

CRS Cooperación internacional

Análisis de amenazas por caídas de roca



Por qué este manual es necesario

Con el objetivo de fortalecer la resiliencia de las personas vulnerables, la Cruz Roja Suiza (CRS) apoya a sus organizaciones socias en todo el mundo en el tema de gestión del riesgo de desastres (GRD). Esto incluye tanto la ayuda en emergencias y en la fase de reconstrucción luego de las catástrofes así como en el fortalecimiento de la prevención y de la preparación ante estos eventos. El conocimiento sólido de las amenazas naturales existentes es un prerequisite importante de la GRD, tanto para la planificación territorial como para la planificación de medidas de mitigación. Por este motivo, la CRS elaboró la guía metodológica «Análisis de Amenazas naturales» (ver enlace a la guía). La guía representa un manual práctico para determinar las áreas propensas a inundaciones, flujos detríticos y deslizamientos de tierra, precisando la frecuencia e intensidad con que estas áreas se ven afectadas. La guía pretende complementar la metodología AVC¹ de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja (FICR), con métodos geomorfológicos y cuantitativos simples para mejorar la calidad de los análisis de amenazas.

En áreas montañosas, el proceso de caída de rocas suele plantear una amenaza adicional para las zonas de asentamiento y las instalaciones de infraestructura. Por esta razón, la guía metodológica de la CRS viene enriquecida con este manual de análisis de amenazas por caídas de rocas.

A quién se dirige el manual

El manual "Análisis de amenazas por caídas de roca" describe los requisitos mínimos para el análisis de amenazas naturales en los proyectos de la CRS. Se evitaron deliberadamente los análisis cuantitativos y el uso de modelos numéricos para que también instituciones sin un profundo conocimiento especializado puedan aplicar los métodos de análisis. Este documento está destinado a los responsables de las sociedades de la Cruz Roja y a consultores con mandato externo.

Cómo está estructurado el manual

El presente manual está dividido en tres partes. En la primera parte se explican las definiciones de los diferentes tipos de caídas. La segunda parte contiene las instrucciones para el análisis de amenazas en 5 pasos según la Ilustración 2. La tercera parte muestra el procedimiento para la representación cartográfica de amenazas.

¹ Para más información sobre el método, ver www.ifrcvca.org, disponible solo en inglés.

Parte 1 – Definiciones

El término genérico "procesos de caída" describe la caída de piedras y bloques desde una pared rocosa o una pendiente empinada de material suelto, por la que los componentes de la caída se desplazan cuesta abajo en caída libre, saltando, deslizándose o rodando. Los procesos de caída pueden desencadenarse tanto de forma natural (terremotos, precipitaciones, cambios de temperatura) como artificial (excavaciones en taludes, movimientos de personas o animales). La topografía y las condiciones geológicas y climáticas son los requisitos básicos para que se produzcan los procesos de caída.

En cuanto al **proceso de caída de piedras y bloques**, las piedras individuales (diámetro < 0,5 m) o los bloques individuales (diámetro > 0,5 m) caen cuesta abajo y pueden alcanzar velocidades de hasta 30 m/s (100 km/h). El volumen total por evento de caída es inferior a 100 m³. Durante su recorrido, las piedras y los bloques generalmente pierden energía y empiezan a frenar en pendientes inferiores a 30° - 35°. En las faldas de paredes rocosas, los depósitos de caídas forman conos.



Ilustración 1: Ejemplos de procesos de caída de roca. Fuente: Geographyeducation.org

Los volúmenes de caída de rocas mayores a 100 m³ de material rocoso pertenecen a la categoría de **derrumbes rocosos**, donde una gran masa de roca se desprende de una peña rocosa. Durante la caída o en el impacto, se divide en bloques y piedras. La energía de impacto de derrumbes rocosos es tan grande que solo se pueden tomar medidas de planificación organizacional para proteger las viviendas o la infraestructura (planificación territorial).



Ilustración 2: Derrumbe rocoso en Evolène, Suiza. Fuente: Comunidad de Evolène.

En vista de las altas velocidades involucradas, incluso una caída de piedras de pequeños tamaños puede ser fatal. Las piedras y bloques más grandes generalmente tienen una gran fuerza destructiva en su trayectoria de caída, que solo disminuye abruptamente poco antes de que se detengan.

