Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Dirección General de Inversiones Públicas

SNIP

GUÍA

para Incorporación de RRD y ACC en Proyectos de infraestructura vial

Incorporación de RRD y ACC en proyectos de infraestructura vial

SINAPRED

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en América Central

CEPREDENAC

SICA

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Dirección General de Inversiones Públicas

SNIP

GUÍA

para Incorporación de RRD y ACC en Proyectos de infraestructura vial

Incorporación de RRD y ACC en proyectos de infraestructura vial

SINAPRED

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en América Central

CEPREDENAC

SICA

Esta es una publicación de la Dirección de Preinversión de la Dirección General de Inversiones Públicas, con apoyo del Proyecto de Fortalecimiento al SNIP para incorporar Reducción de Riesgo a Desastre y Adaptación al Cambio Climático en el ciclo de proyectos de inversión pública, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La reproducción ha sido posible gracias al Proyecto Promoción y Armonización de la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres PCGIR/CEPREDENAC financiado por la Cooperacion Suiza (COSUDE).

Enero 2016 ©

DGIP

Índice

Presentación **5**

1. Marco conceptual de referencia **6**

1.2 Componentes del Riesgo **7**

1.2.1 ¿Qué es una Amenaza? Y ¿ las Amenazas naturales?..7

1.2.2 Exposición 8

1.2.3 Vulnerabilidad 8

2. Enfoque integral en el ciclo de proyectos **11**

3. ¿Cómo incorporar RRD y ACC en la preparación y evaluación de proyectos de infraestructura vial **12**

4. Incorporando RRD y ACC en proyectos de infraestructura vial **13**

4.1 Identificación **13**

4.1.1 Diagnóstico 13

4.1.1.1 Análisis de amenazas 13

4.1.1.2 Análisis de Exposición, Fragilidad y Resiliencia ...20

4.1.1.3 Análisis de involucrados: su conocimiento sobre el riesgo y CC 22

4.1.2 Identificación de la problemática 23

4.1.3 Alternativas de solución 24

4.2 Formulación **25**

4.2.1 Análisis de demanda y oferta 25

4.2.2 Análisis técnico 26

4.2.3 Costeo de alternativas de solucción 38

4.3 Evaluación **40**

4.3.1 Valoración de daños y pérdidas (evitados) **40**

4.3.2 Evaluación de las medidas de RRD y ACC 44

4.3.3 Análisis de sensibilidad de escenarios de amenazas..48

4.3.4 Sostenibilidad y gestión 49

Anexos **51**

Presentación

Este documento contiene la metodología para la preparación y evaluación de proyectos de infraestructura vial incorporando el análisis de reducción de riesgo a desastre (RRD) y adaptación al cambio climático (ACC). El esquema propuesto se ajusta a la metodología de preinversión de proyectos de infraestructura vial vigente en Nicaragua, la cual ha sido publicada por la Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP) del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) en 2013.

Esta metodología recomienda que la preparación y evaluación de tales proyectos se ajuste a tres macroprocesos o módulos de contenidos: (i) la identificación del Proyecto, que consiste en la realización de diagnósticos de la problemática que ha motivado el Proyecto, y en la identificación de alternativas de solución; (ii) la formulación del Proyecto, en la que son analizadas la demanda y oferta del servicio entregado por el Proyecto, entendiéndose el Proyecto como una unidad productora de servicios; es estudiado a nivel técnico el emplazamiento, tecnología y tamaño (capacidad de oferta) del Proyecto; son determinados sus costos de inversión y gastos de operación y mantenimiento; y (iii) el proceso de evaluación del Proyecto, en el que se determinan los flujos de Beneficios y costos socioeconómicos y se determinan los indicadores de rentabilidad, asimismo, son construidos escenarios de evaluación y se delinean estrategias y mecanismos para su ejecución y sostenibilidad.

Tomando en cuenta el anterior marco de análisis que siguen los proyectos de infraestructura vial en Nicaragua, es que se propone la forma de incorporación de los análisis de RRD y ACC. En el modulo de identificación se determinan actividades propias para la identificación de amenazas, así como la identificación de alternativas de solución o medidas de reducción del riesgo. En el módulo de formulación se propone analizar los efectos sobre la oferta y la demanda de las amenazas y del cambio climático; se sugiere definir a nivel técnico las medidas de RRD y de ACC, así como el costeo de las mismas. Y finalmente, en el modulo de evaluación, se recomienda proceder con la estimación de los daños y pérdidas evitados con las medidas de RRD y ACC, realizar la evaluación socioeconómica de tales medidas, concluir sobre si convienen o no realizarlos, efectuar análisis de escenarios, y realizar recomendaciones para la sostenibilidad y debida gestión de las medidas recomendadas y del Proyecto en términos generales.

El documento está elaborado con la lógica de un manual, en el cual se indican los contenidos a ser desarrollados, se hacen recomendaciones del paso a paso a seguir, y se exponen ejemplos de cómo se hace. La idea es que sea una herramienta muy concreta y accesible para los formuladores y evaluadores de proyectos de infraestructura vial enfrentan la tarea de incorporar de forma integral RRD y ACC en sus proyectos de inversión pública.

En la primera parte de la metodología se establece el marco conceptual de referencia y en la segunda parte se expone cómo se incorpora RRD y ACC en el proceso de preparar y evaluar proyectos de infraestructura vial incluyendo RRD y AC, y finalmente, la tercera parte, explica cómo se procederá con la incorporación de los contenidos relevantes de RRD y ACC en cada uno de los tres módulos del proceso: Identificación, Formulación y Evaluación.

Dirección General de Inversiones Públicas
Ministerio de Hacienda y Crédito Público

1 Marco conceptual de referencia

En este documento se usará como marco conceptual de referencia el proporcionado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (antes conocida como la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas).

¿Qué es desastre y cómo la ocurrencia de una amaneza deriva en un desastre?

Desastre es una grave alteración del funcionamiento de una comunidad o una sociedad que implica de forma amplia pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos o ambientales, los cuales exceden la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacerle frente con sus propios recursos. UNISDR, 2009.

En otras palabras, eventos de amenazas naturales como deslizamientos, ciclones tropicales, huracanes, inundaciones, flujos de lodo, se convierten en desastre si ellos exceden la capacidad de la comunidad o sociedad para enfrentarlos con sus propios recursos. Que un evento de amenaza se convierta en desastre depende sustancialmente de la magnitude del evento pero tambien de cuan bien la sociedad está preparada para enfrentar dicho evento.

Los desastres son amenudo descritos como el resultado de la combinación de: exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad existentes, y la insuficiente capacidad o medidas para reducir o enfrentarse con las potenciales consecuencias negativas. El impacto de los desastres puede incluir pérdida de vidas, heridas, enfermedades u otros daños físicos, mentales y sobre el bienestar de los humanos, conjuntamente con daños a la propiedad, destruccion de activos, perdidas de servicios, alteraciones económicas y sociales y degradación ambiental.

1.1 ¿Qué el riesgo a desastre? Y ¿la reducción del riesgo a desastres (RRD)?

El Riesgo a desastre se refiere a las pérdidas en vidas, estado de salud, activos y servicios, los cuales podría ocurrir a una comunidad en particular o a una sociedad durante un periodo específico de tiempo en el futuro. La definición del riesgo a desastres refleja el concepto del desastre como el resultado de condiciones continuas de riesgo. El riesgo es amenudo expresado en término de tres factores: amenaza, exposición y vulnerabilidad.

Riesgo = f(Amenaza, Exposición, Vulnerabilidad)

La interpretación es que el riesgo a desastre será mayor en la medida que las unidades productoras de servicios o las comunidades estén más expuestas a la amenaza y sean más vulnerables. Es importante distiguir entre estos tres factores, puesto que cada uno requiere de un conjunto de acciones y/o políticas a fin de reducir el riesgo. Por ejemplo, si un tramo de carretera está amenzado por deslizamientos, se puede reducir el riesgo cambiando el trazado, es decir, se elimina la exposición, o por el contrario, se reduce la vulnerabilidad a través de acciones tales como muros de contención, o aumento de la cobertura vegetal.

La reducción de riesgo a desastre (RRD) es el concepto y la práctica de reducir el riesgo a desastre a través de esfuerzos sistemáticos para analizar y gestionar los factores causantes del desastre, incluyendo los destinados a reducir la exposición a las amenazas, disminución de la vulnerabilidad de las personas y los bienes (activos), la gestión racional de la tierra y el medio ambiente, y la mejora de la preparación para los eventos adversos.

La interpretación es que el riesgo a desastre será mayor en la medida que las unidades productoras de servicios o las comunidades estén más expuestas a la amenaza y sean más vulnerables. Es importante distiguir entre estos tres factores, puesto que cada uno requiere de un conjunto de acciones y/o políticas a fin de reducir el riesgo. Por ejemplo, si un tramo de carretera está amenzado por deslizamientos, se puede reducir el riesgo cambiando el trazado, es decir, se elimina la exposición, o por el contrario, se reduce la vulnerabilidad a través de acciones tales como muros de contención, o aumento de la cobertura vegetal.

La reducción de riesgo a desastre (RRD) es el concepto y la práctica de reducir el riesgo a desastre a través de esfuerzos sistemáticos para analizar y gestionar los factores causantes del desastre, incluyendo los destinados a reducir la exposición a las amenazas, disminución de la vulnerabilidad de las personas y los bienes (activos), la gestión racional de la tierra y el medio ambiente, y la mejora de la preparación para los eventos adversos.

1.2 Componentes del Riesgo

1.2.1 ¿Qué es una Amenaza? Y ¿ las Amenazas naturales?

Amenaza es un fenómeno peligroso, sustancia, actividad humana o condición que puede causar pérdida de vidas, heridas u otros impactos en la salud, daños a la propiedad, pérdida de medios de vida y servicios, alteraciones económicas y sociales, o daños ambientales.

Amenazas naturales

Pueden ser clasificadas de muchas maneras, pero son usualmente separadas en dos categorias amplias: amenazas geofisicas y amenazas biológicas. Las amenazas geofísicas incluyen fenómenos geológicos y geomorfológicos tales como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, deslizamientos, así como también fenómenos

Tipos de Amenazas

GEOFISICAS

- Terremotos
- Erupciones volcánicas
- Tsunamis

HIDRO – METEOROLOGICAS

- Avalanchas
- Inundaciones
- Tsunamis
- Tormentas ciclónicas
- Sequías
- Olas de calor
- Tormentas de viento
- Deslizamientos

meteorológicos, tales como avalanchas, tormentas, sequías, olas de calor, y tormentas de viento. Los deslizamientos pueden ser provocados por terremotos o más comúmente por eventos hidrometeológicos. Las inundaciones y los incendios forestales pueden estar relacionados a una combinación de fenómenos de tipo geológico, hidrológico y meteorológico. De acuerdo con UNISDR, una amenaza biológica puede ser definida como un "proceso o fenómeno de orígen orgánico, conducidos por vectores biológicos, incluyendo la exposición a microorganismos patógenicos, tóxinas o sustancias bioactivas.

La incorporación de RRD en proyectos de infraestructura vial se refiere a amenazas geofísicas e hidrometeorológicas

1.2.2 Exposición

Personas, propiedades, sistemas u otros elementos presentes en zonas amenazadas que son por lo tanto sujetas de pérdidas potenciales. Medidas de la exposición pueden ser la cantidad de personas o activos en un área. Estos pueden ser combinados con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza particular para estimar el riesgo cuantitativo asociado con la amenaza en el área de interés.

1.2.3 Vulnerabilidad

Las características o circunstancias de una comunidad, sistema, o activo que la hace susceptible a los efectos dañinos de una amenaza. Por ejemplo, un tramo de carretera o camino mal diseñado y constructivamente inadecuado es fragil por lo tanto vulnerable. Pero también el servicio de transitabilidad es vulnerable por la inexistencia de planes de acción en caso del corte de la carretera por la ocurrencia de una amenaza. Un plan de acción y los medios para implementarlos, pueden ser desde la disignación de rutas alternas, hasta la capacidad

Factores que incrementan el riesgo a desastre	
Amenazas	• Reducida protección natural de parte de los ecosistemas debido a su degradación (ej. cobertura vegetal que evita escorrentía) • Impacto del cambio climático en ciertas amenazas (mayor pluviosidad que sobrepasa capacidad hidráulica de obras de drenaje)
Vulnerabilidad	• Pobreza, degradación ambiental y condiciones de vida peligrosas • Pobre gestión gubernamental y carencia de preparacion ante los eventos de amenazas (ej. no existen vías alternativas, ni medidas de contigencia) • Desigualdades sociales, marginación y bajas capacidades de afrontamiento / adaptación (ej. municipalidades carecen de equipamiento para reestablecer aceleradamente el tránsito)
Exposición	• Carencia / limitados procesos de planificación urbana • Sitios inapropiados de emplazamiento • Carencia de planes de evacuación o sistemas de alerta temprana

técnica operativa para restabler el servicio en tiempos reducidos. Esto último es resiliencia.

De lo anterior, se deduce que hay muchos aspectos de la vulnerabilidad, derivados de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Ejemplos de tales factores pueden incluir pobre diseño y construcción, inadecuada protección de los activos, carencia de conocimientos e información pública, limitado reconocimiento oficial de los riesgos y de las medidas de preparación, menosprecio de la gestión ambiental racional. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y con el tiempo.

Finalmente, la vulnerabilidad está explicada por la Fragilidad (nivel de Resistencia al impacto), en este caso de la infraestructura vial, y por su Resiliencia (capacidad de aborsion y recuperación del impacto).

1.3 Conceptos vinculados al Cambio Climático

Los conceptos abajos mostrados son establecidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su siglas en inglés).

1.3.1 Variabilidad climática:

Son las variaciones estadísticas del clima en todas las escalas temporales y espaciales que sobrepasa los fenómenos meteorológicos.

1.3.2 a) Cambio Climático:

Cualquier cambio en el clima a través del tiempo, ya sea debido a su variabilidad natural o como resultado de la actividad humana .

1.3.2 b) Cambio Climático:

Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempos comparables.

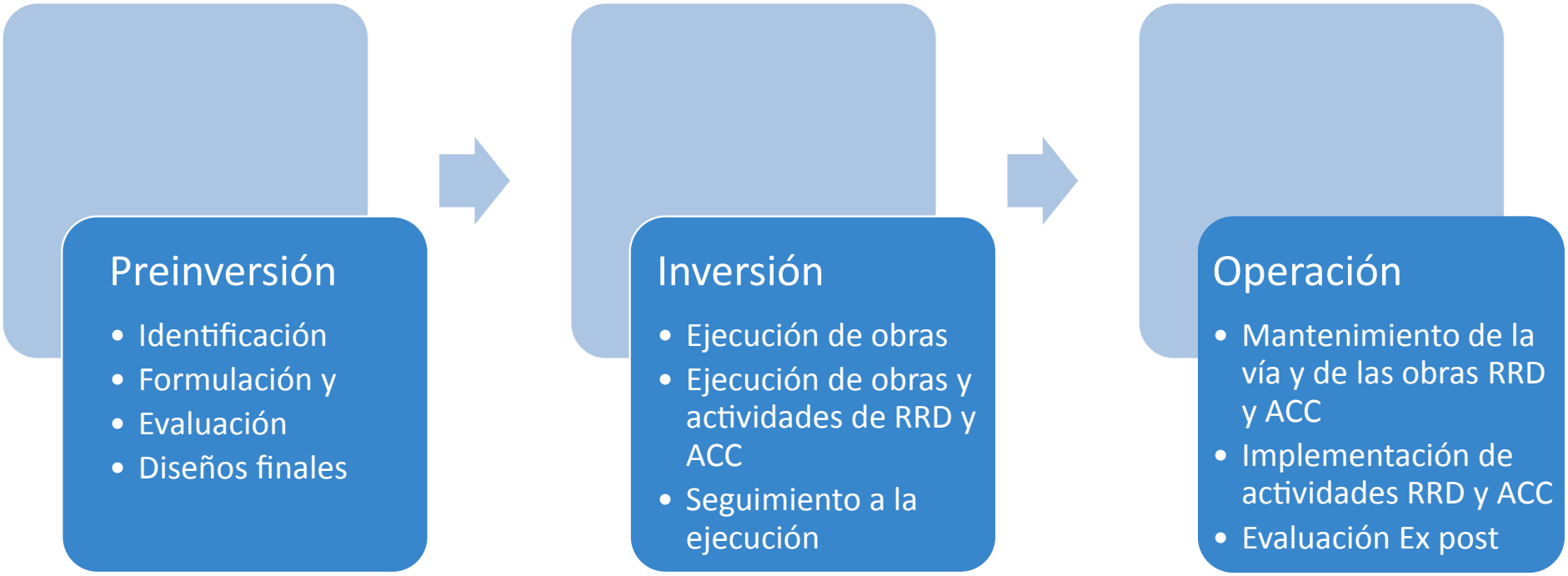
1.3.4 Vulnerabilidad al cambio climático:

Nivel al que un sistema [natural o humano] es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

