

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS,  
TRANSPORTE, VIVIENDA  
Y DESARROLLO URBANO

GOBIERNO DE  
**EL SALVADOR**  
UNIDOS CRECEMOS TODOS



# AVANZANDO HACIA UNA INFRAESTRUCTURA RESILIENTE

**YURI RODRIGUEZ – SUBDIRECTOR ESTUDIOS TECNICOS**

**EMILIO MARTIN VENTURA DIAZ - DIRECTOR**

**DIRECCIÓN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN  
ESTRATÉGICA DEL RIESGO**

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y  
DESARROLLO URBANO DE EL SALVADOR**

**AGOSTO 2015  
MANAGUA, NICARAGUA**

# RESILIENCIA

- **Resiliencia**

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus componentes y funciones básicas.

# RESILIENCIA A TRAVES DE UNA CIUDAD SUSTENTABLE

# CONCEPTOS

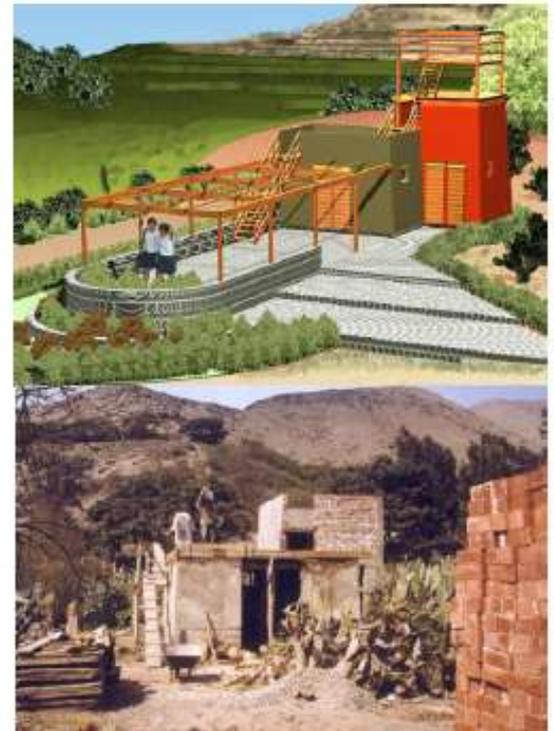
## *Ciudad Sustentable:*

**Sistema holístico en el cual los aspectos sociales, económicos, ambientales e institucionales se encuentran armonizados integralmente.**

## *Proyecto Sustentable:*

**Es convertir una idea en acción para producir un cambio en la realidad metropolitana**

**Transformación del pensamiento en acción, el diseño requiere de la idea de cambio**



**VISIÓN DE LA CIUDAD + EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD + PROPUESTAS DE PROYECTOS**

# QUE ES UNA CIUDAD SUSTENTABLE



 OFRECE BUENA CALIDAD DE VIDA A SUS CIUDADANOS 

 MINIMIZA SUS IMPACTOS AL MEDIO NATURAL 

 PRESERVA SUS ACTIVOS AMBIENTALES Y FÍSICOS 

 PROMUEVE SU COMPETITIVIDAD 

 CUENTA CON UN GOBIERNO LOCAL CON CAPACIDAD FISCAL Y ADMINISTRATIVA 

 LOS CIUDADANOS PARTICIPAN ACTIVAMENTE 

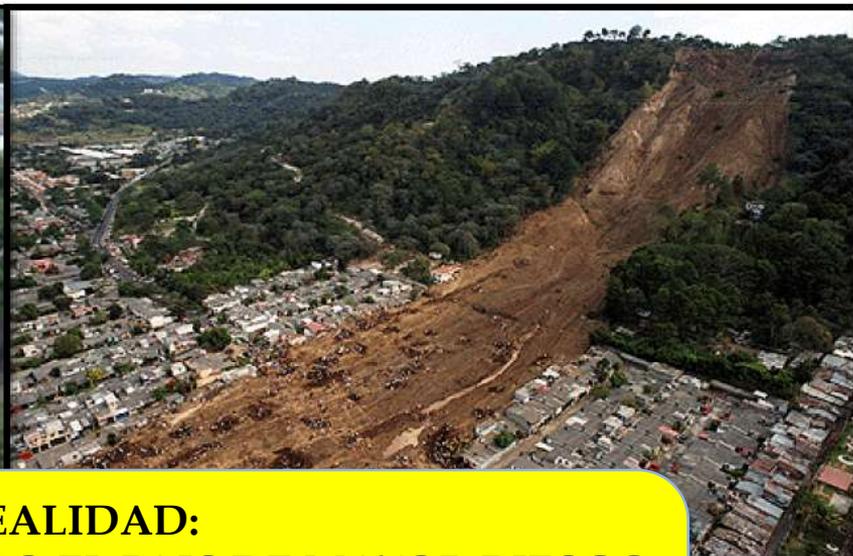
# PROBLEMATICA DE LAS CIUDADES URBANAS

La rápida urbanización acarreó importantes déficits de infraestructura urbana. Según Naciones Unidas-Hábitat (2008), 117 millones de personas viven en asentamientos irregulares en la región, proporción equivalente al 27% de su población urbana.

Esta situación genera grandes contrastes en la calidad de vida dentro de las ciudades, donde hay áreas desarrolladas que conviven con zonas de extrema pobreza, carentes de servicios básicos e infraestructura, deficientes en servicios sociales, y en condiciones habitacionales y ambientales precarias, además de la



# RIESGO Y VULNERABILIDAD UNA REALIDAD PARA EL SALVADOR



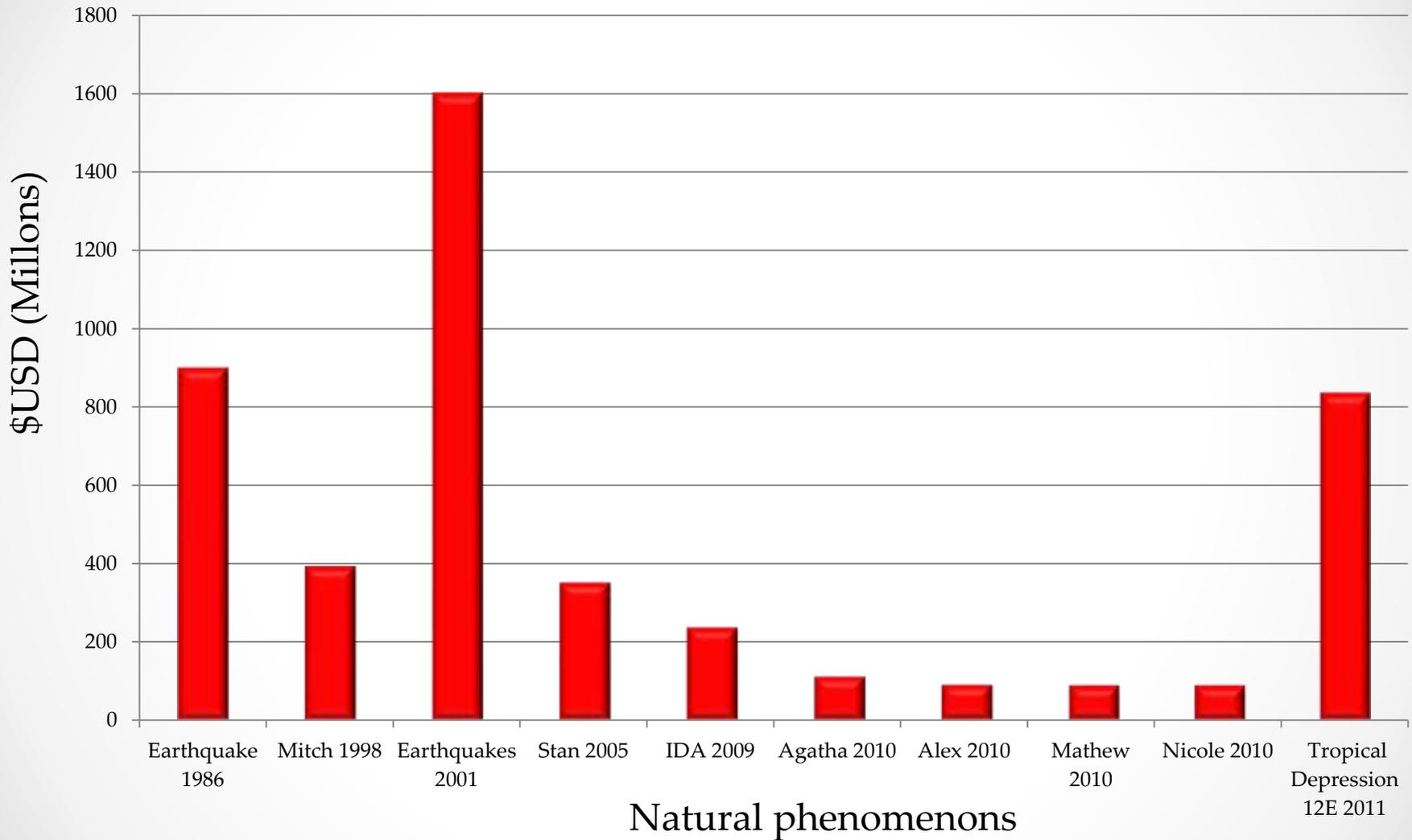
**UNA REALIDAD:  
EL SALVADOR CONSIDERADO EL PAIS DE MAYOR RIESGO  
A DESASTRES EN EL MUNDO:  
REPORTE MUNDIAL DE RIESGO DE DESASTRES DE LAS  
NACIONES UNIDAS (2009)**