Las caídas de piedras y bloques suelen ocurrir repentinamente. El tiempo de aviso previo es tan corto que apenas hay tiempo para una evacuación. Los sistemas de alerta temprana no suelen ser eficaces en este caso. Por otra parte, un derrumbe rocoso de volumen mayor a veces se advierte con varios días o semanas de anticipación a través del aumento de la actividad de caída de piedras y rocas con volúmenes pequeños. De esta manera, pueden iniciarse medidas de emergencia apropiadas.

La probabilidad de que se produzcan derrumbes rocosos mayores a 100 m^3 en las zonas de asentamiento es baja. Por lo tanto, el presente manual describe exclusivamente los pasos analíticos para evaluar las amenazas por caída de piedras y rocas, que con frecuencia ponen en riesgo edificios e instalaciones de infraestructura.

Parte 2 – Pasos analíticos



Ilustración 3: Pasos de trabajo para el análisis de amenazas por caídas de rocas. 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 del análisis. Las áreas fuera del perímetro "A" también deben investigarse si influyen a este perímetro. La Ilustración 3 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.

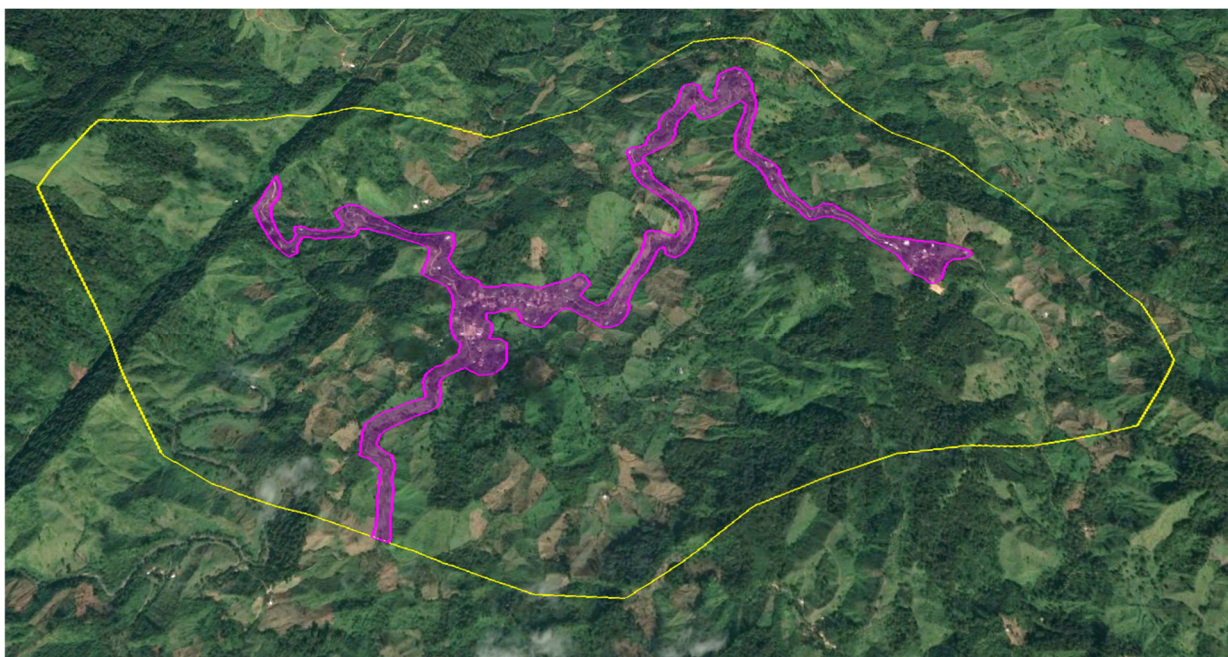


Ilustración 4: Representación del perímetro del proyecto (área amarilla) y del perímetro "A" del mapa de amenazas (área violeta). Fuente: Google-Earth.

Evaluación de la relevancia de los procesos de caída para el perímetro "A"

Antes de iniciar la investigación de los procesos de caída, se recomienda hacer una simple comprobación para determinar si los procesos de caída pueden ocurrir en el perímetro A y, por lo tanto, si se justifica una investigación de este proceso. Se recomienda un examen en las siguientes condiciones:

- En la línea de caída por encima del perímetro A, se encuentran rocas fracturadas o piedras/bloques desconsolidados en peñas rocosas o en los escombros de las laderas empinadas. En ambos casos, la pendiente global es mayor a 28° . La pendiente global es el gradiente de una línea imaginaria en la dirección de caída entre el punto más alto de la peña rocosa y el punto más alto del perímetro A (ver Ilustración 5).
- No hay depresiones morfológicas o diques significativos en la línea de caída que puedan detener la caída de piedras/bloques.

