

Análisis de Amenaza Flujos detríticos



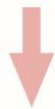
Descripción de los pasos de trabajo para analizar las amenazas por Flujos detríticos

Estándar avanzado

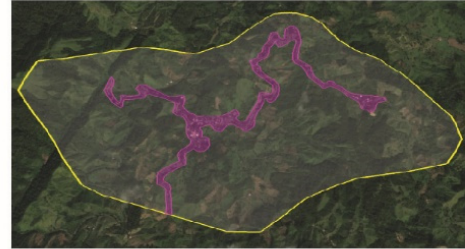
Pasos para el análisis de amenaza

Paso 1

Trabajos preparatorios



Definición perímetro „A“
Definición escenarios
Definición nivel de detalle

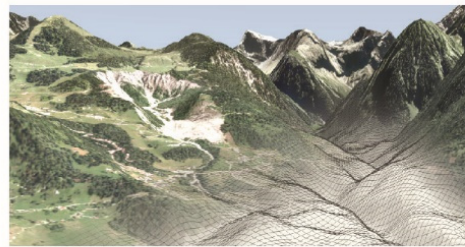


Paso 2

Conseguir datos de base



Estudios anteriores
Modelo digital de terreno
Datos geospaciales, ..
Datos hidrológicos.



Paso 3

Catastro de eventos

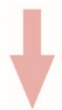


Entrevistar comunitarios
Llenar formulario StorMe
Mapeo de eventos ocurridos

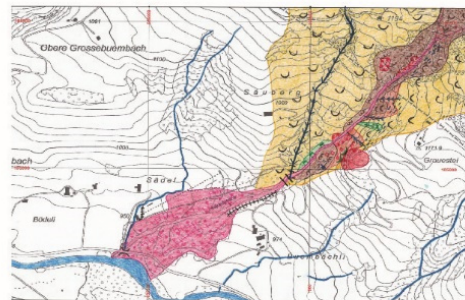


Paso 4

Mapeo fenómenos morfológicos



Buscar testigos morfológicos
en terreno y por fotos aéreas
Mapear los testigos



Paso 5

Análisis técnico de flujos detríticos y mapear las amenazas

Definir frecuencia de eventos
Definir intensidad de eventos
Mapear la extensión de eventos

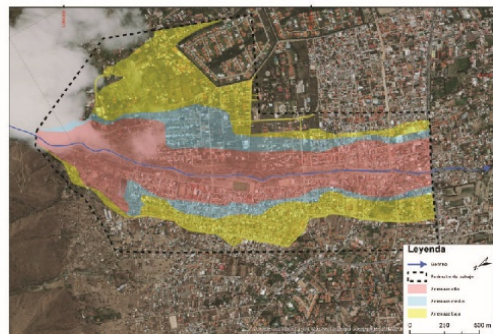


Ilustración 1: Pasos de trabajo para el análisis de amenazas por flujos detríticos, estándar avanzado. Fuente: CRS.

Paso 1 – Trabajos preparatorios

Definición del perímetro y nivel de detalle del análisis

Antes de que comience el análisis de amenazas, el área de estudio debe limitarse espacialmente y registrarse en un mapa. Por regla general, el perímetro del mapa de amenazas es más pequeño que el área del proyecto e incluye áreas actuales (o planificadas) de asentamiento, con instalaciones de infraestructura o importantes medios de subsistencia. Por consiguiente, el perímetro del mapeo de amenazas debe limitarse a estas áreas (perímetro "A"). Al limitar el perímetro a las áreas relevantes, se puede ahorrar tiempo y costos para el análisis. Las áreas fuera del perímetro "A" también deben investigarse si influyen a este perímetro. La Ilustración 1 muestra un área de proyecto (área amarilla) y el perímetro "A" del mapeo de amenazas (área violeta). El perímetro "A" está definido conjuntamente por las comunidades y autoridades competentes. En las licitaciones para la cartografía de amenazas, el perímetro "A" debe estar definido en los términos de referencia. El detalle de análisis también debe determinarse. Para el uso en la planificación territorial a nivel municipal y para la planificación de medidas de mitigación, es adecuada una precisión de escala entre 1:5.000 y 1:10.000.

