

## **CAPÍTULO 1: RESUMEN GENERAL DE LA VULNERABILIDAD A LOS PELIGROS NATURALES DE LA CARRETERA PANAMERICANA Y SUS CORREDORES COMPLEMENTARIOS**

### **1.1 La vulnerabilidad a los peligros naturales en Centroamérica**

Centroamérica es una de las regiones del mundo más vulnerable a los peligros naturales, afectando entre otros aspectos la infraestructura económica de la región y por lo tanto su desarrollo sostenible. Por esta razón ha sido necesario que las unidades de planificación de los Ministerios de Transporte tomen acciones de reducción de vulnerabilidad con el fin de reducir el riesgo a los daños causados por los peligros naturales. Dado que el contexto de este documento está enfocado hacia la reducción de vulnerabilidad del sector transporte vial regional, concretamente la Carretera Panamericana, los términos y metodología que se mencionarán serán exclusivamente referidos a ésta y, en los casos en que exista información, a corredores alternos identificados por los países participantes en el estudio.

Algunos de los peligros naturales más frecuentes en Centroamérica son los sismos, las inundaciones, los deslizamientos y los peligros volcánicos.

#### **Sismos**

Los sismos son causados por una súbita liberación de energía acumulada lentamente por deformaciones a lo largo de una falla en la corteza terrestre. Los sismos representan una amenaza particularmente severa debido a los intervalos irregulares de tiempo entre eventos, imposibilidad de predicciones adecuadas, y los peligros asociados con ellos tales como el sacudimiento del suelo, las fallas en la superficie, los deslizamientos de tierra, la licuefacción de material no consolidado, la depresión de la superficie y los tsunamis u ondas sísmicas.

#### **Inundaciones**

Existen dos tipos de inundaciones: (1) inundaciones terrestres o inundaciones de ríos, a causa de una excesiva descarga debido a fuertes lluvias (2) e inundaciones costeras causadas por el aumento en el nivel del mar, frecuentemente exacerbado por la descarga de tormentas en la parte alta de las cuencas respectivas (OEA/DDRMA, 1993).

#### **Deslizamientos**

Los deslizamientos están asociados con varios tipos de procesos naturales y/o provocados por acciones de la población que dan como resultado el movimiento horizontal o vertical de los materiales que forman las laderas. Los deslizamientos pueden iniciarse por terremotos, erupciones volcánicas, suelos saturados por lluvias intensas, o por el acercamiento de la capa freática a la superficie y por erosión causada por ríos. Los deslizamientos incluyen caídas y flujos de materiales no consolidados.

## **Erupciones Volcánicas**

Los peligros asociados con las erupciones volcánicas incluyen flujos de lava, lluvia de cenizas y proyectiles, flujos de lodo y gases tóxicos. La actividad volcánica también puede dar lugar a otros eventos naturales peligrosos incluyendo tsunamis locales; deformación del terreno; represamiento de ríos excediendo su capacidad y generando inundaciones; y deslizamientos provocados por los tremores.

### **1.1.1 Vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Panamericana**

Con el fin de organizar la información relacionada con la vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Panamericana y sus corredores complementarios, la UDSMA diseñó un formato de presentación de información de tipo matriz la cual fue denominada formato OEA–UDSOT. La información técnica que contiene este formato es la siguiente:

- Número o código de identificación del tramo a nivel nacional
- Origen
- Destino
- Nombre de puente (si es el caso)
- Longitud del tramo en kilómetros
- Información sobre amenazas. Este aspecto contempla cuatro variables: la localización de cada uno de los tramos definidos como vulnerables, la longitud vulnerable, la frecuencia o probabilidad de excedencia del fenómeno y la severidad. Cada uno de los peligros naturales que afectan un país determinado ha sido calificado según las variables mencionadas
- Características de la carretera: tipo de pavimento, tipo de suelo, estado actual de la carretera, tránsito promedio diario anual (TPDA), tipo de carga y volumen de carga
- Historia de desastres del país en general

En el Anexo A se encuentra el formato OEA–USDOT tanto para pavimentos como para puentes, y en el Anexo B, las matrices sobre la vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus corredores complementarios, en los casos en que éstos se hayan incorporado, elaboradas por cada uno de los equipos técnicos nacionales.

El Cuadro 2 presenta el título de los informes de vulnerabilidad y los puntos focales en cada país. Todos los mapas de referencia sobre la ubicación de los tramos descritos tanto de la Carretera Panamericana como de los corredores complementarios se encuentran disponibles en estos informes, los cuales pueden obtenerse a través de los puntos focales.

Para que un estudio de perfil de vulnerabilidad a nivel regional sea útil, independientemente del tipo de peligro natural que se esté estudiando, es necesario tener criterios de descripción estándares que permitan rápidamente visualizar y entender las características de la vulnerabilidad en determinada infraestructura. Por esta razón, además de estructurar el formato OEA-USDOT, la UDSMA se reunió con

los puntos focales y sus equipos técnicos de cada país con el fin de clarificar y unificar criterios con respecto a la información, en especial la frecuencia y la severidad de los fenómenos. Se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos:

- En el caso de sismos, la frecuencia puede ser tenida en cuenta como la probabilidad de excedencia de un evento de cierta severidad por un periodo de tiempo dado. La severidad puede determinarse en función de la zonificación de aceleración esperada, aceleración histórica, intensidad esperada y/o intensidad histórica. En caso de que los datos históricos no se tuvieran disponibles, se utilizaron datos sobre la magnitud del terremoto según la escala de Richter.
- En el caso de inundaciones, la frecuencia ha sido tenida en cuenta como el número de inundaciones que se producen en un periodo determinado de tiempo, y la severidad en función de la extensión, profundidad o duración del evento.
- En el caso de los deslizamientos la frecuencia se ha calificado como el volumen y tipo de material que ha caído en un periodo de tiempo determinado, y la severidad se ha dejado a discreción de las contrapartes por no existir un parámetro estándar.
- En el caso de las erupciones volcánicas la frecuencia se ha calificado como el número de erupciones que afectan la carretera en un periodo de tiempo determinado y la severidad en función de la existencia de lahares y tipo de flujo, flujos piroclásticos y ceniza volcánica.
- En caso de que otras amenazas se hayan incluido, éstas se mencionarán junto con los criterios de evaluación de frecuencia y severidad que hayan sido adoptados.
- Cuando se habla de zona o radio de influencia de un tramo, se refiere a un área adicional al segmento de carretera, tanto en el eje izquierdo como el eje derecho, que se tiene en cuenta en la realización del estudio.
- La identificación de tramos vulnerables a los peligros naturales se realizó con base en mapas nacionales de la red vial como también mapas temáticos nacionales sobre peligros naturales. Dependiendo de su disponibilidad, estos mapas fueron trabajados en papel o en medio digital para lo cual fueron utilizados Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## Cuadro 2. Estudios Nacionales y Puntos Focales de Coordinación

País	Título del estudio	Punto focal
Costa Rica	Estudio de Vulnerabilidad ante Amenazas Naturales de la Carretera Interamericana Sur Sección Buenos Aires – Palmar	Dirección de Planificación, Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT)
El Salvador	Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alterno Carretera del Litoral	Unidad de Planificación Vial, Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Guatemala	Estudio de Vulnerabilidad a Nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana (CA-01)	División Planificación y Estudios, Dirección General de Caminos (DGC)
Honduras	Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras	Unidad de Planeamiento y Evaluación de Gestión, Sistema de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI)
País	Título del estudio	Punto focal

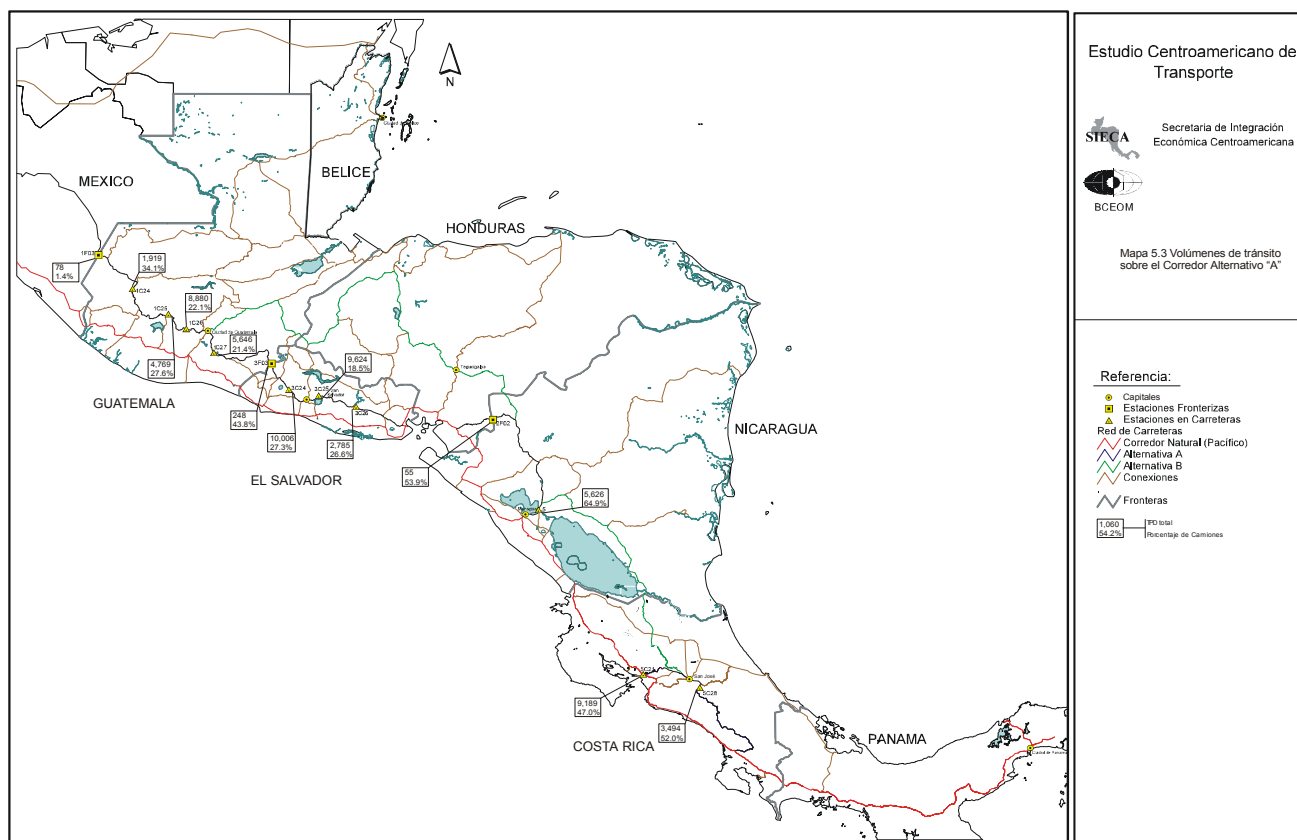
Nicaragua	Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua	Administración Vial y Dirección General de Vialidad, Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)
Panamá	Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana	Dirección Nacional, Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (IGNTG), Ministerio de Obras Públicas

Fuente: UDSMA/OEA basado en informes nacionales.

Dado que algunos informes nacionales proveen la información sobre el presupuesto de las obras propuestas de reducción de vulnerabilidad en moneda nacional, el valor en dólares de EE.UU. de América suministrado en este documento ha sido asignado por la UDSMA con base en los indicadores económicos del mes en el cual se finalizó este documento.

## 1.2 Informes sobre la vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Panamericana en Centroamérica

El siguiente mapa muestra los países participantes en el proyecto OEA-USDOT con sus correspondientes corredores, Corredor Natural o Corredor Pacífico, Alternativa A o Corredor Panamericano, Alternativa B o Corredor Atlántico y conexiones.



Fuente: SIECA y BCEOM, 2001.

Considerando toda la región centroamericana, los cuadros 3 y 4 presentan por país, la longitud de los tramos vulnerables a cada uno de los peligros y su porcentaje

equivalente, y el costo total en (US\$) dólares necesarios para la inversión en obras identificadas de reducción de vulnerabilidad.