Estas aclaraciones preliminares se llevan a cabo mejor en el campo. Modelos digitales del terreno (MDT) de alta resolución y fotografías aéreas pueden ser utilizadas de manera complementaria.



Ilustración 5: Presentación del concepto de pendiente global. Fuente: CRS.

Equipo recomendado para los análisis

El análisis de amenazas por caídas se realiza principalmente en terreno con el siguiente equipo:

- Clinómetro (p.e. de la empresa Suunto, o aplicación correspondiente en Smartphone)
- Binoculares
- Cinta métrica
- Brújula geológica
- Mapa topográfico

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 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 la disponibilidad de estos datos. A continuación se especifican algunos datos de base:

- Mapa topográfico o foto satelital como base cartográfica
- Mapa geológico
- 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)
- Estudios de obras realizadas
- 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 (< 10 años), la información obtenida puede ser suficiente para describir la amenaza del escenario correspondiente. Para escenarios con largos períodos de retorno (eventos extremos), los datos del catastro de eventos sirven para comprobar los resultados de los análisis técnicos. 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. Toda la información obtenida se registra en el formulario StorMe en el anexo de esta guía.

En las siguientes líneas se presentan dos enfoques pragmáticos del levantamiento de información:

Enfoque a base de fotos aéreas

- El moderador proyecta una fotografía aérea del perímetro de interés (GoogleEarth u ortofoto de un levantamiento de dron) en papel blanco (ver Ilustración 6).
- 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 de caída se marca en el papel. A cada área de evento se le asigna la fecha del evento asociado (índice de eventos). Esto establece un vínculo con los formularios StorMe 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 está referenciado con el índice de eventos en la fotografía proyectada.



Ilustración 6: 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 las áreas donde han ocurrido eventos. La información adquirida en terreno entra en el formulario StorMe. De particular interés en el levantamiento de información es la frecuencia y la distancia recorrida de caídas. Además, la forma y el diámetro de los bloques deben registrarse utilizando el formulario StorMe o el sistema “Desinventar” (desinventar.org).



Ilustración 7: Levantamiento de la pendiente de una quebrada mediante clinómetro (Nacaome, Honduras). Fuente: CRS.

Paso 4 – Mapeo de testigos morfológicos

El registro de testigos morfológicos en las áreas de desprendimiento y de depósitos de caídas anteriores permite extraer conclusiones análogas sobre acontecimientos futuros en cuanto a su posible área de amenaza, intensidad y frecuencia de ocurrencia de eventos. En el caso de caídas, a menudo se puede encontrar rastros de eventos anteriores, por ejemplo depósitos de caídas, trazos que dejaron bloques enredados, heridas en la corteza de árboles o huecos en caminos asfaltados que piedras dejaron al impactarlos. La cartografía de los testigos morfológicos se lleva a cabo principalmente mediante inspecciones in situ, pero también puede complementarse con información procedente de fotografías aéreas de alta precisión. Para la cartografía, que se lleva a cabo utilizando la simbología del anexo de esta guía, se recomienda una escala de 1:10.000.