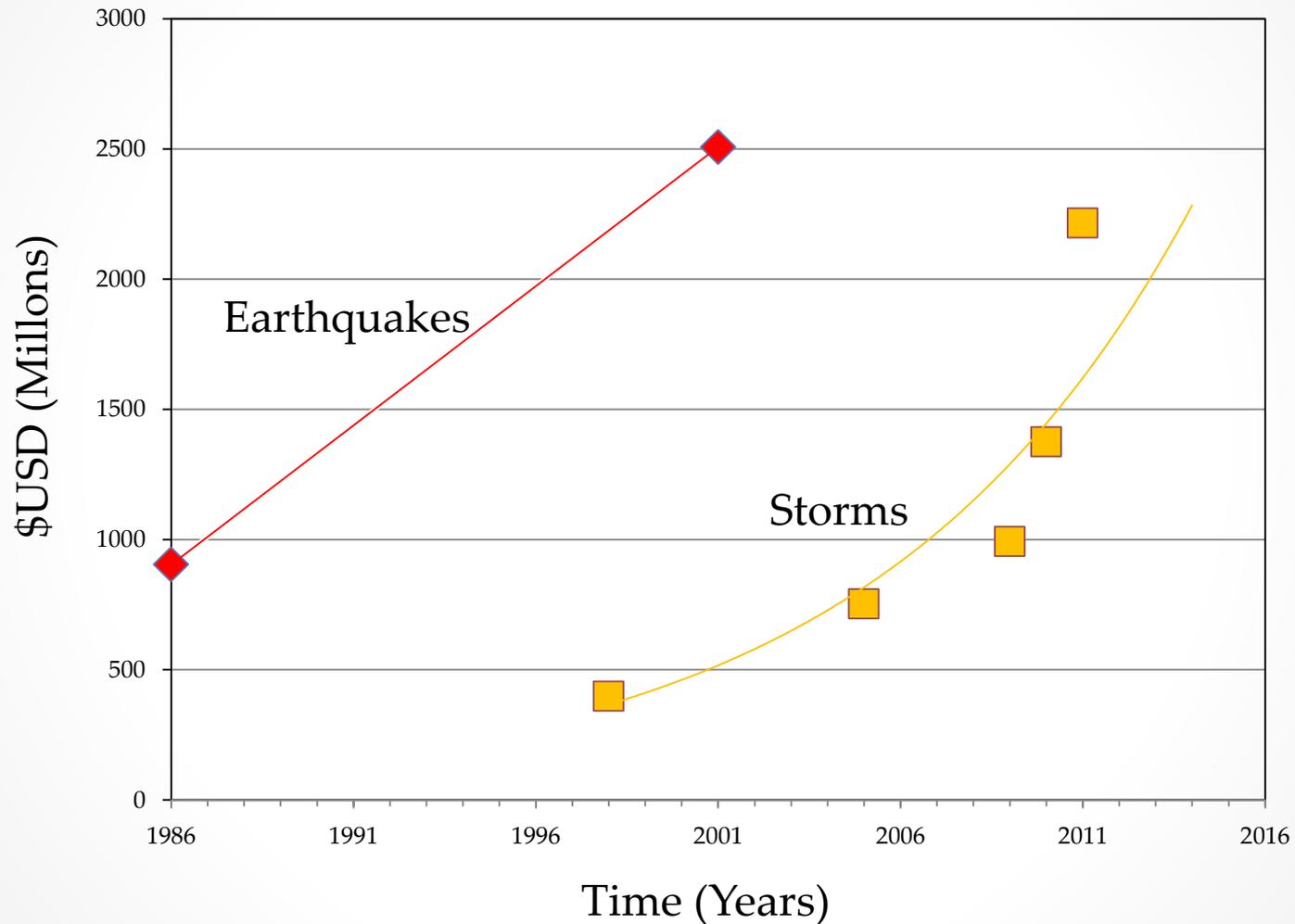
Evento	Año	Pérdidas Totales (en millones)	Pérdidas en Sector transporte	
			Monto (en millones)	Porcentaje sobre las pérdidas totales
Tormenta IDA	2009	USD \$315	USD \$118	37.5%
Tormentas Agatha, Alex, Matthew y Nicole	2010	USD \$159.8	USD \$53.0	33.2%
Tormenta 12-E	2011	USD \$840.4	USD \$226.4	27.0%
<b>TOTAL ACUMULADO</b>		<b>USD \$1,315.2</b>	<b>USD \$397.4</b>	

**Costo financiero de las tormentas de los años 2009 a 2011 en El Salvador.**

# IMPACTO ECONOMICO DURANTE LOS ULTIMOS AÑOS



# IMPACTO ECONOMICO DURANTE LOS ULTIMOS AÑOS



# Algunas condiciones que hacen vulnerable a una Comunidad ante los fenómenos naturales:

- Ubicación en territorios propensos (regiones multi-amenazas/condiciones topográficas)
- Desconocimiento de las características de los fenómenos naturales para la región.
- Débil organización comunitaria
- Escasez de infraestructura social
- Vocación degradante en los usos de suelo
- Instituciones débiles e irresponsables
- Políticas Nacionales y Locales excluyentes
- Normativas de diseño y construcción desactualizadas

# Ubicación geográfica AMSS: Cuenca del río Acelhuate

Área = 717 Km<sup>2</sup>

Representa el 3% del territorio nacional

En los departamentos de:

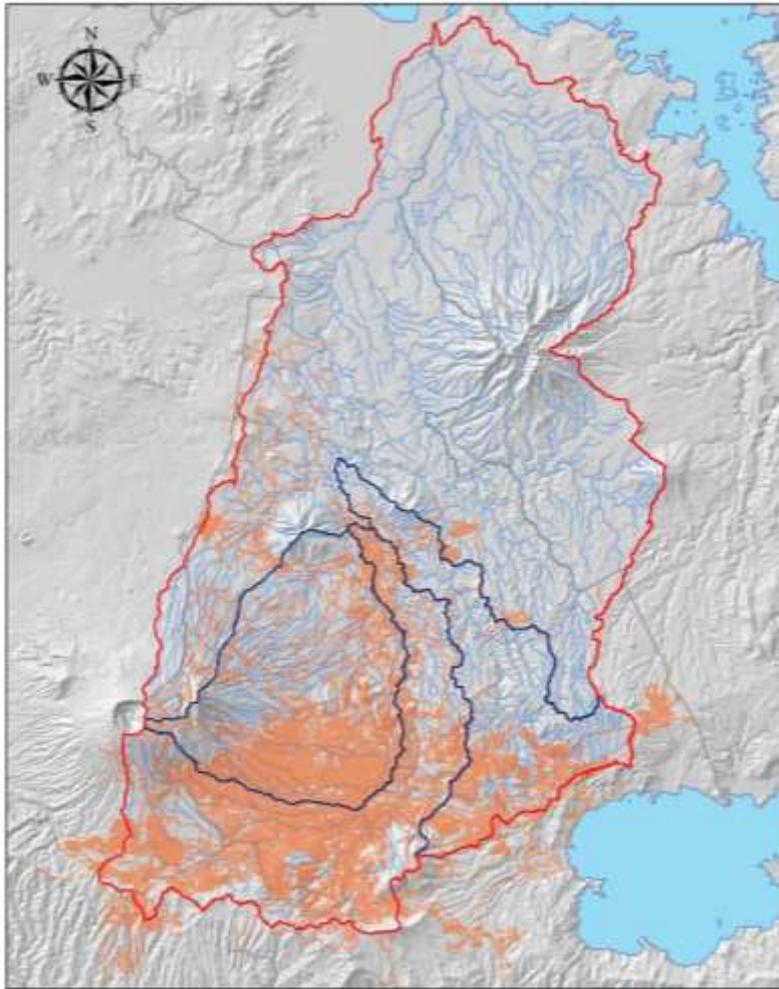
- San Salvador
- La Libertad
- Cuscatlán



DEPARTAMENTO	AREA	% AREA
Cuscatlán	188.78	26.33%
La Libertad	45.11	6.29%
San salvador	483.13	67.38%
Área total de cuenca	717.01	100%

Fuente: Iniciativa de restauración  
del río Acelhuate – DACGER/MOP  
- 2013

# Aspectos Generales de la cuenca del río Acelhuate

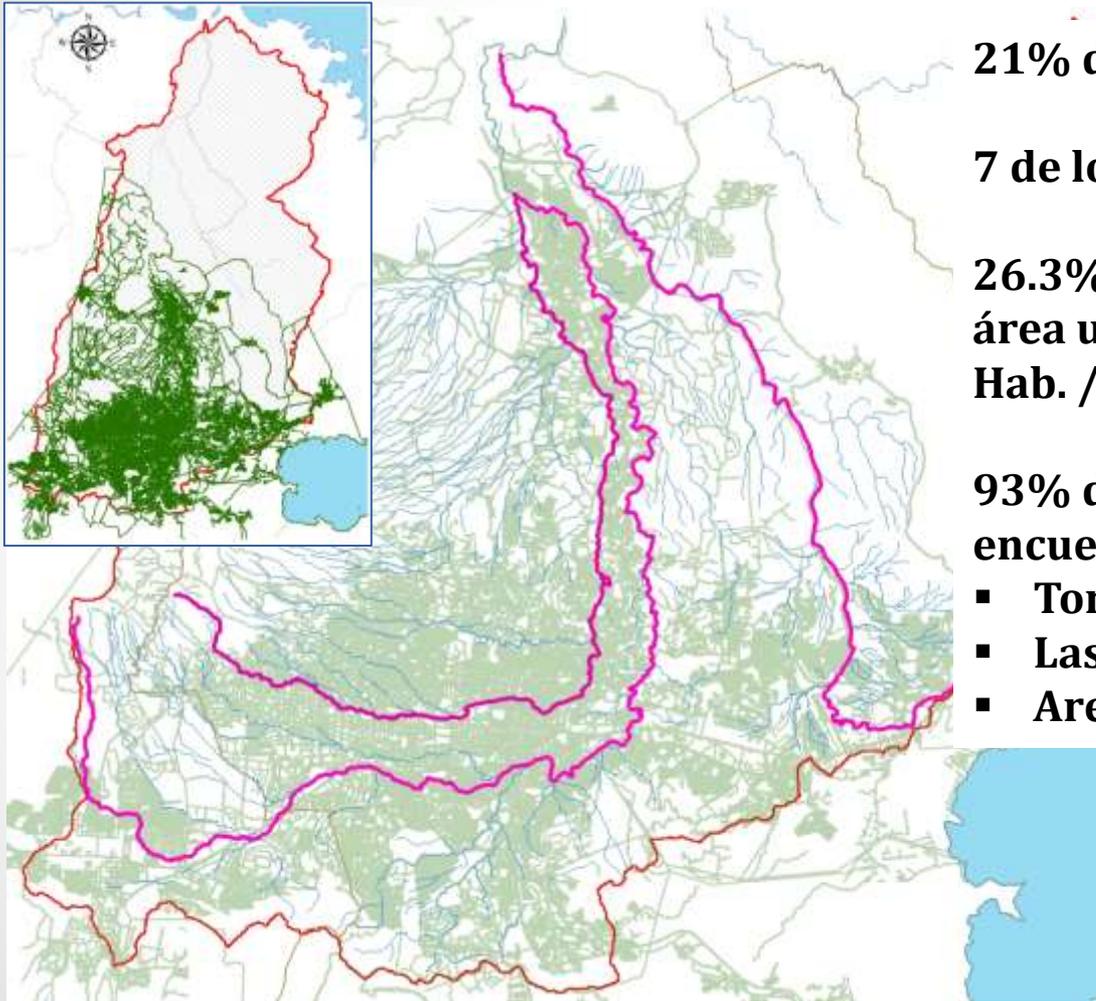


## Comprensión político administrativa municipal (25 municipios)

FID	MUNICIPIO	AREA	%AREA
1	AGUILARES	19.953	2.8%
2	GUAZAPA	64.971	9.1%
3	NEJAPA	73.318	10.2%
4	SAN JOSE GUAYABAL	61.883	8.6%
5	APOPA	54.443	7.6%
6	TONACATEPEQUE	68.106	9.5%
7	ORATORIO DE CONCEPCION	5.71	0.8%
8	SAN MARTIN	11.784	1.6%
9	DELGADO	34.454	4.8%
10	CUSCATANCINGO	3.424	0.5%
11	AYUTUXTEPEQUE	7.609	1.1%
12	MEJICANOS	20.116	2.8%
13	SOYAPANGO	25.364	3.5%
14	CUSCATANCINGO	1.605	0.2%
15	ILOPANGO	9.173	1.3%
16	SAN MARCOS	7.697	1.1%
17	PANCHIMALCO	0.002	0.0%
18	SAN MARCOS	0.072	0.0%
19	SUCHITOTO	121.185	16.9%
20	EL PAISNAL	11.91	1.7%
21	QUEZALTEPEQUE	8.424	1.2%
22	SAN SALVADOR	69.152	9.6%
23	NUEVA SAN SALVADOR	20.153	2.8%
24	ANTIGUO CUSCATLAN	16.186	2.3%
25	NUEVO CUSCATLAN	0.364	0.1%
	<b>Área total de cuenca</b>	<b>717.058</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Iniciativa de restauración del río Acelhuate – DACGER/MOP - 2013

# Aspectos Generales de la cuenca del río Acelhuate



**21% de Área se encuentra urbanizada.**

**7 de los diez municipios más poblados.**

**26.3% de la población del país vive en el área urbana del Acelhuate (1,566,629 Hab. / 1,513,102 Hab. urbanos).**

**93% del área urbana de la cuenca se encuentra dentro de las subcuencas:**

- **Tomayate**
- **Las Cañas**
- **Arenal Monserrat-Acelhuate**



UNITED NATIONS  
UNIVERSITY  
**UNU-EHS**  
Institute for Environment  
and Human Security

**Alliance  
Development Works**  
Brot

Focus: The city as a risk area



**WorldRiskReport  
2014**

## AVANCES IMPORTANTES

El Salvador ya no es el país más vulnerable del mundo, se movió ocho posiciones en positivo con respecto a 2009.