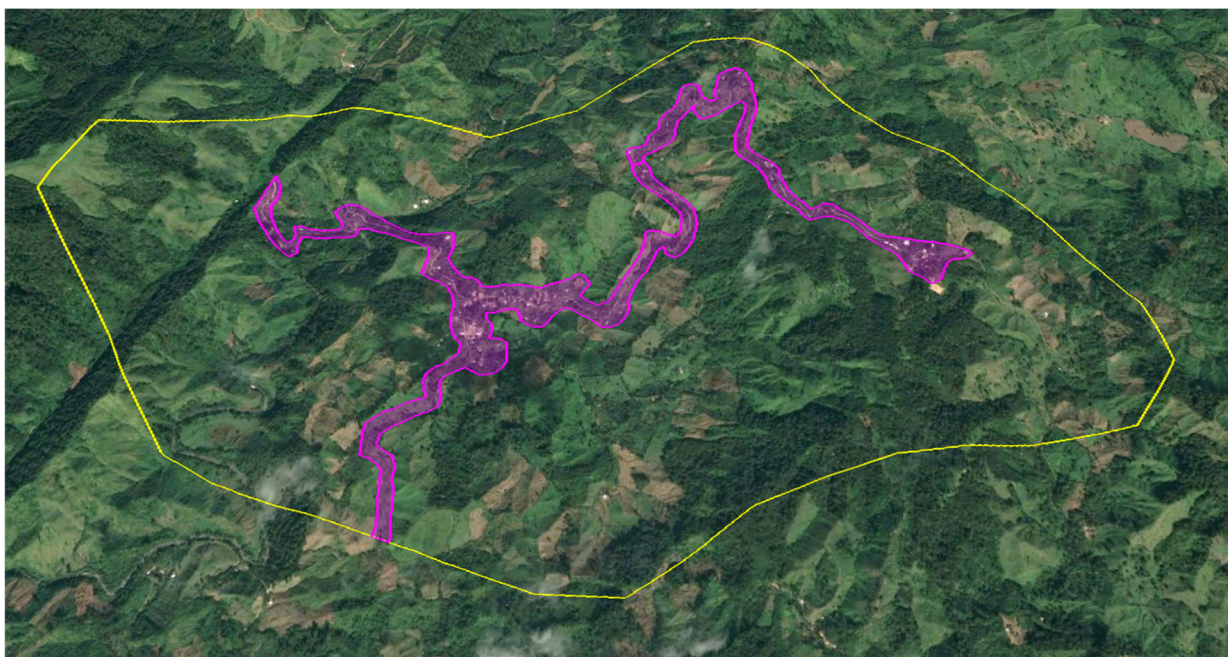


Ilustración 2: Representación del perímetro del proyecto (área amarilla) y del perímetro "A" del mapa de amenazas (área violeta). Fuente: Google-Earth.

Definición de escenarios

Es aconsejable considerar tres escenarios de investigación. Estos escenarios se aplican a menudo con períodos de retorno de 10, 30 y 100 años, equivalentes a un evento muy frecuente, uno generacional y uno extremo, respectivamente.

Tabla 1: Escenarios considerados con sus períodos de retorno respectivos. Fuente: CRS.

	Evento frecuente	Evento generacional	Evento extremo
Denominación del escenario	„10-años“	„30-años“	„100-años“
Período de retorno	≤ 10 años	10 – 30 años	30 – 100 años
Frecuencia de ocurrencia en últimos 30 años	> 3 veces	1 – 3 veces	< 1 vez

Paso 2 – Adquisición de datos de base

Los datos de base proporcionan información valiosa sobre eventos anteriores, su propagación espacial, sus períodos de retorno y sus intensidades. La calidad de la evaluación de la amenaza depende fundamentalmente de los datos de base disponibles. Adjunto se especifican algunos datos de base:

- Mapa topográfico o foto satelital como base cartográfica
- Informes locales de eventos anteriores (AVC, etc.)
- Fotos de eventos y daños ocurridos
- Artículos de prensa
- Fotos aéreas georreferenciadas de diferentes fechas
- Modelo digital de terreno (MDT)
- Red de drenaje digital
- Geometría de cauces (medición del perfil longitudinal y transversal)
- Registros de precipitación
- Registros de caudales
- Estudios de obras
- Estudios previos de amenaza

Paso 3 – Catastro de eventos

El análisis de eventos pasados es un componente central del análisis de amenazas. Particularmente en el caso de períodos de retorno muy cortos, la información obtenida puede ser suficiente para describir la amenaza del escenario correspondiente. La documentación de los eventos anteriores permite tener en cuenta el conocimiento de la población local sobre las amenazas naturales. También sirve para concientizar a la población e identificarla con el mapa de amenazas.

El método AVC de la FICR describe métodos y herramientas para levantar de manera participativa la información de eventos pasados. De particular interés es la frecuencia y el alcance espacial de los flujos detríticos ocurridos. Además, la altura observada de flujos detríticos [m] debe ser mapeada en tantos lugares como sea posible y registrada utilizando el formulario StorMe (Anexo) o el sistema “Desinventar” (desinventar.org). A continuación se presentan dos enfoques pragmáticos.

Enfoque a base de fotos aéreas

- El moderador proyecta una fotografía aérea del perímetro de interés (GoogleEarth) en papel blanco (Ilustración 3).
- El moderador asegura mediante un ejercicio plenario que todas las personas puedan orientarse con la ayuda de la fotografía aérea.
- En un procedimiento participativo, la extensión espacial de eventos anteriores se marca en el papel. A cada área de evento se le asigna la fecha del evento asociado y el tipo de proceso de amenaza (índice de eventos). Esto establece un vínculo con los formularios de StorMe (anexo) que se adjuntan para cada evento documentado.
- En el plenario, los daños conocidos y la información sobre eventos se compilan en el formulario StorMe. Para ello, quien es responsable de la reunión nombra a alguien que se encargue del protocolo, que se ha familiarizado con el formulario de antemano. El formulario StorMe está referenciado con el índice de eventos en la fotografía proyectada.



Ilustración 3: Mapeo de áreas afectadas de eventos anteriores por parte de la población local (Poco Poco, Bolivia).
Fuente: CRS.

Enfoque “Recorrido del terreno”

Luego de la reunión con la comunidad o cuando quienes participan no pueden orientarse en la foto aérea, se les invita a recorrer los áreas donde han ocurrido eventos. La información adquirida en terreno entra en el formulario StorMe. Para el proceso de flujos detríticos se localizan puntos donde existe información de profundidad y velocidad de desbordes ocurridos y se la registra en un mapa.



Ilustración 4: Recorrido del área de fractura de un evento ocurrido (izquierda). Discusión sobre un deslizamiento durante el recorrido en Léogâne, Haití (derecha). Fuente: CRS.

Paso 4 – Mapeo de testigos morfológicos

En áreas con escasos datos, así como para el control de calidad de los resultados de los análisis técnicos, es adecuado el mapeo geomorfológico de flujos detríticos anteriores. La documentación y la interpretación de estos testigos en terreno permiten extraer conclusiones análogas sobre acontecimientos futuros en cuanto a su posible propagación, intensidad y frecuencia de ocurrencia. Especialmente en el caso de flujos detríticos, a menudo se puede encontrar rastros de eventos. La cartografía se lleva a cabo principalmente mediante inspecciones in situ, pero también puede complementarse con información procedente de fotografías aéreas o mapas geológicos. Para la cartografía, que se lleva a cabo utilizando la simbología del anexo.