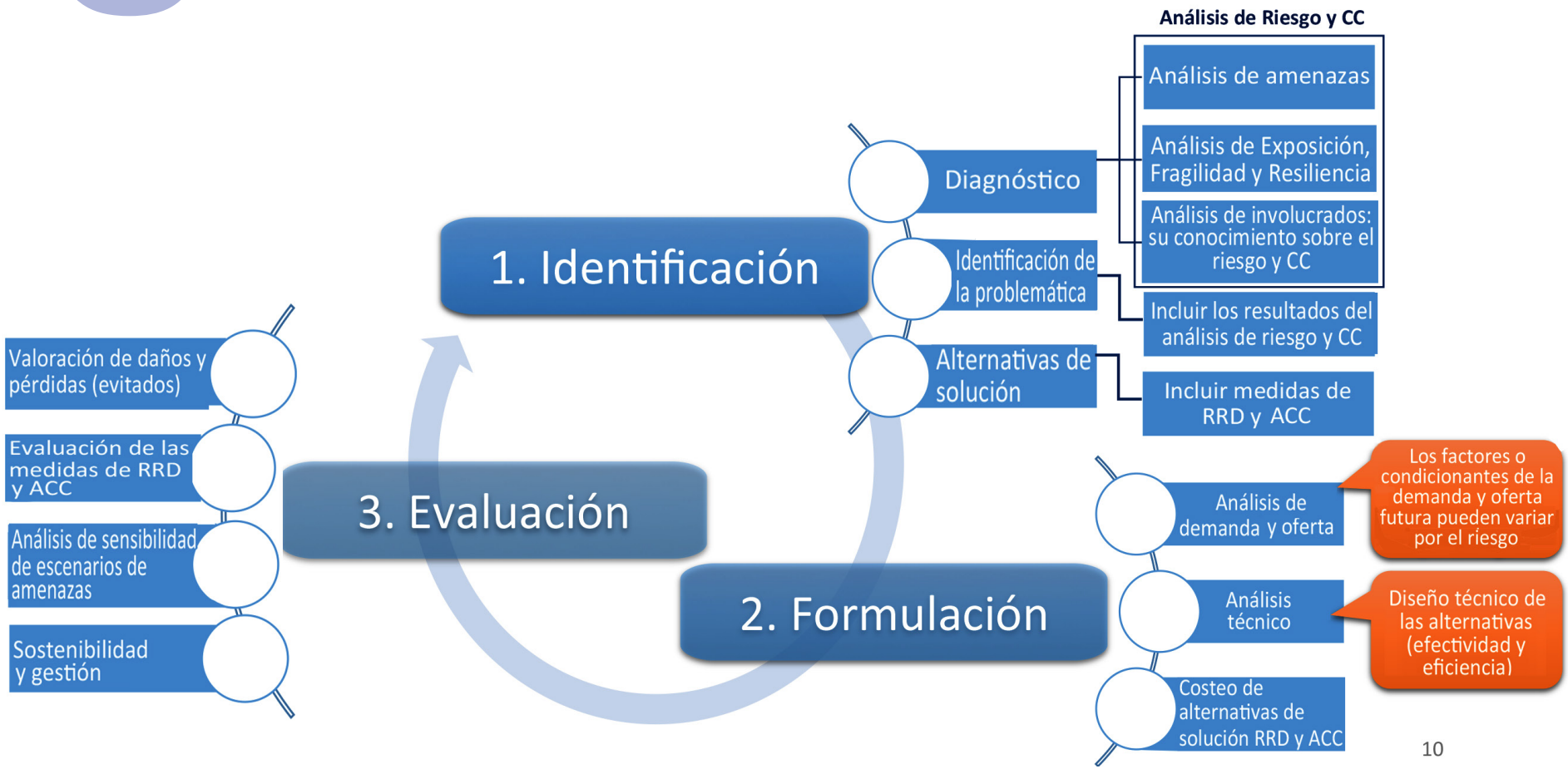
Enfoque integral en el ciclo de proyectos

2

La incorporación de la reducción de riesgo a desastre y adaptación al cambio climático en proyectos de infraestructura vial debe asumirse con un enfoque integral y sistémico, desde la preinversión, hasta la operación misma de la carretera o camino. Debe asegurarse que lo diseñado se construya (fase de inversión) y luego se mantenga (fase de operación). La meta es mantener el nivel de servicio (transitabilidad de la vía).

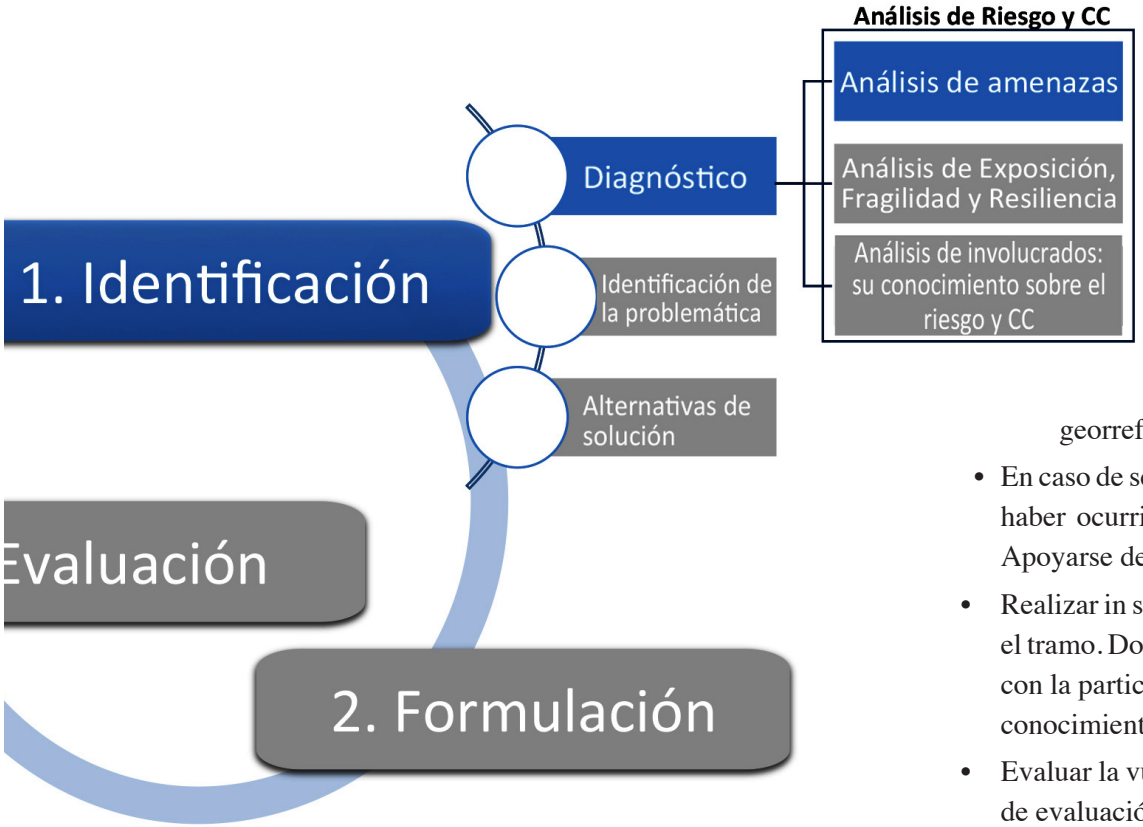


3 ¿Cómo incorporar RRD y ACC en la preparación y evaluación de proyectos de infraestructura vial?



Incorporando RRD y ACC en proyectos de infraestructura vial

4



4.1 Identificación

4.1.1 Diagnóstico

4.1.1.1 Análisis de amenazas

- Ubicar en un mapa de amenazas el tramo de carretera o camino. Para ello debe obtenerse los mapas de amenazas municipales preparados por INETER.
- Ubicar el tramo en un mapa de vista satelital geográfico. En caso de disponerse de la línea georreferenciada del tramo, también incluirlo.
- En caso de ser un tramo existente, documentar las amenazas que puedan haber ocurrido: cuándo, la intensidad, pérdidas y daños provocados. Apoyarse de fuentes secundarias (periódicos).
- Realizar in situ Identificación de Amenazas, a través de un recorrido por el tramo. Documentar sobre las amenazas ocurridas (antes investigadas) con la participación de la comunidad, aprovechar el máximo posible el conocimiento local. Ver Matriz de Identificacion de Amenazas.
- Evaluar la vulnerabilidad ante las amenazas identificadas. Ver Matrices de evaluación de vulnerabilidad.
- Establecer si las amenazas identificadas pueden intensificarse como resultado del cambio climático. El cambio climático puede modificar la intensidad y frecuencia de las amenazas de tipo hidrometeorológico.

Una vez los sitios críticos han sido identificados, el siguiente paso es evaluar el nivel de vulnerabilidad de dicho sitio ante la amenaza. Para esta evaluación se emplearán las matrices de evaluación de vulnerabilidad propuestas en el estudio de Mapeo de Puntos Críticos de la Red Vial Nacional (MTI, 2015). De acuerdo a dichos instrumentos, los sitios potencialmente vulnerables son los que obtienen un puntaje menor o igual a 65 puntos; y los que obtienen mayor puntaje son críticos, es decir, requieren intervenciones inmediatas de reducción de la vulnerabilidad .

En resumen, **los pasos a seguir para identificar amenazas y evaluar vulnerabilidad son:**

Realizar recorrido del tramo

- El recorrido debe incluir todo el tramo.
- Debe acompañarse de GPS y cámara fotográfica, para levantamiento de posición (UTM) y evidencia visual.
- Debe tener un mapa geológico o información geológica del sitio (s) donde se ubica el tramo.

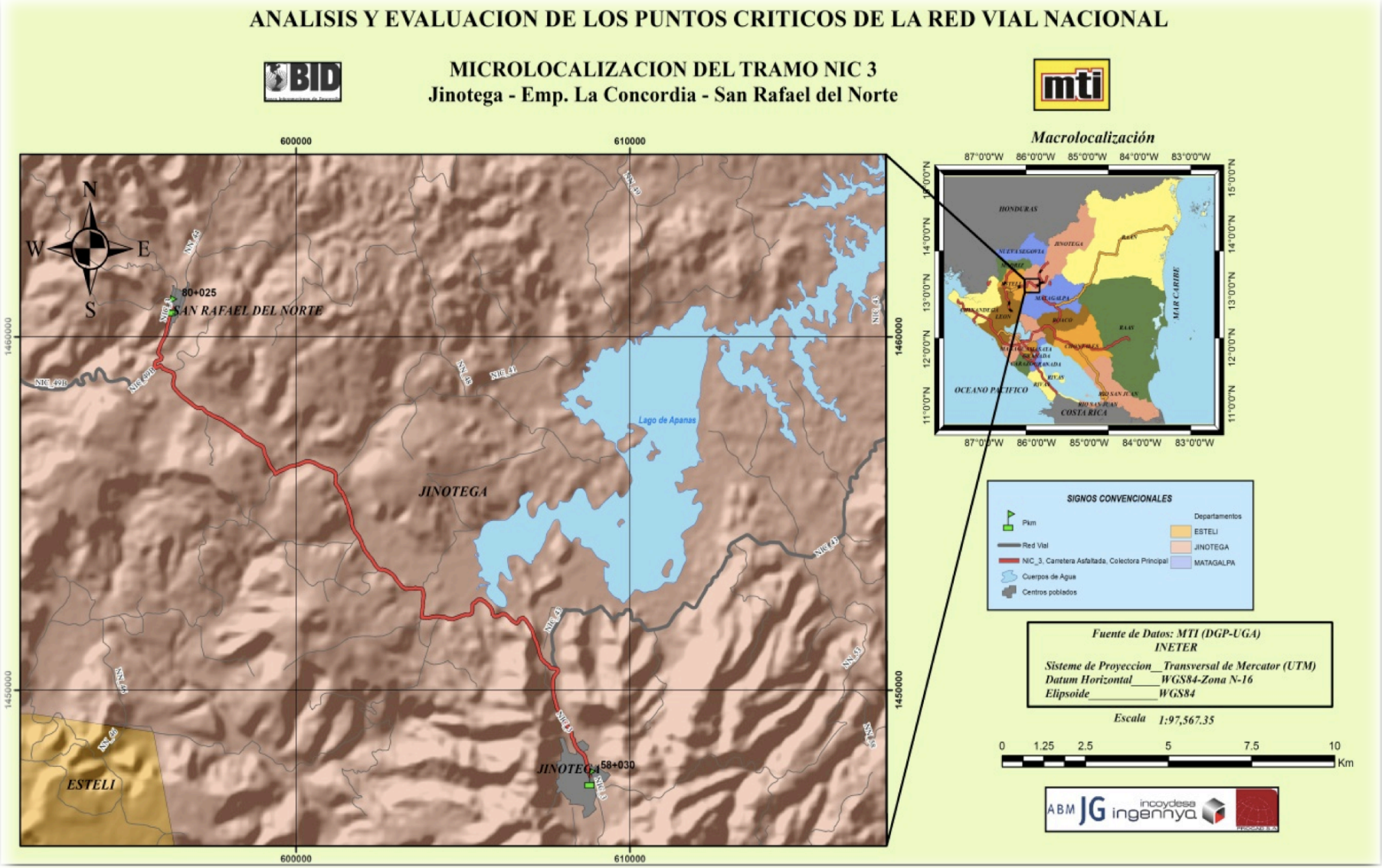
Identificar las amenazas

- Todas aquellas sobre el tramo o en sus cercanías que puedan causar daño a la infraestructura vial o interrumpir el servicio de transitabilidad. **Hacer uso de la Matriz de Identificación de Amenazas (Anexo 1).**

Evaluar la vulnerabilidad

- Empleando las **Matrices de Evaluación de Vulnerabilidad (Anexo 2)**, según el tipo de amenaza correspondiente.
- Las matrices tienen un sistema de puntajes. El sitio con puntaje menor a 65 puntos es considerado “Sitio POTENCIAL de Desastres” y puntaje mayor a 66 puntos es considerado “Sitio CRITICO de Desastres”, y por lo tanto requiere de medidas de reducción del riesgo de forma inmediata.

Ejemplo de ubicación geográfica del tramo en estudio (*)



(*) Los siguientes ejemplos han sido tomados del Estudio Análisis y Evaluación de los puntos críticos o vulnerables de la red vial nacional. MTI, 2014.

Ejemplos de identificación de amenazas en diferentes tramos (1/3)

En el Km 4+800 Banda izquierda. Este afloramiento de roca tiene una longitud de 100 m y una altura de 15 m, se trata de un domo basáltico de edad cuaternario, las rocas son de estructura masiva en su flanco NW, se encuentran muy fracturadas y presentan planos de fracturas en dirección NE, no se pudo apreciar el desplazamiento de estas debido a su estructura. En el sitio se pudo observar caída de bloques y detritos así como una grieta abierta en dirección al desplazamiento. No hay afectación directa en la carretera pero se considera un sitio potencial a un evento de colapso de masa de roca que podría afectar ese tramo de la carretera y hay que considerar que se encuentra ubicado el Hospital Vélez Paíz a 300 m en dirección sur.

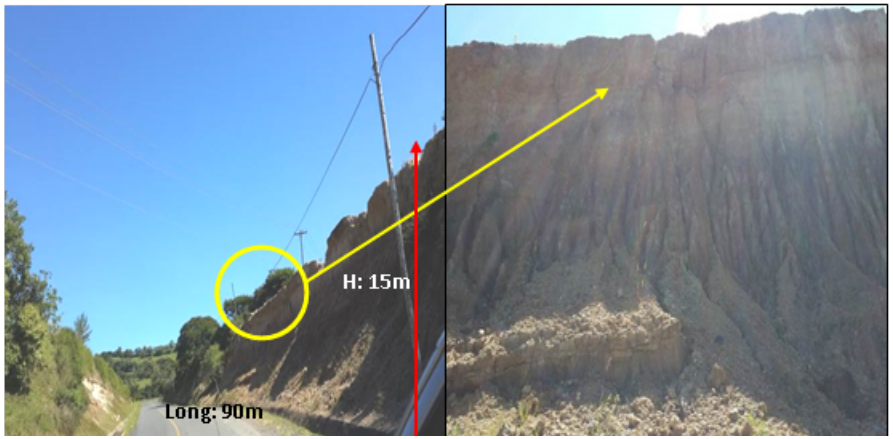
En el Km 21+300. Banda Izquierda. Se observó un talud con una 20 m de altura y longitud 60 m, se trata de rocas pertenecientes al Grupo Las Sierras QTps (Cuaternario Terciario Plioceno Las Sierras), en la parte superior la roca es más dura; es una toba alterada, fracturada, de color amarillenta y en la parte inferior es un depósito de rocas piroclásticas de caídas, comprende fragmentos sueltos no consolidados de tamaño lapilli. En este sitio se pudo observar marcas de desprendimientos y evento caídas de rocas. En la cumbre del talud se encuentran cimentadas antenas de una compañía telefónica.

NIC 02 Managua **– El Crucero – Rivas – Peñas Blancas**

Ejemplos de identificación de amenazas en diferentes tramos (2/3)

En el Km 143+800, en la banda derecha, se observó un talud con una altura de 15m y una longitud de 80 m. Este afloramiento está compuesto de suelo limo arcilloso, con desprendimiento y cicatrices de deslizamiento, reptación de suelos, inclinación de postes y arboles a favor del deslizamiento.

Detrás de la casa se observa en la parte alta de talud un desplazamiento el que da origen un evento de deslizamiento (flujo de lodo), el que afectaría directamente a la vivienda y a la carretera.



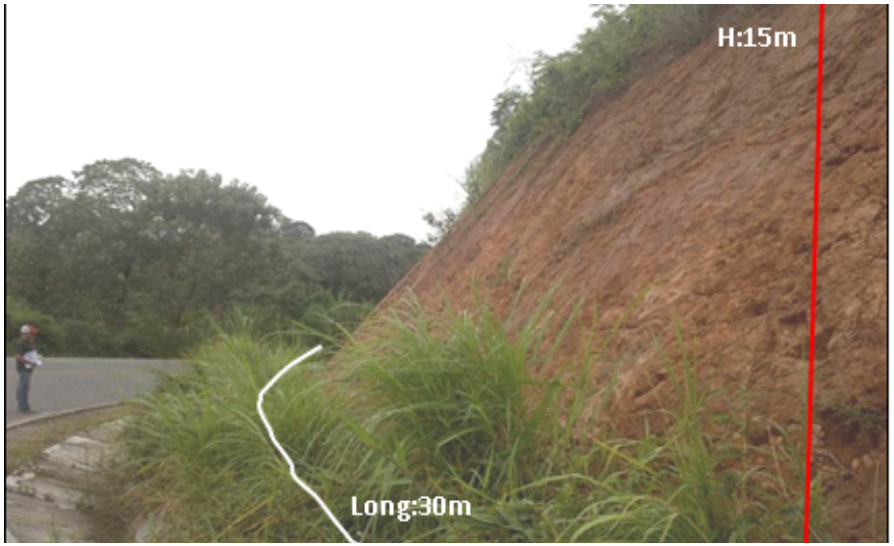
En el Km 182+800, en la banda izquierda se observó un talud con una altura de 15m y una longitud de 90m. Este afloramiento está compuesto de una toba erosionada, meteorizada y agrietada en la parte superior del talud y en la parte intermedia del afloramiento se muestra que está siendo afectada por la erosión hídrica.

Debido a la falta de cobertura vegetal y el material existente en el afloramiento el evento que se puede presentar es de un deslizamiento de flujo de detritos, ocasionando afectación a la carretera durante el invierno.

