

CRS Cooperación internacional

# Análisis Costo-Beneficio de Medidas



**Guía metodológica para  
analizar el riesgo por desastres  
y comprobar la costo-eficiencia  
de medidas de mitigación**

**Cruz Roja Suiza** 

## Por qué esta guía es necesaria

Esta guía explica de forma práctica el procedimiento para un análisis costo-beneficio de medidas de mitigación y proporciona una herramienta de cálculo.

La Cruz Roja Suiza apoya sus organizaciones socios en sus programas de reducción del riesgo de desastres con el fin de fortalecer la resiliencia de personas y comunidades vulnerables. Esto incluye la respuesta en emergencias, la recuperación y la prevención/mitigación. Sus enfoques se describen en documentos conceptuales institucionales como la política de Gestión del Riesgo de Desastres y el concepto de reducción del riesgo de desastres. Un pilar importante es la implementación de medidas de mitigación para reducir los riesgos de desastres. Cuando se planifican medidas de mitigación, a menudo surgen conflictos de intereses con respecto a la necesidad y asequibilidad de las medidas, como se muestra en el siguiente ejemplo.

El 6 de febrero de 2018, la zona urbana de Tiquipaya (Bolivia) se vio afectada por un importante flujo detrítico. 4 personas murieron y alrededor de 200 edificios fueron destruidos o dañados.



Ilustración 1: Edificios destruidos y dañados en Tiquipaya, Bolivia. Fuente: Los Tiempos.

El mapa de amenazas de la Ilustración 2 muestra la posible área, el período de retorno y la intensidad de futuros eventos de flujo de detritos en Tiquipaya. Indica que, en el futuro es de esperar que se produzcan eventos correspondientes o incluso mayores.

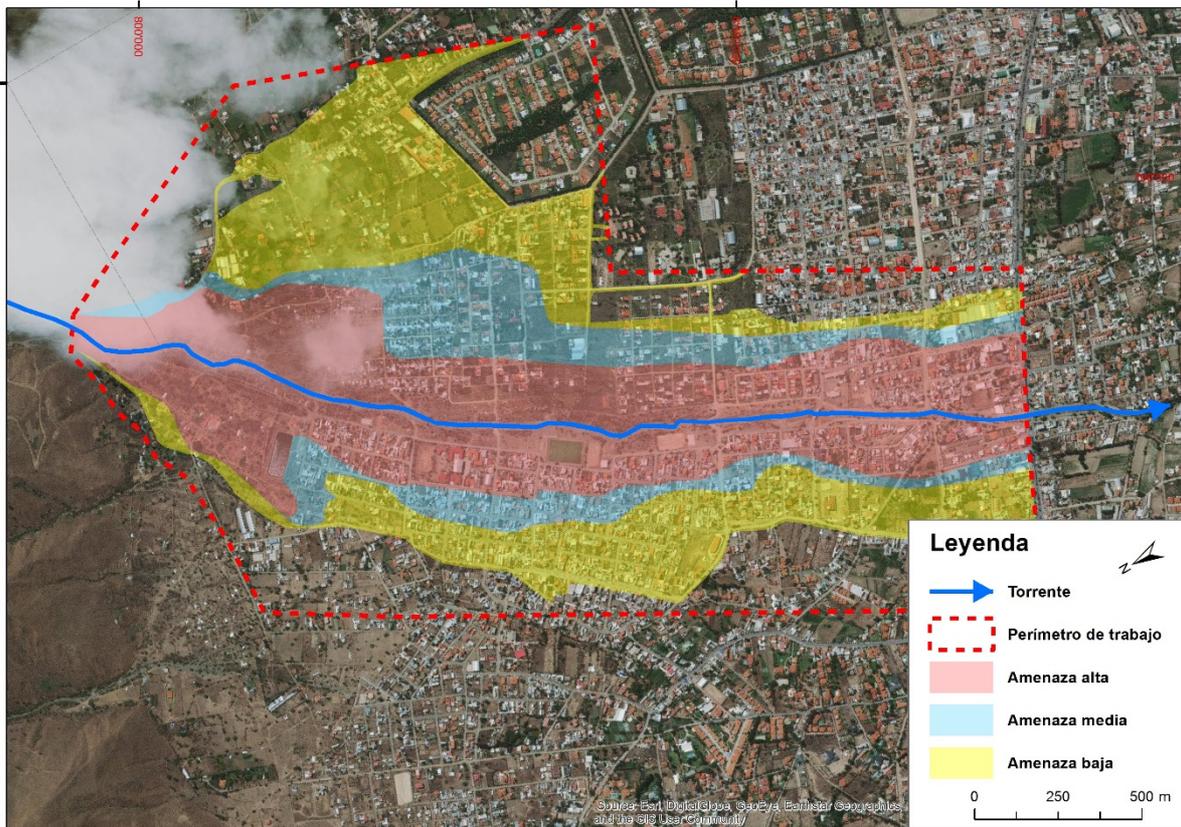


Ilustración 2: Mapa de amenaza para Tiquipaya, Bolivia. Detalles sobre los niveles de amenaza se explica en la guía metodológica "Análisis de Amenazas naturales". Fuente: Geotest AG.