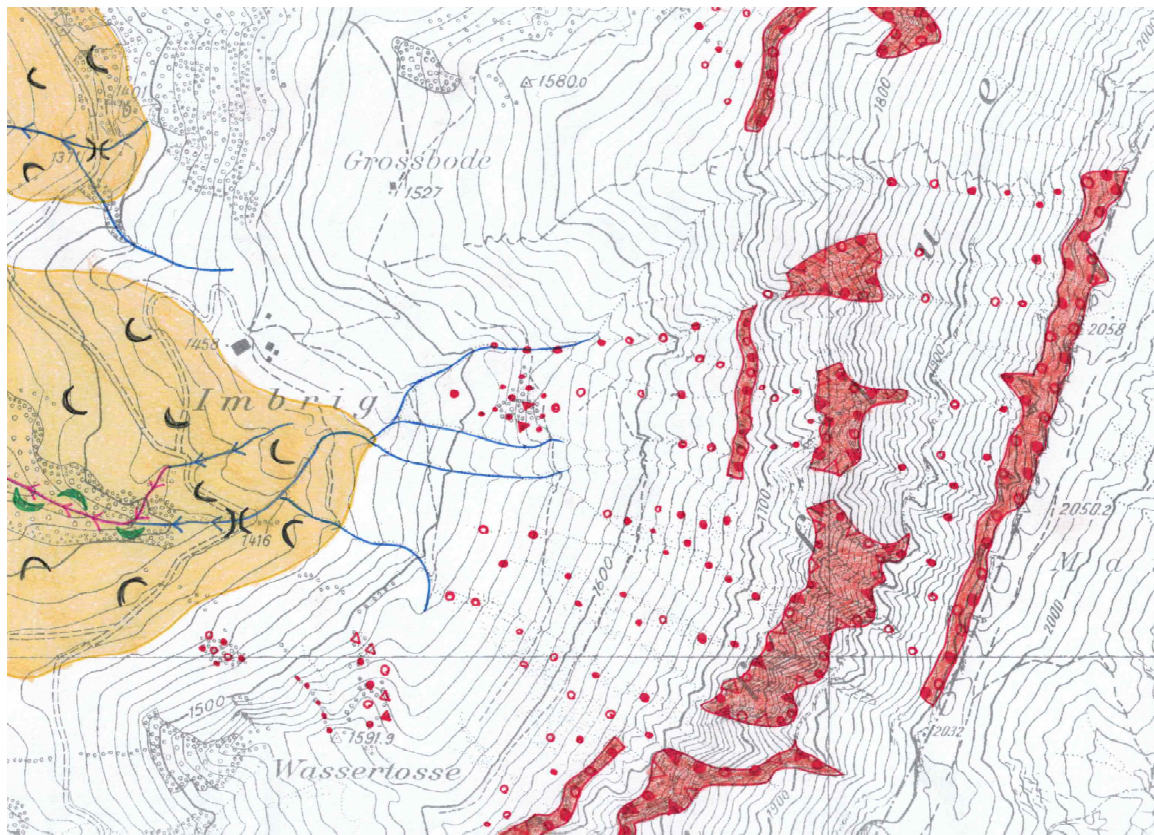


Ilustración 8: Mapa de testigos morfológicos en Schangnau, Suiza. Las áreas rojas representan sectores de arranque de piedras y bloques, los círculos y triángulos representan depósitos en el cono. Las líneas negras representan curvas de nivel. La simbología se encuentra en el anexo de esta guía. Fuente: CRS.

Ejemplos de huellas morfológicas de caídas

Ilustración 9: Cono escarpado de deyección con depósitos de piedras y bloques mayores. En el fondo se observa el área de desprendimiento (Valle del Maipo, Chile).

Fuente: Geotest Chile SpA



Ilustración 10: Cono escarpado con depósitos de bloques detrás de establos de vacas (Kandersteg, Suiza).

Fuente: CRS



Ilustración 11: Depósitos de piedras y bloques de diferentes fechas/eventos. Los bloques cubiertos por vegetación de líquenes representan depósitos de eventos antiguos. El bloque desnudo de color blanco en el centro de la foto es de la misma litología. La falta de sucesión vegetal demuestra que es testigo de un evento reciente (Bregaglia, Suiza).

Fuente: CRS



Ilustración 12: Trazo de un bloque enroscado que desarraigó las raíces de arbustos y siguió su ruta en dirección de los edificios en el fondo de la foto (Valle Colorado).

Fuente: Geotest Chile SpA



Ilustración 13: Heridas frescas que dejan piedras en las cortezas de árboles (Valle del Maule, Chile)

Fuente: Geotest Chile SpA



Ilustración 14: La piedra levantada cubre vegetación, evidenciando un evento de caída reciente (Hohgant, Suiza).

Fuente: CRS



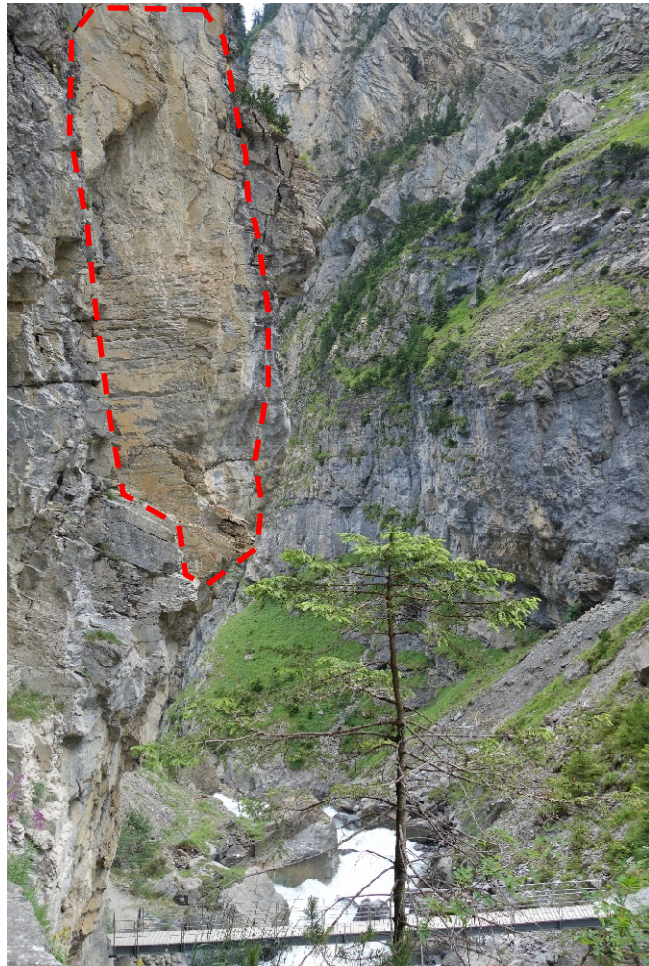
Ilustración 15: Hueco en el asfalto que un bloque dejó al impactar el camino.