Lo anterior según datos del Informe Mundial de Riesgo de Las Naciones Unidas de 2014.



## Los 15 países mas expuestos a amenazas por fenómenos naturales

Country	Exp. (%)	Rank
Vanuatu	63.66	1
Tonga	55.27	2
Philippines	52.46	3
→ Japan	45.91	4
→ Costa Rica	42.61	5
Brunei Darussalam	41.10	6
Mauritius	37.35	7
→ Guatemala	36.30	8
→ El Salvador	32.60	9
Bangladesh	31.70	10
Chile	30.95	11
Netherlands	30.57	12
Solomon Islands	29.98	13
Fiji	27.71	14
Cambodia	27.65	15

## Los 15 países en mayor riesgo a desastres por fenómenos naturales

Country	Risk (%)	Rank
Vanuatu	36.50	1
Philippines	28.25	2
Tonga	28.23	3
→ Guatemala	20.68	4
Bangladesh	19.37	5
Solomon Islands	19.18	6
→ Costa Rica	17.33	7
→ El Salvador	17.12	8
Cambodia	17.12	9
Papua New Guinea	16.74	10
Timor-Leste	16.41	11
Brunei Darussalam	16.23	12
→ Nicaragua	14.87	13
Mauritius	14.78	14
Guinea-Bissau	13.75	15

# LA ESTRATEGIA DEL MOP

# ESTRATEGIA DEL MOP

## Creación de Unidades Estratégicas

### FORTALECIMIENTO TECNICO

DIRECCION DE  
ADAPTACION AL  
CAMBIO  
CLIMATICO Y  
GESTION  
ESTRATEGICA DEL  
RIESGO

DIRECCION DE  
INFRAESTRUCTUR  
A INCLUSIVA Y  
SOCIAL

### FORTALECIMIENTO SOCIAL

UNIDAD DE  
GESTION  
SOCIAL

UNIDAD DE  
GENERO

# PROGRAMA MASIVO DE OBRAS DE PROTECCION



- EL MOP y FOVIAL mantienen un programa de obras de protección, eliminado 594 cárcavas de 974 inspeccionadas.



Zona del Puente Eureka, San Salvador







La Campanera, Soyapango



Zona Franca -Arenal Seco entre Municipios  
de San Martín e Ilopango

# ESPACIOS PARA LA VECINDAD Y CONVIVENCIA: CIUDAD VERDE

- El MOP da un valor agregado a la obra con los progresos en el Programa Ciudad Verde o Ciudades Inclusivas, que añade una contribución del Ministerio al urbanismo verde y a la convivencia humana



# ESPACIOS PARA LA VECINDAD Y CONVIVENCIA: CIUDAD VERDE

- **Ciclo rutas:** Ahora, es posible desplazarse en bicicleta desde la Avenida Jerusalén hasta la Nueva Autopista Cañas. Por un circuito peatonal y ciclístico de 6 kilómetros



**Ciclo ruta Monseñor Romero**

# PROCESOS DE PARTICIPACION CIUDADANA

## Mecanismos de Participación Ciudadana:

1. Mesas técnicas inter e intra institucionales y ciudadanas
2. Asambleas informativas y resolutivas
3. Audiencias con titulares
4. Visitas de campo técnica-sociales
5. Teléfono abierto y redes sociales
6. Atención ciudadana personalizada
7. Rendición de Cuentas



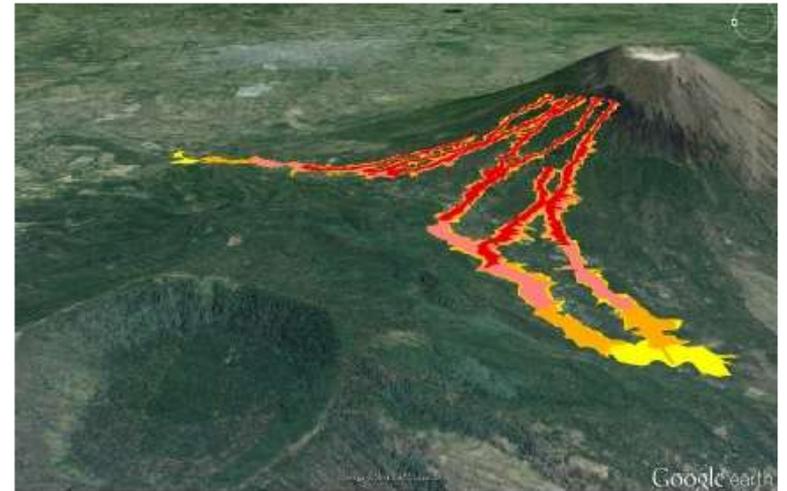
# GESTION DE RIESGOS DE LAHARES



Evaluación de Amenazas de Lahares,  
flanco Nor-Oeste del volcán Chaparrastique.

## Informe Final

Manuel A Escalante, Carles Fernández



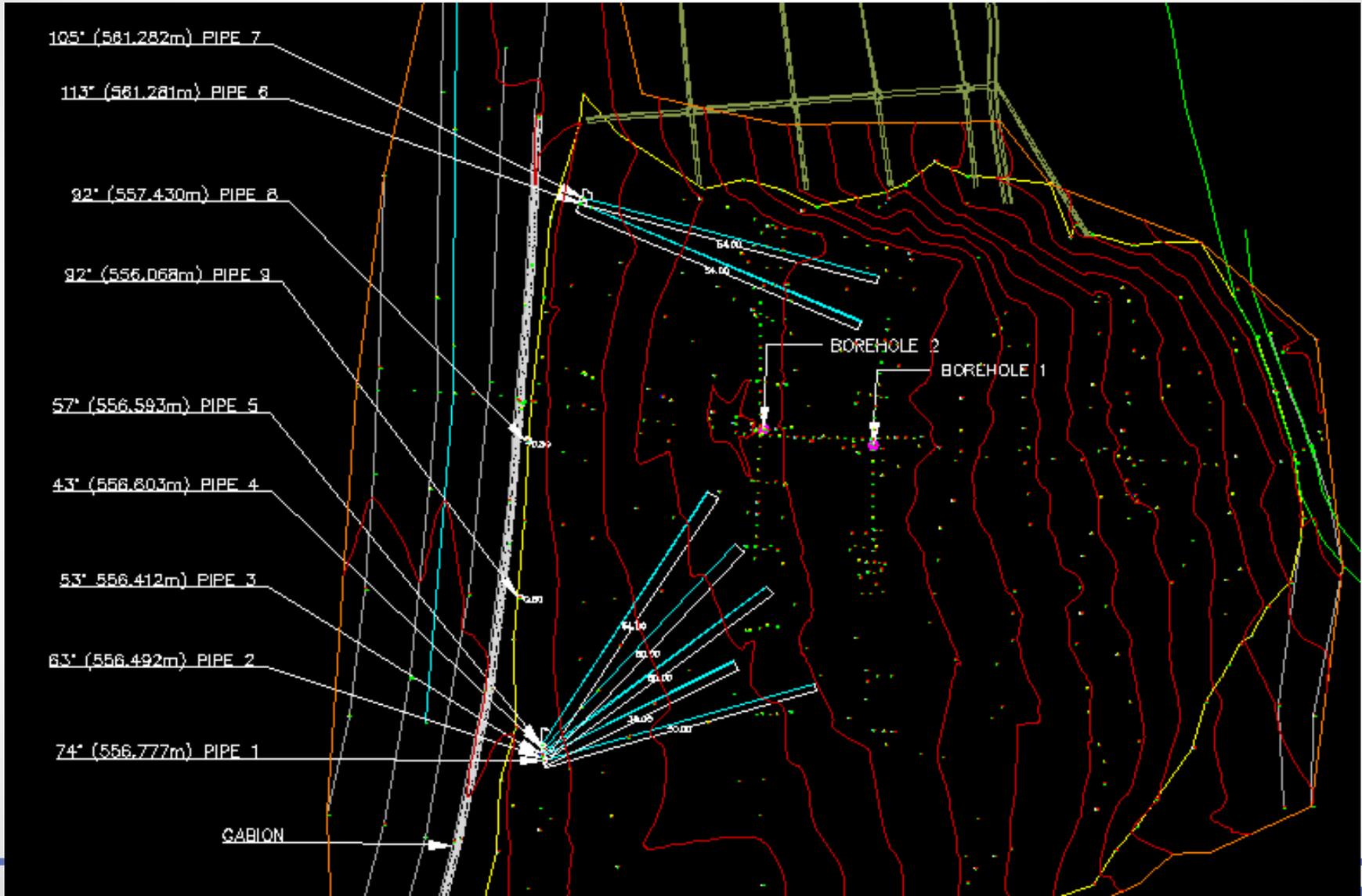
Mayo, 2014

# GESTION DE RIESGOS DE DESLIZAMIENTOS EN CARRETERAS

DESLIZAMIENTO EN RUTA SAL 38-E (carretera de  
Oro)