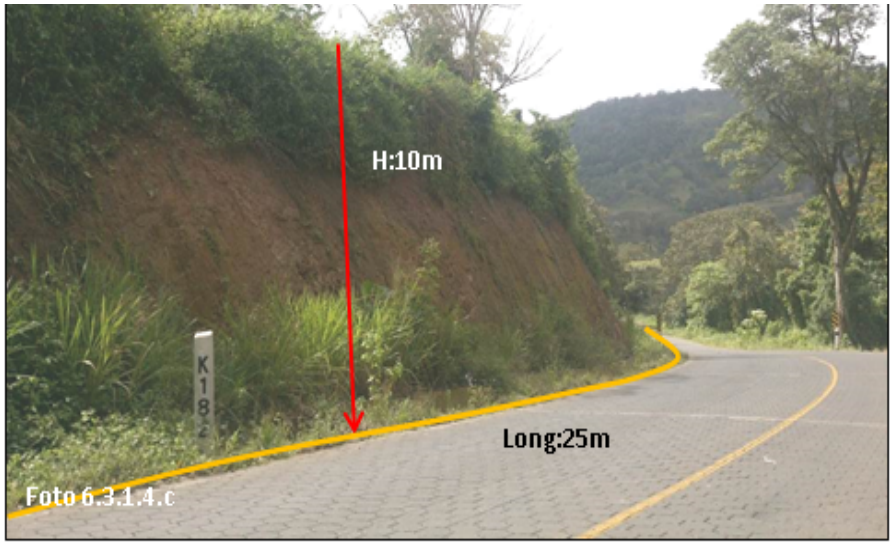
NIC 03 **Jinotega-Empalme La Concordia- San Rafael Norte**

En el tramo Jinotega-Empalme La Concordia- San Rafael Norte se caracteriza por ser terrenos accidentados e irregulares, con grandes alturas, pequeños valles, altiplanos, lomas, y poco terreno plano.

Ejemplos de identificación de amenazas en diferentes tramos (3/3)



En el Km 178+100. Banda izquierda, producto del alto grado de meteorización presente en el talud fue difícil identificar la roca madre. El talud tiene una altura de 15 m y longitud de 30 m, está constituido por un solo estrato de coloración rojiza, muy susceptible a la meteorización hídrica evidenciado por el patrón de drenaje encontrado, lo cual en un futuro el evento que se presentará es un deslizamiento de flujos de lodo que en su debido momento obstaculizara la vía, producto de la erosión hídrica



En Km 182+000. Banda derecha se ubica un talud con altura de 15 m y longitud de 30 m. El tipo de geomorfología que presenta es forma de valle, está constituida por un horizonte de coloración rojiza, el cual por su alto grado de meteorización no se pudo identificar el tipo de roca madre que lo originó. El afloramiento muestra un material poco consolidado lo cual lo hace muy susceptible a la erosión hídrica favoreciendo a la formación de un deslizamiento de flujos de lodo.

NIC **05 La Dalia – Cementerio Verde**

El municipio La Dalia se ubica a 175 Km de la ciudad de Managua y a 45 km de la cabecera del departamento de Matagalpa. El cementerio Cerro Verde se ubica a 11km del municipio la Dalia, las formaciones que predominan en esta Nic-05 son las Formaciones del Grupo Coyol Inferior y Grupo Matagalpa.

- Para las amenazas identificadas debe determinarse su intensidad, frecuencia y periodo de retorno.

- Debes preguntarse: ¿Es probable que la amenaza ocurra durante el horizonte de evaluación del Proyecto de infraestructura vial? O ¿durante su vida útil técnica?

- Si la respuesta es afirmativa, pregúntese ¿Cuándo podría ocurrir la amenaza?

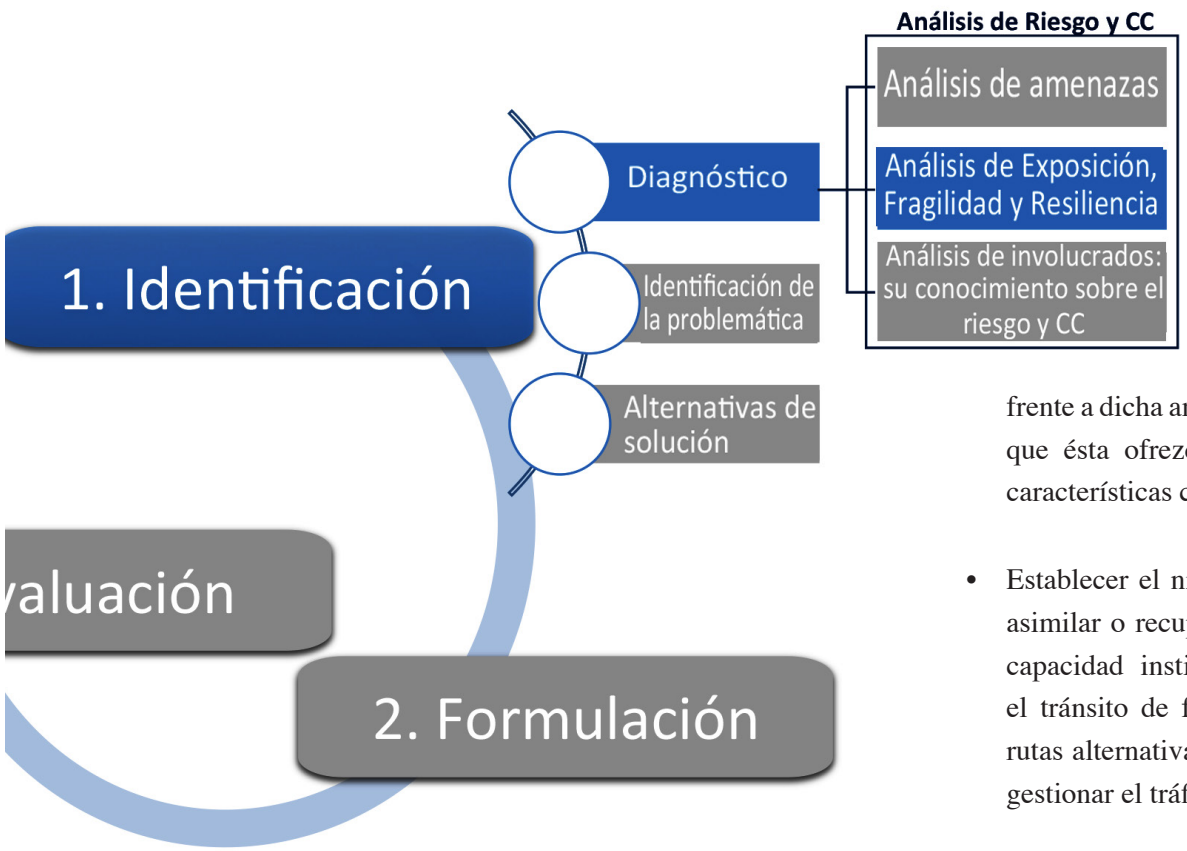
- Apóyese en la información histórica sobre las amenazas ocurridas. Seleccione aquellas de intensidad comparable y ordénelas cronológicamente de la más antigua a la más reciente.

- Obtenga la diferencia en años entre un evento y otro, y luego calcule el promedio. Ese resultado es el periodo promedio de recurrencia de dicho evento (amenaza de media intensidad).

- Si tiene mucha información podría tener dos intensidades de eventos: medios y altos, por ejemplo.

- Evidentemente importa cuándo ocurre la amenaza, puesto que tiene efectos sobre los beneficios y costos del Proyecto.

4.1.1.2 Análisis de Exposición, Fragilidad y Resiliencia



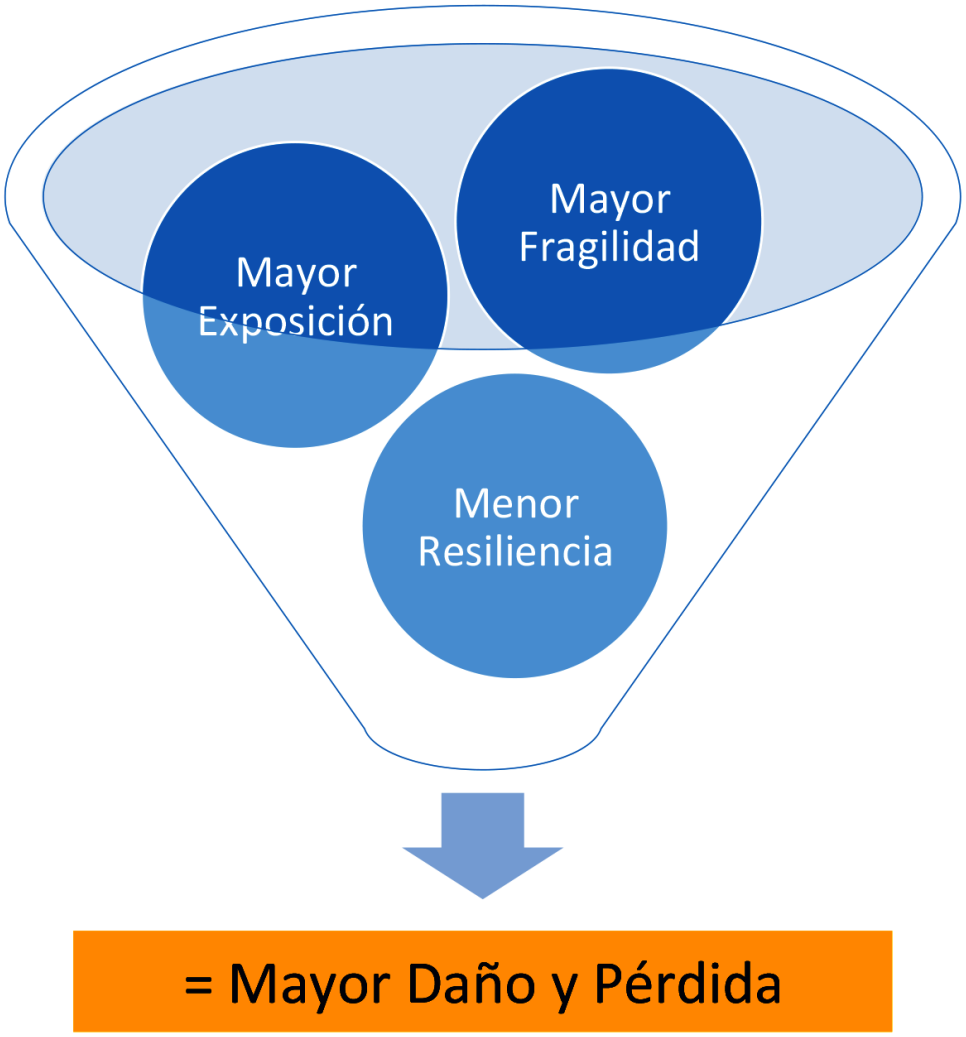
- Determinar el nivel de exposición del tramo de carretera o camino en el sitio de la amenaza identificada. La exposición implica que esa sección de la vía está en el área de impacto de la amenaza.

- Representar gráficamente el área de impacto de la amenaza.

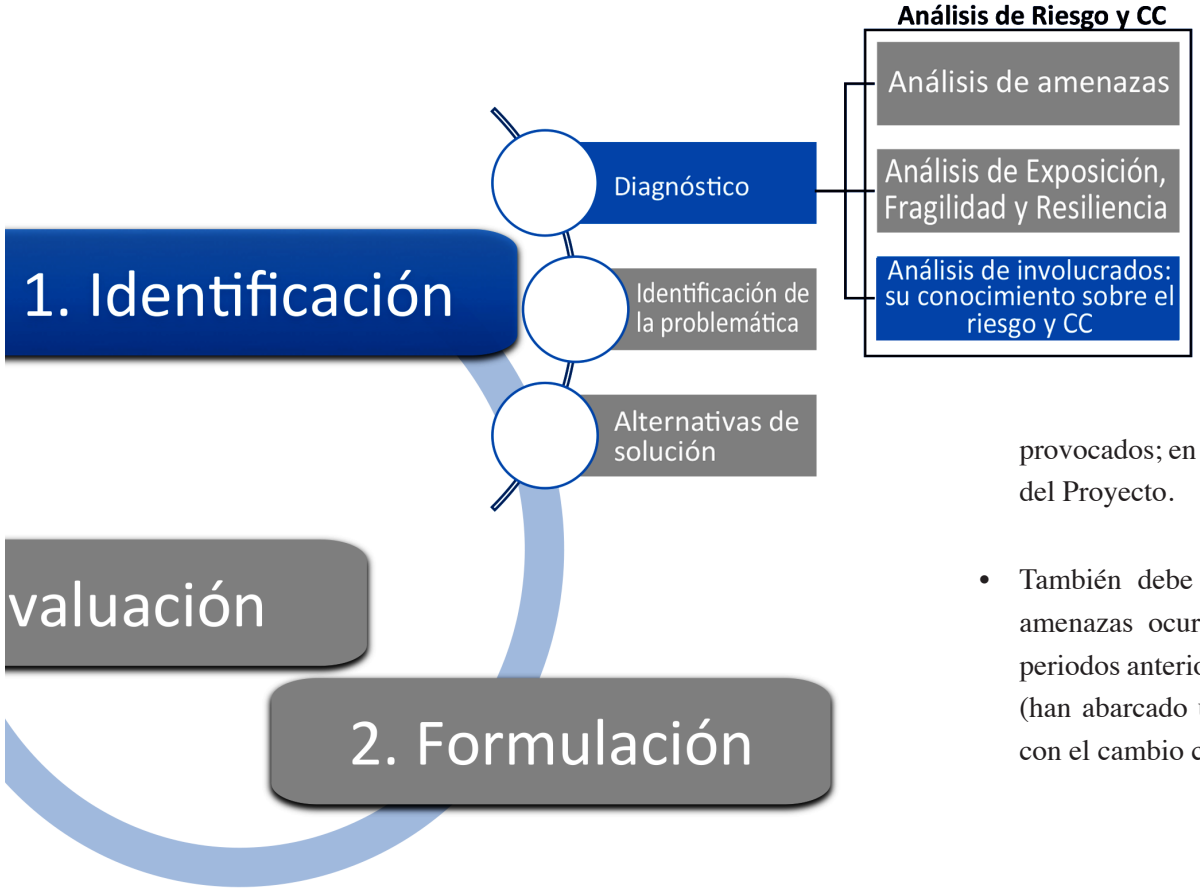
- En caso de que la vía exista, determinar su fragilidad frente a dicha amenaza. La fragilidad de la vía es el grado de resistencia que ésta ofrezca al impacto de la amenaza. Esto depende de las características constructivas (materiales y tecnología de construcción).

- Establecer el nivel de resiliencia, que es la capacidad de la vía para asimilar o recuperarse del impacto de la amenaza. Es decir, si existe capacidad institucional (técnica, de maquinaria) para reestablecer el tránsito de forma oportuna (menor tiempo posible), o si existen rutas alternativas identificadas y un plan de contingencia que permita gestionar el tráfico y evitar congestionamientos.

- En el análisis de causa efecto de la problemática central deben revelarse aquellas vinculadas con la ocurrencia de amenazas, y establecerse relación entre la evolución de dichas amenazas y el cambio climático.


Mayor Exposición
Mayor Fragilidad
Menor Resiliencia
= Mayor Daño y Pérdida

4.1.1.3 Análisis de involucrados: su conocimiento sobre el riesgo y CC

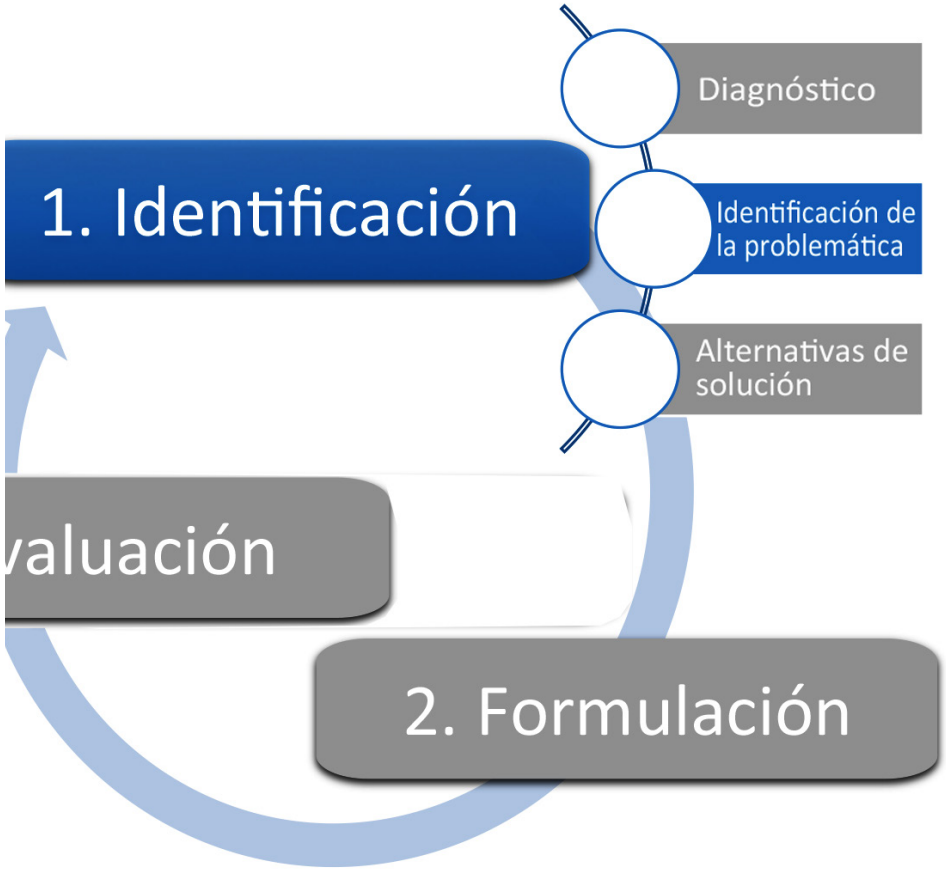


- Los involucrados son los grupos de interés del Proyecto. Estos pueden ser productores, transportistas de carga, o pobladores que usan la vía para trasladarse a unidades de servicios públicos o privados.