Desde el punto de vista de la población afectada en Tiquipaya, existe una gran necesidad de aplicar medidas de mitigación para proteger la población contra futuros flujos de detritos. Por otra parte, los recursos limitados obligan a las autoridades financieras a priorizar las áreas para la planificación y realización de medidas de mitigación en base a las siguientes preguntas claves:

**¿Son tolerables los daños que cabe esperar en el futuro?**

**¿Se justifican inversiones en medidas de mitigación?**

Los siguientes criterios se utilizan como base para la priorización:

- Nivel de amenazas (área afectada, frecuencia e intensidad de futuros eventos)
- Número de personas y cantidad de medios de vida (edificios, infraestructura, zonas económicas) amenazado
- Vulnerabilidad de las personas y de sus medios de vida
- Capacidad de la población amenazada para evitar daños
- Costos y efectos de las posibles medidas de mitigación

Como resultado de una interpretación subjetiva de las preguntas clave y los criterios de priorización, a menudo surgen conflictos de intereses entre los entes financieros y la población afectada. Para evitar tales conflictos, es necesaria una metodología sistemática para evaluar la necesidad y la costoeficiencia de medidas de mitigación.

Esta guía describe un procedimiento de análisis costo-beneficio en el que pueden cuantificarse objetivamente los daños potenciales y la costoeficiencia de medidas de mitigación.

## Grupos destinatarios para la aplicación de la guía

La guía está dirigida a los tomadores de decisiones en la planificación e implementación de medidas de mitigación (autoridades de todos los niveles de gobierno y directores de proyectos de la CR/MLR). La guía sirve a la CR para apoyar a sus socios en la planificación de medidas de mitigación. La presentación de la costo-eficiencia de las medidas es un importante instrumento de abogacía.

Una vez que se tenga los datos de base necesarios (mapa de amenazas y planificación técnica de medidas de mitigación) no se requieren conocimientos especializados para la aplicación práctica de la guía.

## Posibilidades y límites de la guía

La metodología presentada para el análisis costo-beneficio de medidas de mitigación puede aplicarse a los procesos de inundación, flujo detrítico, deslizamiento y caída. También se puede utilizar para otros procesos peligrosos. Con este fin, se recomienda aplicar la herramienta MiResiliencia cuya archivo de instalación se encuentra en la página web. También existe la posibilidad de usar el archivo excel que se encuentra en los anexos. La metodología permite evaluar la costoeficiencia de medidas tanto estructurales como también organizativas que reducen los riesgos a desastres.

La herramienta MiResiliencia es gratuita y fácil de usar. Por ende, la evaluación de la relación costo-beneficio también puede ser llevada a cabo por personas no especializadas.

## Enfoque de riesgo

Para justificar la inversión en una medida de mitigación, importa saber si el beneficio de la medida supera los costos.

El llamado “enfoque de riesgo” se utiliza para medir el **beneficio** de las medidas. El riesgo describe el posible daño (daño directo e indirectos) a las personas y sus medios de vida que puede ocurrir durante un cierto período de tiempo. El riesgo depende de la amenaza, de la vulnerabilidad de las personas y de sus medios de vida, pero también de su capacidad para evitar posibles daños. En este contexto, la Federación Internacional FICR utiliza la siguiente ecuación básica:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad}} \quad [\$/\text{año}] \text{ o } [\text{fallecidos}/\text{año}]$$

En la evaluación de riesgos, el principio es que cuanto mayor sea la amenaza y la vulnerabilidad de la población y de sus medios de vida, mayores serán los riesgos. Por el contrario, el riesgo se reduce por

la capacidad de la población para evitar daños. El riesgo se cuantifica como la probable pérdida por año.

El beneficio de una medida se cuantifica por la diferencia entre los riesgos sin medida y los riesgos reducidos, teniendo en cuenta la medida prevista.

$$\text{Beneficio} = \text{Riesgos sin medida} - \text{Riesgos con medida prevista}$$

Los **costos** de una medida se componen de la siguiente manera:

- Costos de construcción/establecimiento de una medida de mitigación (reducidos por el valor restante después de su vida útil)
- Costos de mantenimiento de la medida
- Costos por intereses bancarios

Dado que una medida de mitigación tiene una duración de efecto limitada, los costos están relacionados con la vida útil de la medida, a partir de la cual pueden determinarse los costos anuales de la medida.