### Cuadro 3. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales de la Carretera Panamericana en Centroamérica

País	Longitud de carretera km	Longitud vulnerable (km.)				
		Deslizamientos	Inundaciones	Hundimientos y erosión	Sismos*	Erupciones volcánicas
Costa Rica	647.64	41.75	74.90	No reportado	No reportado	No reportado
El Salvador	307.55	11.40	7.60	No reportado	No reportado	No reportado
Guatemala	462.00	79.00	124.00	141.00	No reportado	No reportado
Honduras	64.90	0.59	0.00	No reportado	0.08	No reportado
Nicaragua	391.34	145.68	100.87	No reportado	355.78	161.87
Panamá	674.90	0.610	0.850	No reportado	391.71	261.12
Total	2548.33	279.03	308.22	141.00	747.57	422.99
Porcentaje	100.00	11	12	5.5	29.34	16.60

Incluye fallas geológicas

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

### Cuadro 4. Costo Total en US\$ Necesarios para las Obras Identificadas de Reducción de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana

País	Costo total US\$
Costa Rica	387.000,00
El Salvador	46.780.053,00
Guatemala	2.711.800,00
Honduras	5.165.285,00
Nicaragua	26.202.260,00
Panamá	No reportado
Total	80.859.398,00

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

La Carretera Panamericana en todos los países ha sido afectada por deslizamientos y en la mayoría de países la misma ha sido afectada por inundaciones a excepción de Honduras. Sin embargo un informe ejecutivo realizado en 1999 por la Dirección General de Conservación de Carreteras y Aeropuertos de SOPTRAVI, reportó daños ocasionados por el Huracán Mitch en la infraestructura de transporte vial de este país.

A pesar de la existencia de inestabilidad de suelos en Centroamérica, solo Guatemala reportó segmentos viales vulnerables de la Carretera Panamericana a hundimientos y erosión.

Teniendo en cuenta la Carretera Panamericana en su totalidad, la mayor cantidad de longitud de tramos de carretera vulnerables reportada fue para sismos, 747.49 km de los cuales 391.71 km y 355.78 km pertenecen a kilómetros de carretera vulnerables de Panamá y Nicaragua respectivamente.

A pesar de la alta sismicidad de la región centroamericana, solo Honduras, Nicaragua y Panamá reportaron tramos vulnerables a sismos en la Carretera Panamericana. Casos como El Salvador en el que recientemente ha existido movimiento sísmico debería considerar el estudio de la cuantificación de kilómetros de tramos de carretera vulnerables a este tipo de peligro.

### **1.2.1 Costa Rica**

La Unidad de Planificación Vial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) coordinó junto con la UDSMA la realización del perfil de vulnerabilidad de la Carretera Panamericana en Costa Rica.

La Carretera Panamericana en Costa Rica, llamada Carretera Interamericana, es la más importante de las rutas del país, dado que lo conecta con Panamá y une a varias poblaciones y zonas productivas de importancia nacional. Otra ruta importante del país es la Carretera Costanera, la cual comunica la ciudad Palmar con la ciudad de Quepos. Sin embargo, la infraestructura vial de esta ruta no está concluida en su totalidad, por lo que el tránsito es restringido y los tiempos de viaje hacia el centro del país se prolongan. De igual forma son de gran importancia los corredores hacia Puerto Limón y hacia Puerto de Puntarenas.

Según los códigos establecidos en la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, la Carretera Interamericana se encuentra dividida en las carreteras nacionales CRN1 y CRN2.

El MOPT realizó un estudio preliminar de vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Interamericana el cual contiene información sobre longitud total y longitud vulnerable a deslizamientos e inundaciones de los tramos de las carreteras nacionales CRN1 y CRN2 (ver cuadros 5 y 6). Con base en este estudio preliminar y en investigaciones anteriores sobre la vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Interamericana, se identificó que el tramo que presenta mayor vulnerabilidad en el país es el tramo Sur, sección Buenos Aires–Palmar Norte, razón por la cual se procedió a realizar un análisis detallado de este tramo que tiene una longitud total de 62 km y un TPDA de 1.368 vehículos, en 1998, y está ubicado entre la entrada a la ciudad de Buenos Aires y la ciudad de Palmar.

El MOPT a través de LANAMME realizó el estudio de vulnerabilidad denominado “Estudio de Vulnerabilidad ante Amenazas Naturales de la Carretera Interamericana Sur, Sección Buenos Aires – Palmar” (ver Cuadro 7). Este estudio permitió determinar las secciones y puntos más críticos del tramo como también los factores más importantes que inciden en su vulnerabilidad.

### **Cuadro 5. Longitud Vulnerable a Peligros Naturales de la**

### Ruta CRN1, San José–Peñas Blancas

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)
San José-Alajuela (Cruce Manolos)	29.49	0.00	0.00
Alajuela-San Ramón (Montserrat)	29.34	0.20	0.00
San Ramón-Barranca	34.87	0.40	1.80
Barranca-Liberia	121.81	4.40	0.80
Liberia-Peñas Blancas	77.31	0.00	0.00
Total	292.83	5.00	2.60

Fuente: Informe MOPT, 2001.

### Cuadro 6. Longitud Vulnerable a Peligros Naturales de la Ruta CRN2, San José – Paso Canoas

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable Inundaciones (km)	Longitud vulnerable deslizamientos (km)
San José-Cartago	29.04	3.30	0.00
Cartago-San Isidro	110.22	0.00	22.60
San Isidro-Paso Real	86.46	13.40	7.18
Paso Real-Paso Canoas	129.08	53.20	9.37
Total	354.81	69.90	39.15

Fuente: Informe MOPT, 2001.

#### 1.2.1.1 Metodología de trabajo utilizada en el “Estudio de Vulnerabilidad ante Amenazas Naturales de la Carretera Interamericana Sur, Sección Buenos Aires–Palmar”

En su estudio, LANAMME presenta un análisis detallado de los distintos tipos de amenazas y de la infraestructura vulnerable. Estos análisis comprendieron una evaluación global de los fenómenos generales que afectan el tramo, evaluación de la capacidad hidráulica de las alcantarillas del tramo, evaluación de la amenaza por deslizamientos y fenómenos asociados (erosión y meteorización aceleradas) y evaluación de los problemas ocasionados por cauces naturales y fenómenos hidrometeorológicos. Con base en estas evaluaciones se realizó un resumen de los puntos y estructuras más críticas del tramo, y en éste se menciona que prácticamente, la mayoría de las estructuras y muchos tramos de la carretera están en alto riesgo por el efecto de alguna amenaza específica, pero los problemas existentes no pueden ser solucionados todos al mismo tiempo, y los recursos deben ser administrados de manera que la relación costo–beneficio sea la óptima.

### Cuadro 7. Información disponible en el Estudio de Vulnerabilidad ante Amenazas Naturales de la Carretera Interamericana Sur

## Sección Buenos Aires – Palmar

- Antecedentes de desastres en la zona y principales amenazas que históricamente han afectado el tramo
- Evaluación general de los fenómenos naturales que afectan el tramo (movimientos de masas de suelo tales como erosión, deslizamientos de tierra y roca, caídas de rocas y flujos de detritos)
- Evaluación de la capacidad hidráulica de las alcantarillas del tramo, evaluación de la amenaza por deslizamientos y fenómenos asociados (erosión y meteorización aceleradas)
- Evaluación de los problemas ocasionados por cauces naturales y fenómenos hidrometeorológicos
- Resumen de los puntos y estructuras más críticas del tramo y obras de reducción de vulnerabilidad a las amenazas mencionadas

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

Como parte de la metodología utilizada, se realizaron levantamientos de campo, estudios de campo y digitalización de mapas.

Para el cómputo de la longitud vulnerable de carretera, se consideraron únicamente los segmentos de este tramo expuestos a movimientos de masas (deslizamiento de tierra, roca, caída de material); las alcantarillas en mal estado o con capacidad hidráulica insuficiente y los puentes con riesgo de socavación no fueron tomados en cuenta dado que involucran zonas muy puntuales de la carretera. Las zonas de socavación de márgenes coinciden con zonas propensas a los deslizamientos, por lo que su inclusión en el cálculo se consideró redundante. Siendo así, se determinó que la longitud de los segmentos del tramo vulnerable a movimientos de masas (deslizamientos, caída de materiales) es de 19 km, representando un 31 % de la longitud total del corredor.

Los peligros naturales identificados en el tramo estudiado fueron:

### *Erosión de márgenes*

En el tramo de estudio se han presentado problemas de inestabilidad y erosión de márgenes, los cuales han sido clasificados como los problemas mas graves.

### *Deslizamientos*

Con relación a los deslizamientos, se han producido varios movimientos en el pasado, y se mantienen activos.

### *Sismos*

Según información recolectada para la zona de interés, la alta sismicidad de la zona no ha estado asociada con daños en la infraestructura del tramo (carretera, alcantarillas y puentes). La zona del Pacífico Sur ha sido identificada por el Código Sísmico de Costa Rica como la de mayor amenaza sísmica del país. En los últimos 20 años se han producido varios eventos sísmicos destructivos con epicentros muy cerca de este tramo, tales como el sismo de Golfito, y el de Buena Vista de Pérez Zeledón, ocurridos ambos en 1983. Sin embargo, el estudio no presenta información sobre la longitud vulnerable a este tipo de peligros naturales.



No existen estudios sobre fallamiento superficial activo en la zona, por lo que el efecto sobre el tramo es desconocido. El segmento estudiado corre sobre terrenos que no presentan ningún potencial de licuación de arenas que pueda afectar la infraestructura.

El principal efecto de los sismos para el tramo estudiado es su capacidad para generar deslizamientos de tierra y fallas de taludes y terraplenes.

### 1.2.1.2 Obras de mitigación

El MOPT no presenta una lista de las obras de reducción de vulnerabilidad a los peligros naturales a lo largo de toda la Carretera Interamericana. Sin embargo, LANAMME generó perfiles de proyectos específicos para disminuir la vulnerabilidad del tramo Buenos Aires–Palmar Norte:

- Estudio para la rehabilitación de las alcantarillas dañadas o de capacidad hidráulica insuficiente
- Estudio para la protección de pilas de puentes propensas a socavación
- Evaluación de factibilidad de medidas de mitigación para algunos deslizamientos en el tramo Buenos Aires – Palmar
- Estudio del problema de socavación de márgenes en el tramo Buenos Aires – Palmar

Con base en los perfiles de proyectos planteados por LANAMME, el costo total aproximado de obras de reducción de vulnerabilidad es US\$ 387.000,00.

### 1.2.2 El Salvador

El estudio realizado por La Unidad de Planificación Vial del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador (MOP) lleva el título “Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alternativo Carretera del Litoral”. Para la elaboración de este estudio cabe resaltar la colaboración en el uso del Sistema de Información Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), así como también la información proporcionada por el Centro de Investigaciones Geotécnicas (CIG).

La Carretera Panamericana en este país está identificada con la nomenclatura CA-1, y el Corredor Alternativo Carretera Litoral se conoce como CA-2.

El estudio describe y cuantifica la longitud de los tramos de la Carretera Panamericana a los diferentes peligros naturales. Se describe también el grado de vulnerabilidad de los puentes ubicados a lo largo de la CA-1 Y la CA-2 (Ver Cuadro 8).

#### **Cuadro 8. Información Disponible en el Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alternativo (Carretera del Litoral)**

Información relacionada con pavimentos

- Tramos
- Subtramos
- Longitud

- Inundaciones críticas (número de sitios, estacionamientos, kilómetros vulnerables)
- Deslizamientos críticos (número de sitios, estacionamientos, kilómetros vulnerables)
- Sismos (número de sitios que han sido afectados por este tipo de amenaza)
- Fallas tectónicas (número de sitios que han sido afectados por este tipo de amenaza)
- Tipo de carretera
- Tipo de suelo
- Zonas de vida
- Area protegida y corredor biológico
- Lagos y lagunas
- Contaminación ambiental
- Tipo de pavimento
- Situación actual de la carretera
- Tránsito promedio diario anual
- Vehículos pesados
- Tipo de carga
- Volumen de carga
- Importancia estratégica
- Zona sísmica
- Notas Pre-Post Mitch

Información relacionada con los puentes de la CA-1 y la CA-2

- Tramo
- Subtramo
- Estacionamiento
- Inundaciones (define si es potencial o de gran riesgo)
- Deslizamientos (define si es potencial o de gran riesgo)
- Tipo de puente
- Tránsito promedio diario
- Vehículos pesados
- Tipo de carga
- Volumen de carga
- Importancia estratégica
- Notas pre-post Mitch

Mapas:

- Zonas de enjambres sísmicos
- División geopolítica de El Salvador
- Carretera Panamericana y su corredor alternativo Carretera del Litoral
- Carretera Panamericana y su Area de Influencia
- Carretera del Litoral y su Area de Influencia
- Amenazas naturales / tramo occidental, Carretera Panamericana
- Amenazas naturales / tramo central, Carretera Panamericana
- Amenazas naturales / tramo oriental, Carretera Panamericana
- Amenazas naturales / tramo occidental, Carretera del Litoral
- Amenazas naturales / tramo central, Carretera del Litoral
- Amenazas naturales / Tramo oriental, Carretera del Litoral
- Enjambres sísmicos, Carretera Panamericana y su área de influencia

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

El perfil de vulnerabilidad describe la metodología utilizada para determinar los tramos vulnerables a los peligros naturales de los dos corredores. Adicionalmente contiene información sobre el paisaje natural del país, su posición astronómica, como también aspectos relacionados con la situación del transporte terrestre nacional. De igual forma, explica detalles sobre el área de estudio y su localización. Provee información sobre el tipo de peligros naturales que frecuentemente afectan a los corredores CA-1 y CA-2 e identifica los tramos y puntos críticos cuantificándolos según su vulnerabilidad. También se incluyen medidas de reducción de vulnerabilidad y los costos asociados.