Fuente: meinbezirk.at.



Ilustración 16: Zona de desprendimiento de piedras. El cambio de color de la roca informa que recientemente hubo un evento de caídas (Gasterental, Suiza)

Fuente: CRS



Paso 5 – Análisis técnico de caídas

Análisis en la zona de desprendimiento

Durante las inspecciones de los sitios en terreno, se localizan los posibles sectores de desprendimientos (afloramientos rocosos o taludes de material suelto como morrenas) y se define la energía cinética “E” de posibles caídas. Con este objetivo se determina por un lado, la máxima altura vertical de caídas. Por otro, se determina la masa de posibles bloques de caídas investigando la estratificación de la roca madre y las fisuras transversales o perpendiculares (análisis de superficies, Ilustración 17)². La energía cinética “E” se estima de forma simplificada mediante la siguiente fórmula básica:

$$E [kJ] = m * g * h, \quad \text{donde}$$

E = Energía cinética en Kilojoule [kJ]

m = Masa del bloque (largo * ancho * altura en metros, multiplicado por 2,75) [t]

g = Gravitación (~ 10) [m/s²]

h = Altura vertical de la caída [m]

Alternativamente, la energía cinética de un bloque en caída vertical puede estimarse a partir de su velocidad y su masa como se muestra en la Tabla 2. La velocidad *v* se puede aproximar con la siguiente fórmula:

$$v = (2 * g * h)^{0.5} \quad [m/s]$$

Tabla 2: Ejemplos de intensidades resultantes de la altura de caída vertical (h), la velocidad de movimiento (v) y la masa (m). En vez de la masa puede aplicarse también el volumen (Vo) de los componentes de la caída. Fuente: Schutz vor Naturgefahren.ch.

Masa m [kg]	Volumen Vo [m ³]	h: 0.3 [m]	h: 1 [m]	h: 5 [m]	h: 12 [m]	h: 20 [m]	h: 32 [m]
		v: 2.5 [m/s]	v: 5 [m/s]	v: 10 [m/s]	v: 15 [m/s]	v: 20 [m/s]	v: 25 [m/s]
20	0.01	0.0 [kJ]	0.1 [kJ]	0.5 [kJ]	1 [kJ]	2 [kJ]	3 [kJ]
50	0.02	0.2 [kJ]	0.6 [kJ]	3 [kJ]	6 [kJ]	10 [kJ]	16 [kJ]
100	0.04	0.3 [kJ]	1 [kJ]	5 [kJ]	11 [kJ]	20 [kJ]	31 [kJ]
170	0.07	0.5 [kJ]	2 [kJ]	9 [kJ]	19 [kJ]	34 [kJ]	53 [kJ]
250	0.09	0.8 [kJ]	3 [kJ]	13 [kJ]	28 [kJ]	50 [kJ]	78 [kJ]
500	0.18	2 [kJ]	6 [kJ]	25 [kJ]	56 [kJ]	100 [kJ]	156 [kJ]
1000	0.38	3 [kJ]	13 [kJ]	50 [kJ]	113 [kJ]	200 [kJ]	313 [kJ]
1400	0.52	4 [kJ]	18 [kJ]	70 [kJ]	158 [kJ]	280 [kJ]	438 [kJ]
2000	0.74	6 [kJ]	25 [kJ]	100 [kJ]	225 [kJ]	400 [kJ]	625 [kJ]

² Los parámetros para determinar el tamaño de bloques son el espesor de los estratos [m], la separación y el largo de las fisuras [m] que cruzan los estratos. Ejemplo: espesor de la capa: 0,5 m; distancia entre las fisuras 1: 0,5 m; distancia entre las fisuras 2: 1 m; da como resultado un tamaño de bloque de 0,5 x 0,5 x 1 m = 0,25 m³).