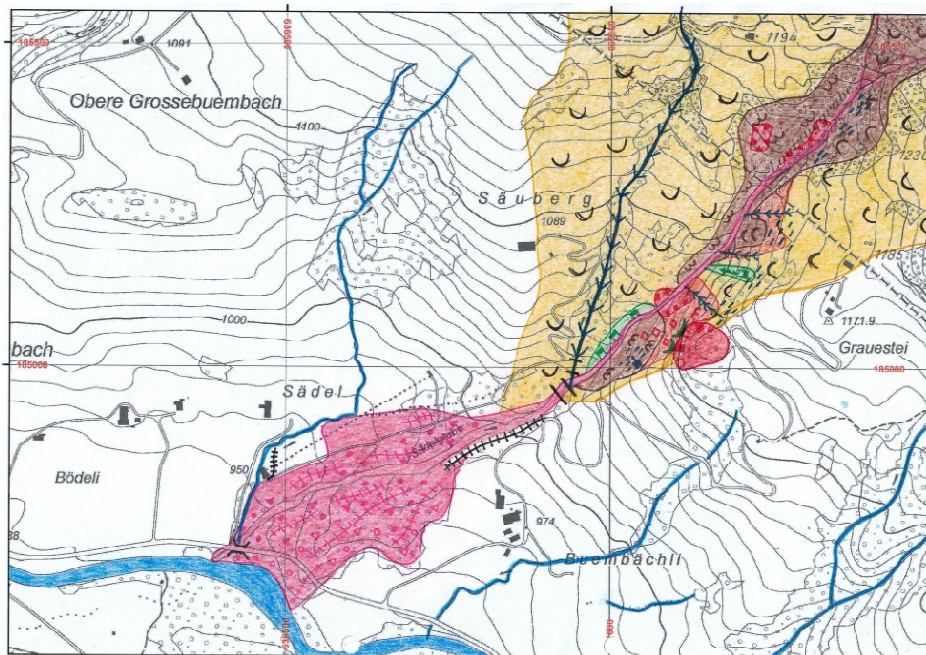


Ilustración 5: Mapa de testigos morfológicos en una cuenca en Schangnau, Suiza. La leyenda correspondiente se presenta en el anexo.

Ejemplos de testigos morfológicos de flujos detríticos

Descripción

Ilustración 6: Escarpado cono con morfología pronunciada (Vallecito, Chile).

Fuente: Geotest Chile SpA

Ilustración



Ilustración 7: Los bloques depositados en el lecho o en el área del cono cuentan con bordes redondeados. El tamaño de grano de los depósitos es muy variable (Macul, Chile).

Fuente: Geotest SpA



Ilustración 8: A lo largo del cauce o en el cono hay Levées, cuyos ejes están en la dirección del flujo (Cochabamba).

Fuente: COSUDE Bolivia



Ilustración 9: Por los bloques transportados, la vegetación arbórea puede presentar lesiones de la corteza (flechas rojas).

Fuente: COSUDE Bolivia



Ilustración 10: Imágenes históricas muestran la extensión espacial de eventos anteriores de flujos detríticos.

Fuente: COSUDE Bolivia



Paso 5 – Análisis técnico de flujos detríticos

La amenaza de flujos detríticos se determina sobre la base de los testigos morfológicos (depósitos), del catastro de eventos y de cálculos simplificados. Los mapas topográficos o las fotos aéreas son esenciales para las inspecciones del sitio, dado que sirven como base para el mapeo. Por regla general, la cuenca se recorre de abajo hacia arriba. Para una cuenca de 10 km², el tiempo necesario para el trabajo de campo es de aproximadamente 1 día laboral.

Paso 5.1: Evaluación de la propensión a flujos detríticos

Este paso aclara si el torrente en estudio cuenta con las características necesarias para la generación de flujos detríticos. Si se cumplen los siguientes criterios, se puede suponer la propensión:

- La pendiente global entre el punto superior del área de inicio de posibles flujos de detritos y el extremo inferior de sus depósitos en el cono es > 15 %.
- La pendiente del cono del cauce es > 8 %.
- Amplias fuentes de sedimentos disponibles en los taludes y en el lecho
- Huellas morfológicas de flujos históricos a lo largo del cauce y en el cono (testigos morfológicos)

Si no se cumplen los criterios, el cauce debe evaluarse según la metodología de "inundación".