El estudio contiene matrices con información sobre la vulnerabilidad de los corredores CA-1 y CA-2 y puentes localizados a lo largo de cada uno de estos dos corredores. Estas matrices fueron elaboradas con base en el formato OEA-USDOT, explicado anteriormente y contienen información adicional.

El desarrollo económico de El Salvador está íntimamente relacionado con el sistema de transporte. Según el estudio realizado por este país, existen excelentes relaciones comerciales y sociales con otros países, por medio de interconexiones terrestres, las cuales contribuyen a incrementar el comercio exterior.

### **1.2.2.1 Metodología de trabajo y tramos vulnerables a los peligros naturales**

Para llevar a cabo el estudio de perfil de vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su corredor alternativo, Carretera del Litoral, cada uno de estos corredores se dividió en tres tramos: occidental, central y oriental. Se consideró el área de estudio como el corredor vial más 5 km a cada lado de la carretera.

La información básica utilizada consistió en el mapa de la red vial, mapa de enjambres sísmicos, mapas de la delimitación de zonas sísmicas, mapas de fallas geológicas, mapas de inundaciones y deslizamientos de tierra, mapas de daños por el Huracán Mitch, daños de terremotos, gráficas de principales terremotos generados en San Salvador e información de campo.

Después de analizar la información básica, se realizaron visitas de campo, en donde se recorrieron los corredores en estudio, con el fin de verificar y observar el área vulnerable a los peligros naturales y el estado de la infraestructura de puentes y pavimentos. Con el apoyo de Sistemas de Posición Global (GPS) se tomaron datos de las coordenadas en los puntos de las carreteras que el equipo técnico estimó conveniente.

El estudio realizado por este país contiene en sus anexos descripción del reconocimiento de campo. Con la información de campo se procedió a la identificación y descripción cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad de las carreteras en estudio con el fin de proponer el listado de obras de mitigación.

#### *Longitud vulnerable a los peligros naturales de la Carretera Panamericana CA-1*

La Carretera Panamericana en El Salvador mide aproximadamente 307 kilómetros, desde la frontera de San Cristóbal, en la Zona Occidental, Departamento de Santa Ana, hasta la frontera del Amatillo, en la Zona Oriental, Departamento de La Unión, (ver Cuadro 9).

#### *Longitud vulnerable a los peligros naturales de la CA-2*

El cuadro 10 presenta la vulnerabilidad en el corredor alternativo CA-2, Carretera del Litoral, ubicado en la Zona Occidental y mide aproximadamente 386 km. Este corredor va desde la frontera La Hachadura en el sur del Departamento de Ahuachapán, hasta la frontera del Amatillo, en la Zona Oriental, Departamento de La Unión.

### **Cuadro 9. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales de la CA-1**

<b>Tramo</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a inundaciones (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a deslizamientos (km)</b>
OCCIDENTAL Frontera San Cristobal-Santa Ana	34.60	3.70	1.00
Santa Ana-Ciudad Arce	20.50	0.00	0.00
CENTRAL Ciudad Arce-Santa Tecla	27.40	1.00	2.00
Santa Tecla-San Martin	31.15	0.00	0.00
San Martin-Cojutepeque	23.00	0.00	0.00
Cojutepeque-San Felipe	32.00	0.00	3.00
San Felipe-Puente Cuscatlán	17.50	1.00	1.00
ORIENTAL Puente Cuscatlán-Desv. Stgo María	20.00	0.50	2.00
Desv. Stgo María-San Miguel	27.50	0.00	0.00
San Miguel-Cantón Sirama	39.70	1.40	1.40
Sirama-El Amatillo	34.20	0.00	1.00
<b>Total</b>	<b>307.55</b>	<b>7.60</b>	<b>11.40</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>100.00</b>	<b>2.47</b>	<b>3.71</b>

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alternativo Carretera del Litoral, 2000.

### Cuadro 10. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales de la CA-2

<b>Tramo</b>	<b>Longitud tramo (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a inundaciones (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a deslizamientos (km)</b>
OCCIDENTAL Frontera la Acahdura-Intersección Carretera Puerto de Acajutla	45.00	4.30	0.00
Intersección Carretera Puerto de Acajutla-Intesección Carretera Sonsonate La Libertad	3.00	0.00	0.00
Intesección Carretera Sonsonate La Libertad-Límite Sonsonate La Libertad	22.00	8.00	0.00
<b>Tramo</b>	<b>Longitud tramo (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a inundaciones (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a deslizamientos (km)</b>

<b>CENTRAL</b> Límite Sonsonate La Libertad- Intersección Carretera La Libertad San Salvador	56.80	0.00	2.60
Intersección Carretera La Libertad San Salvador-Intersección Carretera La Libertad a la Autopista Aeropuerto Internacional El Salvador	28.70	0.00	0.00
Intersección Carretera La Libertad a la Autopista Aeropuerto Internacional El Salvador-Puente San Marcos Lempa (Puente de Oro)	47.10	0.30	0.00
<b>ORIENTAL</b> Puente San Marcos Lempa (Puente de Oro)-Intersección El Delirio San Miguel	112.30	5.20	0.00
Intersección El Delirio San Miguel- Intersección San Miguel Carretera Ruta Militar	19.70	3.00	0.00
Intersección San Miguel Carretera Ruta Militar-Intersección Ruta Militar Carretera Panamericana	51.90	0.00	0.00
Total	386.50	20.80	2.60
Porcentaje	100.00	5.38	0.70

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alternativo Carretera del Litoral, 2000.

### 1.2.2.2 Peligros naturales en la Carretera Panamericana CA-1 y su corredor alternativo la Carretera del Litoral CA-2

Por ser las inundaciones y los deslizamientos los peligros naturales que más afectan a la CA-1 y CA-2, se realizó un análisis detallado de los tramos vulnerables a este tipo de amenazas, cuantificando los kilómetros afectados. Por lo tanto el informe describe en detalle los puntos críticos o vulnerables de cada uno de los tramos en los que la CA-1 y la CA-2 fueron divididas para el propósito del estudio.

#### *Peligros naturales en la CA-1*

*Inundaciones y deslizamientos en la CA-1:* Los tres tramos en los cuales fue dividida la CA-1, tramos occidental, central y oriental, han sido afectados por estos dos tipos de amenazas. El total de kilómetros vulnerables a las inundaciones es 7.6 km y el total de kilómetros vulnerables a los deslizamientos es 11.4 km.

*Sismicidad e influencia tectónica:* El estudio cubre el periodo 1576-1999. Expone también la causa de la frecuencia sísmica y erupciones volcánicas que han afectado a El Salvador<sup>4</sup>, las fallas tectónicas y los movimientos observados. El

<sup>4</sup> Es de anotar que en el año 2001, un movimiento sísmico ocurrido a las 11:35 am, hora local, del 13 de enero, de magnitud 7.6 en la escala de Richter y una profundidad de 60 km, ocurrió en las costas salvadoreñas, a 65 millas del suroccidente de San Miguel. Usulután sufrió los mayores daños, sin embargo todos los 14 departamentos de El Salvador fueron afectados en particular San Miguel, La Paz, Sonsonate, y la Libertad. COEN también reportó que se produjeron 496 deslizamientos que produjeron el bloqueo de las vías y la destrucción de algunas casas particularmente en Santa Tecla y que debido a la existencia de pendientes de alto riesgo a deslizamientos podían causarse daños posteriores, en la época

documento describe cualitativamente la influencia tectónica en cada uno de los tres tramos de la carretera (occidental, central y oriental) y se reporta lo siguiente:

- El tramo occidental está afectado directamente por dos fallas e indirectamente por otras dos fallas. Sin embargo, se ha observado que la actividad sísmica es baja y por lo tanto se determinó que la vulnerabilidad a influencia tectónica en este tramo es media a baja.
- El tramo central se encuentra en un área de gran actividad sísmica y además se encontró la evidencia de fallas geológicas. Por lo tanto, se determinó que este tramo presenta una vulnerabilidad alta de influencia tectónica.
- El tramo oriental está afectado por dos fallas que convergen en la ciudad de San Miguel y una falla menor al sur de la vía. Sin embargo, se ha observado pocos eventos sísmicos y por lo tanto se determinó el tramo entre baja y media vulnerabilidad.

*Vulcanismo:* Se describen las capas de suelo de la ciudad de San Salvador de origen volcánico (depósitos de ceniza y flujo piroclástico).

### *Peligros naturales en la CA-2*

*Inundaciones y deslizamientos:* Los tres tramos han sido afectados por estos dos tipos de amenazas.

*Sismicidad, erupciones volcánicas y datos históricos sobre depósitos de ceniza:* El informe describe un escenario sísmico histórico, especialmente en la zona oriental, en donde se asientan ciudades en la zona litoral.

### **1.2.2.3 Obras de mitigación**

Después de realizar el análisis de vulnerabilidad a los peligros naturales que afectan tanto la Carretera Panamericana como la Carretera del Litoral, se identificaron obras de mitigación para cada uno de los tramos estudiados (cuadros 11 y 12).

**Cuadro 11. Medidas de Mitigación y Costos Asociados CA-1**

Tramo	Amenaza	Tipo de Obra	Cantidad	Costo Unitario Colones (₡)	Costo total Colones (₡)
Occidental	Hundimiento	Restitución de carpeta asfáltica	1.5 m <sup>3</sup>	3.520,00	5.280,00
Occidental	Deslizamiento	Recubrimiento con malla y gramíneas	5.000 m <sup>2</sup>	50,00	250.000,00
Tramo	Amenaza	Tipo de Obra	Cantidad	Costo Unitario Colones (₡)	Costo total Colones (₡)
Occidental	Inundaciones	Gaviones de piedra canto rodado	200 m <sup>3</sup>	1.000,00	200.000,00
Occidental	Inundaciones	Acequias de laderas	3.000 m	60,00	180.000,00
Occidental	Inundaciones	Muros secos	300 m <sup>3</sup>	600,00	180.000,00
Occidental	Inundaciones	Capacitación ambiental	10 capacitaciones	20.000,00	200.000,00

de lluvias de la región. De acuerdo con COEN, el total de pérdidas se estimó US \$ 1 billón. El 13 de febrero se presentó otro sismo con magnitud 6.6 en la escala de Richter, produciendo entre otros detalles negativos, el cierre de la Carretera Panamericana que se dirige hacia Guatemala.

Occidental	Caída de árboles	Tala de árboles	4	500,00	2.000,00
Central	Deslizamiento	Revestimiento de taludes con malla y gramíneas	No reportado	No reportado	1.650.000,00
Central	Inundación	Reforestación	7.4 ha	38.000,00	380.000,00
Central	Inundación	Gaviones de piedra canto rodado	310 m <sup>3</sup>	1.000,00	310.000,00
Central	Inundación	Muros secos	100 m <sup>3</sup>	600,00	60.000,00
Central	Inundación	Acequias de laderas	2.500 m	60,00	150.000,00
Central	Inundación	Capacitación ambiental	5 capacitaciones	20.000,00	100.000,00
Central	Destrucción de puente quebrada seca	Construcción de puente	50 m	700.000,00	35.000.000,00
Oriental	Inundación	Reforestación	2.9 ha	38.000,00	152.000,00
	Inundación	Gaviones de piedra canto rodado	100 m <sup>3</sup>	1.000,00	100.000,00
Oriental	Inundación	Muros secos	200 m <sup>3</sup>	600,00	120.000,00
Oriental	Inundación	Capacitación ambiental	5 capacitaciones	20.000,00	100.000,00
Oriental	Deslizamiento	Revestimiento de taludes con malla y gramíneas	8.400 m <sup>2</sup>	50,00	420.000,00
Oriental	Deslizamiento	Cambio de alineamiento carretera en sitio laguna de Aramuaca	4 km	5.000.000,00	20.000.000,00
Oriental	Deterioro del Puente El Amatillo	Construcción de Puente	170 m	2.058.824,00	350.000.080,00
Total en colones (₡)					409.559.360,00
Total en US\$					46.808.784,00

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alternativo Carretera del Litoral, 2000