En aras de la simplicidad, se supone que la energía de la caída en el área de desprendimiento también se mantiene en la zona de tránsito y disminuye abruptamente solo unos pocos metros antes de que se alcance el ángulo crítico de la pendiente global (ver

Tabla 3).

Si la litología es uniforme, las diferencias de color en las superficies de la roca pueden proporcionar información sobre la frecuencia de las caídas. El grado de meteorización de la superficie rocosa (fragmentación de la roca) también puede proporcionar información sobre la frecuencia de las caídas.



Ilustración 17: Análisis de las superficies rocosas – La cara de la roca tiene una estratificación muy inclinada paralela a la pendiente (parte izquierda). La parte derecha de la foto muestra las fisuras que atraviesan los estratos y por lo tanto definen el tamaño de las caídas.



Ilustración 18: Análisis de las superficies rocosas – En el lado derecho de la foto hay una sección ampliada de una cara de la roca a la entrada de un túnel. La orientación de las fisuras (líneas rojas) definen los diámetros de las piedras de caída. Fuente: CRS.

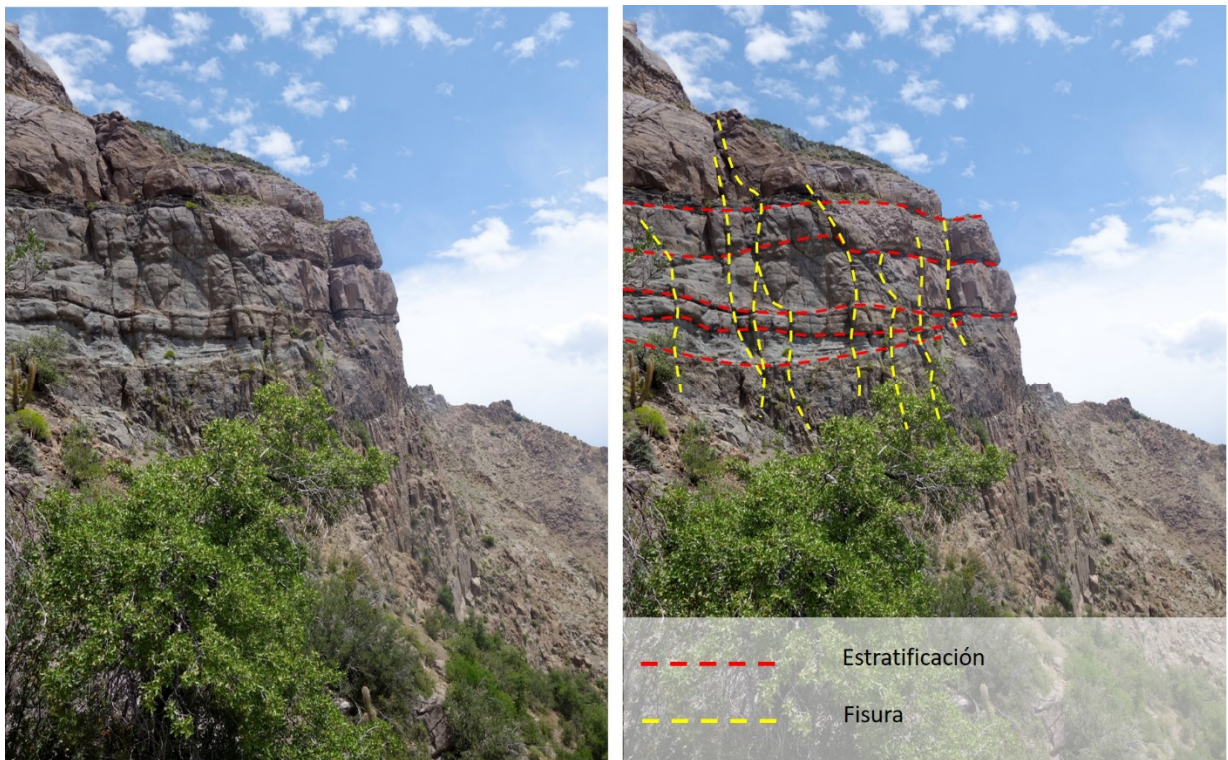


Ilustración 19: Estratificación horizontal en una peña rocosa en el valle de Maipo, Chile. La estratificación está cortada por fisuras subverticales y así se definen los tamaños y los volúmenes de los bloques para la definición de escenarios. Los depósitos de antiguos bloques de caída en el pie del talud también dan una indicación del tamaño y volumen de caídas. Fuente: CRS.