## horizontales



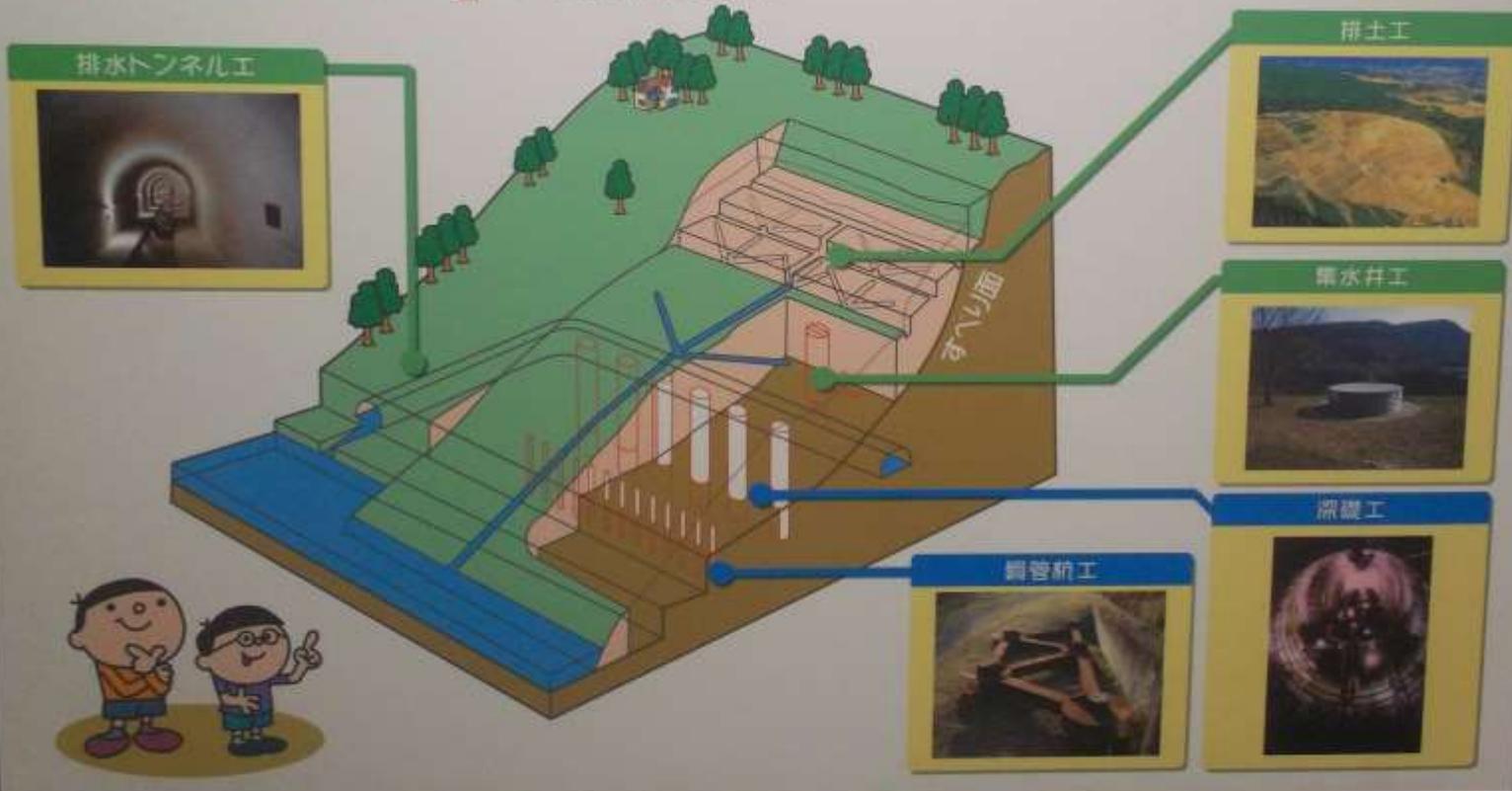


# 主な対策工事

## 世界に誇る ～地すべり防止技術～

地すべり対策工事は、地すべりの原因となる地形・地質・地下水などの自然条件を変化させて地すべり運動を停止もしくは緩和させる「抑止工」と、構造物によって移動土塊に抵抗し、地すべり運動の一部または全部を止めようとする「抑止工」があります。

亀の盾では、「抑止工」の代表的なものとしては「集水井工」「排水トンネル工」「排土工」があり、「抑止工」には「深礎工」「鋼管杭工」があります。



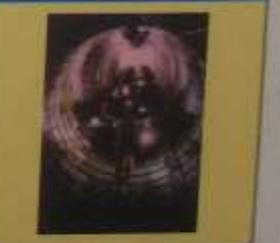
排土工



集水井工



深礎工



鋼管杭工



排水トンネル工





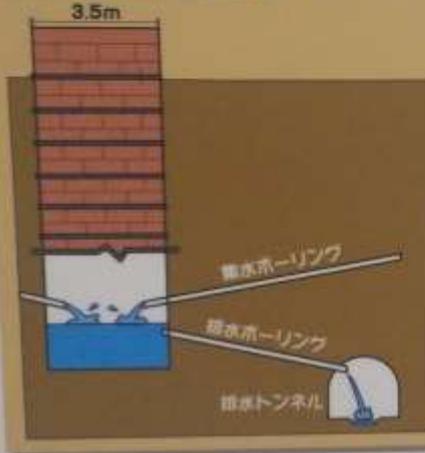
# 集水井工(抑制工)

## 集水井工

亀の瀬の集水井は、直径3.5m、深さ12~65mの穴を掘って作られたものです。穴が土の圧力で押しつぶされないよう、穴の周りには2.7mmの厚みのあるプレートを使用しています。

この穴の奥地には地下水を集めるための集水ホーリングが放射状にあり、半径約50m範囲の地下水がこの集水ホーリングを通して集められ、下方にある排水ホーリングから地すべりの外へ排水されています。

## 拡大すると...



集水井上部

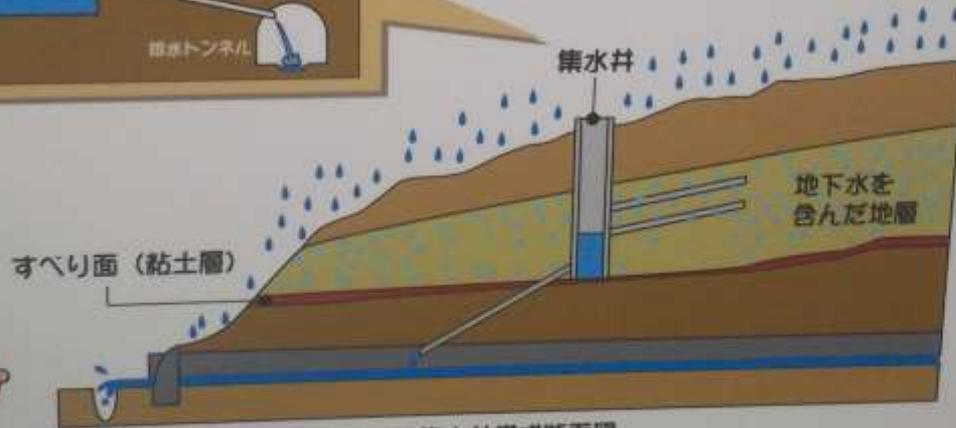


集水井内部



びっくり数字

亀の瀬には現在、約 **50** 基の集水井があるんだって!!



集水井模式断面図



亀の瀬集水井(39・40号)その2 他工事  
 私たちは、大地(農地・家屋・道路・河川)を守り  
 豊かで住みやすい農村空間を創造します。

発注者: 近畿地方整備局大和川河川事務所  
 施工者: 日特建設株式会社

スベリたくても  
 スベれない  
 ヤメデー。  
 集水井に吸い込まれる〜

集水井ボーリング

集水井  
 集水井  
 ボーリング  
 井

絶対  
 スベラセ  
 ないぞ!

もう  
 イタズラしちゃ  
 駄目だよ



# LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PUENTES



**LINEAMIENTOS BÁSICOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISEÑO DE PUENTES EN EL SALVADOR**

Subdirección de Puentes y Obras de Paso (SPOP)  
Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER)  
Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano de El Salvador (MOPTVDU)

Nuevo Puente Ateos, Sacacoyo, La Libertad

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES, VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO  
**EL SALVADOR**  
UNIDOS CRECEMOS TODOS

**DACGER**  
Adaptación - Mitigación - Resiliencia

**GENSAI**  
Fortaleciendo Capacidades para la Integración de Riesgos

**jica**

SEGUNDA EDICIÓN  
SAN SALVADOR, AGOSTO DE 2014

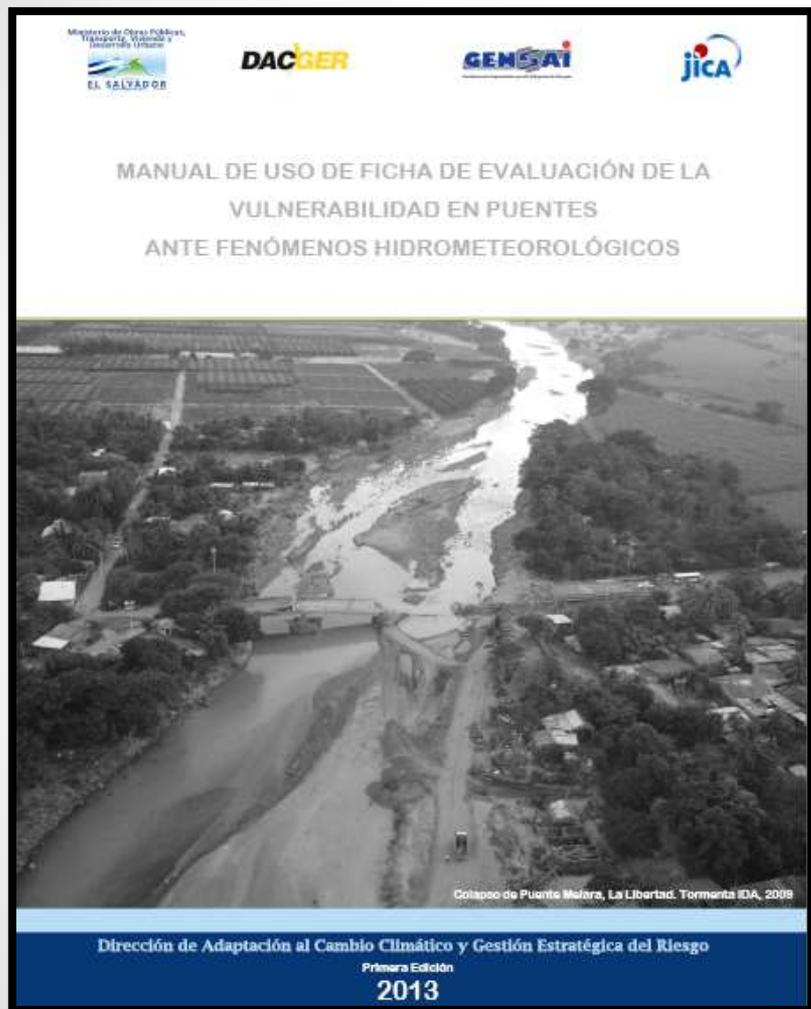


**TORMENTA AGATHA, 2010  
PUENTE SOBRE RIO PASAQUINA**

Al analizar los registros de daños, se puede dimensionar la magnitud de este problema, ya que entre un 68% y 82% de los problemas de funcionamiento de puentes sobre cauces fluviales se relacionan a factores relacionados con el flujo (“factores hidráulicos”).



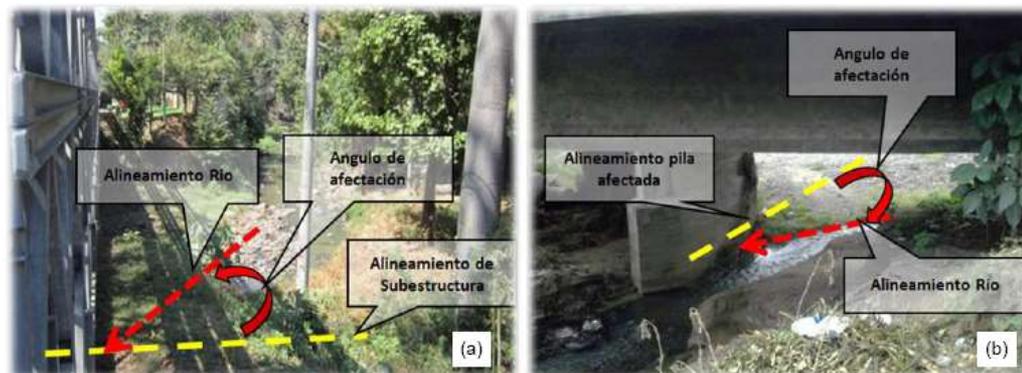
# Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo para el Reforzamiento de la Infraestructura Existente



Cuadro 7. Valores de calificación para el parámetro PPR6.