### Cuadro 12. Medidas de Mitigación y Costos Asociados CA-2

Tramo	Amenaza Natural	Tipo de Obra	Cantidad	Costo Unitario colones (₡)	Costo Total colones (₡)
Occidental	Deslizamiento y/o Derrumbes	Revestimiento con malla y gramíneas	500 m <sup>2</sup>	50,00	25.000,00
Occidental	Inundación	Reforestación	8.6 ha	38.000,00	450.000,00
Occidental	Inundación	Gaviones de piedra canto rodado	500 m <sup>3</sup>	1.000,00	500.000,00
Occidental	Inundación	Muros secos	1.000 m <sup>3</sup>	600,00	600.000,00
Occidental	Inundación	Capacitación ambiental	10 capacitaciones	20.000,00	200.000,00
Occidental	Puente en malas condiciones	Reconstrucción y ampliación de puente Cara Sucia	27.5 m	500.000,00	13.750.000,00
Tramo	Amenaza Natural	Tipo de Obra	Cantidad	Costo Unitario colones (₡)	Costo Total colones (₡)
Central	Deslizamiento	Revestimiento de taludes con malla y gramínea	13.500 m <sup>2</sup>	50,00	675.000,00
Central	Derrumbes y falta de iluminación en 4	Revestimiento de paredes y	1.091 m	3.000,00	3.273.000,00

	túneles (# 1, 2, 3, 5)	iluminación			
Oriental	Inundación	Reforestación	3.6 ha	38.000.000,00	190.000,00
	Inundación	Gaviones de piedra canto rodado	1.000 m <sup>3</sup>	1.000,00	1.000.000,00
	Inundación	Muros secos	2.000 m <sup>3</sup>	600,00	1.200.000,00
	Inundación	Capacitación ambiental	5 capacitaciones	20.000,00	100.000,00
Total en Colones (¢)					21.938.000,00
Total en US\$					2.505.768,00

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y su Corredor Alterno Carretera del Litoral, 2000

### 1.2.3 Guatemala

El Departamento de Gestión Ambiental de la Dirección General de Caminos (DGC-DGA), el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN), del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MCyV) de Guatemala coordinaron a nivel nacional el estudio de vulnerabilidad de la Carretera Panamericana, el cual fue denominado “Estudio de Vulnerabilidad a Nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana (CA-01)”.

El objetivo general del informe fue identificar y evaluar la vulnerabilidad de la Carretera Panamericana (CA-01) y los corredores viales (Corredor Intertronal de Occidente (CITO, CA-09 Sur y la Ruta Nacional 16), los cuales unen la CA-01 con su ruta paralela, denominada CA-02, para tomar medidas estructurales y no estructurales encaminadas a la reducción de vulnerabilidad a peligros naturales. Como objetivos específicos se encuentran los siguientes:

- Definir la longitud de los tramos vulnerables a peligros naturales
- Compilar información existente en instituciones públicas y privadas, sobre la vulnerabilidad de la Ruta Panamericana y los corredores mencionados anteriormente
- Compatibilizar y analizar información relacionada con la reducción de vulnerabilidad proveniente de otras instituciones
- Proponer perfiles de proyectos que tiendan a disminuir el riesgo en caso de eventos naturales de índole hidrometeorológico y sísmico

#### **Cuadro 13. Información Disponible en el Estudio de Vulnerabilidad a Nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana (CA-01)**

<p>Información relacionada con pavimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localización de la Carretera Panamericana en Guatemala y conceptos sobre peligros naturales y vulnerabilidad utilizados</li> <li>• Metodología de trabajo para la elaboración del estudio de vulnerabilidad de la CA-01 y corredores principales, incluyendo los parámetros que fueron utilizados para calificar la vulnerabilidad</li> <li>• Matriz detallada y consolidada sobre la vulnerabilidad a las amenazas naturales de los tramos estudiados. Las amenazas naturales que se tuvieron en cuenta fueron sismos, inundaciones, deslizamientos y hundimientos</li> <li>• Descripción de los tramos en los cuales fue dividida la CA-01 para propósitos del estudio</li> <li>• Hidrología y pérdida de suelo en la CA-01</li> <li>• Antecedentes sobre las amenazas naturales que han afectado cada uno de los tramos en los cuales fue dividida la CA-01 para propósitos del estudio</li> <li>• Descripción de los corredores complementarios: Corredor Intertronal de Occidente (CITO), CA-09 sur y la Ruta Nacional 16</li> </ul>
--



- Transporte promedio diario anual en la CA-01
  - Reseña histórica sobre eventos tales como terremotos, inundaciones y deslizamientos.
  - Obras de reducción de vulnerabilidad con costos asociados
  - Datos de campo e historia de tránsito.
- Mapas:
- Isoyetas anuales
  - Curvas de Isovalores de días de lluvia totales anuales
  - Zona de Fallas Principales de la República de Guatemala
  - Tramo La Mesilla – La Democracia
  - Geología de los tramos La Democracia – San Pedro Necta y La Mesilla – San Sebastián
  - Sismicidad en Guatemala
  - Localización de epicentros de sismos  $\geq 4.5$  y  $\leq 5.5$  en escala de Richter en Guatemala
  - Mapas de Guatemala sobre la aceleración pico del terreno esperada en  $m/s^2$  para una excedencia de probabilidad anual de 0.02, correspondiente a un período de retorno de 50 años y la aceleración pico del terreno esperada en  $m/s^2$  para una excedencia de probabilidad anual de 0.02, correspondiente a un período de retorno de 100 años.
  - Deslizamientos de masa en la zona de influencia de la CA-01

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

### 1.2.3.1 Metodología de trabajo y tramos vulnerables a los peligros naturales

La Carretera Panamericana en Guatemala cruza principalmente la cadena volcánica del país, las tierras altas cristalinas y un área de las tierras altas sedimentarias. Esta carretera cruza prácticamente todo el país de sureste a noroeste, interconectando a El Salvador en San Cristóbal Frontera y a México en La Mesilla.

Los conceptos de amenaza natural y vulnerabilidad utilizados por el equipo técnico fueron los siguientes:

*Amenaza natural*, Posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural que puede causar pérdidas debido a su impacto en una población o estructura durante un lapso de tiempo y en un lugar específico. Por ejemplo, la posibilidad de que se inunde un cierto número de veces durante las próximas décadas un terreno a la orilla de un río o quebrada, se verá aumentada si se talan bosques de la cuenca de ese río o quebrada.

*Vulnerabilidad*, Resistencia que ofrece una obra o proyecto en particular a la acción de una amenaza. La vulnerabilidad mide la capacidad o no de respuesta de un proyecto, área o factor específico ante una amenaza. Se indica lo frágil o no que puede ser el proyecto o infraestructura. Por ejemplo, es posible disminuir la vulnerabilidad a la amenaza de inundación construyendo espigones en un río; puede reducirse la vulnerabilidad a la amenaza sísmica reforzando las estructuras de puentes y estabilizando taludes con las técnicas adecuadas de segmentación y relación de pendiente.

Según el estudio de Guatemala, este concepto de vulnerabilidad complementa el concepto de evaluación de vulnerabilidad utilizado por la UDSMA y explicado anteriormente ya que si un proyecto u obra de infraestructura, como lo son las carreteras, ofrece poca resistencia a los peligros naturales como deslizamientos de masa, sismos, inundaciones, etc., las pérdidas o daños esperados serán mayores.

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de la CA-01 y corredores de conexión con la CA-02 se siguieron los siguientes pasos:

- Investigación en instituciones privadas y públicas sobre información relacionada con el análisis de vulnerabilidad de las zonas o áreas que cruza la CA-01 a lo largo de Guatemala con el fin de hacer una síntesis preliminar de la identificación de los tramos más vulnerables. La compilación de datos incluyó estudios de impacto ambiental de carreteras, datos climáticos, estudios de vulnerabilidad y riesgo a nivel departamental y municipal, datos de sismicidad y reglamentación en el país, registros de deslizamientos de masas rocosas y suelos, etc., así como los diversos mapas temáticos que puedan estar relacionados con los anteriores ítems. Entre estas instituciones y consultores privados están INSIVUMEH; IGN; el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Asesoría Manuel Basterrechea y Asociados, S.A; Geología Ambiental y Económica, S.A; Instituto de Fomento Municipal, Dirección General de Caminos, y Sotecni, SpA.
- Se procedió a realizar un reconocimiento de campo en toda la ruta y los principales corredores viales alternos con el objeto de definir la categorización de la vulnerabilidad en los diferentes segmentos de los tramos de carretera, e identificar las zonas o tramos críticos.
- Se realizó una investigación sobre los peligros naturales que afectan a la Carretera Panamericana y los corredores principales que la conectan con la CA-02, teniendo en cuenta factores como localización de tramos vulnerables, longitud de tramos, longitud vulnerable, frecuencia y severidad de las amenazas en la ruta Panamericana CA-01.
- El estudio incluyó tanto los datos de campo como los compilados en las diferentes instituciones, resumidos en una matriz que se organizó para cada segmento de la CA-01 de acuerdo con las amenazas naturales identificadas (ver Cuadro13). Para cada uno de estos fenómenos se abordó la localización, longitud vulnerable del tramo de carretera, magnitud o severidad del evento y la frecuencia del mismo. Además de estos datos el informe contiene las imágenes y los mapas explicativos que permiten entender y visualizar la magnitud de los eventos y su efecto en la ruta estudiada.
- Se elaboraron las conclusiones generales y específicas con el fin de determinar las obras de reducción de vulnerabilidad a los peligros naturales de la CA-01 y sus costos.
- Finalmente el grupo de trabajo de Guatemala elaboró un vídeo sobre el segmento mas crítico de la ruta CA-01 en el cual se muestran las zonas más vulnerables.

Con el fin de calificar el grado de vulnerabilidad a los peligros naturales, el grupo técnico de trabajo tomó como base los parámetros establecidos en una investigación realizada por la empresa Asesoría Manuel Basterrechea y Asociados, S.A., en relación con desastres naturales en Guatemala. Para la elaboración del estudio de vulnerabilidad, se realizó un análisis del riesgo físico a nivel de municipios, generándose un mapa de rangos de vulnerabilidad física. Este mapa se encuentra disponible el estudio de Guatemala. Con el fin de obtener la recurrencia de los fenómenos naturales en el mapa, se contó con datos de 1530 a 1999 sobre los eventos

ocurridos, su causa e impactos físicos inmediatos. Adicionalmente se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Los eventos cuantificados, sin incluir el Huracán Mitch, se dividieron en tres grupos dependiendo de su origen: geodinámicos, hidrometeorológicos y geofísicos. Para los fenómenos geodinámicos, se sumaron tres tipos de fenómenos que participan en este grupo: erupciones volcánicas, terremotos y sismos. Los fenómenos hidrometeorológicos se refieren a corrientadas, desbordamientos, ventarrones, tormentas eléctricas, lluvias fuertes, huracanes, inundaciones, heladas, granizadas, marejadas y sequías. Los fenómenos geofísicos se refieren a derrumbes, deslaves, grietas, hundimientos e incendios.
- Para el análisis de vulnerabilidad por municipio también se tuvo en cuenta la densidad de población, ya que las zonas mas pobladas presentan una mayor vulnerabilidad ante eventos naturales, considerándose una densidad alta para aquellos municipios con más de 300 habitante por km<sup>2</sup>.
- Otro parámetro tomado en cuenta para calificar la vulnerabilidad fue el ingreso municipal por habitante, con el fin de considerar la capacidad administrativa desde el punto de vista económico para atender las posibles consecuencias de eventuales desastres. De esta manera las zonas de vulnerabilidad se establecieron combinando las variables productivas, densidad de población y recurrencia histórica de los fenómenos físicos que han afectado a la población.

Los parámetros anteriores se asociaron a un nivel de vulnerabilidad que fue utilizado como criterio para calificar la severidad de la amenaza natural (ver Cuadro 14).

**Cuadro 14. Parámetros y Niveles de Vulnerabilidad**

Nivel de vulnerabilidad / severidad	Descripción
Extrema	a. Cuando los 4 parámetros coinciden en una localidad (recurrencia alta de los fenómenos, densidad alta, ingreso municipal por habitante bajo y producción agrícola alta). b. Cuando tres o más fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen tres variables coincidentes.
Alta	a. Cuando uno o dos fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen tres variables coincidentes. b. Cuando dos o mas fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen dos variables coincidentes.
Nivel de vulnerabilidad / severidad	Descripción
Media	a. Cuando dos variables coinciden en una localidad. b. Cuando tres o mas fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen una variable.
Baja	a. Cuando uno o dos fenómenos se han producido en la misma localidad. b. Cuando la recurrencia del fenómeno es baja y tiene una variable.

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad a Nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana (CA-01), 2000.

Utilizando estos conceptos y los mapas de peligros naturales estudiados (sismos, inundaciones, deslizamientos, hundimientos), se superpusieron estas capas para identificar los tramos vulnerables de carretera en análisis, determinando la longitud total de cada tramo, la longitud vulnerable a los peligros naturales (ver Cuadro 13), y su severidad, como también datos sobre número de puentes vulnerables en cada tramo, tipo y situación actual del pavimento, transporte promedio diario anual (TPDA) y especificaciones sobre vehículos pesados. El informe nacional contiene estos datos tabulados en un resumen sobre el estudio de vulnerabilidad a nivel de conocimiento de la Carretera Panamericana.