La reducción del riesgo, es decir, el beneficio de una medida de mitigación, se compara con los costos anuales de la medida, por lo que se determina la relación costo-beneficio. Si el beneficio de la medida supera los costos, se considera que la medida es costoeficiente y se recomienda su aplicación.

$$\text{Costoeficiencia de medida} = \frac{\text{Riesgo sin medida} - \text{Riesgo con medida}}{\text{Costos anuales de medida}}$$

Los lectores que estén familiarizados con los bases matemáticas de riesgo pueden seguir directamente al capítulo "Pasos de trabajo para el análisis costo-beneficio". Caso contrario, es aconsejable leer el siguiente capítulo "Principio de cálculo del riesgo".

## Principio de cálculo del riesgo

Los riesgos se calculan individualmente para cada objeto amenazado (denominado "potencial de daño"). Un objeto es, por ejemplo, un edificio con las personas que viven en él, una instalación de infraestructura o un terreno de cultivo. Se calculan tres categorías de riesgo para cada objeto y se suman los riesgos de las tres categorías al riesgo global:

- Riesgo de personas por daños directos (daños durante el evento) → **RPD**
- Riesgo de bienes debido a daños directos (daños durante el evento) → **RBD**
- Riesgo de bienes por daños indirectos (daños consecuentes al objeto) → **RBI**

La Ilustración 3 muestra un mapa de amenazas por inundación. A la izquierda en dirección de flujo existe un riesgo para 15 edificios que se encuentran en la zona amenazada. En el lado opuesto del cauce existe una amenaza por inundación también, pero no hay riesgo, debido a que no hay objetos

en el área de amenaza. Para cada uno de los 15 objetos, las tres categorías de riesgo pueden cuantificarse en términos monetarios.

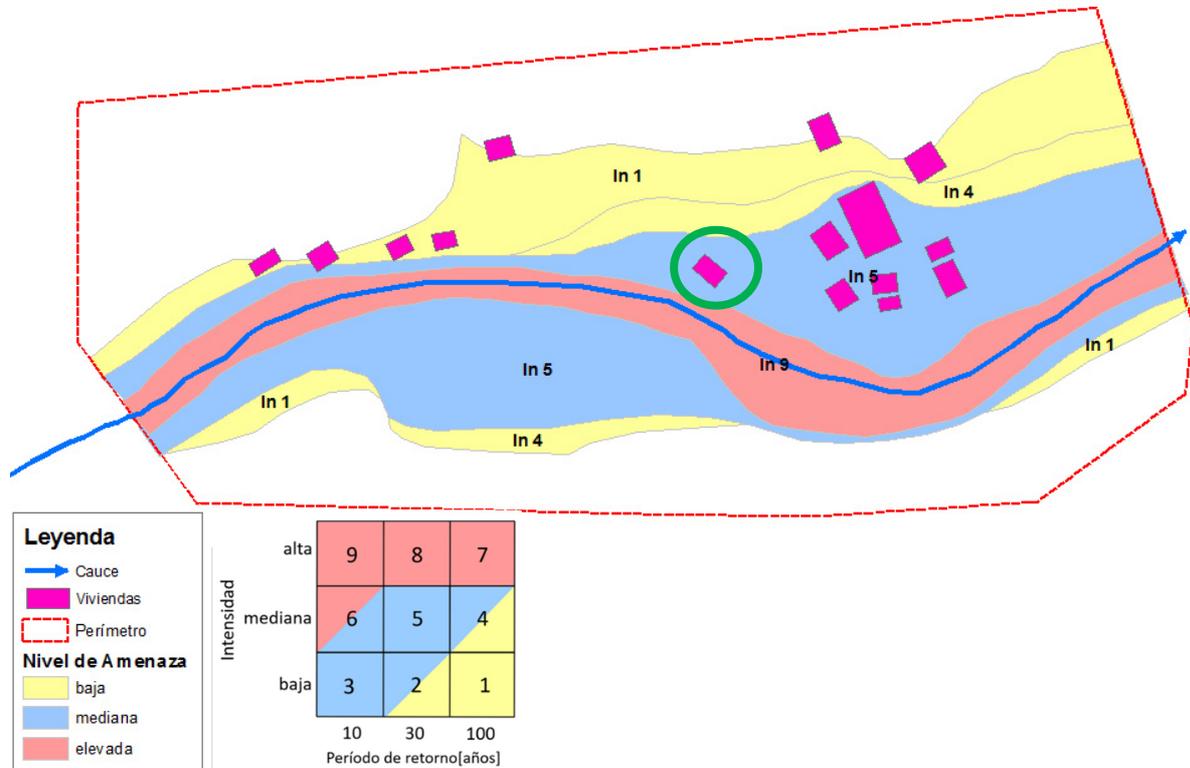


Ilustración 3: Mapa de amenaza para el proceso "inundación". La intensidad y el período de retorno de las crecidas se indican mediante índices según la matriz de 9 campos. "In 5" para el edificio marcado en verde significa que el edificio se ve afectado por inundaciones de mediana intensidad cada 30 años (zona de amenaza azul).