- En esta sección debe obtenerse información de campo, a partir del conocimiento local, sobre la ocurrencia de las amenazas. Importa saber cuándo han ocurrido, su intensidad y los daños y pérdidas provocados; en cada punto crítico observado en el recorrido del tramo del Proyecto.

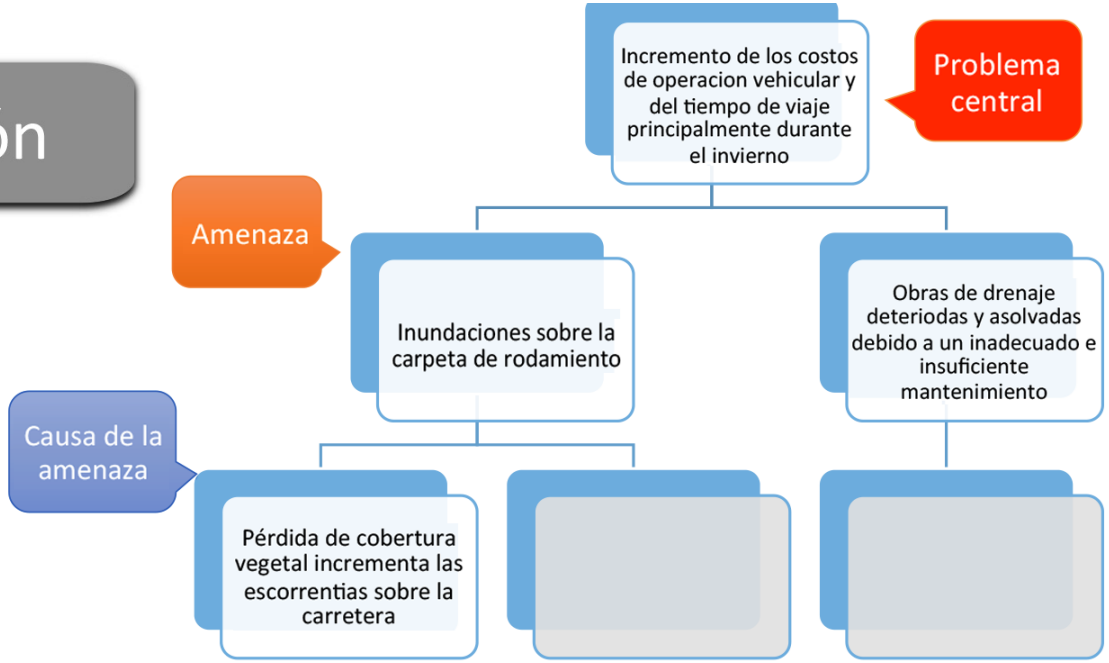
- También debe investigarse si los involucrados perciben que las amenazas ocurridas han evolucionado o no en comparación con periodos anteriores. Por ejemplo, ¿las inundaciones han sido mayores (han abarcado un área mayor)?, y si vinculan este comportamiento con el cambio climático.

4.1.2 Identificación de la problemática



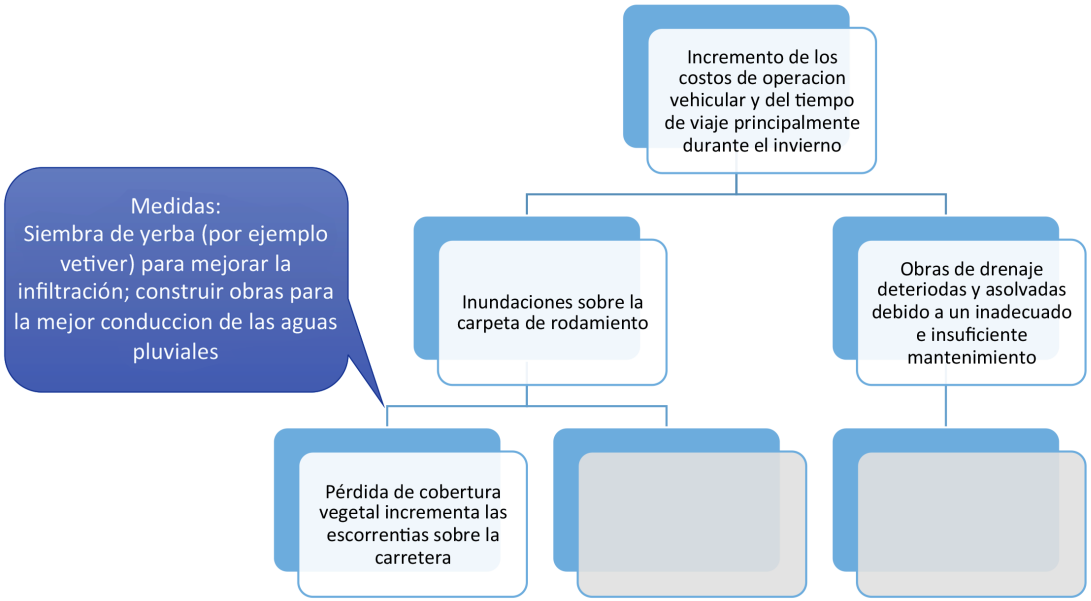
- Es previsible que las amenazas de tipo hidrometerológico (inundaciones, flujos de lodo, caídas de roca) se intensifiquen, sean más frecuentes y de mayor duración debido al cambio climático.

- Las causas secundarias vinculadas a amenazas deben poder establecer las razones de la ocurrencia de dichas amenazas. Vea el ejemplo siguiente.



4.1.3 Alternativas de solución

- En esta sección deben identificarse medidas de reducción del riesgo y de adaptación al cambio climático.
- Dichas medidas deben responder a las amenazas y sus causas, y debe correspondeser con medidas eficientes en términos de reducir a un mínimo el riesgo residual.
- En el módulo de Formulación se precisarán los aspectos técnicos de las medidas, no obstante en esta sección debe argumentarse porqué es propuesta dicha medida.



4.2 Formulación

4.2.1 Análisis de demanda y oferta

Caída de rocas. Unica vía de comunicación terrestre hacia los municipios de Rosita, Bonanza, Waspán y Puerto Cabezas. En el km 218+504.Banda izquierda. Con longitud de 80 m y altura de 17 m. ¿Afecta este evento la oferta (nivel de servicio) y la demanda? Fotografía tomada de Estudio Análisis y Evaluación de los puntos críticos o vulnerables de la red vial nacional. MTI, 2014

- El **análisis de demanda** tiene el objetivo de proyectar el volumen de tráfico futuro que utilizará el tramo en estudio; medida en Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

- La incorporación de las consideraciones de cambio climático y reducción de riesgo a desastre en el análisis de demanda consiste en establecer cómo el cambio climático y/o la ocurrencia de una amenaza (materialización del riesgo) puede afectar a la demanda.

- Por ejemplo, considere que en determinados sitios el volumen de vehículos de carga aumenta en invierno, debido a la cosecha; y hay amenazas que son intensificadas en invierno, tales como los flujos de lodo. ¿Qué efecto tiene esto sobre la demanda por el tramo? ¿y sobre la demanda de tramos alternativos?

- Es de esperarse que ante la interrupción o mal estado del tramo en estudio, la demanda (cantidad de vehículos) disminuya y se desvíen por tramos alternativos (en caso de haberlos). Es decir oferta de otros tramos.

- El **análisis de la oferta**, consiste en el establecimiento del nivel de servicio del tramo en estudio, en términos de todas sus características físicas y geométricas, así como su nivel de conservación. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), sintetiza el nivel de servicio. La velocidad promedio de desplazamiento, determina el costo de operación vehicular y el tiempo de viaje, ambos determinan el costo generalizado de viaje.

4.2.2 Análisis técnico

- **El análisis técnico** aplicado a la incorporación del cambio climático y la reducción de riesgo a desastre, consiste en determinar alternativas técnicas que sean efectivas y eficientes, para reducir total o parcialmente la amenaza o incrementar la resiliencia (que es lo mismo que reducir la vulnerabilidad).

- Para explicar esto se expondrá el caso del sitio crítico de La Gavilana, en la carretera panamericana Norte, hacia Estelí.

Caso: Análisis técnico para determinar alternativas de solución al punto crítico Cerro La Gavilana

Localización e identificación de la amenaza

El punto crítico La Gavilana, y está ubicado en el kilómetro 142 + 420 de la carretera Panamericana Norte. Inicialmente la zona crítica se ubicaba entre las extensiones 142 + 390 – 142 + 470; sin embargo, como resultado de las lluvias de 2010-2012 la zona se extendió desde la estación 142 + 470 hasta la 142 + 550, derivando en una extensión de 80 m. Esta nueva sección tenía forma de herradura en la que los extremos de ella se encontraban en la orilla de la carretera y el lado cóncavo dentro del talud de la ladera. Este tramo de carretera conecta a Managua (capital) con el norte del país (Estelí, Jinotega, Nueva Segovia), y en caso de cortes impide el flujo de tráfico, al no tener vías alternativas.

El mapa 1 (a) muestra la ruta Managua-Estelí, y se ha incluido la ubicación aproximada del punto crítico, que se observa también en el mapa 1 (b), con un nivel mayor de aproximación satelital. Puede apreciarse que la zona es geográficamente accidentada, con presencia de cerros, con elevaciones de hasta 1500 msnm, tales como las presentes en la Reserva Natural Cerro Tomabú.

El sito es inestable caracterizándose por ser una zona de constantes derrumbes ocasionados por: (i) las vibraciones del tráfico de la carretera Panamericana, es decir, microsismicidad, (ii) el peso de la masa del cerro y (iii) la fuerza hidrostática a que es sometida la zona debido a las lluvias constantes durante la época de invierno, las que lubrican las masas del cerro y provocan el fisuramiento del cerro generando cortes verticales y horizontales que producen el movimiento dinámico del cerro y por ende los micro - derrumbes continuos en su ladera; y finalmente, (iv) la extracción de material para cimentación de obras civiles, aunado a la deforestación de las laderas.

Mapa 1. Ruta Managua – Estelí, ubicación punto crítico La Gavilana, Est 142+420

Descripción técnica de la solución

El proceso de diseño y propuesta de una solución técnica efectiva para los derrumbes, flujos de lodo, e inundaciones ocurridas en el punto crítico de La Gavilana siguió un proceso metodológico que tuvo como propósito determinar la verdadera profundidad del plano de falla[1].

La solución propuesta consiste en el hincado de micropilotes, la construcción de bermas, junto con la siembra de vetiver para mejorar la cobertura vegetal de los taludes; la construcción de sistemas de captación de las aguas pluviales, un muro de roca y mejoramiento de la superficie de rodamiento. Ver en la figura 2, los diferentes componentes de la solución propuesta Las bermas también se utilizan para el control de la erosión y sedimentación mediante la reducción del índice de escorrentía superficial. Las bermas o bien reducen la velocidad del agua, o bien dirigen el agua a zonas que no son susceptibles a la erosión, reduciendo así los efectos adversos del agua corriente sobre la capa superficial del suelo expuesta.

Figura 1. Proceso metodológico para el diseño de una solución a la amenaza en el punto crítico La Gavilana

1 Plano o superficie a lo largo de la cual se desplazan los bloques que se separan en la falla. Este plano puede tener cualquier orientación (vertical, horizontal, o inclinado). La orientación se describe en función del rumbo (ángulo entre el rumbo Norte y la línea de intersección del plano de falla con un plano horizontal) y el buzamiento o manteo (ángulo entre el plano horizontal y la línea de intersección del plano de falla con el plano vertical perpendicular al rumbo de la falla). En general los planos de falla suelen ser curvos. El plano de falla puede pulirse por fricción, dando lugar a los denominados «espejos de falla». Se denomina 'banda de falla' cuando la zona de deformación tiene una cierta anchura

Figura 2. Componentes de la solución propuesta e implementada en el punto crítico de La Gavilana/

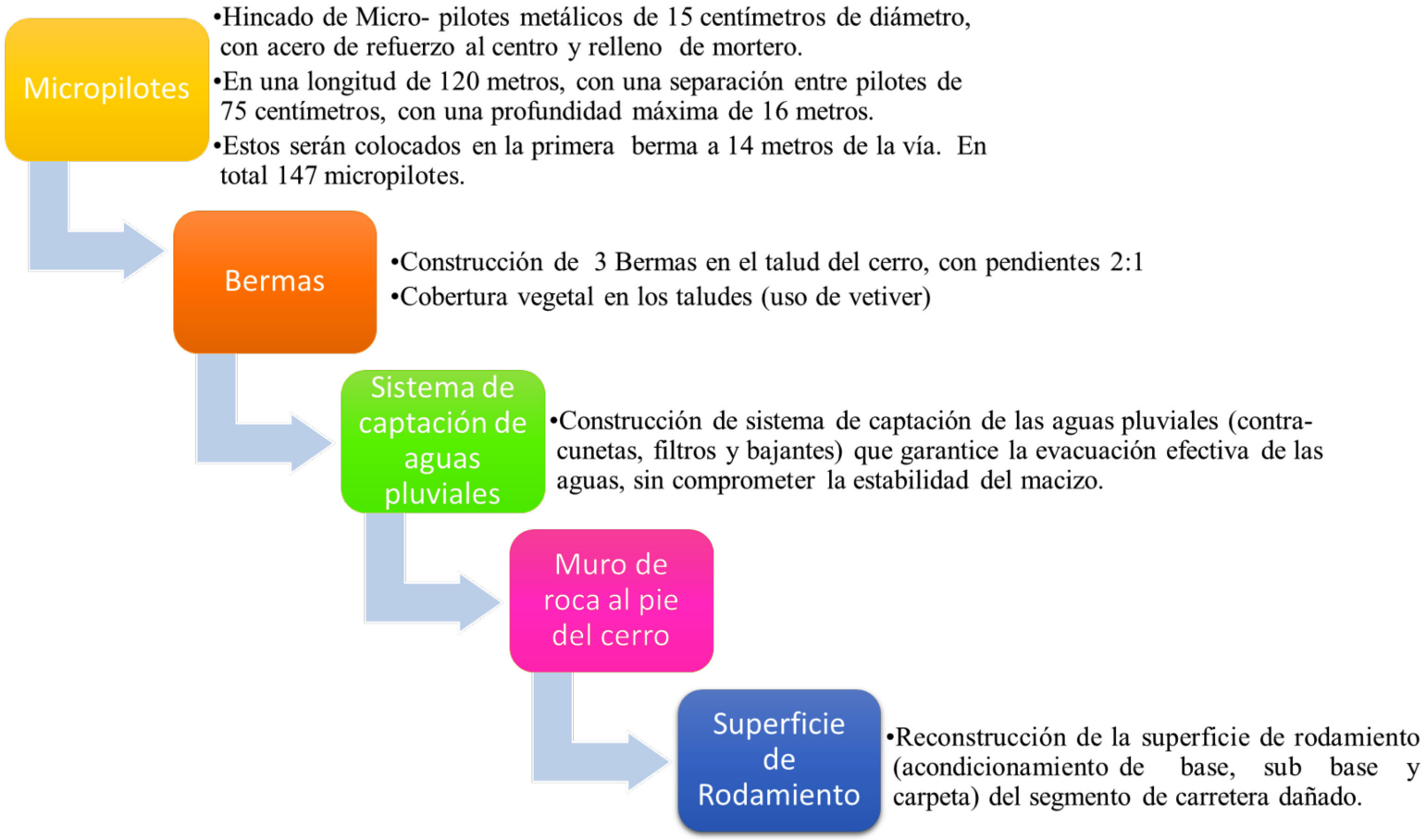


Figura 3. Esquema de la solución propuesta

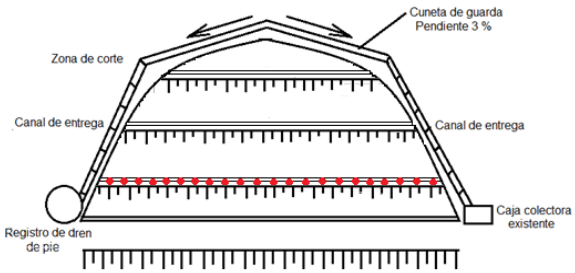


Figura 4. Ubicación de los macropilotes

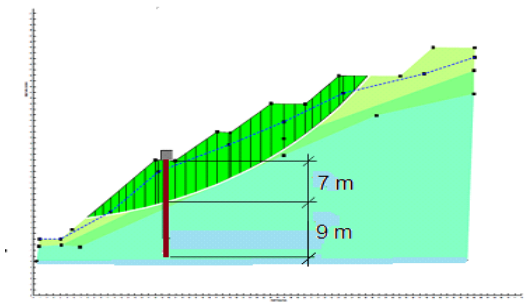


Figura 5. Viga que une los macropilotes

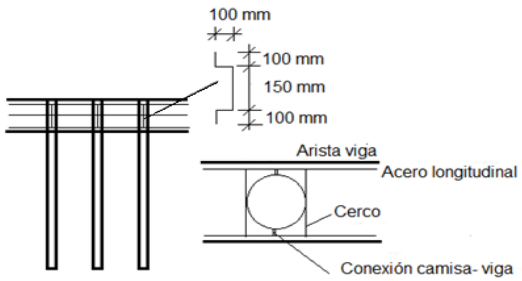


Figura 6. Diseño de cunetas al pie de las bermas

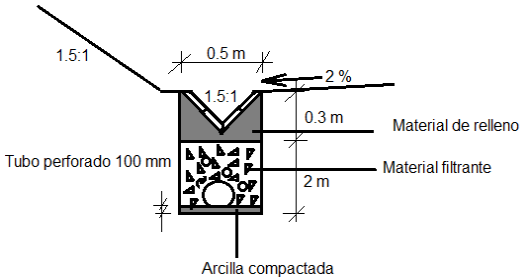
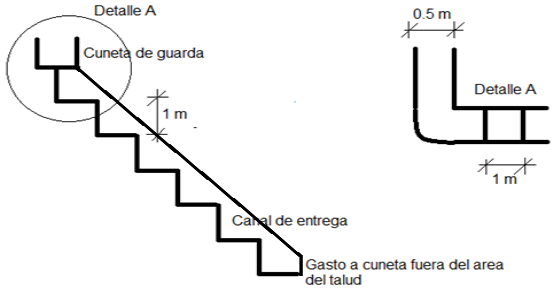
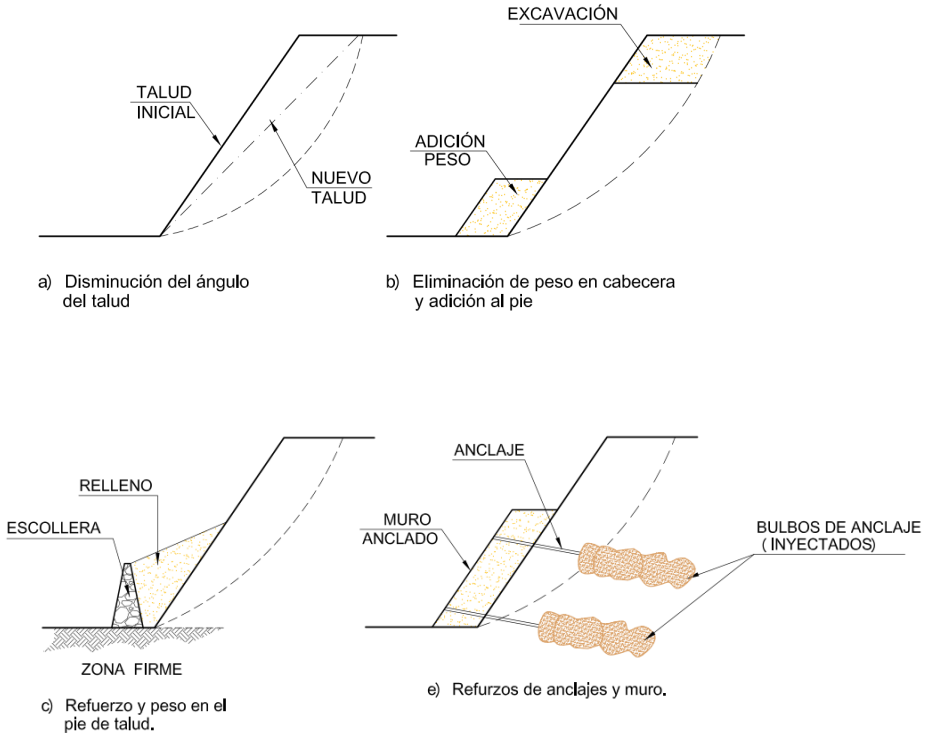