Análisis en el área de tránsito

El área entre el sector de desprendimiento y el área de deposición representa la zona de tránsito. La rugosidad y la topografía definen la reducción de la energía cinética de las caídas y, por lo tanto, su largo recorrido en el cono³.

Cuando el cono tiene una forma cóncava continua, los siguientes valores orientativos pueden utilizarse para definir la extensión del recorrido de las caídas (valores orientativos de la pendiente global crítica).

Tabla 3: Pendiente global crítica para definir la distancia máxima recorrida de caídas.

Pendiente global crítica en función de la rugosidad de la superficie en la zona de tránsito			
	Diámetro de caídas	Forestal o alta rugosidad por bloques en el cono	Superficie lisa / baja rugosidad
Caída de piedras	< 0.5 m	35°	30°
Caída de bloques	> 0.5 m	32°	28°

Si la pendiente longitudinal de la zona de tránsito es abruptamente cóncava (por ejemplo por una carretera que cruza la zona de tránsito) o cuando hay contragradientes (por ejemplo, diques transversales), los alcances de las caídas pueden ser considerablemente menores. Además, los rangos de alcances suelen ser menores que los indicados en el cuadro anterior en el caso de componentes de caídas no uniformes en cuanto a su largo/ancho/altura.

Análisis en el área de depósito

Las piedras y los bloques en la zona de deposición proporcionan información importante sobre el tamaño y el alcance de las caídas, así como respecto a la frecuencia de los eventos (ver Paso 4).

³ En aras de la simplicidad, la influencia de la amortiguación en el área de tránsito que reduce la energía cinética no se trata en estas recomendaciones.

Los bordes quebrados de los bloques y la sucesión vegetal debajo y alrededor de las caídas suelen proporcionar información fiable sobre la frecuencia de eventos, además de la información que se obtiene del catastro de eventos (ver Paso 3).

Parte 3 – mapeo de las amenazas

De conformidad con el paso 1 ("definición de escenarios"), la amenaza para la zona de estudio se define sobre la base de tres escenarios para los cuales se elaborarán tres mapas de intensidades según la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Los tres mapas representan las amenazas para eventos con períodos de retorno de hasta 10 años (escenario de 10 años), de hasta 30 años (escenario de 30 años) y de hasta 100 años (escenario de 100 años). En cada mapa se distinguen tres niveles de intensidad, como se muestra en la Tabla 3. Es posible que una zona no esté amenazada en el escenario de "10 años" ni en el de "30 años". En este caso se elaboraría exclusivamente el mapa de intensidades para el escenario 100 años.

Tabla 4: Diferenciación de la intensidad de las caídas en virtud de sus energías cinéticas ⁴:

	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Energía cinética [kJ]	< 10	10 - 30	> 30
Potencial destructivo	Destrucción de muros de viviendas de adobe y de madera (construcción simple)	Destrucción de muros de ladrillo o de madera con grosor de 20 cm	Destrucción de muros de hormigón armado con grosor de 20 cm (< 100 kJ) o de 50 cm (< 300 kJ)
Afectación personas en viviendas	Personas dentro de edificios no amenazadas	Personas dentro de edificios de construcción simple están amenazadas	Personas dentro de edificios están amenazadas

Intensidad baja

La caída puede causar daños en la mampostería. Las personas y los animales generalmente no están amenazados dentro de los edificios. Fuera de los edificios, las personas y los animales pueden resultar mortalmente heridos.



Ilustración 20: Depósitos de caída de baja intensidad. Fuente: kfv.at

⁴ La clasificación se basa en los tipos comunes de construcción de edificios residenciales en las regiones rurales de América Latina.

Intensidad mediana

El impacto de las piedras y bloques causa mayores daños, dependiendo de las características estructurales de las paredes. Las construcciones simples de adobe y de madera pueden resultar completamente destruidas. Los edificios de hormigón armado pueden sufrir daños sin afectar a la estabilidad general del edificio. El riesgo para las personas y los animales en los edificios depende en gran medida del tipo de construcción del edificio. Las carreteras y las tuberías sobre el suelo pueden ser dañadas e interrumpidas por períodos cortos.