Paso 5.2: Determinación de la carga de sedimentos "M"

Escenario de períodos de retorno de 30 – 100 años (evento extremo)

Durante la inspección, el torrente se divide en secciones geomorfológicamente uniformes con una longitud de varios cientos de metros cada una (Ilustración 11) hasta el punto más alto de posibles flujos de detritos. La subdivisión de las secciones se lleva a cabo de acuerdo a los siguientes criterios:

- Cambio significativo en el carácter morfológico del torrente
- Cambio en la disponibilidad de sedimentos
- Confluencia de dos o más cauces laterales
- Cambio significativo en el ancho del cauce
- Cambio de pendiente del lecho > 5%.

Para cada sección de cauce se define un perfil transversal característico y se mide su geometría (longitud de talud erosionable y ancho de lecho, [Ilustración 11]). Para los taludes y el lecho, la posible profundidad de erosión se estima de acuerdo con la Tabla 2 y se multiplica por las dimensiones de la geometría (lecho y taludes). Esto da como resultado un área erosionable por sección transversal (área gris en la Ilustración 11, derecho).

Esta área se multiplica por la longitud de la sección del cauce, de modo que se puede registrar un volumen de carga de sedimentos erosionable por sección de cauce. Los volúmenes de sedimentos de todas las secciones se suman al volumen potencial total (Ilustración 12). En secciones de cauce con depositación de sedimentos (sección roja en la Ilustración 12), el volumen de depositación se resta del volumen total. El volumen de los depósitos puede determinarse mediante cálculos de transporte de sedimentos o estimarse en campo. No se considera que se trata de depósitos en caso de que la pendiente longitudinal del lecho sea mayor que 10 - 15 % y cuando no haya un ensanchamiento considerable del lecho.