Figura 7. Detalle de la conexión de cuentas con canal de entrega



Ejemplos de alternativas de solución para Inestabilidad de Talud

Métodos para aumentar el coeficiente de seguridad de taludes en suelos



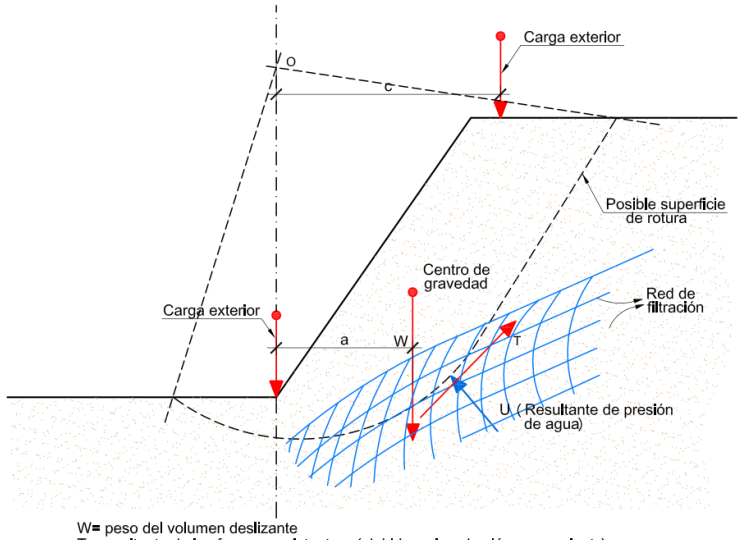
a) Disminución del ángulo del talud

b) Eliminación de peso en cabecera y adición al pie

c) Refuerzo y peso en el pie de talud.

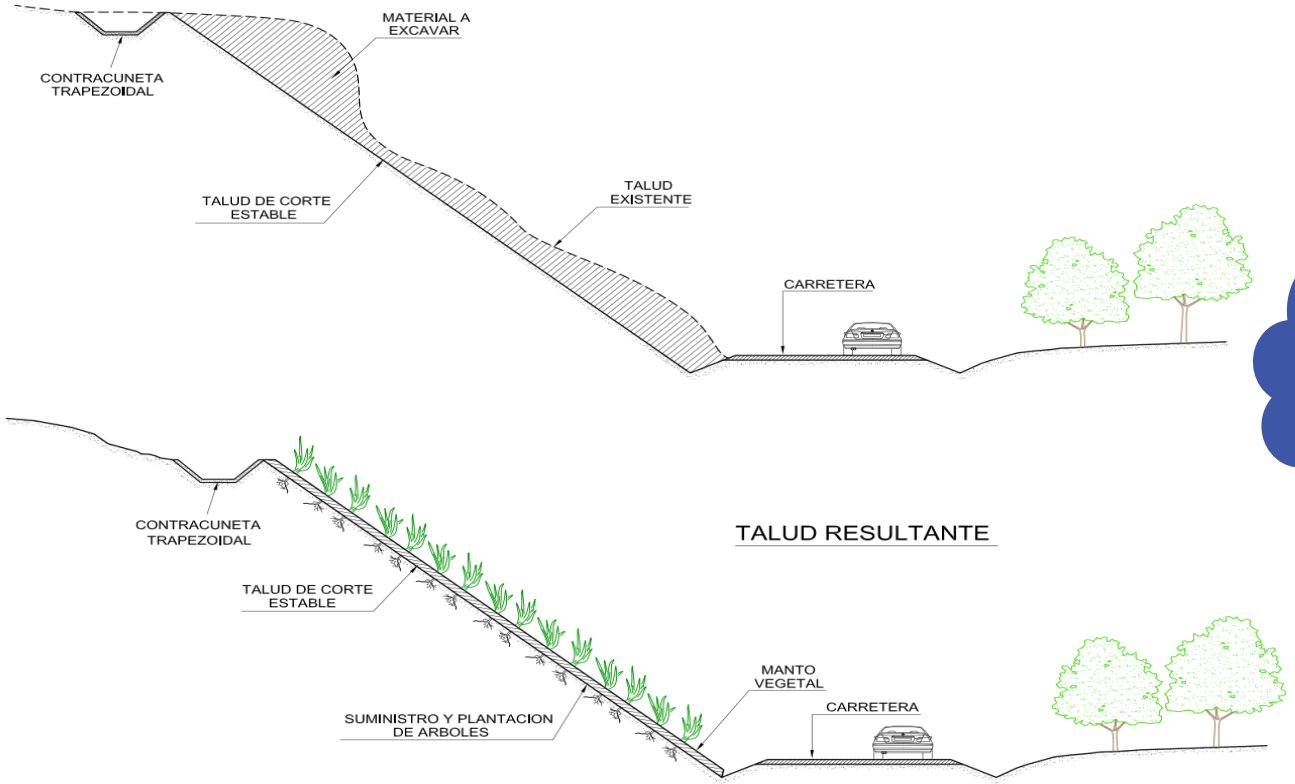
e) Refurzos de anclajes y muro.

Esquema de fuerzas actuantes en el problema de estabilidad en un talud

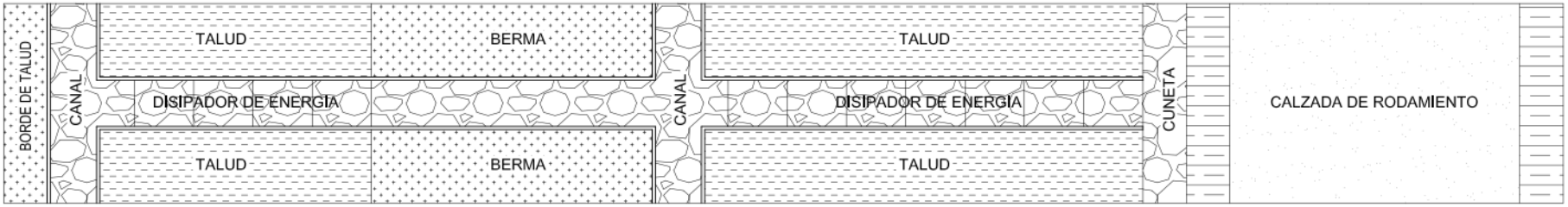


W= peso del volumen deslizante
T= resultante de las fuerzas resistentes (debidas a la cohesión y rozamiento)

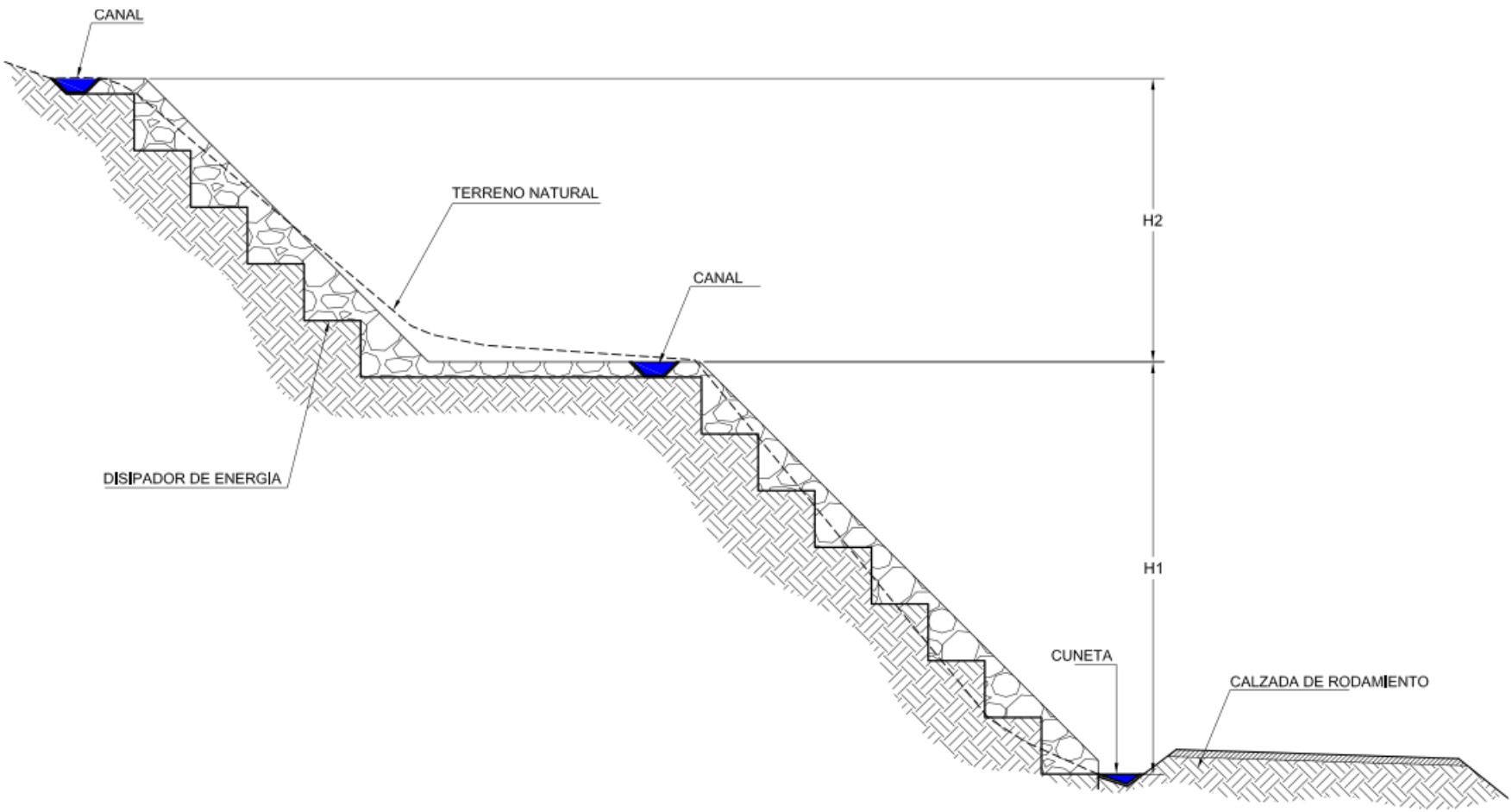
29



Luego de excavar, sembrar árboles y construir contracuneta

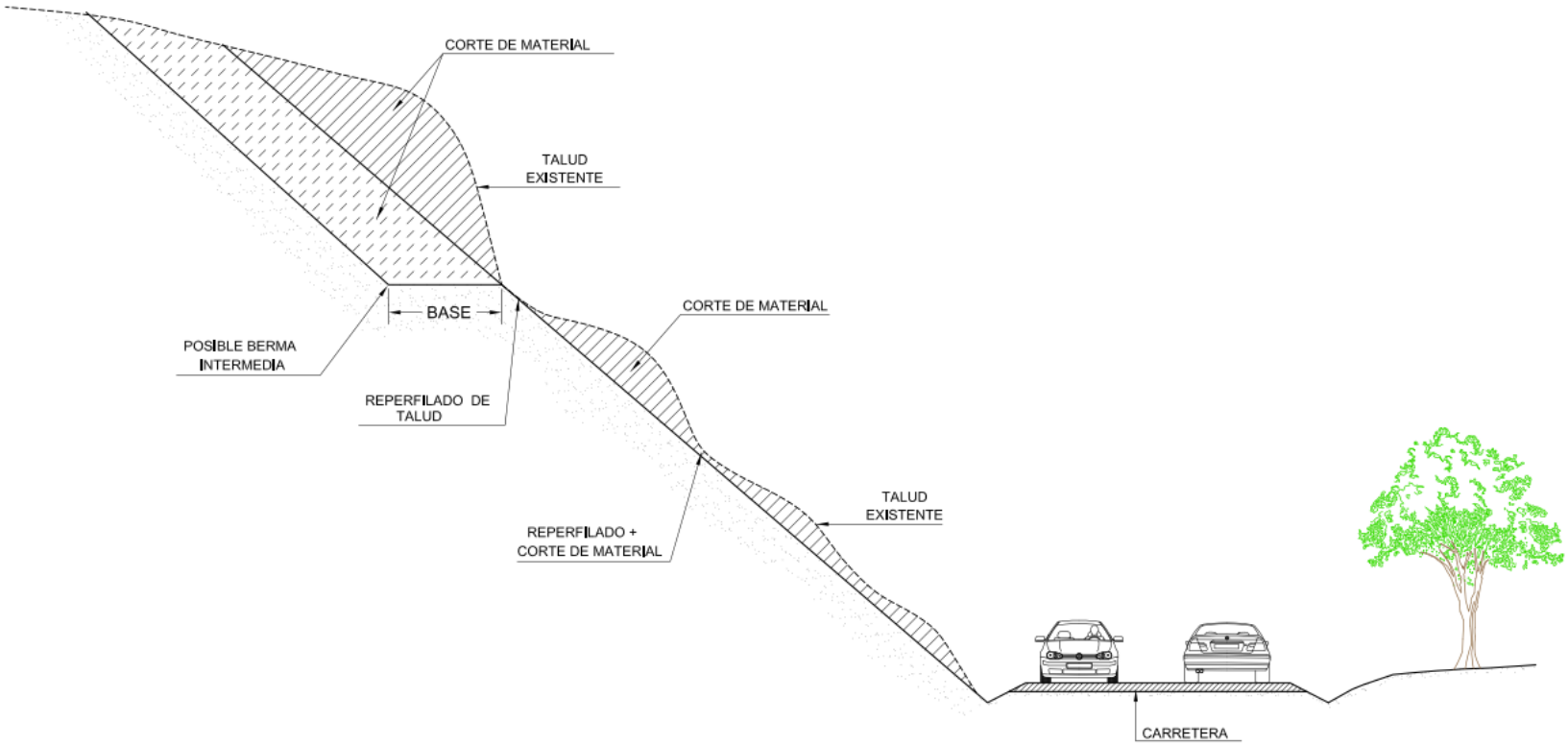


PLANTA DE ESQUEMA DE DISIPADOR DE ENERGIA

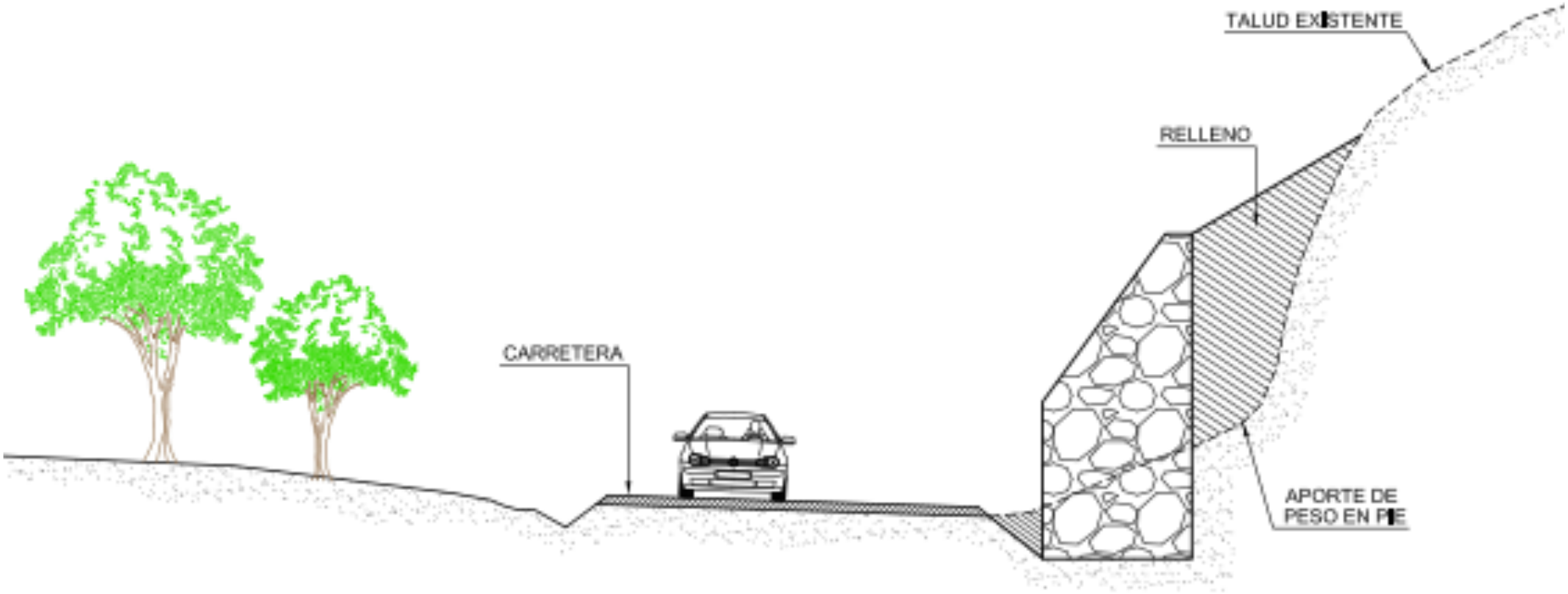


SECCION DE ESQUEMA DE DISIPADOR DE ENERGIA

EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL
(CORTE DE MATERIAL + REPERFILADO DE TALUD)