### Cálculo del riesgo por daños directos de personas, RPD

Personas en edificios:  $RPD = pOE * MO * NP * VP * pPr/30$  [\$ /a]

### Cálculo del riesgo por daños directos para bienes, RBD

Edificios:  $RBD = pOE * VF * VE/30$  [\$ /a]

Caminos:  $RBD = pOE * VF * VC * L/30$  [\$ /a]

Agricultura:  $RBD = pOE * VF * VCu * A/30$  [\$ /a]

*RPD30* Riesgo de personas para escenario 30 años, daños directos [\$ /a]

*RBD30* Riesgo de bienes para escenario 30 años, daños directos [\$ /a]

*VF* Vulnerabilidad física [-]

*VE* Valor Edificio [\$ /unidad]

<i>VC</i>	<i>Valor Camino</i> [\$/m']
<i>VCu</i>	<i>Valor Cultivo por ha</i> [\$/ha]
<i>L</i>	<i>Largo de camino expuesto</i> [m]
<i>A</i>	<i>Área expuesta</i> [ha]
<i>MO</i>	<i>Mortalidad</i> [-]
<i>NP</i>	<i>Número de personas dentro del mismo objeto</i> [-]
<i>p(Pr)</i>	<i>Probabilidad de presencia</i> [horas por día]
<i>VP</i>	<i>Voluntad de pago</i> [\$]
<i>pOE</i>	<i>Probabilidad de Ocurrencia Espacial</i> [-]

### Notas sobre los factores de riesgo

**VF:** Vulnerabilidad física describe la probabilidad de destrucción de un edificio y su mobiliario. El valor se encuentra entre 0 (sin vulnerabilidad) y 1 (es de esperar una destrucción completa). El valor VF depende del tipo de edificio, del proceso de amenaza (por ejemplo, inundación) y de su intensidad. En el caso de las inundaciones de baja intensidad, el valor del factor VF para edificios es cercano a cero. Para inundaciones de alta intensidad, el valor es cercano a 1. En MiResiliencia, los valores de vulnerabilidad se derivan de la experiencia de varios países.

**VE/VC/VCu:** Los parámetros incluyen los costos de restauración de edificios destruidos, carreteras y terrenos cultivables. En el análisis de riesgos, se utilizan valores prefijados por tipo de objeto. Estos deben definirse para cada país o región junto con las autoridades.

**MO:** La mortalidad describe la probabilidad de muerte, es decir, la probabilidad de que una persona muera en un edificio durante un escenario determinado (por ejemplo: evento de inundación con intensidad media). El valor MO se encuentra entre 0 (sin probabilidad de muerte) y 1 (la persona muere con certeza en el escenario considerado). El valor MO depende del tipo de edificio, del tipo de amenaza (por ejemplo, inundación), de su intensidad y de la posibilidad para personas de huir. En hospitales, por ejemplo, la posibilidad de huir es menor que en un edificio escolar. El valor de mortalidad siempre es inferior al valor de VF. Los valores de mortalidad se derivan de la experiencia de varios países.

**pPr:** La probabilidad de presencia describe el número de horas por día en que las personas están presentes en un edificio. La probabilidad de presencia también se determina utilizando valores prefijados, que son determinados por autoridades para cada tipo de edificio.

**VP:** La "voluntad de pago" representa la voluntad monetaria de la sociedad de evitar una muerte. El valor depende de las condiciones económicas de un país. El valor se deriva de un proceso participativo con autoridades. Un concepto para determinar el valor se basa en evaluar el ingreso promedio de una persona durante toda su vida laboral. Se calcula multiplicando los ingresos anuales por el número de años de empleo, a partir de la edad media de la población hasta la edad normal de

jubilación nacional. Si el trabajo informal también es relevante, debe agregarse al total. Se recomienda utilizar el mismo valor para todos los cálculos de riesgos de personas.

**pOE:** Un escenario de evento futuro se supone que no afecte a toda el área del mapa de amenaza para el escenario correspondiente. La probabilidad de ocurrencia espacial (pOE) indica el porcentaje del área del escenario en relación al área del mapa de amenaza para este escenario. De acuerdo con la experiencia, el promedio de pOE para inundaciones es de 0,5, para flujos de detritos de 0,4 y para flujos en ladera de 0,2. Los valores estándar se recomiendan en MiResiliencia (archivo de instalación en anexo), pero pueden ser modificados manualmente por el usuario.