Rango de ángulo.	Calificación PPR6
1. $AC \geq 20^\circ$	0
2. $20^\circ > AC \geq 10^\circ$	5
3. $10^\circ > AC$	10

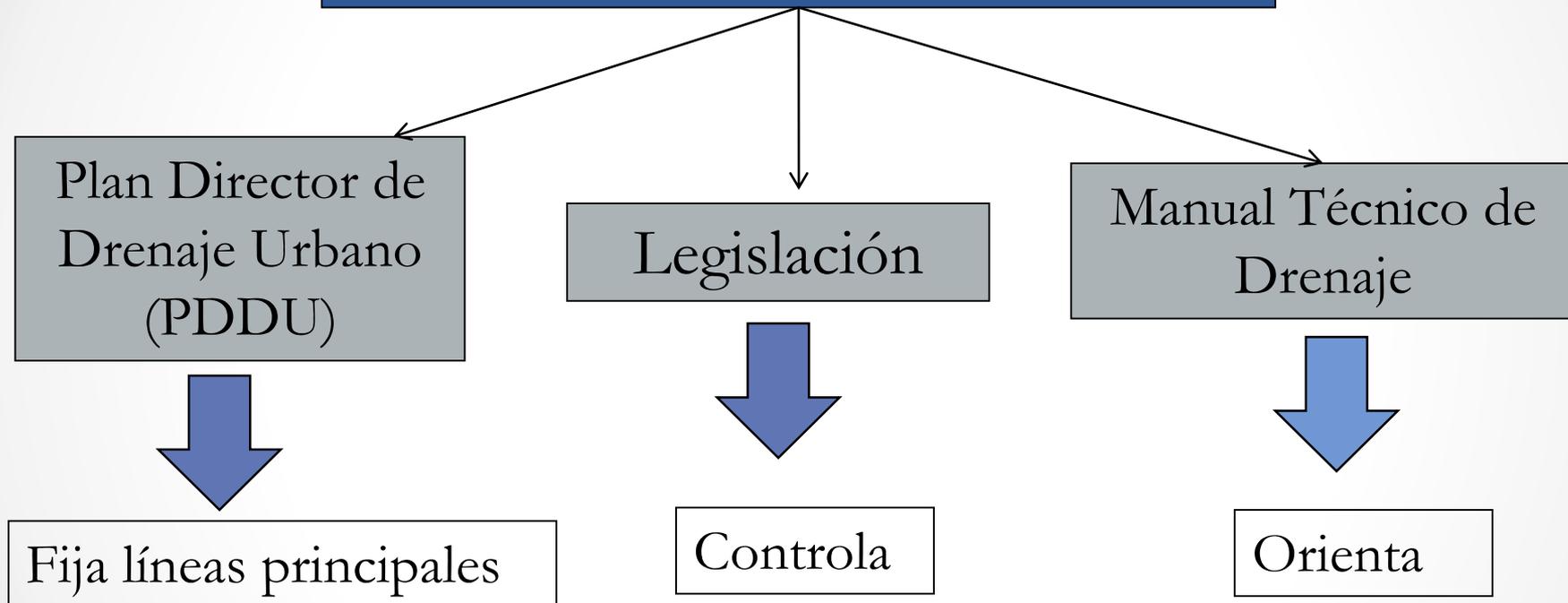
Fuente: Elaboración propia, El Salvador, 2013



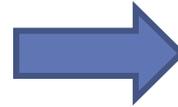
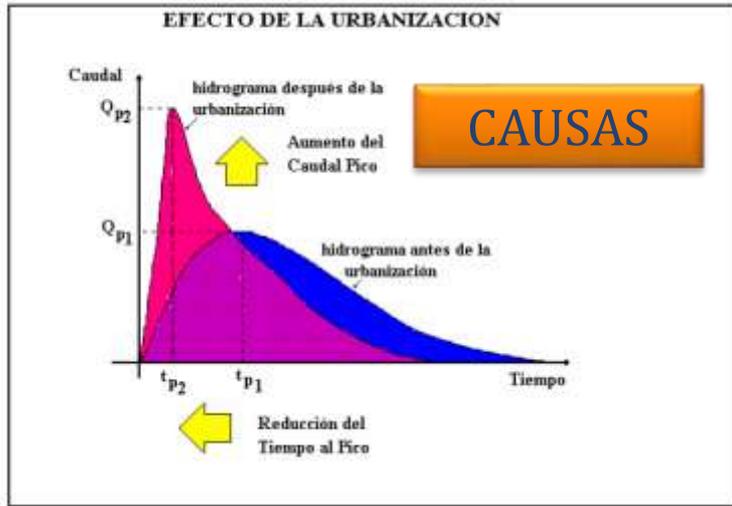
Fotografía 11. Ejemplos de ángulos de cruce o afectación entre alineamiento de subestructura de obras de paso y alineamiento de flujo. (a) Angulo de afectación normal del cauce del río respecto al alineamiento de la subestructura de la obra de paso (puente San Antonio, La Libertad) (b) Angulo de afectación local (puente Copapayo, Sonsonate).

# GESTIÓN INTEGRADA DE DRENAJES URBANOS

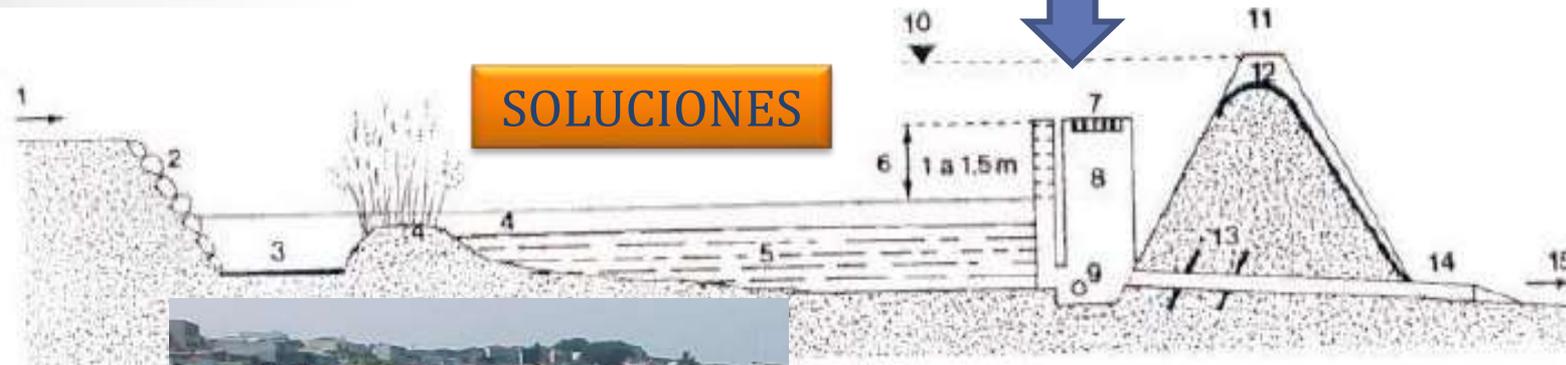
## PRODUCTOS NECESARIOS



# PROYECTO MOP-BID: CUENCA ARENAL MONSERRAT



**SOLUCIONES**



# PROYECTO MOP-BID:

## Construcción de Sistemas Lagunas Laminación

- Arenal Monserrat (Málaga):
  - 21 millones de dólares
  - Se encuentra en fase de factibilidad (identificación de sitios)
  - Proyectadas a ejecutar en 2016.

### Tipos de soluciones

- **Lagunas de retardo temporal del agua (pequeños volúmenes)**
- **Laguna de retención y reutilización de agua (grandes volúmenes).**
- **Lagunas con concepto paisajístico**
- **Sistema de control en la fuente (detención/ retención )**
- **Urbanizaciones de bajo impacto**
- **Etc.**

# UBICACIÓN DE SITIOS EN EVALUACION PARA LAGUNAS

Total de sitios = 7



# MANEJO INTEGRAL DE SISTEMAS DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS EN EL AMSS

**Propósito: Prevenir y/o mitigar el riesgo por inundaciones urbanas**

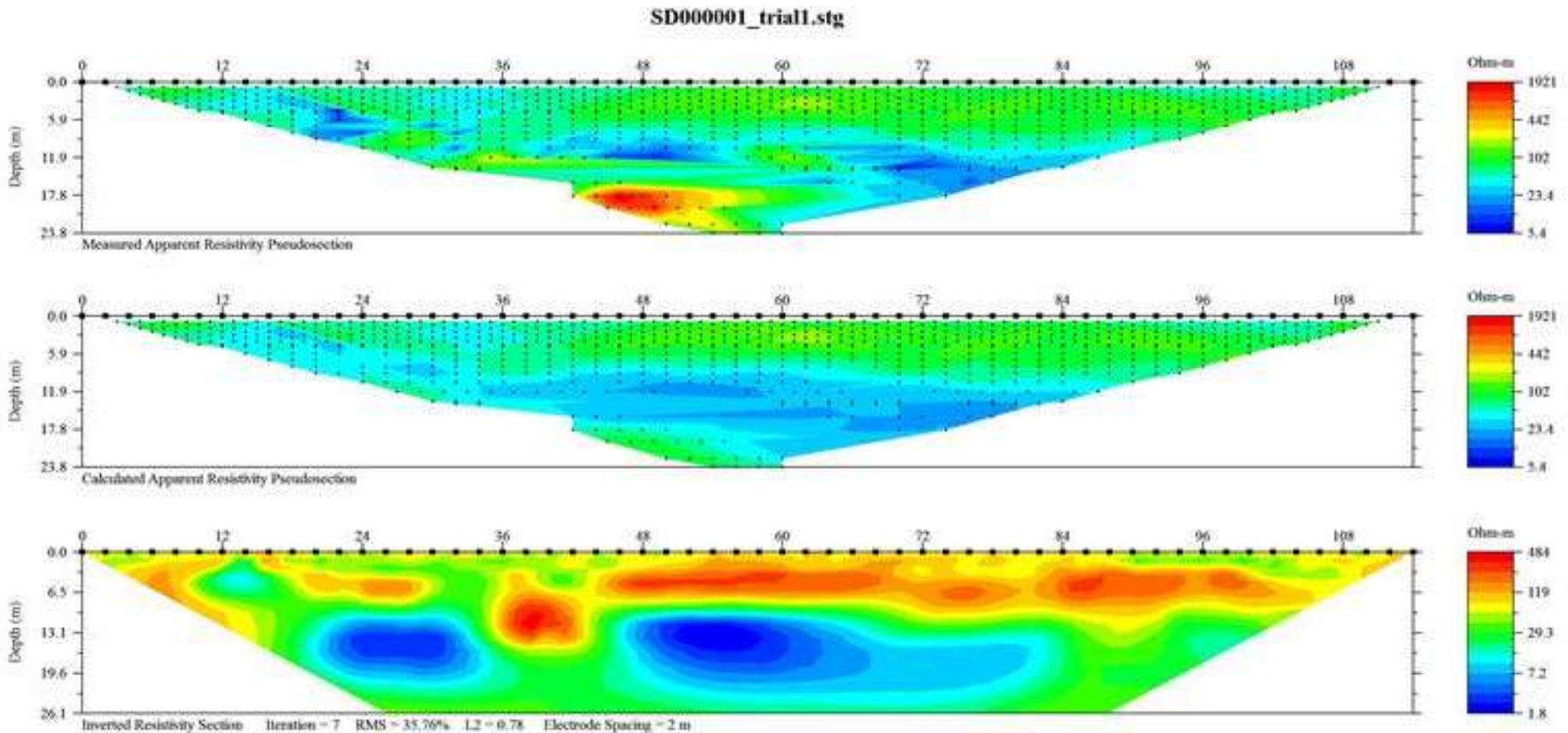
- **Plan piloto en una porción del área urbana de la ciudad de Santa Tecla,** realizando el inventario de las redes de aguas lluvias, recolectando información de la composición física de las diferentes estructuras hidráulicas del sistema.
- **Proyecto piloto en la colonia Escalón de San Salvador** con el objetivo de analizar la condición estructural de la tubería y así poder realizar acciones preventivas ante posibles colapsos de las tuberías