MUROS DE CONTENCIÓN
a) MAMPOSTERIA Y PIEDRA BOLÓN
CARRETERA
SOBRE EXCAVACIÓN
H (Altura)
a.1) MURO DE CONTENCIÓN
* PRECISA SOBRE EXCAVACIÓN
BASE
B = ⅓ H

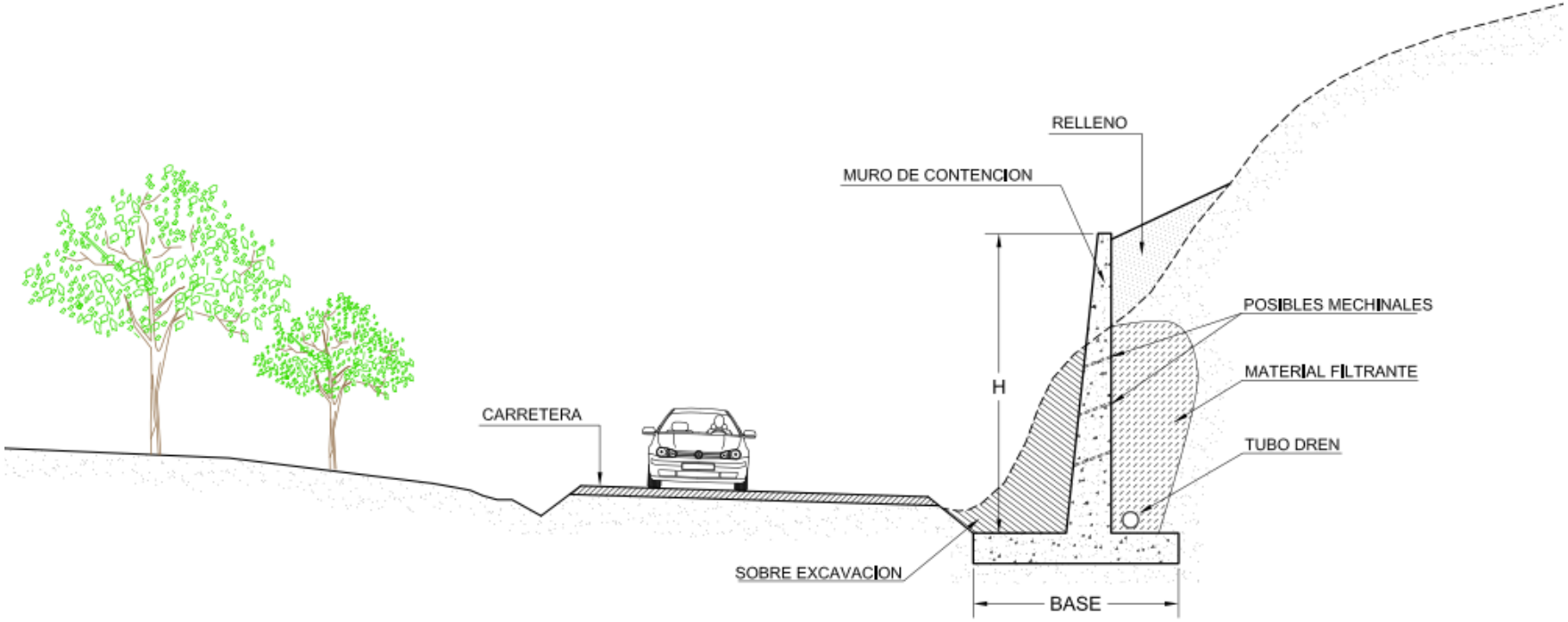


a.2) MURO DE SOSTENIMIENTO

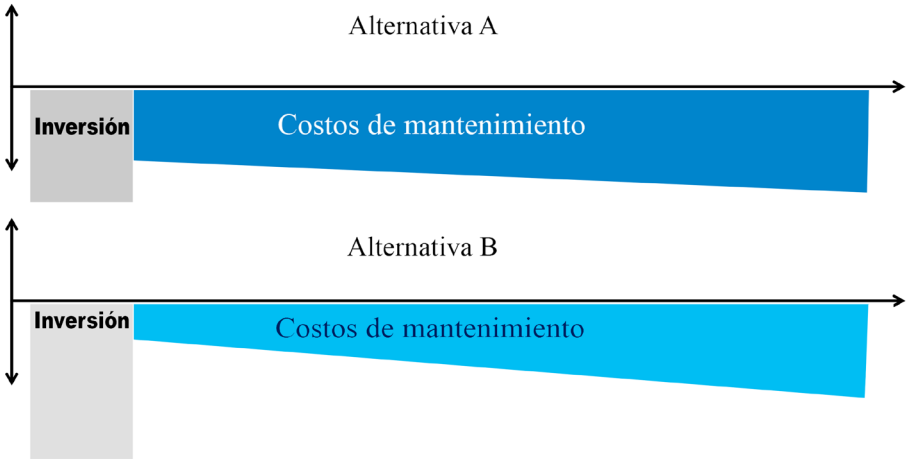
* PRECISA RELLENO

MUROS DE CONTENCIÓN

b) CONCRETO DE HORMIGON PERFORADO



4.2.3 Costeo de alternativas de solucción



- El costeo de alternativas consiste en determinar los costos de inversión y mantenimiento de las alternativas de reducción de riesgo a desastre y de adaptación al cambio climático.

- Debe procurarse que las alternativas sean comparables en términos de qué tan efectivas son para reducir el riesgo o adaptarse al cambio climático. Es decir, si hay dos alternativas A y B, A y B son comparables si y solo si ambas pueden reducir el riesgo en una fracción equiparable. No son alternativas sembrar hierva vetiver vs construir disipadores de energía. En todo caso ambas son complementarias, y podrían ser parte de una alternativa de solución.

- Cuando se trate de la construcción de un tramo nuevo de camino o carretera, y se realiza gestión prospectiva del riesgo, es decir, se determinan amenazas potenciales, y se proponen medidas de reducción del riego, es importante, tener claridad sobre los costos específicos de las medidas de reducción de riesgo y de adaptación al cambio climático. Es importante visibilizar estos costos.

- Los costos de inversión y de mantenimiento de las alternativas de RRD y ACC serán comparados con los beneficios de implementar dichas alternativas, en el capítulo de Evaluación.

- Se ejemplifica el costeo de la alternativa implementada en el Cerro la Gavilana.

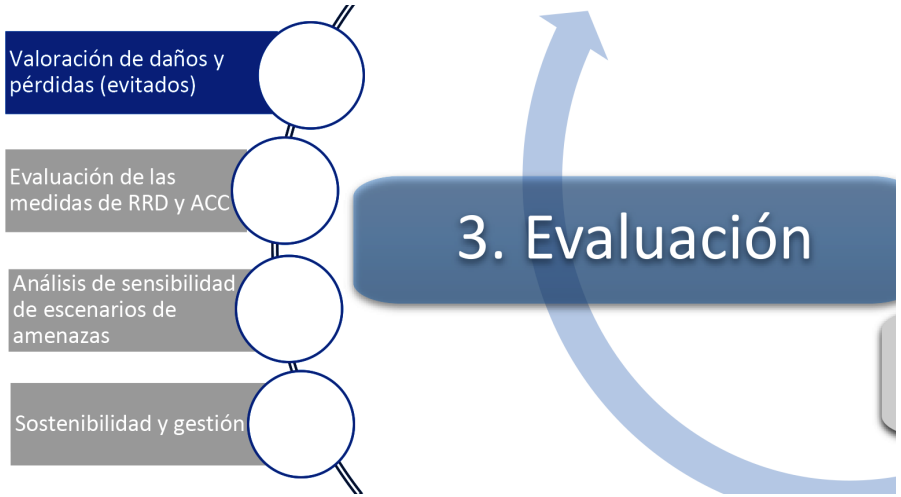
Caso Cerro La Gavilana
Tabla 1. Estimación de cantidades de obras y costo

Especificación	Actividad	U.M	Cantidad	Costo unitario C$	Costo total C$
NIC-207.1	Excavación en Perfilado de Taludes y Bermas	M3	42,269.00	188.37	7,962,211.53
	Mampostería (Canal, bajantes y Cunetas)	M3	224.65	3,647.28	819,361.45
NIC-207.6	Excavación (Cunetas, Canal y bajantes)	M3	265.70	86.45	22,969.77
	Perforación y Construcción de Micro-pilotes	ML	2,044.00	6,370.00	13,020,280.00
	Construcción de Sub-dren de Tubería Perforada	ML	540.00	3,475.06	1,876,532.40
	Siembra de Vetiver	M2	621.00	159.25	98,894.25
	Acero de Refuerzo para Viga entre Micro-pilotes	Kg	2,305.66	56.88	131,145.94
602(3B)	Concreto para Elementos Estructurales f´c = 300 Kg/cm2	M3	19.36	12,646.04	244,827.33
	Roca para Muro Banda Derecha (Complemento del muro ya iniciado)	M3	1,200.00	1,250.00	1,500,000.00
	Reconstrucción de la superficie de rodamiento				
NIC-207.4	Excavación en la Vía	M3	861.13	194.29	167,308.95
NIC-303.03	Base Triturada	M3	290.90	1,276.73	371,400.76
NIC-303.06	Sub-Base	M3	387.86	1,256.48	487,338.33
NIC-405.9	Carpeta Asfáltica en Caliente	M3	96.97	7,407.63	718,317.88
NIC-913.3	Construcción de Cuneta Revestida	M3	24.30	3,647.28	88,628.90
NIC-905.1	Construcción de Bordillo de Concreto	ML	115.00	483.89	55,647.35
	Movilización y Desmovilización	Global	1.00	79,148.84	79,148.84
	Costo total C$				**27,644,013.68**

- Para valorar los daños y pérdidas provocados por la ocurrencia de un riesgo, debido a las amenazas identificadas, primero piense en los efectos que dicho

4.3 Evaluación

4.3.1 Valoración de daños y pérdidas (evitados)



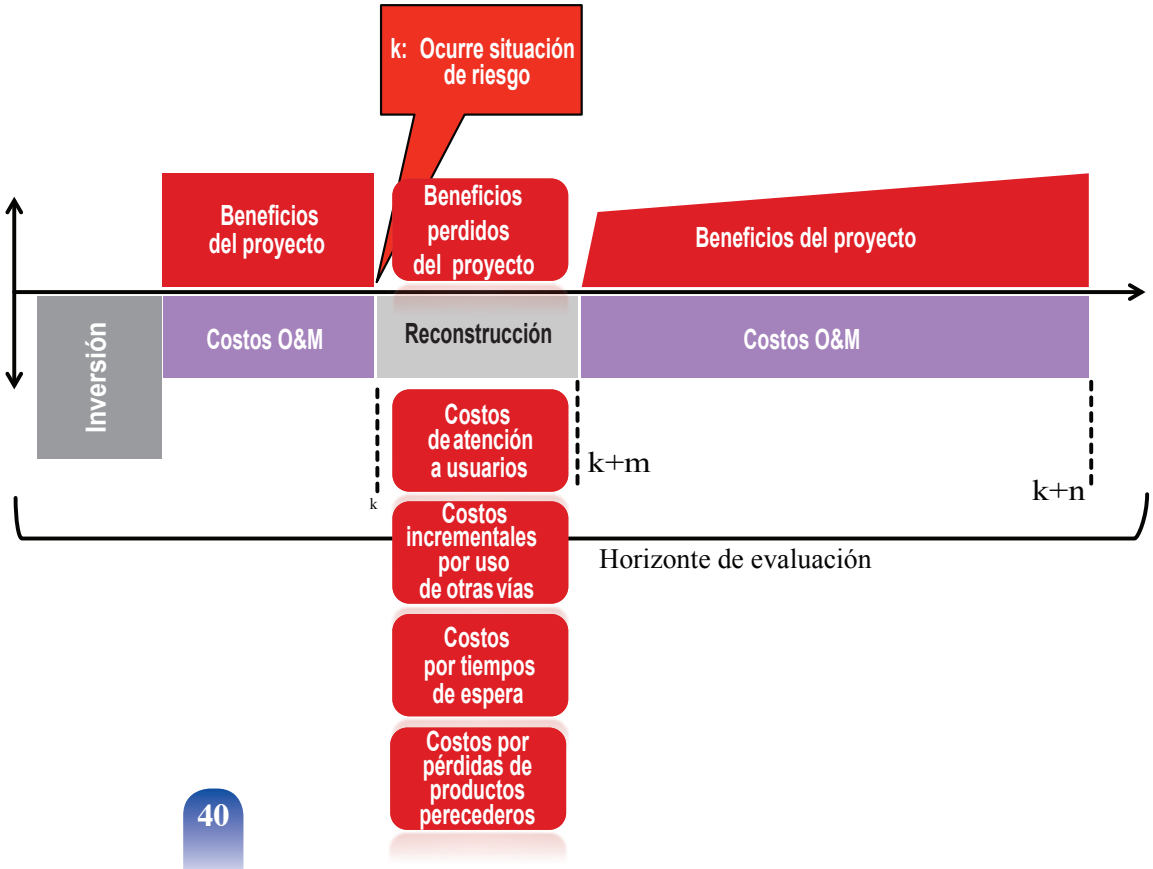
riesgo tiene sobre el Proyecto.

- En primer lugar, si la infraestructura de la vía sufre daños, habrá que repararla o reconstruir tal infraestructura. En segundo lugar, si el servicio de transitabilidad es interrumpido, y los usuarios deben esperar hasta que se reestablezca o usar vías alternativas, éstos enfrentarán costos, que pudieron evitarse si el riesgo no se hubiese materializado (evitando la amenaza o incrementando la resiliencia). Estos costos son las pérdidas provocadas por el riesgo.

En resumen, los costos que pueden observarse son:

- ***Costos por reconstrucción*** o restablecimiento del servicio;
- ***Costos por atención a usuarios*** (servicios médicos), en caso de requerirse;
- ***Costos de tiempo de espera,*** hasta el restablecimiento de la circulación;
- ***Costos por pérdidas de productos perecederos*** o incrementos de costos, cuando se trata de vehículos de carga refrigerados. Este se vincula con el costo por mayor tiempo de espera.
- ***Costos incrementales por uso de vías alternativas,*** cuando exista una vía y los vehículos la empleen, con motivo de la interrupción del servicio.
- Con las medidas de RRD y ACC se evitarían estos costos, por lo tanto, los costos evitados son los beneficios de las medidas.

Flujo del Proyecto "sin medidas de RRD y ACC"



Considere el caso del Cerro La Gavilana

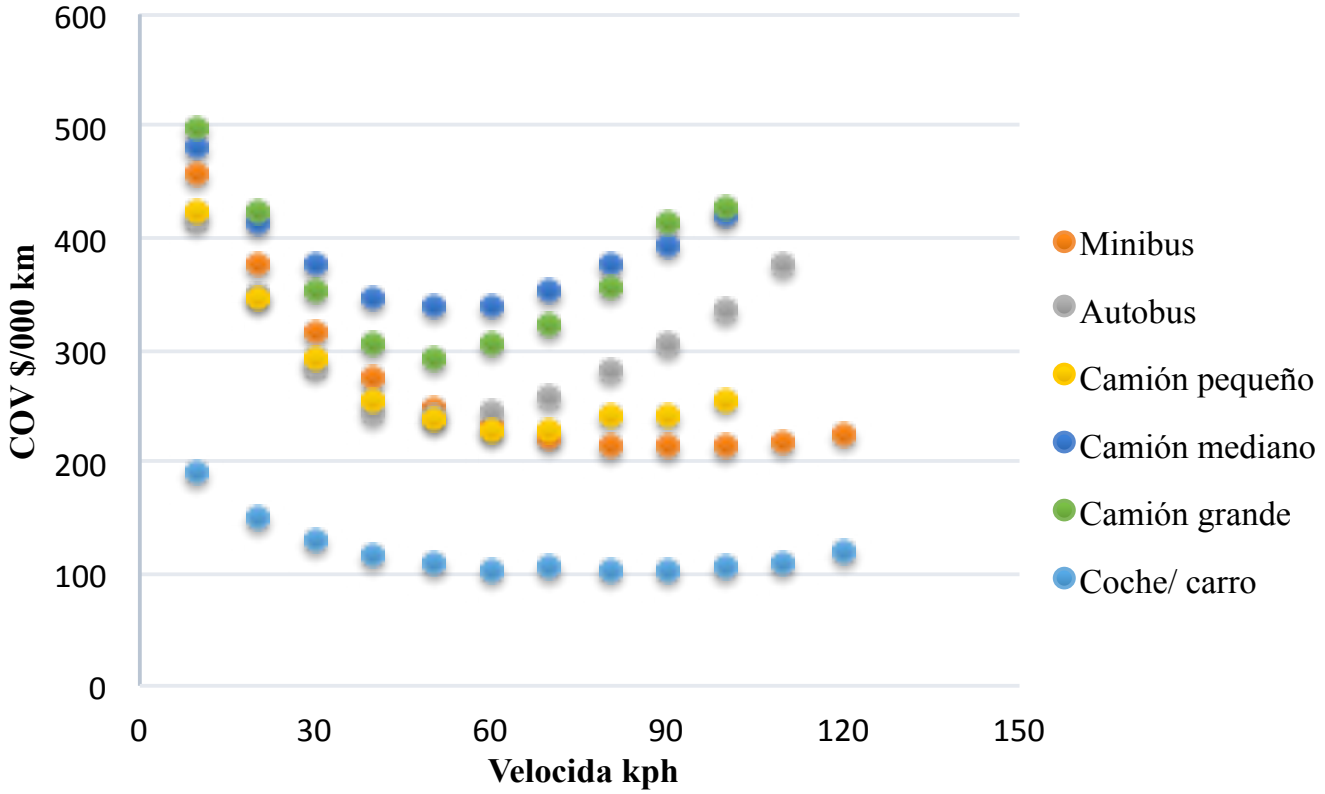
- El valor del daño se refiere a los costos de reconstrucción o rehabilitación de la infraestructura afectada por la ocurrencia de la amenaza. Por su lado el valor de las pérdidas está referido a los costos adicionales en que incurren los usuarios debido a que es interrumpido el tránsito por la vía. El valor del daño es aproximado a partir de las intervenciones realizadas por el MTI en años anteriores a la implementación de medidas definitivas de reducción de riesgo a desastre en 2013. De acuerdo a datos del MTI, en 2012 y 2013, se gastaron cerca de C$ 4 millones y C$ 8 millones respectivamente, para atender los daños provocados por el evento de desastre.