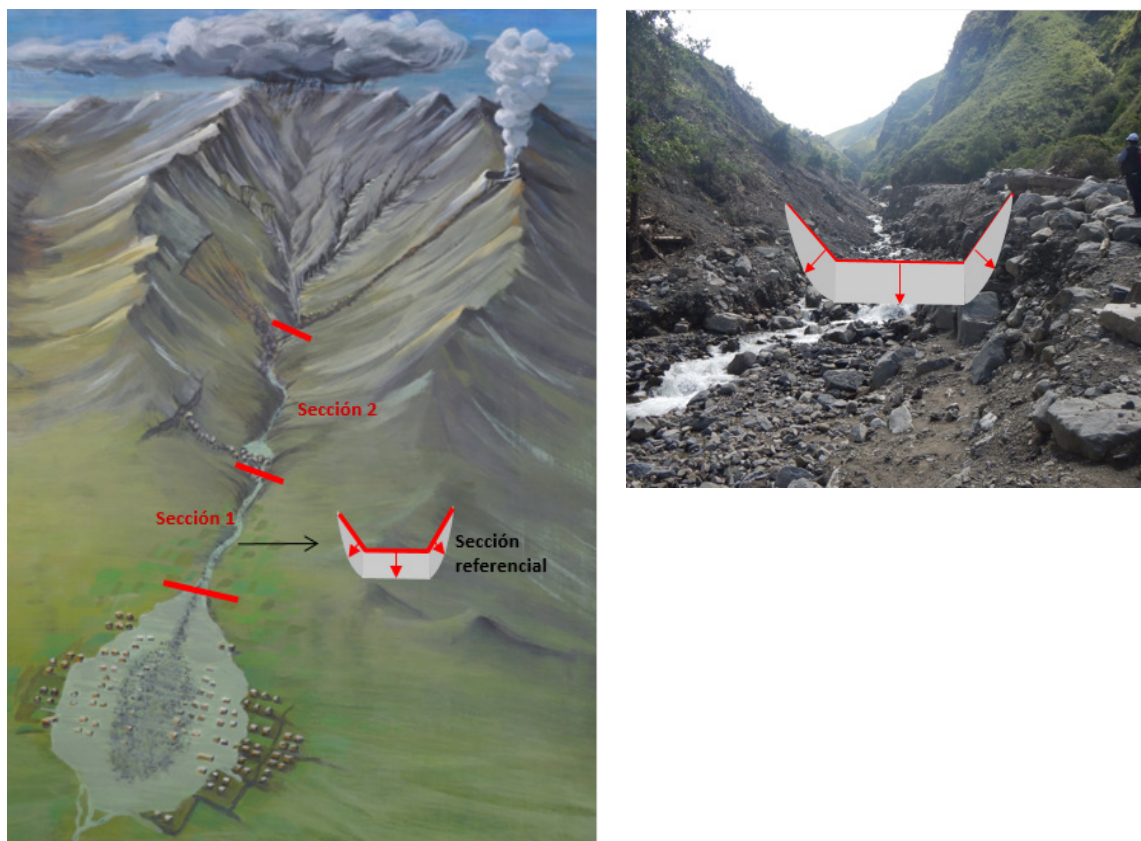


Ilustración 11: Segmentación del torrente en secciones morfológicamente uniformes (izquierda). Para cada sección, se establece un perfil transversal para el cual se define la profundidad erosionable (derecha. Áreas grises).

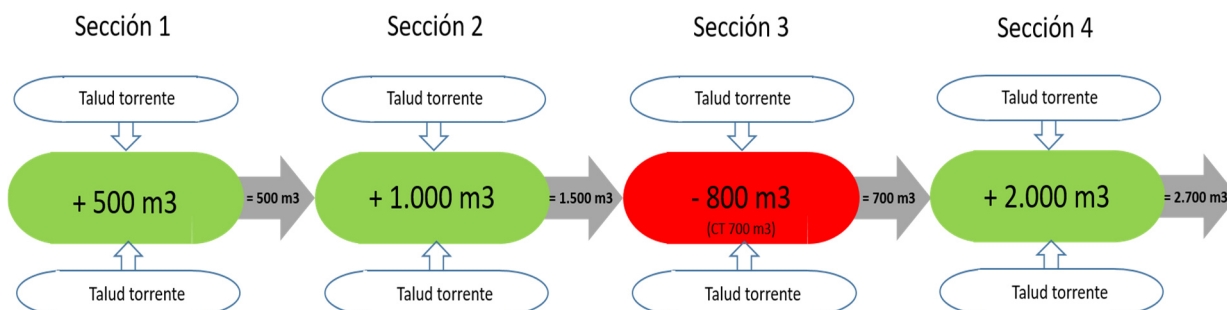


Ilustración 12: Representación esquemática del balance de sedimentos de diferentes secciones. Cada sección está compuesta esquemáticamente por el lecho (celdas verdes y roja) y los taludes laterales (en blanco). Las celdas verdes representan secciones de erosión, la celda roja representa una sección con sedimentación.

Los datos de la Tabla 2 son valores empíricos de cuencas alpinas y andinas. El espesor de la erosión puede diferir de los valores de la tabla en casos individuales. Los valores de erosión pueden ser menores si la superficie de la roca es poco profunda.

Tabla 2: Valores empíricos para espesores máximos de erosión para eventos extremos (100 años).

Sección	Material de origen	Espesores de erosión
Lecho	Flujo detrítico	0.2 – 0.4 x ancho del lecho del cauce [m]
Talud	Morrena, derrumbes	0.5 – 1 m
	Flujo detrítico	1 – 2 m
Ladera	Evaluación de acuerdo a la metodología para el análisis de deslizamientos	

En la literatura también hay estimaciones generales que pueden utilizarse para comprobar los resultados obtenidos en terreno:

Volumen de flujo detrítico (M) de eventos extremos según Rickenmann, 1995:

$$M = (110 - 2.5 * J_c) * L \quad [m^3]$$

donde J_c representa la pendiente del cono en [%] y L la longitud del cauce principal en metros [m] desde el punto de inicio más alto hasta el punto de depósito más bajo.

Escenario de períodos de retorno de 10 – 30 años

Si la base de datos del registro de eventos es insuficiente, la carga de sedimentos puede derivarse de las estimaciones del evento de 100 años (evento extremo) por medio de un factor de reducción correspondiente a 0,4. Aunque este factor global de reducción no toma en cuenta el carácter individual de un torrente, representa un valor medio.

Escenario de períodos de retorno inferiores a 10 años

Los volúmenes de carga de detritos para eventos muy frecuentes pueden ser tomados del registro de eventos según el estándar mínimo.