Las descripciones en el informe sobre cada uno de los tramos en estudio contienen datos sobre condiciones pluviométricas, geología y geomorfología, hidrología, pérdida de suelo, antecedentes sobre fenómenos naturales que representan una amenaza, datos tabulados especificando el fenómeno, localización, longitud vulnerable en el tramo, severidad y frecuencia.

#### *Corredores de conexión entre la Carretera Panamericana y la CA-02*

El Corredor Intertronal de Occidente (CITO) une la Carretera Panamericana con la vía alterna CA-02. Este corredor se presenta en buenas condiciones, buen asfalto y señalización adecuada. Existen algunas pendientes fuertes y curvas peligrosas, principalmente a la altura de Cantel – Zunil. En algunos puntos ha ocurrido hundimiento del pavimento. De igual forma hay zonas urbanas en las que se debería trabajar más en la parte de señalización con el fin de evitar accidentes de tránsito y no interrumpir el flujo vehicular normal. El corredor ha sido afectado también por deslizamientos y ha sufrido actividad volcánica (ver Cuadro 15).

**Cuadro 15. Kilómetros Vulnerables a los Peligros Naturales de la CA-01**

Tramo	Longitud del tramo (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a hundimientos y erosión ( km)
San Cristobal Frontera - Barberena	108.00	8.00	15.00	5.00
Tramo	Longitud del tramo (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a hundimientos y erosión ( km)
Barberena-Ciudad de Guatemala	43.00	10.00	4.00	4.00

Ciudad de Guatemala-Chinaltenango	38.00	18.00	5.00	"en rehabilitación" Dato no existente
Chinaltenango - Cuatro Caminos	126.00	20.00	30.00	12.00
Cuatro Caminos - La Mesilla (frontera con Mexico)	147.00	23.00	70.00	120.00
Total	462.00	79.00	124.00	141.00
Porcentaje	100.00	17.09	26.84	30.50

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad a nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana (CA-01), 2000.

El corredor vial CA-09 Sur pertenece al tramo Guatemala–Escuintla. El informe de este país indicó que este tramo está en óptimas condiciones. Sin embargo, se hizo un análisis de vulnerabilidad a los peligros naturales, teniendo en cuenta sismos, deslizamientos, inundaciones, erosión/hundimiento y erupciones volcánicas. En este tramo fue necesario estudiar en particular la amenaza volcánica debido a que el volcán Pacaya se encuentra en el área de influencia del corredor y se encuentra activo en la actualidad (ver Cuadro 16).

El corredor vial Ruta Nacional 16 pertenece al tramo km 70+093 Cuilapa-Chiquimulila. Este tramo se encuentra en buenas condiciones. Recientemente se rehabilitó y se identificó amenaza vial debido a curvas y pendientes peligrosas, así como también falta de señalización vial (ver cuadro 16).

### **Cuadro 16. Kilómetros Vulnerables a los Peligros Naturales de los Corredores Complementarios CITO, CA-09 Sur y RN 16**

Corredor	Longitud (km)	Longitud vulnerable a sismos (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a hundimientos y erosión (km)
Corredor Intertronal de Occidente (CITO)	46.00	46.00	6.00	0.00	2.00
CA-09 Sur	57.00	51.00	4.00 (Incluye erosión)	1.00	Ver deslizamientos
Ruta Nacional 16 (RN 16)	36.00	15.00	6.00 (Incluye erosión)	1.00	Ver deslizamientos

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad a nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana (CA-01), 2000.

### 1.2.3.2 Obras de mitigación

El estudio de Guatemala presenta información sobre las obras de acción en reducción de vulnerabilidad a peligros naturales de los tramos de la CA-01, La Mesilla–Cuatro Caminos y Cuatro Caminos–Entronque de Santa Elena Barilla (ver cuadros 17 y 18). Estas obras fueron identificadas básicamente como estudios necesarios de topografía, geología, geotécnica, hidrología e hidráulica.

**Cuadro 17. Medidas de Mitigación y Costos Asociados, Tramo La Mesilla-San Sebastián**

Obras de reducción de vulnerabilidad	Costos estimados US\$
Interpretación de fotografías aéreas y otras imágenes	12.000,00
Recorrido inicial de campo para ubicar sitios y segmentos críticos	3.800,00
Compilación de datos existentes	5.000,00
Levantamiento topográfico	400.000,00
Estudios geológicos	430.000,00
Estudios geotécnicos	650.000,00
Estudios hidrológicos – hidráulicos	390.000,00
Diseño de las medidas correctivas y preventivas	Integrado en los estudios
Elaboración informes finales	12.000,00
Seguros varios	55.000,00
Imprevistos	32.000,00
Total	1.989.800,00

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad a Nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana CA-01, 2000.

## Cuadro 18. Medidas de Mitigación y Costos Asociados, Tramo Cuatro Caminos al Entronque de Santa Elena Barillas

Actividades Generales	Costos Estimados US\$
Interpretación de fotografías aéreas y otras imágenes	8.000,00
Recorrido inicial de campo para ubicar sitios y segmentos críticos	3.000,00
Compilación de datos existentes	3.000,00
Levantamiento topográfico	90.000,00
Estudios Geológicos	200.000,00
Estudios geotécnicos	300.000,00
Estudios hidrológicos – hidráulicos	80.000,00
Diseño de las medidas correctivas y preventivas	Integrado en los estudios
Elaboración informes finales	8.000,00
Seguros varios	15.000,00
Imprevistos	15.000,00
Total	722.000,00

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad a Nivel de Reconocimiento de la Ruta Panamericana CA-01, 2000.

### 1.2.4 Honduras

La Unidad de Gestión Ambiental (UGA) de La Unidad de Planeamiento y Evaluación de la Gestión (UPEG) del Sistema de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), realizó un estudio titulado “Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras”. Con los resultados del estudio se pretende constituir la etapa previa a la toma de decisiones para la reducción de vulnerabilidad con obras de mitigación.

El perfil de vulnerabilidad contiene información sobre la localización e importancia de la Carretera Panamericana y sus corredores alternos, la metodología utilizada para la elaboración del estudio de vulnerabilidad y la matriz para pavimentos, la cual contiene aspectos técnicos y de vulnerabilidad (ver Cuadro 19).

#### 1.2.4.1 Metodología de trabajo y tramos vulnerables a los peligros naturales

La red vial en Honduras consta de cuatro corredores principales. El Corredor Vial Natural, Corredor Vial Panamericano, o Alternativo “A”, Corredor Vial Atlántico, o Alternativo “B”, y diversas conexiones (ver Cuadro 20).

### Cuadro 19. Información Disponible en el Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras

<p>Información general:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Origen y destino de los tramos</li> <li>• Ancho</li> <li>• Longitud</li> <li>• Información sobre amenazas naturales considerando derrumbes y deslizamientos, fallas geológicas e inundaciones y definiendo para cada una de estas amenazas los tramos vulnerables, el total de longitud afectada, la frecuencia y la severidad. Adicionalmente la matriz comprende información sobre tipo de superficie, tipo de carretera, tipo de suelo, situación actual según rugosidad del pavimento, tránsito promedio diario anual, vehículos pesados, tipo de carga, volumen de carga, importancia estratégica e historia de desastres. De igual forma el perfil contiene una matriz para puentes que contiene información sobre el</li> </ul>
---

nombre del puente, ancho, longitud, puentes vulnerables a inundaciones, tipo de puente, condición actual, tránsito promedio diario anual, vehículos pesados, tipo de carga, volumen de carga, importancia estratégica e historia sobre eventos que han causado daños.

- Obras de reducción de vulnerabilidad
- Fotografías de los segmentos más afectados debido a las amenazas naturales

Mapas:

- Derrumbes y fallas en los corredores viales
- Riesgo a inundaciones
- Geología del país (unidades estratigráficas)
- Sismos – frecuencia de 30 años.
- Riesgo por deslizamiento de acuerdo a la geología
- Geotectónico

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

## Cuadro 20. Corredores Principales en Honduras

Corredor	Tramo
Vial Natural	Jícara Galan-Amatillo Jícara Galan-Choluteca-Guasaule
Vial Panamericano o Alternativo "A"	Choluteca-San Marcos de Colón-El Espino
Corredor Vial Atlántico o Alternativo "B"	Chamelecón-El Poy-Agua Caliente Tegucigalpa-Chamelecón Tegucigalpa -El Paraíso-Las Manos
Diversas conexiones	Tegucigalpa-Jícara Galan. San Pedro Sula-Puerto Cortés

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

La Carretera Panamericana en el territorio nacional sirve de conexión a Nicaragua, Guatemala y El Salvador. Une seis aduanas terrestres. Sirve como acceso a dos puertos marítimos (Puerto Cortés en la vertiente del Océano Atlántico, y Puerto Henecán en la vertiente del Pacífico) e interconecta la mayoría de las ciudades importantes en Honduras.

La elaboración del perfil de vulnerabilidad consistió en tres etapas: recopilación de información básica y antecedentes, levantamiento de información de campo y preparación del informe. La recopilación de la información básica y antecedentes consistió en la búsqueda de información bibliográfica relacionada con el proyecto en todas las dependencias dentro de SOPTRAVI, específicamente en la Dirección General de Carreteras, así como en otras instituciones estatales involucradas en el proceso de reconstrucción nacional tales como el Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS) y la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). El levantamiento de información de campo consistió en el recorrido de los 950.24 km de carretera pavimentada dentro del territorio hondureño. Estas carreteras unen las fronteras de El Salvador por medio de los tramos de El Amatillo y El Poy, las fronteras de Nicaragua por medio de los tramos de Guasaule, El Espino y Las Manos, y Guatemala por medio de Agua Caliente.

Durante el recorrido de campo se evaluó la vulnerabilidad de los tramos a los peligros naturales y características técnicas de los tramos tales como la longitud, utilizando un distanciómetro; la pendiente, por medio de un clinómetro; su altitud, por



medio de un altímetro de bolsillo; y su ubicación geográfica, con el auxilio de un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS). Se tabuló la información obtenida y se procedió a la elaboración de mapas temáticos del perfil los cuales se anexaron al estudio. Adicionalmente se elaboró un catálogo de fotografías en donde se muestran los sitios de la Carretera Panamericana y corredores alternos.

Finalmente, con toda la información obtenida y los mapas generados se procedió a elaborar el informe definitivo, determinado los tramos vulnerables (ver cuadros 21 a 25), incluyendo las obras de mitigación con su respectivo presupuesto, detallado en moneda nacional (ver Cuadro 26).

**Cuadro 21. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales del Corredor Vial Panamericano o Alternativo “A”**

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (km)	Longitud vulnerable a fallas geológicas (km)	Longitud vulnerable a inundaciones ( km)
Choluteca Salida-San Marcos Colón	54.26	0.59	0.08	0.00
San Marcos Colón-El Espino (frontera con Nicaragua)	10.64	0.00	0.00	0.00
Total	64.90	0.59	0.08	0.00
Porcentaje	100.00	0.91	0.12	0.00

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

**Cuadro 22. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales del Corredor Natural**

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (km)	Longitud vulnerable a fallas geológicas (km)	Longitud vulnerable a inundaciones ( km)
Jicaro Galan-Nacaome	5.25	0.00	0.00	0.00
Nacaome-Amatillo Frontera con El Salvador	34.46	0.00	0.00	0.00
Jicaro Galan-San Lorenzo	11.21	0.00	0.00	0.00
San Lorenzo-Salamar	1.91	0.00	0.00	0.00
Salamar-Límite Departamental Choluteca	9.23	0.00	0.00	0.00
Límite Departamental Choluteca-Santa Elena	13.85	0.00	0.00	0.00
Santa Elena-Choluteca	7.49	0.00	0.00	0.00
Choluteca (zona urbana)-Desvío Guasaule	1.70	0.00	0.00	0.00
Desvío Guasaule - Guasaule Frontera Nicaragua	44.20	0.04	0.00	0.00

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (km)	Longitud vulnerable a fallas geológicas (km)	Longitud vulnerable a inundaciones ( km)
Total	129.30	0.04	0.00	0.00
Porcentaje	100.00	0.03	0.00	0.00

