torre de alta tensión
32	Torre de baja tensión
33	Objeto libre

Agricultura	
ID-Objeto	Objeto
34	Cultivos permanentes
35	Pastos
36	Área con vegetación herbá
37	Bosque natural
38	Bosque forestal
39	Objeto libre

Resilience Toolbox

Determinación del potencial de daño - Ficha terreno

GEOTEST

No referencia mapa	clase objeto	Tipo de objeto	Valor objeto	Área/Largo/ Cantidad	cantidad pisos	Ocupación	Presencia personas	Descripciones
[No]	[No.]	[Txt]	[Bs.]	[m2/m'/pza]	[-]	[-]	[horas/día]	[Txt]

GEOTEST – FieldApp

GEOTEST

Offline mobile solution
for mapping, geolocalised field notes and survey forms

GEOTEST – FieldApp

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

- Crear Geotiff
- Operar offline, georreferenciado
- Llenar formularios previamente incorporados
- Intercambiar datos con colegas que trabajan simultaneamente en terreno
- Sincronizar datos una vez que tegna acceso a internet

Servidor-Transfer

- Sincronizar datos, fotos a un servidor
- Ver datos en un Web-GIS
- Postprocessing datos en Web-GIS o en GIS si necesario

GEOTEST

PROYECTO GLACIARES+

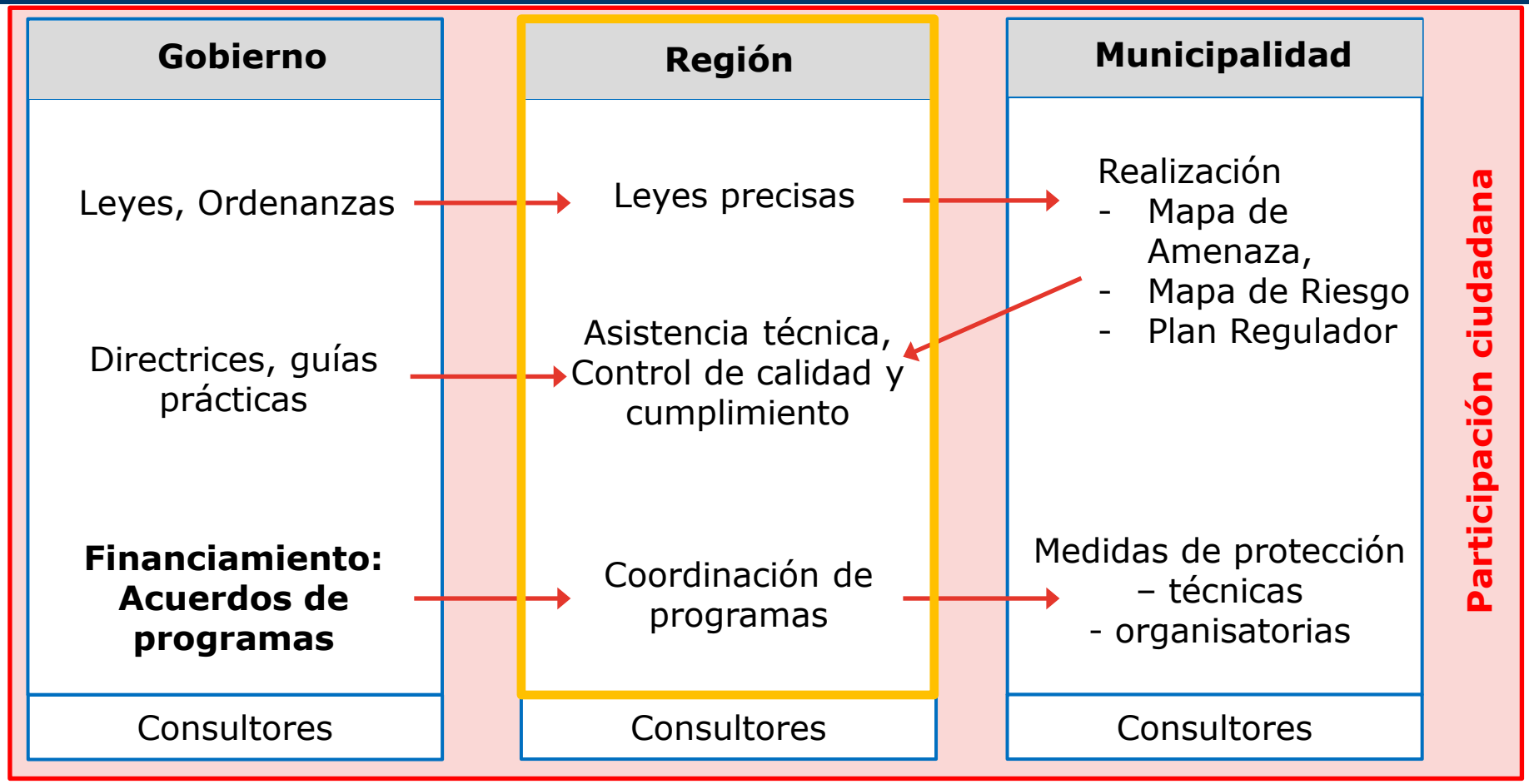
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades

INSTITUCIONALIZACIÓN

Insitucionalización de los mapas de peligro en Perú?

- Obligación/ base legal de realizar el mapa?
- Qué hace el estado para que se respecte el mapa?
- Detalle de los mapas y su influencia para la acetpación?
- Cuan negociables son los mapas de peligro en el Perú?
- Quién realiza los mapas de peligro (estado, consultores, …)?
- Quién realiza el control de calidad del mapa?

Institucionalización de la prevención



Motores de motivación:
- **Financiamiento bajo condiciones**
- **Consecuencias legales en caso de incumplimiento para municipios**

Fuerte posición de las regiones (decentralización de poder):
- **Necesita personal capacitado y directrices nacionales**
- **Competencia para tomar decisiones**

GEOTEST

PROYECTO
GLACIARES+
Más allá de los riesgos hacia las oportunidades