Paso 5.3 Definición de puntos críticos de desbordes

El siguiente enfoque pretende determinar la máxima capacidad de descarga en el cauce. Si se excede esta capacidad, es de esperar que se produzcan desbordes. La metodología considera la estimación del caudal máximo (Q_{max}) por escenario, la velocidad del flujo y la medición de la geometría de la sección transversal.

Q_{max} de acuerdo a Rickenmann (1995):

$$Q_{max} = 0.135 * M^{0.78} \quad [m^3/s]$$

Velocidad (v) de flujo de acuerdo a Rickenmann (1990):

$$v = 10 * R_h^{0.67} * J^{0.5} \quad [\text{m/s}]$$

El factor 10 representa un valor de rugosidad global del cauce, R_h [m] el radio hidráulico (área de la sección transversal del cauce en relación con el perímetro de la sección transversal del cauce) y J representa la pendiente del lecho (%/100). Un flujo detrítico puede alcanzar velocidades de hasta 15 m/s. El concepto del radio hidráulico está explicado en la metodología "Análisis de amenazas por inundación". Si el valor de Q_{\max}/v es mayor al valor del área de corte transversal en m^2 , se considera un punto crítico para desbordes. Con este enfoque hidráulico, se debe tener en cuenta que los desbordes también pueden ocurrir como resultado de obstrucciones por bloques o madera flotante.

Paso 5.4: Determinación de la longitud máxima recorrida

Se determina la propagación del flujo de desborde orientándose en la topografía y en los testigos morfológicos. Es probable que una zona esté fuera del peligro de flujos detríticos si la pendiente del cono en varios cientos de metros es inferior al 8 % y no puede detectarse ningún fenómeno morfológico correspondiente. La información del catastro de eventos también ayuda a determinar la extensión de flujos de detritos. Las áreas adyacentes pueden estar en peligro por inundaciones, siempre y cuando haya trayectorias de flujo libre. La evaluación de amenaza en estas áreas adyacentes debe realizarse utilizando la metodología de "inundación". Como datos de orientación, Rickenmann presenta valores empíricos de distancia de flujos desde su punto de arranque.

Distancia promedia de flujos en metros: $L = 75 * M^{0.31}$

Distancia máxima de flujos en metros: $L = 350 * M^{0.25}$

Distancia media de flujos en metros: $L = 6.2 * M^{0.45}$

donde L [m] representa la distancia longitudinal y M el volumen de flujo de detritos en m^3 . Se cartografía las extensiones y se les asigna la intensidad según el paso 5.5.

Con la información sobre los volúmenes de detritos es posible correr modelaciones bidimensionales para determinar los alcances de flujos detríticos, así como sus velocidades y profundidades de flujos. Un software apto para este fin es el modelo conocido como RAMMS::Debris Flow (Rapid Mass Movement System).

Paso 5.5: Definición de la intensidad

La intensidad del proceso se determina sobre la base de la profundidad de flujo esperada y su velocidad de acuerdo con la Tabla 3. Conforme a las directrices internacionales, no se define una intensidad baja para los flujos de detritos. Las intensidades bajas se califican con base en la metodología de inundación.

Tabla 3: Diferenciación de la intensidad de flujos detríticos y del grado de influencia sobre las personas y los bienes materiales. Intensidades bajas se califica a base de la metodología de inundación.

	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Espesor h [m]	-	< 1.0	> 1.0
Velocidad v [m/s]	-	< 1.0	> 1.0
Afectación personas	-	Mortal fuera de edificios	Mortal dentro y fuera de edificios
Afectación bienes	-	Daño considerable	Destrucción o daño estructural

Imágenes de posibles daños por flujos detríticos

Ilustración 13:

Intensidad media: El área fuera del torrente está cubierta por detritos. Es posible que se produzcan daños moderados en edificios de hormigón armado, pero su estabilidad sigue estando garantizada. Las casas de adobe y de madera pueden ser destruidas.



Ilustración 14:

Intensidad alta: Los edificios de hormigón armado pueden ser destruidos por la alta energía del flujo y las grandes alturas del depósito. Fuente: Geotest AG.