## Sector Norponiente de San Salvador



## Sector Norponiente de San Salvador





100.00 10.00.1.1

100.00 10.00.1.1



# PROBLEMÁTICA EN BOVEDAS





**PRECAUCION**

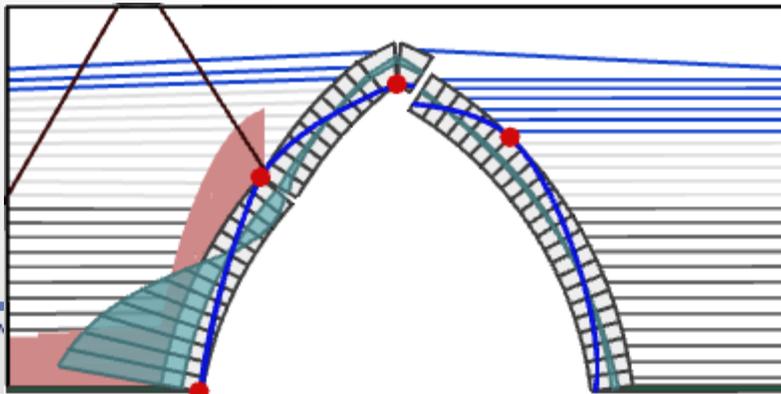
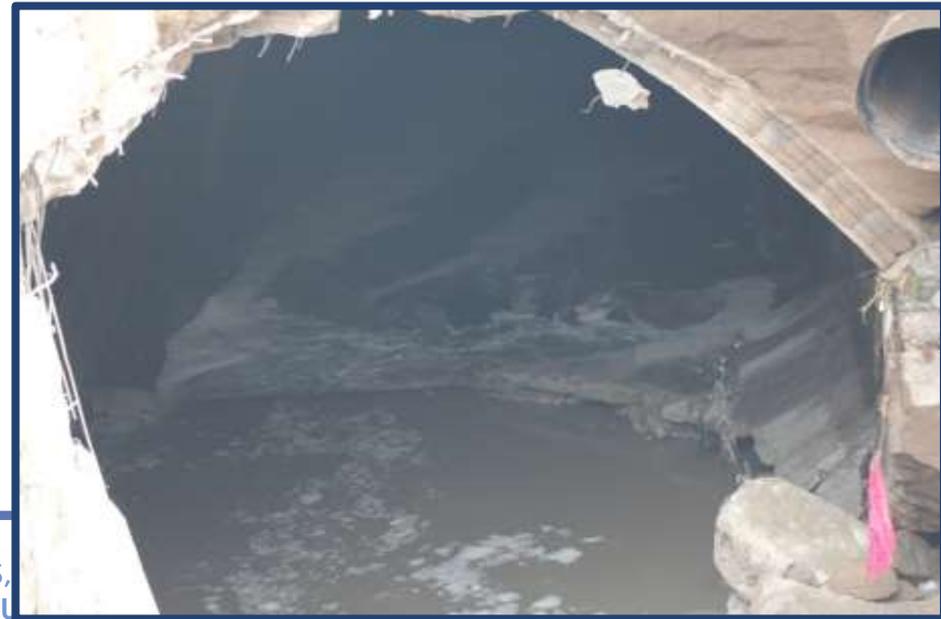
**PRECAUCION**

**PRECAUCION**

# Bóveda Brisas de San Francisco









# FORO PERMANENTE PARA LA REDUCCION DE LAS VULNERABILIDADES

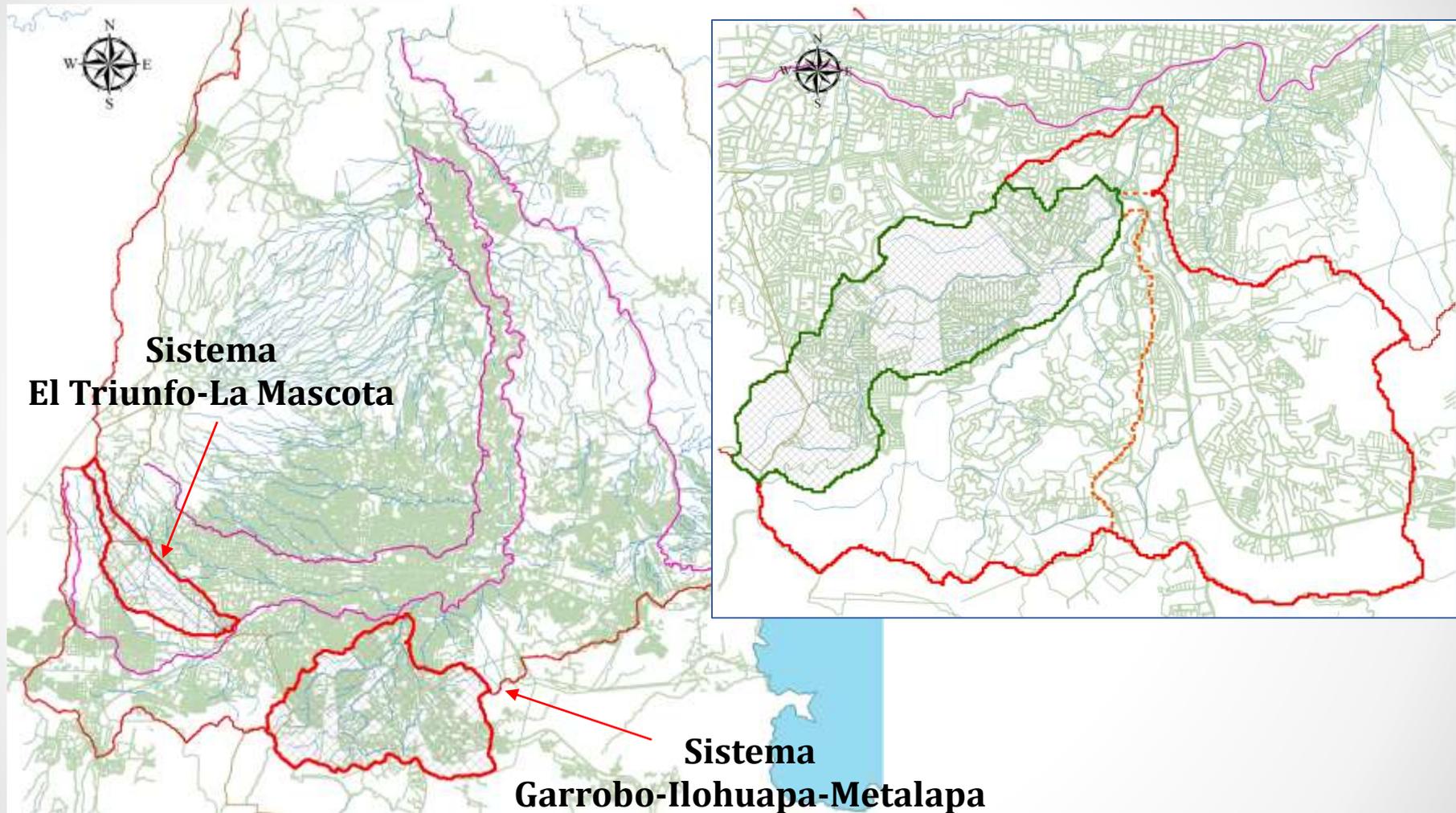
Proyecto:

## INICIATIVA DE RESTAURACION DEL RÍO ACELHUATE

PLAN PILOTO DE RESTAURACIÓN DE QUEBRADA EL GARROBO



# Proyecto piloto MOPTVDU



# Proyecto piloto MOPTVDU



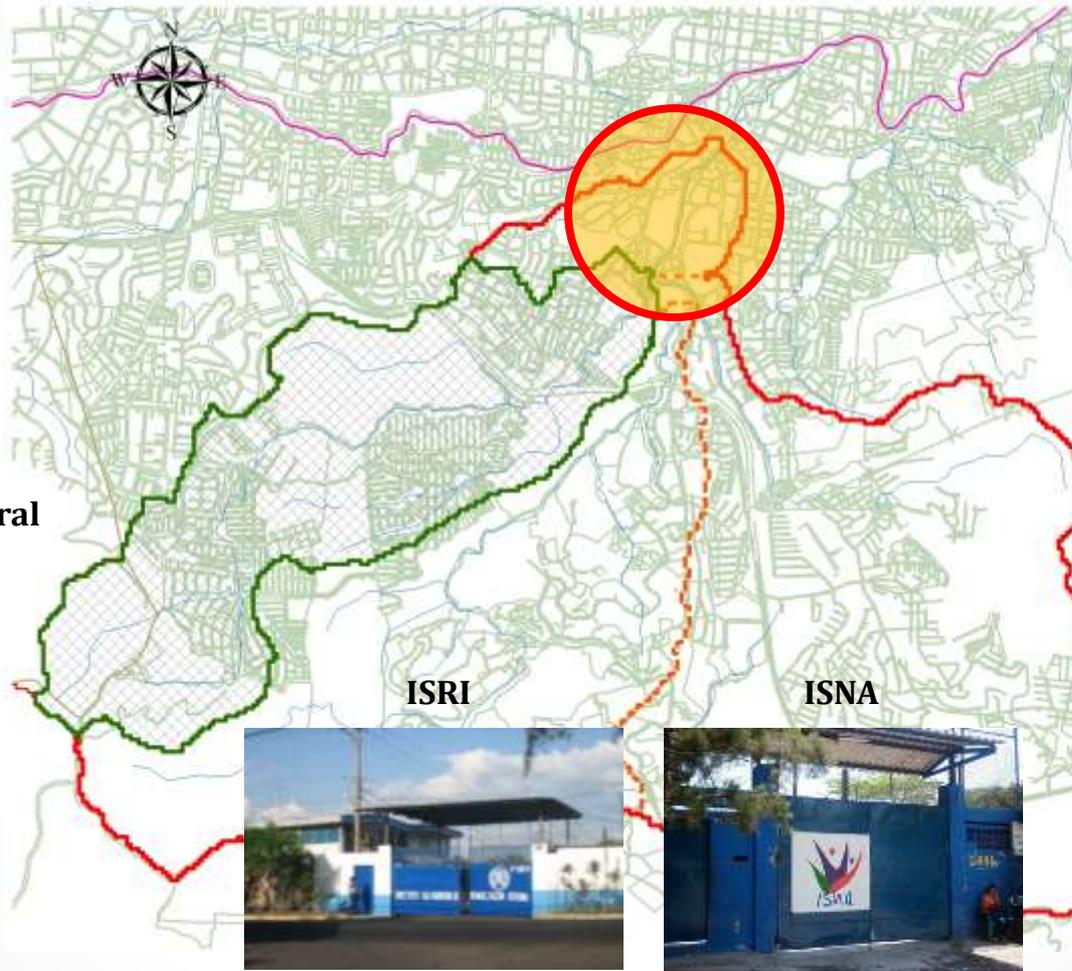
**Parque Samuro Hirao**



**Museo de historia natural**



**Museo Militar de ES**



**Zoológico Nacional**



**Museo es CAPRES**



**Complejo deportivo El Polvorin**



Iniciativa de restauración del río Acelhuate  
Ministerio de Obras Públicas, transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano.