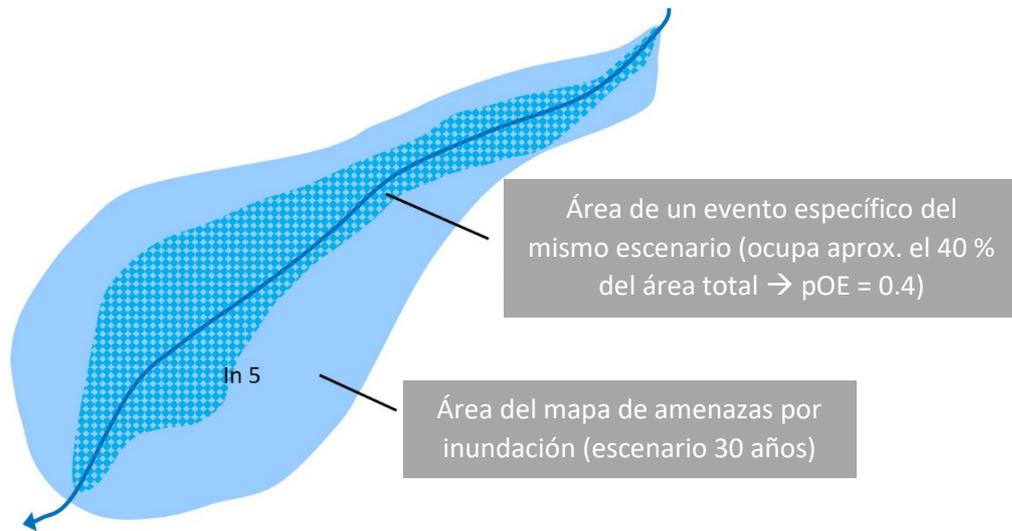


Ilustración 4: Visualización del concepto del factor probabilidad espacial (pOE).

### **Cálculo de riesgos de daños indirectos (RBI)**

Los riesgos de daños indirectos se cuantifican a partir de la pérdida de ingresos económicos a largo plazo en caso de siniestro. Para todos los objetos generadores de ingresos (edificio de administración, hospital, área de cultivo, ...), se define un tiempo referencial de inactividad en días dependiendo del tipo y de la intensidad del proceso peligroso (por ejemplo “Inundación, intensidad media”). Este tiempo de inactividad se multiplica por la pérdida monetaria media diaria. Los ingresos diarios por tipo de objeto tienen que ser definidos por las autoridades.

El tiempo de inactividad se reduce con un factor de capacidad. Este factor se determina mediante un amplio catálogo de criterios, en el que el factor de capacidad representa el valor medio ponderado de todos los criterios parciales de capacidad. El anexo 1, carpeta 2 proporciona una visión general de los criterios de capacidades y una recomendación para cuantificarlos.

$$RBI = DP * pOE * PE * (1 - Cap)$$

DP	Días de inactividad	[días]
pOE	probabilidad de ocurrencia espacial	[-]
PE	Pérdida económica diaria	[\$/dia]
Cap	Factor de capacidades	[-]

Los valores de riesgos de RPD, RBD y RBI se suman para obtener el riesgo total por objeto. Además, se suman los riesgos acumulados de todos los objetos, determinando así el riesgo global para la situación sin o con medidas previstas, donde "i" comprende el número de objetos en riesgo que están dentro de la esfera de influencia de la medida planificada<sup>1</sup>.

$$R_{total} = \sum_{k=1}^i (RPD + RBD + RBI)$$

---

<sup>1</sup> El cálculo del riesgo sobre la base del mapa de amenaza tiene en cuenta el hecho de que los mismos objetos pueden verse afectados en diferentes escenarios (diferentes períodos de retorno) y que el mapa de amenaza sólo representa el nivel de peligrosidad más alto aplicable. Un algoritmo permite calcular los riesgos para todos los escenarios de amenaza que afectan a un objeto.