Ilustración 21: Depósitos de caídas de intensidad mediana. Fuente: vkf.ch

Intensidad alta

El impacto de bloques produce daños irreversibles o incluso llevan a la destrucción completa de viviendas. Las personas y los animales también corren un gran riesgo dentro de los edificios. La deposición del material de las caídas puede hacer que los pequeños cursos de agua se represen y, en consecuencia, provoquen una obstrucción de los mismos creando inundaciones locales cuando se rompen las obstrucciones. Los procesos de caída pueden interrumpir las instalaciones de infraestructura (por ejemplo carreteras, líneas eléctricas).



Ilustración 22: Depósitos de caídas de intensidad alta. Fuente: RCN Radio, Colombia.

Mapeo de las amenazas

Los mapas de intensidad se hacen según la matriz de la Ilustración 23. Esta matriz de 9 campos muestra los tres niveles de intensidad para los tres escenarios de amenaza y les asigna índices entre 1 - 9. Una zona roja de peligro con un índice 9 significa, por ejemplo, que en la zona

correspondiente cabe esperar eventos de caída que se producen con mayor frecuencia que cada 10 años y con alta intensidad (energía cinética de ≥ 30 kJ). Como se menciona en detalle en este capítulo, en un primer paso se crean mapas de intensidad individuales para los tres escenarios. Estos son documentos de trabajo internos que no se publican. Estos tres mapas de intensidad se combinarán luego para llegar al mapa de amenaza, el cual representa, junto con el informe técnico, el producto final del análisis. La combinación se realiza por medio de un SIG (Sistema de Información Geográfica) o manualmente. El proceso de combinación se describe en esta guía. A cada zona de amenaza se le asigna el índice correspondiente para identificar claramente el peligro en términos del período de retorno de eventos e intensidad. En la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** se muestra el mapa de amenaza por caídas para la zona de "Imbrig", que se derivó de los mapas de intensidad de la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

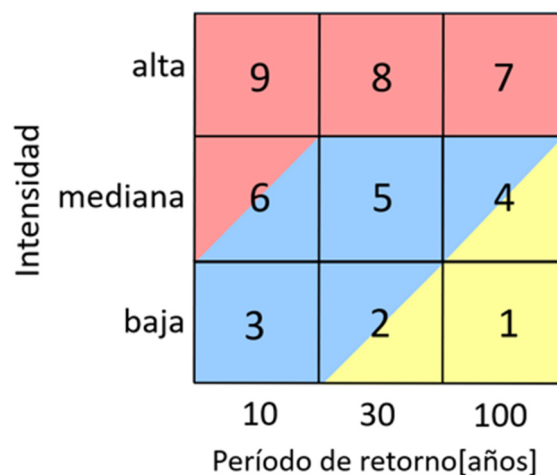


Ilustración 23: Diagrama de niveles de amenazas para caídas con sus índices (izquierda). Fuente: PLANAT.

Significado de los niveles de amenaza

Tabla 5: Definición de los niveles de amenaza. Fuente: CRS.

Nivel de amenaza		Significado
rojo	Amenaza alta	Las personas están amenazadas tanto dentro como fuera de los edificios. Es de esperar con la destrucción de los edificios e infraestructura.
azul	Amenaza media	Área amenazada con alta frecuencia e intensidad baja o con mediana/baja frecuencia e intensidad mediana. Es de esperar que se produzcan daños significativos en los edificios y en la infraestructura. La destrucción de edificios no se puede descartar para construcciones simples (construcciones de madera o de adobe).

amarillo	Amenaza baja	Edificios e infraestructura pueden sufrir daños menores. Las personas no están amenazadas dentro o fuera de edificios. La frecuencia de caídas es mediana a baja.
----------	--------------	---

Comprobación de calidad

La comprobación de la calidad del estudio de amenazas se realiza a través de una comparación de los resultados de los tres pasos de análisis:

- Catastro de eventos (Paso 3)
- Análisis de los fenómenos morfológicos en el área de desprendimientos y de depósitos (Paso 4)
- Análisis técnico de amenazas (Paso 5)

Si la comparación de estos resultados da una imagen coherente de la amenaza, se puede suponer un análisis cualitativamente satisfactorio. Cualquier contradicción se debe aclarar y presentar en el informe técnico.

Los cambios climáticos pueden dar lugar a un cambio de la amenaza, que puede no ser detectado por el catastro de eventos y el análisis de los testigos morfológicos. En esos casos, el análisis se basa principalmente en los análisis técnicos (Paso 5). Esos cambios del sistema relacionados con el clima son posibles sobre todo en las regiones de alta montaña en relación con el deshielo del permafrost y el retroceso de los glaciares. Para estas condiciones se recomienda contratar especialistas.