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

### Cuadro 23. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales del Corredor Vial Atlántico o Alternativo “B”

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (km)	Longitud vulnerable a fallas geológicas (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)
Chamelecón-Límite Departamental Cortés / Santa Bárbara	19.20	0.15	0.00	0.00
Límite Departamental Cortés / Santa Bárbara-Ceibita	8.30	0.00	0.00	0.00
Ceibita-Límite Departamental Santa Bárbara / Copan	54.49	0.11	0.00	0.00
Límite Departamental Santa Bárbara Copan / La Entrada Copan	16.77	0.00	0.00	0.00
La Entrada Copan - Desvío a Gracias	39.90	1.12	0.00	0.00
Desvío a Gracias-Santa Rosa de Copan (zona urbana) inicio Boulevard	1.89	0.00	0.00	0.00
Santa Rosa de Copan (zona urbana) inicio Boulevard-Fin Boulevard Santa Rosa de Copan	1.30	0.00	0.00	0.00
Fin Boulevard Santa Rosa de Copan-Cucuyagua	28.73	0.35	1.30	0.00
Cucuyagua-Límite Departamental Copan / Ocotepeque	6.25	0.00	0.00	0.00
Límite Departamental Copan / Ocotepeque-El Portillo	35.41	0.12	0.00	0.00
El Portillo-Nueva Ocotepeque	19.76	0.12	0.00	0.00
Nueva Ocotepeque-El Poy Frontera con El Salvador	8.39	0.00	0.00	0.00
Nueva Ocotepeque- Agua Caliente Frontera con Guatemala	21.54	0.00	0.00	0.00
Tegucigalpa-Río El Hombre (Valle de Amaracateca)	24.10	0.00	0.00	0.00

<b>Tramo</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a fallas geológicas (km)</b>	<b>Longitud vulnerable a inundaciones (km)</b>
Río El Hombre (Valle de Amaracateca)-Límite Departamental Francisco Morazan-Comayagua -	14.59	0.00	0.00	0.00
Límite Departamental Francisco Morazan-Comayagua-Linda Vista	6.57	0.20	0.00	0.00
Linda Vista-Inicio Valle Comayagua (Las Mercedes)	12.40	0.02	0.00	0.00
Inicio Valle Comayagua (Las Mercedes)-Desvío de la Paz	8.92	0.00	0.00	0.00
Desvío de la Paz-Comayagua (entrada principal)	12.35	0.00	0.00	0.00
Comayagua (entrada principal) – Fin Valle de Comayagua	8.07	0.00	0.00	0.00
Fin Valle de Comayagua - Siguatepeque	24.40	0.13	0.00	0.00
Siguatepeque-Taulabé	25.88	0.55	0.12	0.00
Taulabé-Pito Solo	11.85	0.11	0.00	0.00
Pito Solo-Límite Departamental Comayagua/Cortés	2.27	0.00	0.00	0.00
Límite Departamental Comayagua / Cortés-La Barca	37.72	0.01	0.25	0.20
La Barca-Villa Nueva	25.98	0.00	0.00	0.00
Villa Nueva-Chamelecón	15.05	0.00	0.00	0.00
Tegucigalpa (salida Boulevard Fuerzas Armadas)-Zamorano	29.21	0.07	0.13	0.00
Zamorano-Límite Departamental Francisco Morazan / El Paraíso (Puente Río Yeguaré)	15.66	0.00	0.00	0.00
Límite Departamental Francisco Morazan / El Paraíso (Puente Río Yeguaré)-El Chupadero desvío hacia Yuscarán	2.80	0.00	0.00	0.00
El Chupadero desvío hacia Yuscarán-Ojo de Agua	1.99	0.00	0.00	0.00
Ojo de Agua-Danlí	42.73	0.15	0.00	0.00
Danlí-El Paraíso	18.13	0.00	0.00	0.00
El Paraíso-Las Manos Frontera con Nicaragua	12.53	0.06	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>615.13</b>	<b>3.32</b>	<b>1.80</b>	<b>0.20</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>100.00</b>	<b>0.54</b>	<b>0.29</b>	<b>0.03</b>

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

### Cuadro 24. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales de Conexiones Diversas

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (km)	Longitud vulnerable a fallas geológicas (km)	Longitud vulnerable a inundaciones ( km)
Tegucigalpa-La Venta Sur	49.43	0.42	0.00	0.25
La Venta Sur-Limite Departamental Francisco Morazan / Choluteca	9.71	0.00	0.00	0.00
Limite Dptal Francisco Morazan / Choluteca-Limite Deptal Choluteca Valle	22.17	0.00	0.00	0.70
Limite Departamental Choluteca Valle-Jicaró Galán	4.83	0.00	0.00	0.00
San Pedro Sula – Choloma	8.56	0.00	0.00	0.00
Choloma-Puerto Cortés Laguna de Alvarado	36.21	0.00	0.00	0.00
Puerto Cortés Laguna de Alvarado-Entrada Empresa Nacional Portuaria (Puerto Cortés)	1.43	0.00	0.00	0.00
Total	132.34	0.42	0.00	0.95
Porcentaje	100.00	0.32	0.00	0.72

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

### Cuadro 25. Nombre de Puentes en Honduras, Vulnerables a Inundaciones, y su Localización en los Diferentes Corredores

Corredor Natural	Corredor Vial Atlántico o Alternativo B	Diversas Conexiones
Puente Río Grande o Nacaome	Puente Machaguála No.1	Puente Moramulca
Puente Río Guacirope	Puente Machaguála No. 2	
Puente Simisirón	Puente sobre el Río San José	
Puente Choluteca	Puente sobre el Río Tujaca	
Puente Sampile	Puente sobre el Río Canquique	
Puente El Cedrito	Puente Alivio Río Humuya	
	Puente Tepemechin	
	Puente el Manacal No 1	

Corredor Natural	Corredor Vial Atlántico o Alternativo B	Diversas Conexiones
	Puente el Manacal No 2	
	Puente El Guayabo	

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

### 1.2.4.2 Obras de mitigación

**Cuadro 26. Medidas de Mitigación y Costos Asociados**

Tramo	Medida de mitigación	Presupuesto en Lempiras (Lps)
Choluteca-Guasaule	Instalación de 15 metros lineales (ml.), de alcantarilla de 72 pulgadas con sus cabezales.	122.14,30
	Levantar nivel de Carretera	1.234.000,00
Choluteca-San Marcos de Colón	Colocación de Drenaje Subterráneo, cajas de recolección, tres líneas de tubería de conducción (drenaje).	723.250,00
	Colocación de drenaje adecuado	71.465,52
	Relleno de terraplén	43.120,00
	Remoción y reposición de material de base, sub. - base y suelo.	238.140,00
	Colocar drenaje (alcantarilla 48 Pulg.)	37.837,91
	Colocar drenaje (alcantarilla 60" )	65.509,95
	Relleno de terraplén	110.880,00
	Colocar drenaje (alcantarilla 60" )	65.509,95
	Requiere estudio profundo existe hundimiento de carretera, escorrentía y desprendimiento	Dato no existente
Choluteca-Guasaule		
Chamelecón-Límite deptal. Cortes, Santa Bárbara	Cortar mas el talud	138.000,00
Ceibita-Límite Departamental Santa Bárbara-Copan	Cortar mas el talud, hacer contra cuneta y canal	52.362,00
	Cortar más el talud	20.400,00
	Cortar más el talud	9.600,00
La Entrada-Desvío Gracias	Requiere estudio profundo	
	Aumento de relleno en lateral de carretera y engramarle talud formado	175.725,00
	Aumento de relleno en ambos laterales de la carretera	190.872,00
Santa Rosa de Copan-Cucuyagua		
	Requiere estudio con mayor profundidad	Dato no existente
	Corte en talud	65.603,68
Límite Departamental Copan-Ocotepeque-El Portillo	Construir contracunetas, canal, limpieza y muro con gaviones	65.542,80
	Cortar aun mas el talud	54.308,00
El Portillo Nueva Ocotepeque	Rellenar lo erosionado y sembrar vetiver, señalar (rotulo)	
Linda Vista-Inicio Valle de Comayagua ( las mercedes)	Cortar talud	35.600,00
Fin de Valle Comayagua – Siguatepaque	Cortar mas el talud	28.800,00
	Cortar mas el talud	104.000,00
Siguatepeque-Taulabé	Cortar mas el talud	36.200,00
	Construir muro (1500 metros cubicos)	1.275.000,00
	Estudio con mayor profundidad	
Taulabé Pito Solo	Corte mayor en Talud y colocación de drenaje adecuado (ya en reparación)	357.632,00
Límite Departamental Comayagua Cortes La Barca	Limpieza (mantenimiento en carretera), muro con gaviones	12.333,90
Tegucigalpa Zamorano	Requiere estudio profundo	Dato no existente
	Construir muro de contención	61.380,00
	Aumento de corte (cortar mas el talud)	26.220,00
Ojo de Agua Danli	Terrazas de tablestacas y muro de gaviones	151.664,40
	Cortar mas en talud	56.440,00
	Cortar mas en talud	102.000,00

Tramo	Medida de mitigación	Presupuesto en Lempiras (Lps).
El Paraíso Las Manos	Acomodar material suelto	2.900,00
Continuación, El Paraíso Las Manos	Construcción contracuneta, canal y estabilización con especie del lugar ( revegetación)	7.200,00
	Cortar mas en talud	28.800,00
Tegucigalpa LA Venta	Recolocación de terraplén	503.900,00
La Venta Limite Departamental Francisco Morazán Choluteca	Rellenar en erosión y cortar mas en talud	378.000,00
	Corte en talud y colocación drenaje (alcantarilla 60")	130.718,44
	Corte en talud	28.200,00
	Colocar drenaje mayor (alcantarilla 72")	165.493,04
Limite Departamental Francisco Morazán-Choluteca-Limite Departamental Choluteca Valle	Colocar enchape de piedra con forro de gaviones sobre el talud existente	36.402,21
Total en Lempiras (Lps)		78.563.984.21
Total en US\$		5.165.285,00

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras, 2000.

### 1.2.5 Nicaragua

La Dirección General de Planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) de Nicaragua realizó un estudio sobre la vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Panamericana en este país, titulado “Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua”. Este informe dispone de una descripción general del área de estudio, descripción de los peligros naturales en esta área, impactos ambientales y peligros naturales de la Carretera Panamericana, metodología de análisis de vulnerabilidad, obras de mitigación y los costos asociados, conclusiones, recomendaciones y anexos (ver Cuadro 27).

#### Cuadro 27. Información Disponible en el Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana en Nicaragua

<p>Información general:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Matriz de amenazas naturales en la Carretera Panamericana, realizada para cada uno de los tramos, y consta de código nacional, origen – destino, longitud, amenazas naturales (volcánica, inundaciones, sísmica, deslizamientos), situación actual, tránsito promedio diario anual, porcentaje de vehículos pesados, tipo de carga, volumen de carga e importancia estratégica.</li> <li>• Matriz sobre el tipo de suelo de la subrasante, la cual comprende la ubicación del sondeo por estación y por tramo, tipo de suelo y definición del tipo de suelo</li> <li>• Matrices de vulnerabilidad a las amenazas naturales considerando (sismos, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas). Existe una matriz para cada una de las amenazas consideradas la cual contiene los datos especificados para cada uno de los tramos en estudio tales como código nacional , origen – destino, por municipio y departamento, longitud y especificaciones sobre la amenaza natural (localización, longitud vulnerable, frecuencia y severidad)</li> <li>• Matriz resumen de vulnerabilidad, la cual presenta un consolidado sobre la vulnerabilidad de la Carretera Panamericana en Nicaragua y consta de la siguiente información tal como tipo de amenaza, longitud estudiada, longitud vulnerable, severidad de la amenaza y porcentaje de kilómetros vulnerables de la Carretera Panamericana, especificados por tipo de amenaza</li> <li>• Matriz sobre costos estimados de las obras de mitigación, incluyendo el nombre del tramo, la ubicación, concepto de obras, unidades, cantidades de obras, costos unitarios y costo total</li> <li>• Matriz consolidado de puentes especificando la ubicación, longitud, tipo y estado de la infraestructura</li> <li>• Mapas temáticos tales como (mapa de localización de la Carretera Panamericana en Nicaragua, mapa de amenaza volcánica, mapa de amenaza por deslizamientos, mapa de amenaza sísmica, mapa de amenaza por inundaciones, mapa de vulnerabilidad, mapa de pobreza y mapa de población por municipio)</li> <li>• Fotografías de la Carretera Panamericana</li> </ul>
--

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

### 1.2.5.1 Metodología de trabajo y tramos vulnerables a los peligros naturales

La zona geográfica que comprende el informe de Nicaragua esta definida desde la zona sur hasta la zona norte del país, es decir el límite fronterizo con Costa Rica denominado Peñas Blancas, pasando por las ciudades de Rivas, Nandaime, Catarina, Masaya, Tipitapa, San Benito, Sébaco, Estelí, Yalagüina y Las Manos, y el Ramal-El Espino en el límite fronterizo con Honduras. Para propósitos del estudio, el grupo técnico dividió la Carretera Panamericana en los tramos que se describen a continuación:

- Peñas Blancas-Las Flores
- Las Flores-San Benito
- San Benito-Sébaco
- Sébaco-Estelí
- Estelí-Yalagüina
- Yalagüina-Las Manos
- Yalagüina-El Espino

Para el análisis del perfil de vulnerabilidad, se trabajó con mapas de amenazas volcánicas, inundaciones, deslizamientos, y sismicidad a escala 1:500,000 elaborados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). De igual forma se trabajó con los inventarios de drenajes de los tramos de carretera en estudio, así como datos de suelos y estudios de tráfico del banco de datos de la Dirección de Administración Vial del MTI.