## Pasos de trabajo del análisis costo-beneficio

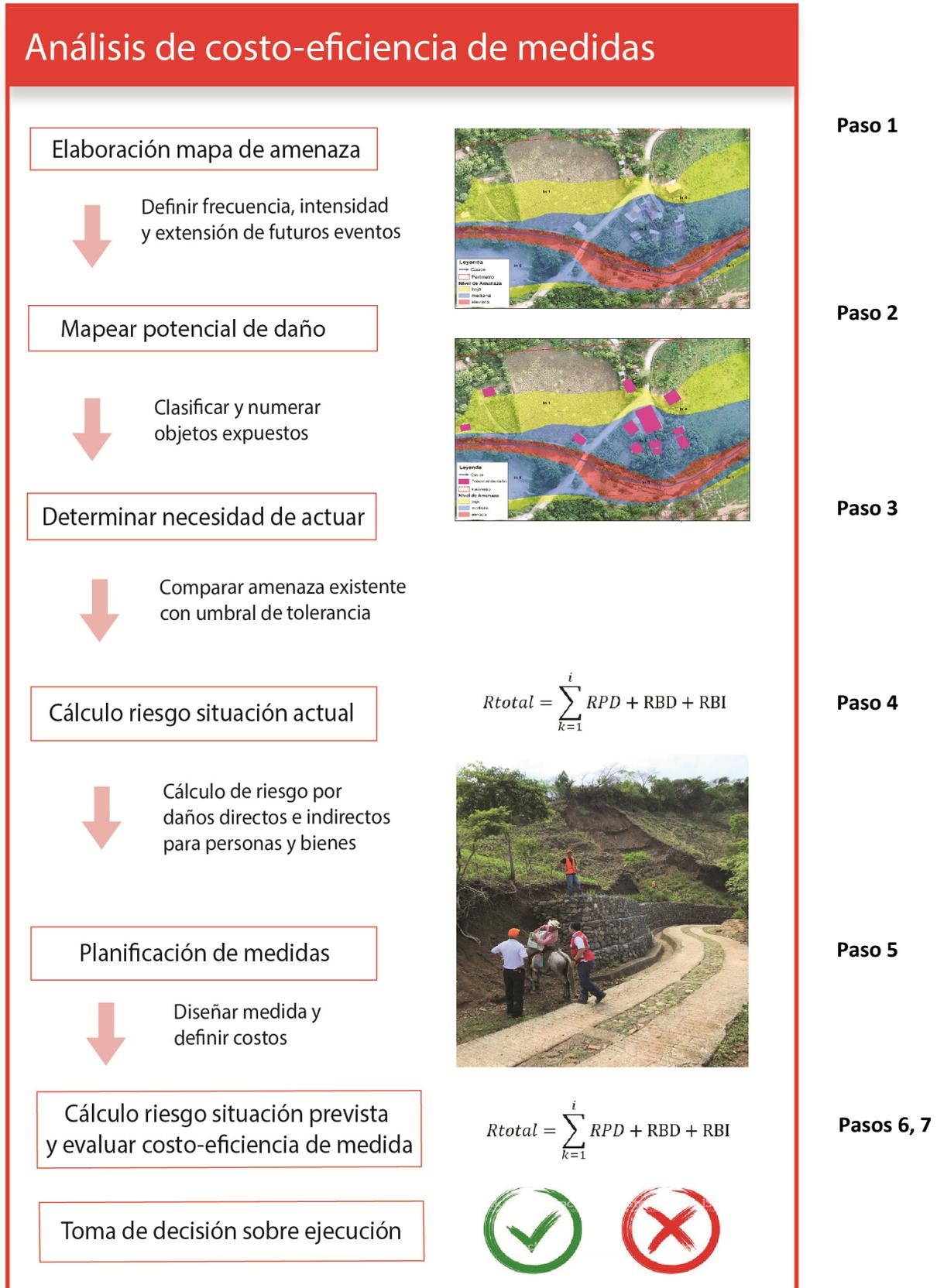


Ilustración 5: Pasos de trabajo para el análisis de riesgo y costo-beneficio de medidas de mitigación de riesgos.

## Paso 1: Elaboración del mapa de amenazas

Las autoridades o los socios de la Cruz Roja elaboran un mapa de amenazas para un área definida. La guía metodológica "Análisis de Amenazas naturales" describe los pasos necesarios para los procesos "Inundación", "Flujo detrítico", "Flujo en ladera", "Deslizamientos permanentes" y "Caídas". El mapa de amenazas es esencial para el análisis costo-beneficio.

## Paso 2: Mapeo del potencial de daño

En terreno, con una copia del mapa de amenazas, todos los medios de vida relevantes (edificios, áreas agrícolas e instalaciones de infraestructura) se registran como puntos, líneas o áreas, clasificadas según los tipos de potencial de daños y numeradas consecutivamente. La Tabla 1 muestra un ejemplo de clasificación de los tipos de potencial de daño. Para cada tipo, se definen valores medios con respecto a los costos de restauración, la ocupación de personas y el tiempo de estancia diaria (en horas).

Tabla 1: Ejemplo de una lista de tipos de potencial de daño para el análisis de riesgos. La tipificación debe ser definida por los responsables de la toma de decisiones.