# Renovación urbano-paisajista

## Mirador Quebrada El Garrobo



El mirador se encuentra sobre el Blv. Orden de Malta, a la altura de La Quebrada El Garrobo.

El diseño del mirador respeta la vegetación existente ya que se ha conceptualizado de tal manera que en vez de invadir el terreno; este, se adentre en la vegetación y los árboles existentes.

La forma obedece a los límites de derechos de vía pertenecientes a este Ministerio que fueron adquiridos para poder la construcción del bulevar.



Iniciativa de restauración del río Acelhuate

Ministerio de Obras Públicas, transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano.

# METODOLOGÍA PARA VALORACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO EN CARRETERAS

Ministerio de Obras Públicas,  
Transporte, Vivienda y  
Desarrollo Urbano



**DACGER**

## QUE ES DACGER?

**DACGER**

## ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

Amenaza:

Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa **que pueden ocasionar** la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

También conocido como **Peligrosidad**, se caracteriza por la probabilidad de ocurrencia y magnitud de manifestación.

Vulnerabilidad:

Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen **susceptibles a los efectos dañinos** de una amenaza.

## ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

Exposición:

Cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados

Riesgo:

La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Riesgo de desastre:

Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro

## ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

### Resiliencia:

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

### Prevención:

La evasión absoluta de los impactos adversos de las amenazas y de los desastres conexos.

### Mitigación:

La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines.

## ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

Capacidad:

La combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden utilizarse para la consecución de los objetivos acordados.

## La Metodología – El marco de trabajo

“Esencialmente, todos los modelos son incorrectos, pero algunos son útiles”

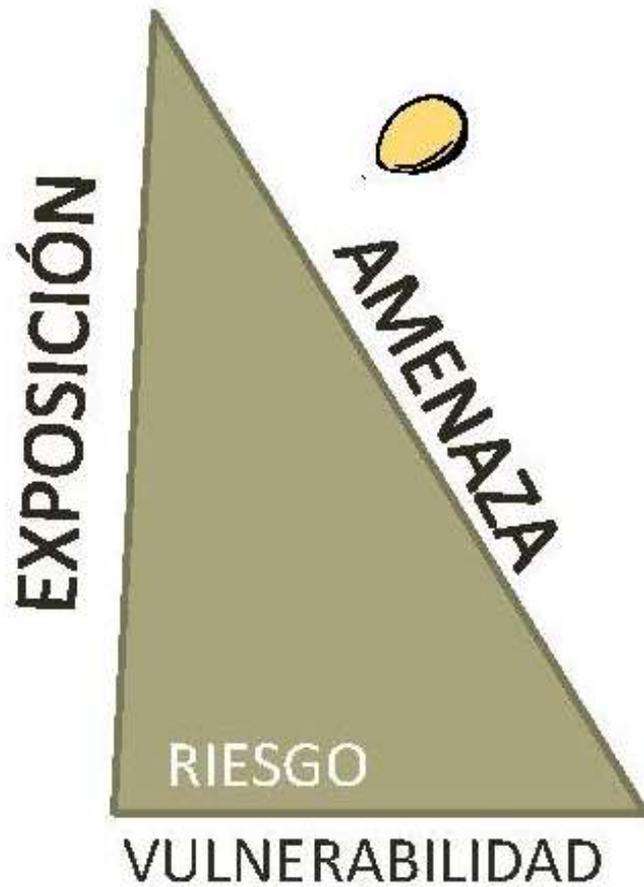
George E. P. Box



## La Metodología – Los componentes de una evaluación



## La Metodología – El balance de los componentes



# Gestión Integral del Riesgo

Evaluación del Riesgo como herramienta para la toma de decisiones



# ELEMENTO CLAVE DE UNA ESTRATEGIA INTEGRAL PARA

## GESTIONAR RIESGO DE DESASTRES



# METODOLOGÍA



# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

Amenazas consideradas:

Para el análisis se ha considerado como amenazas que podrían afectar el funcionamiento de la red vial principalmente las **inundaciones y los deslizamientos**, sin embargo podría ampliarse el análisis a otras amenazas como erupciones volcánicas y terremotos por ejemplo.



# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

## *Caracterización de Inundaciones:*

En el estudio de inundaciones, **el sujeto de análisis es el río o quebrada** correspondiente incluida dentro de una cuenca hidrográfica. Por lo tanto es importante y necesario conocer la cuenca en todos sus aspectos.

Una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico es la **morfometría** de cuencas

Se estudian parámetros morfométricos como:

- Índice de Gravelius
- Rectángulo equivalente
- Curva hipsométrica
- Densidad de drenaje
- Tiempo de concentración

# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

## *Caracterización de Inundaciones:*

**Análisis probabilístico de precipitaciones**

**Calculo de caudales.**

**Amenaza por inundación.**

Para establecer la amenaza por inundación, se determina la intensidad y la frecuencia de la inundación.

# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

## Caracterización de Inundaciones:

■ Muy alta 
 ■ Alta 
 ■ Media 
 ■ Baja

	Inundaciones estáticas	Inundaciones dinámicas				
Muy alta	$H > 1.5$	$H * V > 6$	0.25	0.5	0.75	1
Alta	$0.5 < H < 1.5$	$3 < H * V < 6$	0.19	0.38	0.56	0.75
Media	$0.25 < H < 0.5$	$1.5 < H * V < 3$	0.13	0.25	0.38	0.5
Baja	$H < 0.25$	$H * V < 1.5$	0.06	0.13	0.19	0.25
H=profundidad del flujo en m			Baja	Media	Alta	Muy Alta
H*V=profundidad * velocidad del flujo			>50	15-50	5-15	1-5
			Frecuencia Tr (años) →			

Tomado del manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales, Instituto nacional de Defensa Civil, Lima, 2011

# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

## *Caracterización de Movimientos de ladera:*

Los movimientos de ladera, o movimientos masivos de rocas y material no consolidado, tal como suelos, lodo y derrubio volcánico, suponen un riesgo importante para la población. Según datos de la OEA (Organización de Estados Americanos), los movimientos en masa fueron los causantes del 17% de los desastres en Centroamérica durante el período 1960-1995, detrás de las inundaciones que supusieron el origen del 68% de los desastres.

La determinación de la susceptibilidad a deslizamientos se puede realizar por diversos métodos, Método heurístico, método estadístico, método determinístico

# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

## *Caracterización de Movimientos de ladera:*

La periodicidad de que un deslizamiento suceda, **puede vincularse con el factor condicionante que lo genera.**

Así la periodicidad podrá calcularse analizando la precipitación correspondiente.

En cuanto a **la intensidad del deslizamiento**, una de las variables que puede usarse es el **volumen de material movilizado.**

# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS

## *Caracterización de Movimientos de ladera:*

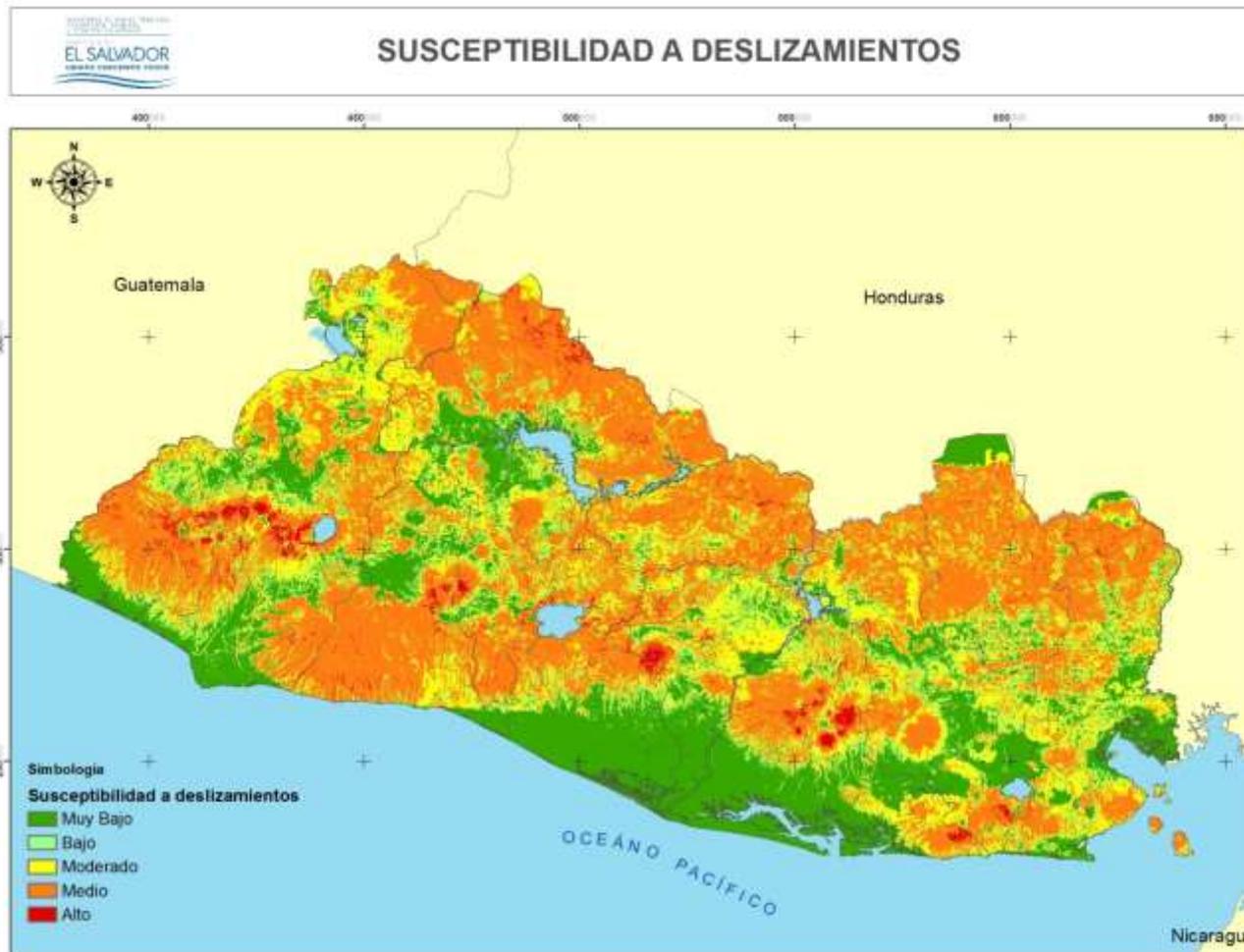
		volumen (m3)				
Intensidad ↑	Muy alta	>5000	0.25	0.5	0.75	1
	Alta	500-5000	0.19	0.38	0.56	0.75
	Media	100-500	0.13	0.25	0.38	0.5
	Baja	<100	0.06	0.13	0.19	0.25
			Baja	Media	Alta	Muy Alta
			>200	50-200	10-50	1-10
			Frecuencia Tr (años)			

Modificado de Inestabilidad de laderas, Mapas de amenaza, Recomendaciones técnicas para su elaboración, INETER, Managua, 2005