El informe de Nicaragua presenta la descripción de dos metodologías de trabajo utilizadas, una para la vulnerabilidad no estructural y otra para la vulnerabilidad estructural.

#### *Vulnerabilidad no estructural*

En términos del perfil nicaragüense, la metodología enfocada hacia la vulnerabilidad no estructural fue la metodología adaptada para desarrollar mapas temáticos sobre tramos vulnerables a peligros naturales de la Carretera Panamericana, para determinar los segmentos de carretera vulnerables. En estos mapas se representan diferentes niveles de vulnerabilidad a peligros naturales tales como amenazas volcánicas, deslizamientos, sismos, e inundaciones, en el área de influencia de la Carretera Panamericana. Se aclaró que esta metodología es aplicable solamente al tramo de carretera en estudio y a su radio de influencia. De igual forma se desarrolló un mapa sobre el índice de pobreza.

Para efectos del perfil de vulnerabilidad de Nicaragua, con base en la metodología no estructural, se procesó información a escala 1:500,000 y el método que se aplicó permitió una aproximación del nivel de vulnerabilidad de un determinado territorio y su distribución espacio-temporal. La valoración de la vulnerabilidad de influencia ( $V_{inf}$ ) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$V_{inf} = \{ (A_v \times A_d) \}^{1/2} (A_s + A_i) * I_r * \delta$$

en donde:

$V_{inf}$ : Vulnerabilidad de Influencia =  $(0 \leq V \leq 1)$

$A_v$ : Amenaza Volcánica

$A_d$ : Amenaza por Deslizamiento

$A_s$ : Amenaza por Sismicidad

$A_i$ : Amenaza por Inundaciones

$I_r$ : Índice Relativo de la Pobreza

$\delta$ : Delta, Factor de Normalización, 1/192

Se considera que  $A_s$  y  $A_i$  son los factores que mayormente inciden al definir el grado de vulnerabilidad no estructural, según esta metodología.

Cuando todos los factores sean iguales a 1, la vulnerabilidad de influencia,  $V_{inf} = 0,005$  y cuando todos los factores son iguales a 4,  $V_{inf} = 1,00$ .

Para obtener el mapa de  $V_{inf}$  frente a los peligros estudiados correlacionados con los índices relativos de pobreza y aplicando la ecuación anterior, se tuvieron como resultados:

### Cuadro 28. Vulnerabilidad de Influencia a los Peligros Estudiados

Vulnerabilidad de Influencia	Rango	Ponderación
Moderado	$V < 0.25$	1
Medio	$0.26 > V < 0.50$	2
Alto	$0.56 > V < 0.75$	3
Muy Alto	$0.76 > V < 1.00$	4

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

### *Parámetros utilizados en la elaboración de los mapas síntesis de cada una de las amenazas*

Para la elaboración de los mapas temáticos sobre peligros naturales, se trabajó con datos y registros históricos. Para realizar el mapa de amenaza volcánica se partió de la información sobre erupciones históricas en función de la clase de erupción y de la identificación de zonas con alguna probabilidad a ser afectadas por la proximidad a los volcanes activos. Para el mapa de amenazas por deslizamiento se tomaron en cuenta, entre otros aspectos, los registros de deslizamientos o deslaves mas frecuentes, los desprendimientos de rocas y los flujos o lahares que se generan potencialmente cerca de los asentamientos humanos. Para el mapa de amenaza por sismicidad, se emplearon los registros históricos de las áreas que ya han sufrido los efectos de los terremotos y las áreas con probabilidad a ser afectadas. Para el mapa de amenazas por inundaciones se utilizaron registros históricos de inundaciones actuales y la posibilidad de ocurrencia de inundaciones en el área de estudio. Entre las amenazas estudiadas se incluyó el índice relativo de pobreza y se generó el mapa de pobreza con base en un mapa que permite conocer el valor de los índices de pobreza en el ámbito



territorial, como también identificar las áreas territoriales y pobladas más vulnerables a los desastres. Teniendo en cuenta los aspectos anteriores se realizaron los mapas temáticos sobre amenazas naturales, identificando las zonas vulnerables (Cuadro 29). Se asignaron los niveles 1, 2, 3, y 4 para determinar el grado de vulnerabilidad.

**Cuadro 29. Niveles de Vulnerabilidad a las Amenazas Naturales**

Amenaza	Nivel moderado 1	Nivel medio 2	Nivel alto 3	Nivel muy alto 4
Volcánica	Este nivel de amenaza está condicionado a la cantidad de cenizas emitidas durante la erupción y a las condicionantes atmosféricas y dirección de los vientos.	Nivel condicionado a las caídas de los piroclastos de diferentes tamaños. Estos tamaños son función de la granulometría. Va desde arenas hasta cenizas.	Se aplica a erupciones de tipo estrombolianas o plinianas, áreas afectadas a los flujos de lavas, gases y posibles nubes ardientes y bombas.	Determinantes en zonas próximas a conos volcánicos, emisión de gases, lava o explosiones violentas, gran volumen de piroclastos.
Deslizamiento	Sitios con rocas masivas sin estratificación, baja o nula permeabilidad que impide la meteorización profunda y limita los procesos de desmoronamiento del conjunto. Pendientes menores del 3 % y precipitaciones menores a 150 mm/año.	Zonas con rocas sedentarias y metamórficas, incluyendo calizas, pizarras y areniscas. Posibilita el almacenamiento de agua, la meteorización y la fracturación. Pendientes entre 3 y 10%, propiciando las condiciones de deslizamientos. Precipitaciones entre 150 y 200 mm/año.	Zonas volcánicas con diferentes capas, alternando diferente permeabilidad, consistencia y fracturación. Las condiciones morfológicas y el clima inciden sobre la estabilidad de los materiales. Pendientes oscilan entre 11 y 25 %. Precipitaciones de 300 mm/año y también se encuentran depósitos aluviales.	La roca tiene la consistencia de una arcilla. Fracturación intensa. Zonas propicias para el almacenamiento de agua. Los suelos presentan rocas altamente meteorizadas. Pendientes mayores al 25% y las precipitaciones mayores a los 300 mm/año.
Sismicidad	La magnitud del sismo es menor de 3 en la escala de Richter, la profundidad de epicentros entre 100 y 300 km, sismos difícilmente perceptible por la población.	Los sismos oscilan entre 3 y 4 en la escala de Richter, la profundidad de los epicentros varía entre 30 y 100 km.	Los sismos oscilan entre 4 y 5 en la escala de Richter y la profundidad de los epicentros de 0 a 30 km.	Sismos mayores que 5 en la escala de Richter y la profundidad de los epicentros varía entre 0 y 30 km.
Inundaciones	Áreas que presentan un relieve menor del 2%, las precipitaciones menores a los 150 mm/año, el suelo presenta mayor capacidad de retención debido a la existencia de bosques y los tiempos de respuesta son mayores a 24 horas.	Las precipitaciones oscilan entre 150 y 200 mm/año, presentan un relieve entre el 2 y el 10%, la capacidad de retención de los suelos es poca, en algunas áreas el régimen hidrológico ha sido alterado y hay presencia de deforestación. El tiempo de respuesta oscila entre 12 y 24 horas.	El relieve oscila entre el 10 y 25%, las precipitaciones entre 200 y 300 mm/año, existe una fuerte erosión de los suelos y el tiempo de respuesta oscila entre 3 y 12 horas.	Las precipitaciones son mayores a los 300 mm/año, el relieve es mayor del 25% y la capacidad de retención de los suelos es poca o nula, ya que los terrenos se dedican a la labor intensiva. Los tiempos de respuesta son inferiores a tres horas.
Índice relativo de pobreza	La brecha de pobreza es menor del 4%	La brecha de pobreza oscila entre el 5 y 9%	La brecha de pobreza oscila entre 10 al 20%	La brecha de pobreza es mayor al 20%

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

### *Vulnerabilidad estructural*

En la metodología utilizada para definir la vulnerabilidad estructural se recopiló información histórica en instituciones, universidades y poblaciones del área de influencia de la carretera. También se recopiló información de entrevistas realizadas a

los ingenieros responsables de proyectos de reconstrucción y construcción que actualmente se están ejecutando sobre la red de carreteras en estudio. Posteriormente se realizaron giras de campo, para las cuales se contó con Sistemas de Posición Geográfica manuales, cámaras digitales y mapas geodésicos a escalas 1:50,000, para constatar y complementar la información obtenida de los mapas sobre peligros naturales, que luego se analizó y sintetizó para efectos del perfil de vulnerabilidad.

Se realizó una evaluación para cada uno de los tramos identificando el porcentaje de superficie o longitud de carretera afectada por cada uno de los niveles de peligro ponderando el valor con el peso correspondiente de cada nivel de peligro y cuyo resultado se multiplica por el peso correspondiente a la vulnerabilidad. Para tal efecto, el equipo técnico adoptó, a su discreción, rangos de variación de vulnerabilidad estructural (ver Cuadro 30).

**Cuadro 30. Rangos de Vulnerabilidad Estructural Adoptados por el Equipo Técnico de Nicaragua**

Vulnerabilidad estructural	Rango	Ponderación
Moderado	$V < 400$	1
Media	$401 >V < 1600$	2
Alta	$1601 >V < 3600$	3
Muy Alta	$3601 >V < 6400$	4

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

Ejemplo:

Tramo afectado por inundaciones :

Longitud afectada del tramo corresponde a: 25% Vulnerabilidad Moderada (1), 50%: Media (2), 10%: Alta (3), 15%: Muy Alta (4)

Densidad de Población: Alta, es decir, = 3

Aplicando la ecuación de ponderación se tiene que:

$$V = (1 \cdot 25\% + 2 \cdot 50\% + 3 \cdot 10\% + 4 \cdot 15\%) \cdot 3 = 645$$

Haciendo uso de esta metodología y con base en los datos del Cuadro 28, la vulnerabilidad estructural por inundación para el tramo es igual a 2, o sea, media, ya que 645 está en el rango comprendido entre 401 y 1600.

Una vez identificados los puntos vulnerables a peligros naturales en el área de influencia de la carretera (ver Cuadro 31), se definieron propuestas sobre obras de reducción de vulnerabilidad y sus respectivos costos.

**Cuadro 31. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales de la Carretera Panamericana en Nicaragua**

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a sismos (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a erupciones volcánicas (km)
Peñas Blancas-Las Flores	106.33	106.33	23.83	26.00	106.33
Las Flores-Tipitapa	22.86	22.86	0.00	0.00	22.86
Tipitapa-San Benito- Sebaco	83.47	75.43	16.30	0.00	32.68
Sebaco- Esteli	41.79	41.79	0.00	1.40	0.00
Esteli-Yalaguina	60.61	33.09	10.89	23.90	0.00
Yalaguina-Las Manos	44.81	44.81	18.38	81.20	0.00
Yalaguina-El Espino	31.47	31.47	31.47	13.18	0.00
Total	391.34	355.78	100.87	145.68	161.87
Porcentaje	100.00	90.90	25.70	37.22	41.36

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

### 1.2.5.2 Peligros naturales

La Carretera Panamericana atraviesa las dos macro-regiones del Pacífico y central de Nicaragua. La carretera y su zona de influencia están expuestas a fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico, así como también los posibles eventos provocados por el hombre, originados por la tala de árboles ó accidentes tecnológicos.

#### *Amenaza sísmica*

Del territorio nicaragüense, se tiene un área aproximada de 60 km de ancho que bordea el litoral del Pacífico que se encuentra expuesta a terremotos. De acuerdo con investigaciones realizadas ésta zona, es la más activa desde el punto de vista sísmico. Esta es la zona más poblada, con ciudades importantes tales como Rivas, Masaya, Granada y Managua, León y Chinandega.

#### *Amenaza volcánica*

La costa del Pacífico cuenta con más de 200 estructuras volcánicas de diferentes tipos, incluyendo domos, mahares, calderas, estrato-volcanes, etc.; muchos de ellos, estuvieron activos en épocas históricas y prehistóricas tales como Masaya, Apoyeque, Apoyo, Concepción, Momotombo y San Cristóbal, y muestran una vigorosa

actividad pasada de grandes dimensiones, pero también presentan actividad permanente, como el Volcán Masaya, y el San Cristóbal recientemente. El origen del suelo nicaragüense es sobre la base de deposiciones volcánicas, en algunos casos consolidadas, en otros no; por lo que en la franja territorial entre el litoral Pacífico y el arco volcánico cuaternario se encuentra la zona de mayor amenaza volcánica.