	<b>Valor por unidad</b>	<b># personas</b>	<b>Horas estancia</b>
<b>Tipo potencial de daño</b>	<b>\$</b>	<b># pers.</b>	<b>horas</b>
Casa madera y/o adobe	\$/unidad	# pers.	# horas
Casa ladrillo	\$/unidad	# pers.	# horas
Escuela estándar (muros de concreto)	\$/unidad	# pers.	# horas
Iglesia	\$/unidad	# pers.	# horas
Tanque de agua	\$/unidad	-	-
Molino	\$/unidad	# pers.	# horas
Edificio de administración	\$/unidad	# pers.	# horas
Mercado	\$/unidad	# pers.	# horas
Hospital	\$/unidad	# pers.	# horas
Puesto de salud	\$/unidad	# pers.	# horas
Escuela principal	\$/unidad	# pers.	# horas
Carretera principal (pavimentada)	\$/m'	-	-
Camino comunitario (para vehiculos, no pavimentado)	\$/m'	-	-
Puente comunitario (para vehiculos, no pavimentado)	\$/m'	-	-
Línea eléctrica (incluyendo postes)	\$/m'	-	-
Reservorio (incluyendo bombas)	\$/unidad	-	-
Canal de riego	\$/m'	-	-
Infraestructura de comunicación	\$/unidad	-	-
Tubería de agua al aire libre	\$/m'	-	-
Huerto	\$/ha	-	-
Campos de maíz, frijol	\$/ha	-	-
Pastos, Pastizales	\$/ha	-	-
Frutales	\$/ha	-	-

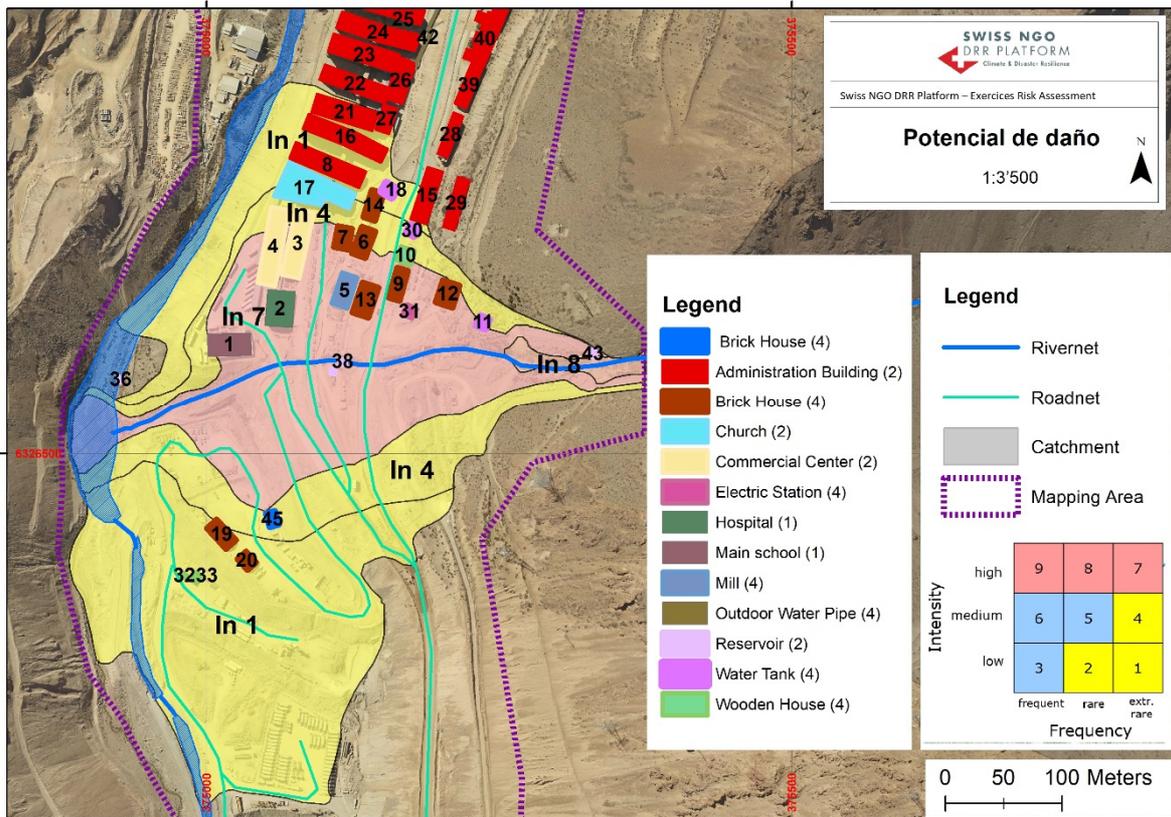


Ilustración 6: Extracto de un mapa de amenazas con clasificación y numeración secuencial del potencial de daños.