- La estimación del valor de las pérdidas se estima como el costo generalizado de viaje (CGV, costo de operación vehicular y costo del tiempo de viaje) enfrentado por los usuarios de la vía durante el corte de la vía. El efecto es reducción de la velocidad promedio, que provoca incremento en los CGV. En esa dirección de análisis la tabla 2 muestra los costos de operación o funcionamiento por tipo de vehículo para diferentes velocidades. El Gráfico 1 lo resume.

Tabla 2. Cálculo de costos de funcionamiento por vehículo y velocidad (US$ / miles km)

Velocidad (kph)	Coche / carro	Minibus	Autobus	Camión pequeño	Camión mediano	Camión grande
10	191.84	458.02	418.53	422.96	480.37	497.34
20	149.34	375.07	349.01	346.44	414.43	422.44
30	130.92	315.64	284.92	291.33	377.32	352.78
40	115.55	276.13	246.01	254.74	346.77	305.73
50	108.30	247.01	240.44	238.28	340.10	292.84
60	103.83	232.35	246.28	228.94	338.46	306.79
70	104.67	221.82	258.39	227.86	351.65	323.57
80	102.55	213.91	281.63	240.62	377.61	355.32
90	104.00	213.19	305.44	240.91	392.16	412.44
100	107.52	213.48	336.65	254.67	418.80	427.12
110	110.32	217.39	376.09	-	-	-
120	121.01	224.29	-	-	-	-

Gráfico 1. Velocidad vs COV



- Para la estimación del valor de las pérdidas se supondrá que debido al corte de la vía (congestión), la velocidad promedio es de 20 kph, y que sin dicho evento, la velocidad es de 60 kph. Por lo tanto, el costo o valor de las pérdidas por congestión es la diferencia entre los CGV sin congestión y con congestión. El otro costo requerido para la estimación de los CGV es el costo del tiempo de viaje por vehículo. Para este análisis se empleará el valor de US$ 5.37, obtenido en el Plan Maestro de Infraestructura Vial de Nicaragua, 2015.

- Considerando los TPDA por tipo de vehículos y su tasa de crecimiento estimada, la tabla 3 muestra la proyección de las pérdidas evitadas por el proyecto.

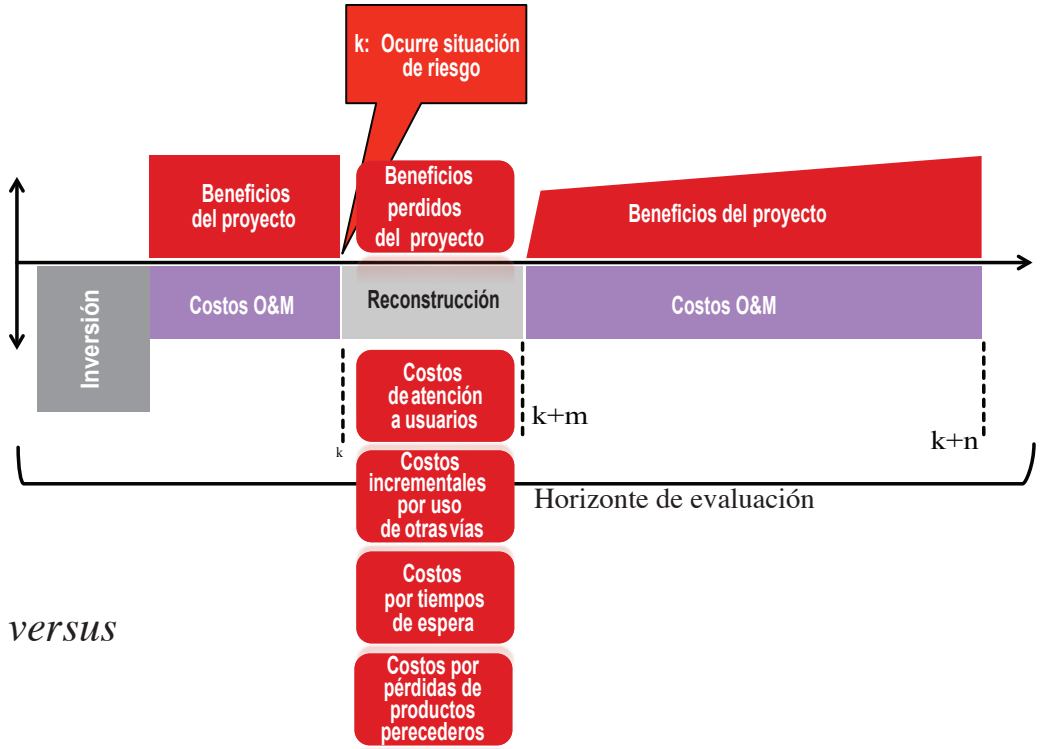
Tabla 3. Pérdida total provocada por el evento de desastre en La Gavilana

Año	Pérdida por tipo de vehículo (*)						Pérdida total
	Coche	Minibus	Autobus	Camión pequeño	Camión mediano	Camión grande	
2013	1,787,208	95,564	345,779	513,327	276,210	566,020	3,584,107
2014	1,882,250	100,646	364,167	540,626	290,899	596,120	3,774,708
2015	1,982,551	106,009	383,573	569,434	306,400	627,886	3,975,853
2016	2,088,109	111,653	403,996	599,753	322,714	661,317	4,187,542
2017	2,199,329	117,600	425,514	631,698	339,903	696,541	4,410,585

(*) Para una longitud de afectación (L) de 15 km y una duración (D) de 25 días

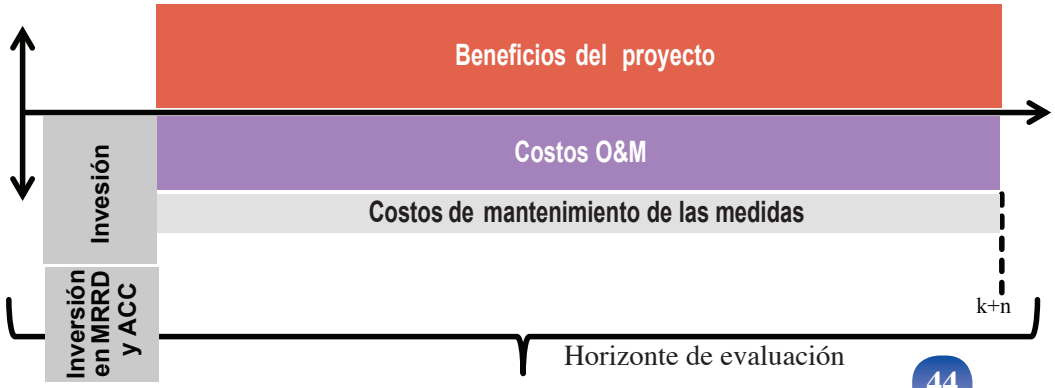
4.3.2 Evaluación de las medidas de RRD y ACC

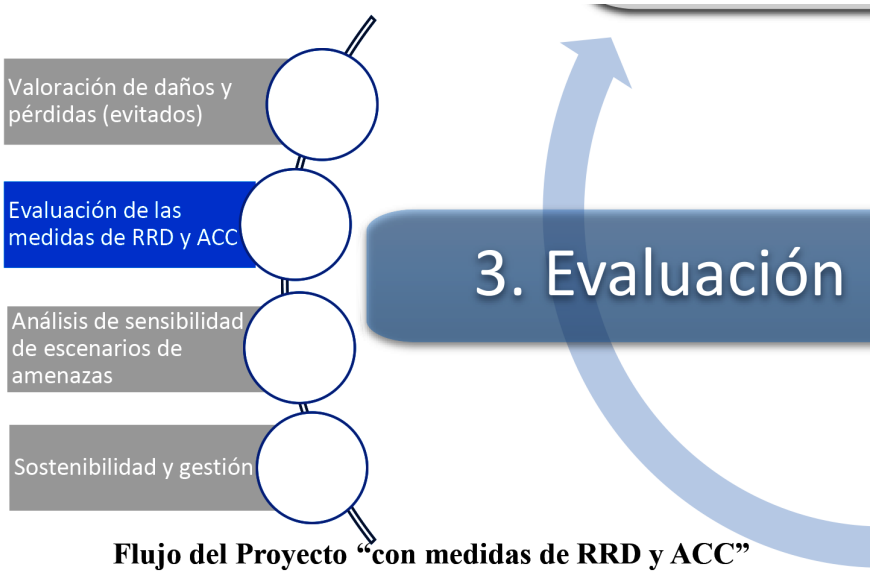
Flujo del Proyecto "sin medidas de RRD y ACC"



versus

Flujo del Proyecto "con medidas de RRD y ACC"





Flujo del Proyecto "con medidas de RRD y ACC"

La evaluación de las medidas de RRD y ACC, consiste en comparar los costos de implementar las medidas con los beneficios, los cuales se corresponden con los costos evitados.

Los valores relevantes para la evaluación de las medidas de RRD y ACC en La Gavilana, son los siguientes:

- Costos de reconstrucción evitados: C$ 8 millones
- Costos por tiempo de espera evitados: ver Tabla 3, página 43
- Costos de inversión en medidas de RRD y ACC: C$ 27.64 millones, Tabla 1, página 39
- Costos de mantenimiento de las medidas: 3% del costo de inversión
- Horizonte de evaluación: 10 años, Tasa social de descuento (TSD): 8%
- Los resultados indican que es conveniente socioeconómicamente implementar las medidas de MRRD y ACC

Flujo incremental o diferencial del Proyecto (sin vs con medidas)

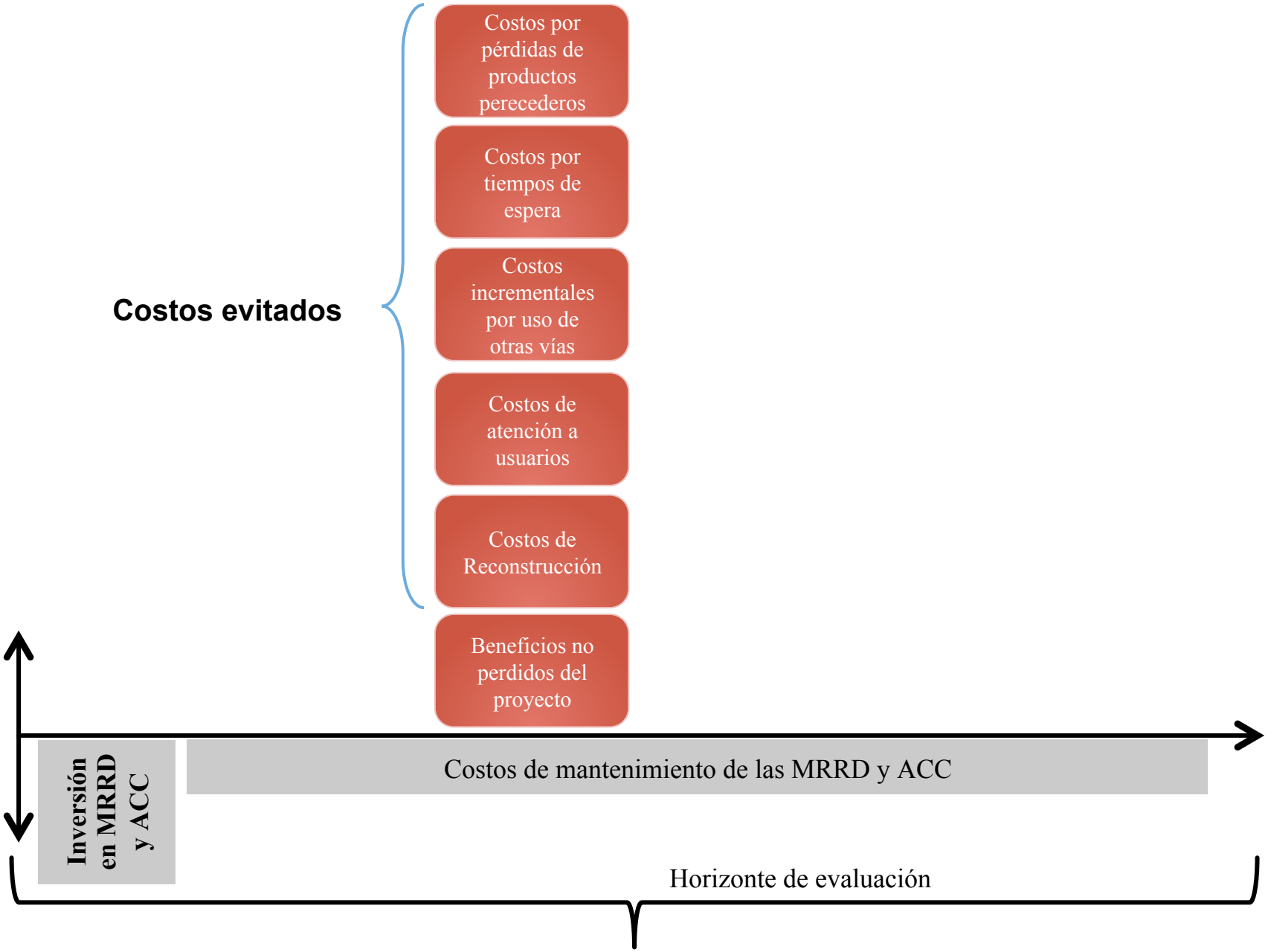


Tabla 4. Flujo neto económico caso Cerro La Gavilana

Año	Inversión MRRD y ACC (1)	Cursos de mantenimiento MMD y ACC (2)	Costo evitado de reconstrucción (3)	Costo evitado de tiempo de espera (4)	Flujo neto económico (5) =4+3-2-1
2013	27.64	0.691	8	3.58	-16.75
2014				3.77	3.77
2015				3.98	3.98
2016				4.10	4.19
2017				4.41	4.41
2018				4.59	4.59
2019				4.79	4.79
2020				5	5
2021				5.2	5.2
2022				5.4	5.4

VAN (millones de C$)	$11.29
TIR	21%

4.3.3 Análisis de sensibilidad de escenarios de amenazas

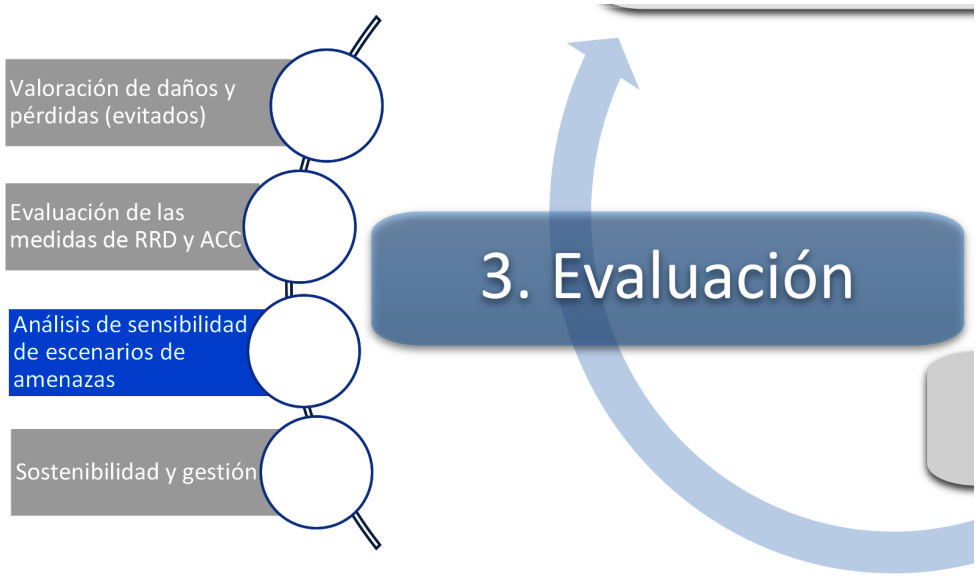
- El análisis de sensibilidad puede realizarse: (i) para el año de ocurrencia del evento (riesgo); y (ii) para la magnitud del daño y pérdidas (los costos del evento)

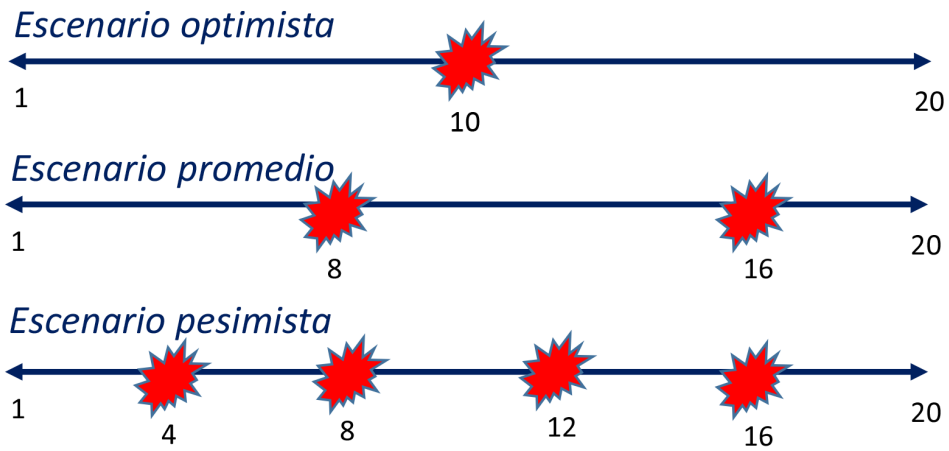
- En el primer caso -el año de ocurrencia del evento- el escenario base sugerido es el obtenido con la información histórica recopilada, es decir, el periodo promedio de recurrencia del evento. Si el resultado es cada 8 años y el horizonte de vida del proyecto post inversión es de 20 años pues se supone un evento en el año ocho y otro en el año 16. A este escenario lo denominamos escenario promedio.