### *Amenaza de vórtices ciclónicos*

La región del Pacífico presenta menos probabilidades de impacto por ciclones tropicales, ya que de los cuarenta que han afectado el territorio nicaragüense, solamente seis han alcanzado al litoral de la macro-región del Pacífico. Sin embargo, trayectorias presentadas por el Huracán Fifi en 1974 y Alleta en 1982 resultaron ser muy peligrosas, por cuanto generaron una componente del viento, sobre el Océano Pacífico, que al arrastrar humedad favoreció la interacción con otros sistemas meteorológicos ocasionando fuertes acumulados de precipitaciones e inundaciones en diferentes partes de la llanura del Pacífico.

### *Amenaza por inundación*

Anualmente se registran inundaciones provocadas por intensas lluvias y también por la acumulación del escurrimiento superficial en los ríos y consiguiente desbordamiento en las planicies de inundación.

### *Amenaza por deslizamientos*

En Nicaragua, al igual que en el resto de los países centroamericanos, se presentan fenómenos de inestabilidad de laderas originados por diversas causas. Frecuentemente están provocados por terremotos, erupciones volcánicas, fuertes precipitaciones de lluvia, crecimiento de aguas subterráneas, socavamiento de ríos y excesivo uso de la tierra, como deforestación, erosión, ganadería extensiva y explotaciones inadecuadas del suelo. En la Carretera Panamericana son frecuentes (prácticamente cada año) los derrumbes en los taludes de corte y terraplén.

### **1.2.5.3 Obras de mitigación**

Se estima una inversión de aproximadamente US\$ 26.202.260,00 en obras de reducción de vulnerabilidad a los peligros naturales (ver Cuadro 32).

**Cuadro 32. Medidas de Mitigación y Costos Asociados**

Tramo	Ubicación	Concepto de obras	Unidad	Cantidad de obras	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
Yalaguina-Las Manos	Estaciones 248+800, 237+956	Monitoreo de taludes inestables	Gbl.	Gbl.	50.000,00 anual	50.000,00
	Estación 228+690	Monitoreo del flujo de agua y carga de sedimentos en el Río Dipilto	Gbl.	Gbl.	60.000,00 anual	60.000,00

Tramo	Ubicación	Concepto de	Unidad	Cantidad de obras	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
	De la estación 235+000 hasta la 250+000	Programa de reforestación y capacitación	Gbl.	Gbl.	45.000,00 anual	45.000,00
	Estación 247+614 hasta 247+479	Muro de retención de acero de doble capa, con piedra en su interior	m <sup>2</sup>	5.000	4.000,00	20.000.000,00
	Estaciones 248+800, 237+956 228+690	Trabajos de terracedo en taludes inestables	Gbl.	Gbl.	100.000,00	100.000,00
	Estación 228+690 (Ribera del Río Dipilto)	Construcción de gaviones y espigones	m <sup>3</sup>	1.000	150,00	150.000,00
Yalaguina - El Espino	Estación 234+279	Colocación de puntos fijos georeferenciados	C/u	6	25.000,00	150.000,00
	Estación 234+279	Estabilización de talud	m <sup>3</sup>	950.000	2,15	2.042.500,00
	Estación 234+279	Plan de señales preventivas	C/u	4	195,00	780,00
Tipitapa – Peñas Blancas	Estación Poste Kilómetro 84+480	Relleno en cimientos de puente El Arroyo	m <sup>3</sup>	250	35,00	8.750,00
	Estación 84+480	Construcción de espigones en planicie de inundación	m <sup>3</sup>	1600	150,00	240.000,00
	Estación 84+480	Plan intensivo de mantenimiento anual de drenaje menor	Gbl.	Gbl.	60.000,00	60.000,00
	Estación 84+480 hasta 85+480	Rótulos de 2 x 4 mts. con señales restrictivas	C/u	12	604,00	7.248,00
	Desde Peñas Blancas hasta Emp. Las Flores	Sustitución de 255 alcantarillas con un diámetro mayor de 30 pulg	m	4.279	399,00	1.707.321,00
	Desde Emp. Las Flores hasta Tipitapa	Sustitución de 76 alcantarillas con un diámetro mayor de 30 pulg	m	578	399,00	230.661,90
Tipitapa-Yalaguina	Estación Poste Kilómetro 69+373 hasta 70+873	Construcción de gaviones a lo largo de 1.5 km en Las Playitas	m <sup>3</sup>	9.000	150,00	1.350.000,00
Total						26.202.260,90

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

## 1.2.6 Panamá

El Ministerio de Obras Públicas, a través del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, realizó un estudio denominado “Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana”.

El estudio incluye la metodología e información utilizadas para la determinación de los tramos vulnerables a los peligros naturales, historia de desastres naturales, preparación de obras de reducción de vulnerabilidad y anexos que contienen

fotografías de tramos de la Carretera Panamericana afectados por los diferentes peligros naturales, y matrices para pavimentos y puentes en las cuales se describe la vulnerabilidad (ver Cuadro 33).

### **Cuadro 33. Información Disponible en las Matrices sobre la Vulnerabilidad a los Peligros Naturales de la Carretera Panamericana**

Información relacionada con pavimentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Origen y destino</li> <li>• Longitud de los tramos</li> <li>• Información sobre vulnerabilidad a peligros naturales (inundaciones, deslizamientos, movimientos telúricos y vulcanismo),</li> <li>• Kilómetros vulnerables</li> <li>• Frecuencia y severidad</li> <li>• Tipo de carretera</li> <li>• Tipo de suelo</li> <li>• Tipo de pavimento</li> <li>• Situación actual</li> <li>• Tránsito promedio diario anual</li> <li>• Tipo de carga</li> <li>• Volumen de carga</li> <li>• Importancia estratégica</li> </ul>
--

Fuente: UDSMA/OEA basado en los informes nacionales.

Las matrices presentan información sobre la vulnerabilidad de la Carretera Panamericana a inundaciones, deslizamientos, movimientos telúricos y vulcanismo. De igual forma se anexa otra matriz para los puentes que han sufrido inundaciones.

#### **1.2.6.1 Metodología de trabajo y tramos vulnerables a los peligros naturales**

Para la identificación de la vulnerabilidad se utilizó la información generada por la Dirección del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, la Dirección Nacional de Mantenimiento Vial, apoyados por información disponible en el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), la Universidad de Panamá, la Universidad Tecnológica, la Dirección General de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industria y la Dirección de Tránsito y Transporte Terrestre Nacional. Esta información comprende mapas de la red vial, sismos, erupciones volcánicas, geología y el mapa general del país a escala 1:250,000. También fueron utilizados informes varios de inundaciones y deslizamientos y una tabla de epicentros sísmicos. Haciendo uso del software Autocad Map, el programa Arc-Info y el Sistema de Información Geográfica Arc-view, se determinaron los tramos de la Carretera Panamericana vulnerables a los peligros naturales (ver Cuadro 34).

### **Cuadro 34. Longitud Vulnerable a los Peligros Naturales de la Carretera Panamericana en Panamá**

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a movimientos telúricos (km)	Longitud vulnerable a erupciones volcánicas (km)
A frontera Paso Canoa					
Panamá-Arriajan	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00

Tramo	Longitud (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a movimientos telúricos (km)	Longitud vulnerable a erupciones volcánicas (km)
Arraijan-La Chorrera	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Chorrera-Capira	14.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Chame-San Carlos	10.00	0.00	0.00	0.00	10.00
San Carlos- Río Hato	30.00	0.00	0.00	0.00	30.00
Río Hato-Anton	14.00	0.00	0.00	0.00	14.00
Anton-Penonome	17.30	0.00	0.00	0.00	17.30
Nata-Agua Dulce	10.12	0.30	0.00	0.00	10.12
Agua Dulce-Divisa	18.00	0.00	0.00	0.00	18.00
Divisa-entrada a Ocu	10.00	0.05	0.00	0.00	10.00
Entrada a Ocu-Espino-Santa Rosa	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Entrada Ingenio-La Mata	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Entrada La Peña-Entrada Cañazas	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00
Entrada La Mesa – San Bartolo	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00
Entrada La Palma-Vigui	11.21	0.00	0.00	11.21	0.00
Vigui-Veladero	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00
Veladero-Tole	25.00	0.00	0.35	25.00	0.00
Tole-Entrada San Felix	28.00	0.00	0.10	28.00	28.00
San Felix-Entrada Horconcitos	30.90	0.00	0.02	30.90	30.90
Entrada Horconcitos-David	39.50	0.00	0.00	39.50	39.50
David-Concepción	28.20	0.00	0.00	28.20	28.20
Concepción-Frontera	25.10	0.00	0.00	0.00	25.10
Hacia el Darién					
Riande-Chepo	35.00	0.10	0.01	0.00	0.00
Chepo-Aguacate	10.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Aguacate-Cañita	17.60	0.00	0.02	17.60	0.00
Cañita-Bayano	14.30	0.00	0.03	14.30	0.00
Bayano-Cañaza	72.00	0.00	0.02	72.00	0.00
Cañaza-Meteti	35.00	0.20	0.01	35.00	0.00
Meteti-Canglon	50.00	0.15	0.02	50.00	0.00
CP-El Valle	28.00	0.05	0.01	Dato no existente	0.00
Total	674.90	0.85	0.61	391.71	261.12
Porcentaje	100.00	0.13	0.09	58.04	38.70

Fuente: Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana, 2000.

### 1.2.6.2 Peligros naturales de la Carretera Panamericana

#### Movimientos sísmicos

Según la situación tectónica del país, Panamá se encuentra en una zona de relativa estabilidad sísmica. Sin embargo, se distinguen en el país dos zonas de

actividad sísmica: la mayor región de intensidad sísmica está localizada al sudoeste del país, especialmente hacia la plataforma continental del Pacífico en dirección de la zona de contacto de la microplaca de Panamá con la megaplaca sudamericana, localizada en el Chocó.

### *Inundaciones*

En Panamá se han producido varias inundaciones que han sido causadas especialmente por las crecidas anuales de los ríos Pacora, Juan Díaz, Grande, Chico, Ciriquí y Chiriquí Viejo

### *Deslizamientos*

Los deslizamientos son los peligros naturales más frecuentes y que presentan mayores consecuencias económicas. Se presentan por la conjunción de la precipitación pluvial con la geología, la tectónica y la sismicidad que en gran parte determinan la estabilidad geomecánica del sector por donde atraviesa la Carretera Panamericana. Los deslizamientos que ocurren en el trayecto de la Carretera Panamericana se pueden clasificar según el material litológico parental en donde ocurren. Podrían clasificarse en materiales conformados por cuerpos o macizos rocosos y en materiales de suelos. Dado que la Carretera Panamericana fue ensanchada, se detectó que una vez finalizados los trabajos de ampliación, se intensificaron los problemas relacionados con la erosión del suelo tal como la colmatación de los canales construidos al borde de la carretera.

#### **1.2.6.3 Obras de mitigación**

Se identificaron obras de reducción de vulnerabilidad a los peligros naturales. Sin embargo no se presentaron los costos asociados.

Para peligros naturales como los deslizamientos se recomendó no desmontar la vegetación hasta suelo natural, mantener un programa de arborización a lo largo de las vías a distancias prudentes de las mismas, construcción de contracunetas en los casos necesarios, construcción de banquetas en aquellos cerros que presentan problemas de estabilidad, al igual que la colocación de gaviones y geomallas y la construcción de mortero a tierra en aquellos cerros que por naturaleza del material puedan provocar desprendimientos. Es necesario garantizar la estabilidad de taludes aplicando pendientes adecuadas de acuerdo con las propiedades del terreno, evitar la erosión del suelo por medio de siembra de árboles o cobertura del suelo con grama, e instalar estructuras de contención tal como gaviones. El material de reemplazo debe cumplir con las especificaciones técnicas.

Para peligros naturales como inundaciones, se recomienda mantener las quebradas y ríos limpios de basuras; adicionalmente se indica que es necesario realizar limpieza y canalización de ríos y quebradas. Se recomienda también construir drenajes a partir de los datos de precipitación local y con las capacidades requeridas.



Para peligros naturales como movimientos telúricos será necesario incluir diseños antisísmicos en las especificaciones del Reglamento Estructural Panameño (REP), incluir en los diseños de las carreteras el uso de materiales que garanticen la resistencia ante movimiento de fallas, como el uso de geotextiles y la remoción de suelos blandos, mantener en buen estado las rutas alternas existentes, y prevenir los asentamientos humanos en áreas de volcanes activos.