### Paso 3: Determinar la necesidad de protección (definir sitios críticos)

El umbral de tolerancia de amenaza para todos los tipos de potencial de daño se definen en consulta con las autoridades. El umbral de tolerancia describe la amenaza máxima tolerable para un tipo de potencial de daño. Por regla general, el umbral de tolerancia para edificios es más estricto que el de tierras agrícolas. En el caso de los edificios, los requisitos de protección para los objetos sensibles, como un hospital o un edificio escolar, son más estrictos que en el caso de edificios residenciales. Al comparar el umbral de tolerancia con la amenaza existente, queda claro si y dónde existe un déficit de protección (sitios críticos). Si se encuentran varios objetos con un déficit de protección, se recomienda un análisis de riesgo y costo-beneficio para comprobar la rentabilidad de posibles medidas.

Tabla 2: Ejemplo de una matriz con definición de umbrales de tolerancia de amenazas para diferentes tipos de objetos. Estos deben definirse entre los responsables de la toma de decisiones.

	1	2	4	5	3	6	7	8	9
Terrenos agrícolas	permitido	permitido	permitido	permitido	permitido	permitido	permitido	déficit de protección (sitio crítico)	déficit de protección (sitio crítico)
Caminos	permitido	permitido	permitido	permitido	permitido	déficit de protección (sitio crítico)			
Edificios individuales, infraestructura local	permitido	permitido	permitido	déficit de protección (sitio crítico)					
Edificios individuales, infraestructura de interés público	permitido	permitido	déficit de protección (sitio crítico)						
Áreas densamente pobladas	permitido	permitido	déficit de protección (sitio crítico)						
Hospital, colegio, centro de ancianos	permitido	déficit de protección (sitio crítico)							

	permitido
	déficit de protección (sitio crítico)

#### Paso 4: Cálculo del riesgo para la situación actual

##### MiResiliencia aplicación Web-SIG

El video en anexo instruye al usuario de cómo usar la herramienta MiResiliencia. El usuario define como primer paso el área de evaluación de riesgos. Dentro de este área, se digitaliza el mapa de amenazas que se elaboró en terreno y en gabinete. Los objetos a analizar (potencial de daño) se digitaliza dentro de la herramienta. A todos los objetos donde se generan ingresos (áreas de cultivo, fábricas, oficinas, ..) se les asignan las capacidades de las personas que están dentro de los mismos.

Como paso posterior se digitaliza la/las medida/s previstas para reducir el área o el grado amenazado.

##### MiResiliencia herramienta Excel

Los objetos que demuestran un déficit de protección (umbral de tolerancia sobrepasado) serán marcados en el mapa de amenazas. Cada uno de los objetos registrados se considera en la herramienta de cálculo en anexo (1 objeto por línea). Se les asigna la siguiente información de riesgo:

- Nivel de amenaza para el estado actual para cada objeto amenazado
- Número de plantas por edificio o número de hectáreas por terreno agrícola
- Para objeto generando ingresos: producción media diaria (valor económico) por objeto o por hectárea.
- Capacidad social (ver carpeta "Capacidad\_Social" en la herramienta de cálculo)

La herramienta calcula entonces los riesgos para todos los objetos registrados.

#### **Paso 5: Planificación de medidas de mitigación**

Se debería consultar a los expertos sobre el diseño de medidas de mitigación. El diseño no forma parte de esta guía. En el caso de medidas estructurales previstas, su efecto debe mostrarse en un mapa modificado de amenaza (mapa de amenaza con medidas previstas). En el caso de medidas no estructurales, el factor de capacidad cambia, pero no la amenaza. Dentro de la herramienta de cálculo se debe registrar los costos de la medida y su vida útil.



Ilustración 7: Muro de protección de riveras del cauce para proteger las viviendas por inundaciones. Birendranagar, Nepal.

#### **Paso 6: Cálculo del riesgo para la condición proyectada con medidas**

En la herramienta de cálculo, el nivel de amenaza se asigna para todos los objetos registrados, teniendo en cuenta las medidas. En el caso de las medidas no estructurales, se introduce el previsto factor de capacidad incrementado.

#### **Paso 7: Examen de la costoeficiencia de medidas**

La herramienta excel en anexo calcula la costoeficiencia de la medida de mitigación prevista con un factor costo-beneficio, comparando los riesgos sin y con la medida y teniendo en cuenta los costos de la medida. En términos matemáticos, las medidas con un factor beneficio-costo  $> 1$  son

costoeficientes. Sin embargo, debido a las posibilidades financieras a menudo limitadas, se recomienda exigir un valor mínimo de costoeficiencia de 5.

Factor beneficio-costos < 1:	rojo	No se recomienda la realización de la medida
Factor beneficio-costos 1 -5:	naranja	Baja costoeficiencia de la medida
Factor beneficio-costos > 5:	verde	Realización de la medida recomendada

Si la medida prevista no es costoeficiente, debe buscarse una medida alternativa o rechazar la solicitud de financiamiento.