- A partir del escenario promedio pueden derivarse los escenarios optimista y pesimista. El escenario optimista es que el evento ocurre una vez a la mitad del horizonte de vida post inversión, es decir, en el año 10, y un escenario pesimista es que ocurre cuatro veces, es decir, dos veces más que en el escenario promedio. Puede suponerse que en el escenario pesimista el evento ocurre en los año 4, 8, 12 y 16.

- En el escenario optimista la probabilidad de que ocurra el evento en el año 10 es 1; en el escenario promedio la probabilidad de que ocurra en el año 8 es ½, y ½ la probabilidad de que ocurra en el año 16; y de la misma manera, la probabilidad es de ¼ para cada uno de los cuatro eventos en el escenario pesimista.

- Si no se dispone de información para establecer los escenarios de ocurrencia del evento, se recomienda suponer que la probabilidad de que ocurra en cualquier año de la vida post inversión es 1/n. Si n = 20, entonces, la probabilidad es 1/20, siendo la probabilidad total 1.





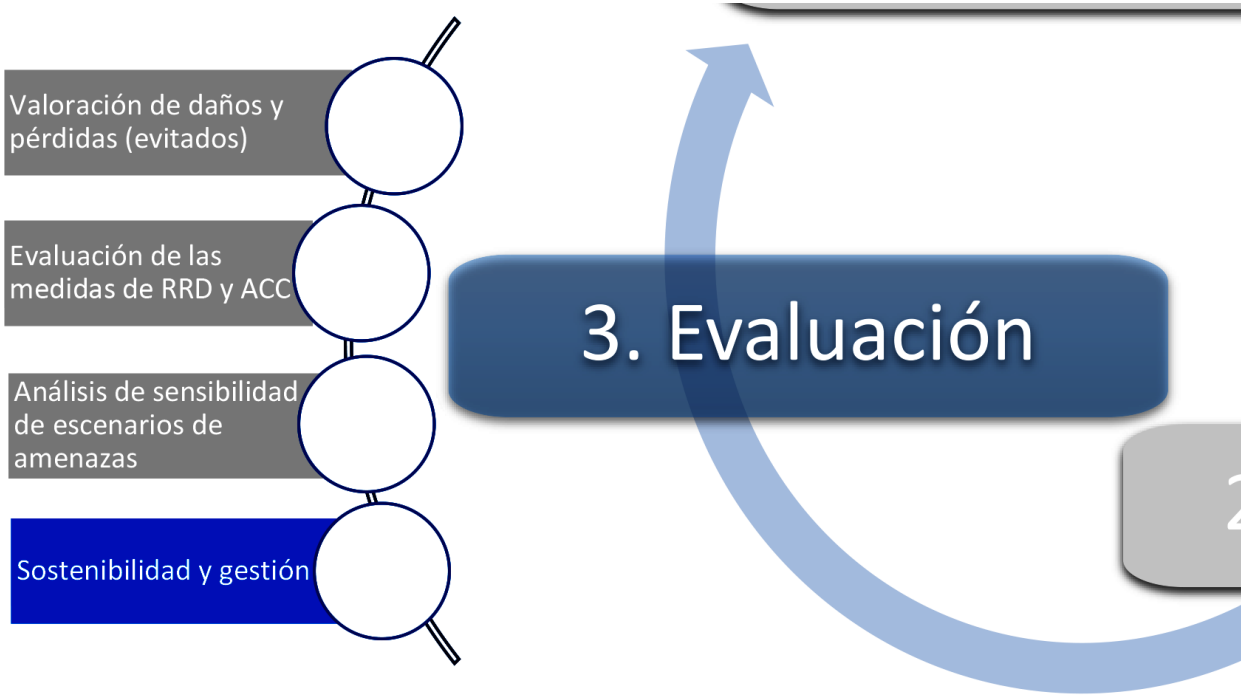
- En el segundo caso, sensibilidad de los daños y pérdidas, se recomienda también crear tres escenarios basados en la información casuística disponible. Pueden configurarse escenarios basados en: (i) el valor de los daños sobre la infraestructura existente; y (ii) el valor de los costos por uso de vías alternativas (suponiendo escenarios para la duración del desvío, mientras se reestablece la circulación).

- Lo importante del análisis de escenarios es tener un conjunto de opciones que informen mejor sobre la conveniencia de las medidas de RRD bajo determinados supuestos, plausibles de ocurrencia.

4.3.4 Sostenibilidad y gestión

- En esta sección deben establecerse los mecanismos previstos para hacer sostenibles las medidas de RRD, tales como, la participación de la comunidad en el mantenimiento de las medidas, o la incorporación de líneas presupuestarias que las financien.

- Asimismo, deben quedar delineados todos aquellos mecanismos de gestión tales como planes de contingencia, planes de atención a usuarios, mecanismos y medios para reestablecer el servicio, de modo de asegurar la resiliencia de la infraestructura frente a la ocurrencia de los riesgos.



Anexos

Anexo 1. Matriz de Identificación de Amenazas

I. SECCION GENERAL

FECHA DEL LEVANTAMIENTO

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO *MUNICIPIO* *COMARCA* *COMUNIDAD*

TIPO DE PROYECTO

NUEVO *REEMPLAZO* *REHABILITACION / MEJORAMIENTO*

NOMBRE DEL TRAMO

COMUNIDAD DE INICIO **ESTACION DE INICIO** **UTM INICIO**

COMUNIDAD DE FIN **ESTACIÓN DE FIN** **UTM FIN**

LONGITUD KM

EPOCA DEL AÑO *INVIERNO* *VERANO*

II. CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE INFLUENCIA

PRESENCIA DE

VOLCAN (ES) INDIQUE

CUERPOS DE AGUA

HUMEDALES

RIOS PERENNES INTERMITENTES

LAGOS

LAGUNAS

AREA PROTEGIDA INDIQUE EL ÁREA

NUCLEO SUPERFICIE KM2

ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

CONDICIONES DEL RECORRIDO DEL TRAMO

INCLINACION O PENDIENTE MEDIA

SINUOSIDAD MEDIA

LADERAS % DEL TRAMO QUE SE DESARROLLA EN LADERA

III. IDENTIFICACION DE AMENAZAS

AMENAZAS

ID#	SITIO			L	TI		CA	AS	ZI				Descripción del daño potencial
	EST	UTM	msnm		TS	IN			H	AI	AF	CR	

Abreviaturas

EST: Estacionamiento
L: Ladera
TS: Tipo de suelo
IN: Inclinación
TI: Talud Inestable
CA: Carcavas
AS: Asentamiento del suelo
ZI: Zona de Inundación
H:Humedal
AI: Area de inundación
AF: Afloramiento de agua
CR: Cruce de agua

Anexo 2.
Evaluación de Vulnerabilidad ante Amenazas

Criterios de selección de un sitio vulnerable

La selección o determinación de un sitio vulnerable ante amenazas, sobre el tramo de camino o carretera, ha de estar basada tanto en el conocimiento de la comunidad, como en algunos criterios técnicos, los cuales son detallados:

Caída de rocas

- Sitio que se encuentre en un corte/terraplén con pendiente natural de cierta altura (entre 15 a 30 m en suelo y para roca entre 30 y 50 m, según formato de caída de roca), o pendiente natural, entre cuarenta y cinco (45) grados o más;
- Sitio en que haya rocas o bloques sueltos sobre superficies inclinadas,
- Sitios donde el suelo o rocas presentan poca resistencia físico-mecánicas,
- Sitios en que las medidas de control existentes son inadecuadas, por lo que es necesario construir obras de mitigación que se adapte a la vulnerabilidad del sitio.

Derrumbe de masa de roca

Sitio en corte con pendiente natural, entre sesenta (60) grados o más, por ejemplo, y con una altura de corte del talud entre (30≤50≤100 o ≥100 m).

Deslizamiento de talud

- Sitios formados por deslizamiento de material con un ángulo entre 11 y 46 ° grados de pendiente natural del terreno,
- Tipos de estructuras geológicas: zona de acontecimiento, zona de alteración volcánica y dirección deslizable y estable,
- Manantiales: presencia de filtración de aguas superficiales.

Flujo de lodo

- Antecedentes de eventos;
- Tipo de Cuenca;
- Pluviosidad;
- Inclinación máxima del talud, erosión hídrica (tipo de drenaje);
- Formación de los diferentes tipos de suelos.

Socavación de cimiento del puente

- Inclinación del lecho del río, entre 1/250 a 1/100,
- Edad del puente, 30 a 50 años o ≥ 50 años,
- Distancia entre estribos y/o pilas, 10 a 20 m,
- Obstrucción del área hidráulica del cauce natural,
- Espacio libre debajo de viga principal, entre 30 a 60 cm,
- Ocurrencia de grandes crecidas debido pluviosidad de la zona.
- Ausencia de obras de protección en pilas, estribos y en lecho del río.

Evaluación de vulnerabilidad
Amenaza: Caída de Rocas

ITEM		FACTOR	TALUD DE CORTE		POTENCIAL	CRITICO
			CLASIFICACION	NOTAS	NOTA DE EVALUACION	NOTA DE EVALUACION
Topografía	Topografia que tiene factor desprendible	G1: Talud producto de memorización de meteorización	Uno corresponde G1	3	3	3
		: Línea de cambio de pendiente	No corresponde G1	0		
		G3: Falda erosionada	Varios corresponden G 2, 3	3		
		Voladizo, talud que concentra agua	Corresponde G 2, 3	2		
		Indicio de flujo de sedimentos	No corresponde G 2, 3	0		
		G4: En la cresta hay saliente	Corresponde a G 4	0		
Suelo, Geología, Estructura	Suelo erosionable	Suelo que fácilmente se erosiona (que pierde resistencia por absorver agua, otros)	Notable	13	0	0
			Algo notable	7		
			No corresponde	0		
		Alta densidad de grietas o capa frágil	Notable	9	9	9
	Roca con textura inconsistente	Rocas blandas fácilmente erosionables	Algo notable	4		
		Calidad de erosionarse rápidamente	No corresponde	0		
	Estructura de desprendimiento	Capa de dirección deslizable (estratificación, línea débil)	No corresponde	9	0	0
		Suelos sobre rocas impermeables (Roca dura en la parte superior y la parte inferior blanda)	Notable	0	0	0
			Algo notable	7	0	0
			No corresponde	4	0	0

Condición de la superficie del suelo	**Condición del suelo superficial, roca desprendida y canto rodado**		Inestable	0	0	0
			Algo inestable	13	13	13
			Estable	7		
	Circunstancia de agua de manantial		hay manantial	0		
			filtración de agua	9	0 0	
			no hay	4	0	0
	Cualidad de la cubierta de suelo		Tierra desnuda -vegetacion	0		
			compuesto	5	3	
			estructura	3		
Forma	**Altura (H) Inclinación (i)**	**Suelo**	H>30 m	1		
			H<=30, i > norma	21	11	
			i <= norma 15	18		
			i <= norma, 15<=H<30	13		
		Roca	H >= 50 m	11		
			30 <=H <50 m	21		
			15< =H < 30 m	16		
			H < 15 m	11		
Deformación	Alteración en talud y pendiente (laminar, pequeña caída de rocas, con diámetros de más de unos centímetros; erosión en cárcavas; socavación: surco de escorrentía de más de unos centímetros; hundimiento cuyo ancho es más de 10 cm; hinchamiento que se observa con más de 10 cm de expansión; torcedura de raíz de árbol caído, provocada por deslizamiento del suelo superficial.		Corresponden varios, algo claro.	5		
			Corresponde. No tan claro.	13	13	
			no hay	9		
	Deformación de talud y pendientes cercanas (caída de rocas, derrumbe, grieta, hinchamiento, otros)		Corresponden varios, algo claro.	0		
			Corresponde. No tan claro.	3	5	
			No hay	0		
Total					57	57

NIC 02	UTM: 1341547 N, 575188 E. KM 4+800	Longitud: 100 m
Nombre	Managua - El Crucero	Margen: Izquierdo

Evaluación de vulnerabilidad
Amenaza: Flujo de Lodo

ITEM	FACTOR	CLASIFICACION	NOTA	POTENCIAL	CRITICO
Pluviosidad	Precipitación	Caída de agua por la condensación del vapor sobre la superficie terrestre.	20		
Característica de la cárcava	Superficie de cuenca dañada por alud de fango. Superficie que tiene má de 15º de inclinació de lecho	Más de 0.50 km^2	15		
		Mas de 0.15 km^2 menos de 0.5 km^2	12		
		Menos de 0.15 km^2	7		
	Inclinación máxima del lecho	Más de 40º	15		
		Más de 30º menos de 40º	8		
		Menos de 30º	0		
Característica de pendiente	Superficie de la pendiente que tiene más de 30º de inclinación	Más de 0.20 km^2	10		
		Más de 0.08 km^2 menos de 0.20 km^2	9		
		Menos de 0.08 km^2	4		
	Superficie ocupada por hierbas y arbustos (menos de 10 m de altura)	Más de 0.20 km^2	10		
		Más de 0.02 km^2 menos de 0.20 km^2	5		
		Menos de 0.02 km^2	0		
	Existencia de obra con suelos inestables	Existe	6		
		No	0		
	Existencia de grietas y pendiente formada por desplazamientos nuevos	Existe	9		
		No	0		
	Historia de derrumbe de dimensión relativamente grande	Existe	15		
		No	0		
Total					

(*) Estas matrices han sido propuestas por el Estudio de Mapeo de Sitios Vulnerables ante el Cambio Climático (MTI, 2014).

Evaluación de vulnerabilidad
Amenaza: Derrumbe de masa de roca

ITEM	FACTOR	CLASIFICACIÓN	NOTA	POTENCIAL	CRITICO
Manifestación de falla	**Dimensión de abertura de grieta**	Grande	23	0	0
		Pequeño	11		
		No existe	0		
	Dirección de grieta continua horizontal	**Hacia la dirección del desplazamiento**	7	0	0
		Hacia la dirección estable	4		
		No existe	0		
	Pequeño derrumbe de caída de rocas	Existe	6	6	6
		No existe	0		
Estado de grietas	**Roca dura**	**Existencia regular, intervalos de más de 1 m.**	9	0	3
		Existencia regular, intervalos de menos de 1 m.	6		
		Irregular	3		
		No existe	0		
	Roca blanda	Existencia regular, intervalos de más de 1 m.	12	0	0
		Existencia regular, intervalos de menos de 1 m.	9		
		Irregular	6		
		No existe	0		
Combinación de masa de roca	Parte superior del talud es dura y parte inferior blanda		4	4	4
	Parte superior del talud es blanda y parte inferior dura		6		
	Todo blanda		2		
	Todo dura		0		
Pendiente	Pendiente inclinada		12	12	12
	Pendiente inestable		4		
	No existe		0		

Topografía	**Inclinación de talud**	Voladizo	3	3	3
		Más de 60o	2		
		Menos de 60o	0		
	Altura de talud	Más de 100 m	8	2	2
		50 - 100 m	6		
		30 - 50 m	3		
		Menos de 30 m	2		
	Forma de pendiente	Forma de cumbre	3	0	0
		Talud meteorizados	2		
		Forma de valle	1		
		Intermedia de cumbre y valle	0		
	Línea de cambio de pendiente	Claro	6	0	0
		Irregular	3		
		No claro	0		
Agua freática, lluvia	Manantial	Existe manantial	3	0	0
		Después de la lluvia sale agua	2		
		No existe	0		
	Sitio donde existe manantial	En grieta vertical	2	0	0
		Entre estratos horizontales	1		
		Casi no se observa	0		
Total				27	30

Evaluación de Vulnerabilidad
Amenaza: Deslizamiento de Talud

ITEM		PUNTO DE OBSERVACION		NOTA	POTENCIAL	CRITICO
Terreno formado por deslizamiento de material		Pendiente formada por deslizamiento de tierra, terreno tipo meseta, terreno de inclinación suave, con forma cóncava y convexa	Claro	46	11	11
			Algo claro	23		
			No claro	11		
Geología	Estructura geológica	Zona de acontecimiento		33		33
		Zona de alteración volcánica, suelo solfataricus		28		
		Capa de dirección deslizable		22		
		Capa de dirección estable		11		
		Estructura de roca intrusiva		5		
		Otros		0		
	Periodo y calidad de roca madre	Estrato paleozóico y mesozóico (esquisto cristalino, roca sedimentaria)		11	0	0
		Estrato terciario (roca sedimentaria)		5		
		Estrato cuaternario (sedimentos no solidificados o roca sedimentaria)		11		
		Otros (roca volcánica, roca ígnea)		0		
	Manantial	Hay (incluye traza)		10	0	0
		Filtración		5		
		No hay		0		
Total					**11**	**44**

Bibliografía

- Metodología de preparación y evaluación de proyectos de infraestructura vial, publicado en 2012 por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua.
- Guía general para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil; publicada por el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, enero 2014.
- Guía actualizada de evaluación económica de la inclusión de la variable riesgo de desastres en la inversión pública y su aplicación en proyectos de desarrollo en Panamá, Honduras y Nicaragua; publicado por CEPREDENAC, 2014.
- Serie de Manuales de recomendaciones técnicas para evaluación de amenazas por erosión, inundación y deslizamientos; publicados por INETER, Nicaragua, 2005.
- Informe sobre Revisión y Validación de obras de infraestructura para reducción de riesgos de desastres; COSUDE, 2013.
- Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte, BID, 2006.
- Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgos, SIECA, 2010.
- A Guide to Road Project Appraisal, DDIF, 2005.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en América Central

CEPREDENAC