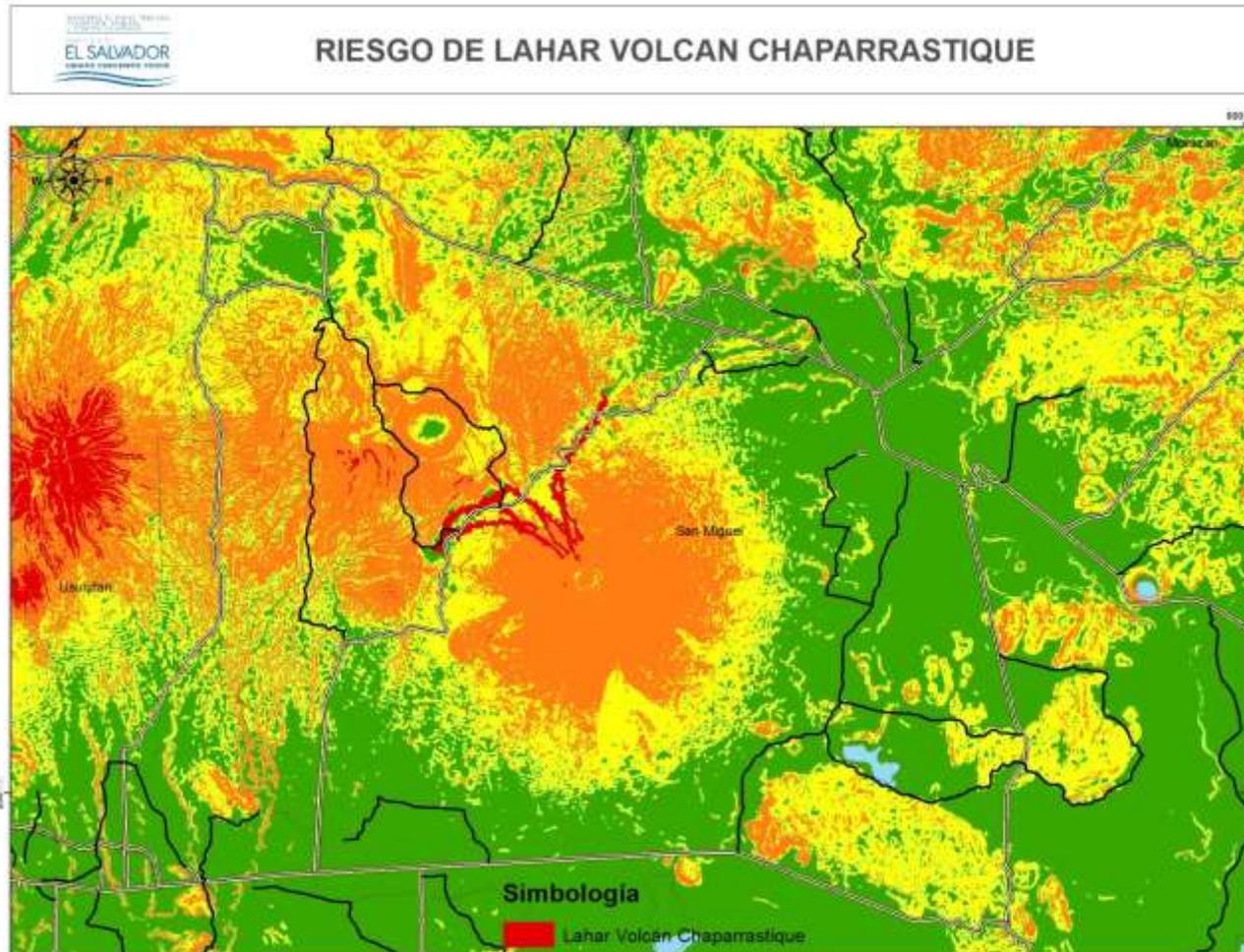
# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS



# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS



# CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS



# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

En el sistema de transporte de carreteras, la vulnerabilidad se puede enfocar como la **susceptibilidad a sufrir “incidentes”** que resulten en una **reducción del servicio** de la red de transporte.

*La estimación de la vulnerabilidad se propone desde tres aspectos*

1. La Estructura
2. La Naturaleza
3. El Tráfico

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## La Estructura

Relacionada con la construcción misma de la infraestructura o características propias de la vía en estudio

Conectividad, Pendiente, Curvatura, Tuneles, Puentes, Ancho de la vía, etc.

## La Naturaleza

Aquellos elementos naturales que pueden incidir en la estructura

Inundaciones, deslizamientos, avalanchas, caídas de rocas, terremotos, erupciones, etc.

## El Tráfico

Relacionado con esto podemos mencionar la velocidad, circulación de carga pesada, accidentes, limpieza, señalización, etc.

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

*La estimación de riesgo* puede aproximarse desde el punto de vista de los daños que se puedan sufrir.

Calcular el riesgo conlleva algo de incertidumbre. Incluso si las probabilidades y los daños son teóricamente medibles de forma científica.

Conociendo las dos variables (**daños y probabilidades**) podemos establecer un rango amplio de combinaciones: desde **pequeños accidentes** que tienen una **recurrencia elevada**, hasta **graves daños** que se repiten **con muy poca frecuencia**. Esto se puede representar en una matriz llamada de riesgo

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

Probabilidad ↑	Alta	C	B	A	A
	Media	C	B	B	A
	Baja	D	C	B	B
	Muy baja	D	D	C	C
		Baja	Media	Alta	Muy Alta
		Daños potenciales →			

Esto definiría una recta que iría de la esquina superior izquierda de la matriz donde los eventos son muy probables pero causan pocos daños; a la esquina inferior derecha, donde los eventos son muy poco probables pero los daños serían muy considerables.

**Las estructuras que quedan por encima de esa línea, deberían ser consideradas como prioritarias** para realizar algún tipo de actuación que reduzca su riesgo.

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Estimación de la vulnerabilidad*

Se plantean algunos indicadores potenciales que deben ser discutidos y consensuados para su aplicación.

	Estructura	Natural	Tráfico
Tramos viales	Número de puentes, sinuosidad, pendiente máxima, estado de la rodadura...	Exposición a diferentes tipos de fenómenos como inundaciones, movimientos de ladera, sismos o erupciones volcánicas...	Tráfico promedio diario anual, espera por cierre de calle, accidentalidad, conectividad, intervenciones anuales por obra...
Puentes	Estado de la rodadura, material de construcción, sismoresistencia, carga máxima,...	Sección caudal de paso, material subyacente, exposición a amenazas	Espera por cierre de puente, alternativas de conectividad...

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Estimación de la vulnerabilidad*

A pesar que el **elemento de estudio** más simplificado son **los tramos viales y los puentes** como estructuras de la red de transporte, la definición de vulnerabilidad también tiene que tener en cuenta la conexión o conectividad entre un punto de origen y otro de destino.

Por lo tanto **un elemento de la red será más vulnerable, si la pérdida de un pequeño número de conexiones, hace disminuir significativamente la posibilidad de acceso a ese elemento.**

De ahí que deban contemplarse también elementos como la conectividad y la sectorización.

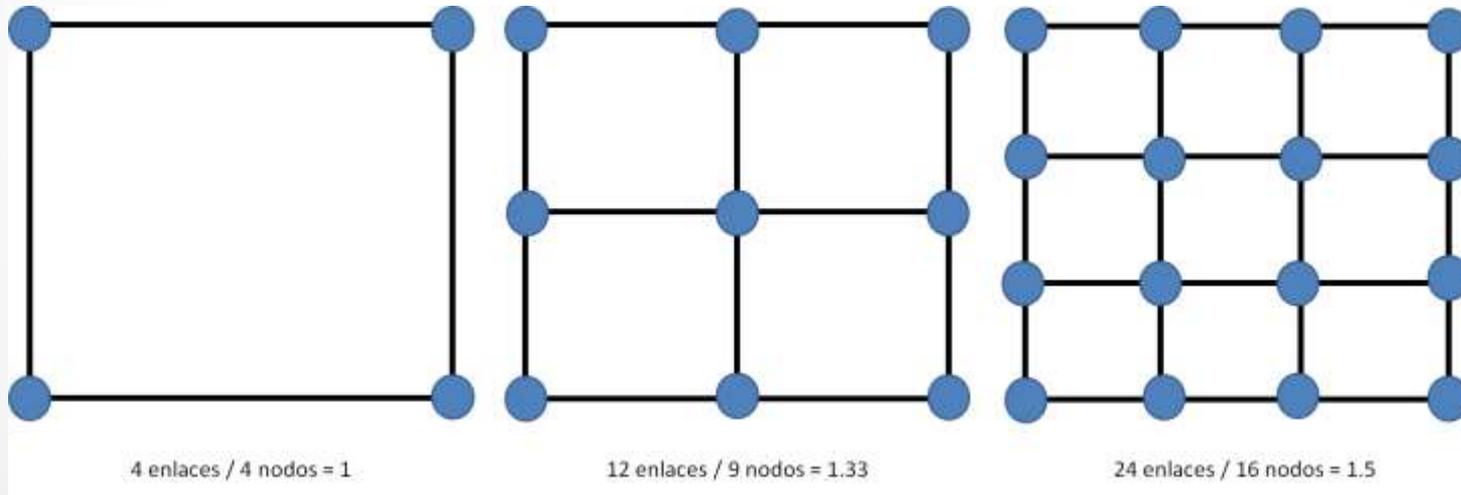
Bajo este concepto, *una vía con poca circulación de vehículos pero que sea la única que comunique una zona rural con un hospital, puede tener una vulnerabilidad mayor que una vía principal donde su conectividad es mucho mayor.*

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Estimación de la vulnerabilidad*

Para calcular la conectividad se propone dividir el número de enlaces del sistema entre los nodos del mismo.

**Un número alto** en esta relación significaría que un usuario tiene a su disposición **numerosas alternativas** para llegar de un punto a otro de la red.



# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Estimación de la vulnerabilidad*

En EEUU, por ejemplo se plantea como objetivo principal proteger y asegurar la conectividad de la infraestructura crítica y recursos clave.

*Buscando de esta manera que no se interrumpa el funcionamiento del gobierno y de la economía y evitar mayores consecuencias que las causadas por el mismo siniestro.*

El manejo del riesgo que se plantean consiste en identificar los riesgos a los que se encuentran expuestas estas infraestructuras y **disminuir sus vulnerabilidades por medio de una priorización** de las mismas

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Índice de vulnerabilidad de puentes*

A diferencia de los tramos viales, que se pueden representar por segmentos lineales de mayor o menor longitud, en el caso de los puentes, tratamos con puntos concretos. Son nodos de conexión entre tramos.

Un colapso de un puente, puede alterar la total comunicación entre dos tramos viales. De ahí su importancia tanto individual como en el conjunto de la red, ya que si un puente está ubicado en una vía prioritaria, asimismo lo será él.

Para establecer un índice de vulnerabilidad de puentes se han utilizado una serie de variables resumidas en una ficha de aplicación de campo, entre las cuales se pueden mencionar:

Cambios históricos en el cauce, ángulo de cruce, protección de las márgenes, degradación del cauce, agradación del cauce, tipo de fundación, etc.

En la ficha se distinguen todas las variables utilizadas.

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

Variables	Valor	Categorías	Explicación
Geomorfología general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llano de Valle</li> <li>• Abanico aluvial</li> <li>• Plano aluvial</li> <li>• Área montañosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendientes entre 5 y 15%</li> <li>• Pendientes entre 15 y 30%</li> <li>• Pendientes &lt; 5%</li> <li>• Pendientes &gt;30%</li> </ul>
Cambios históricos del curso del río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aplicable</li> <li>• Fuera de la longitud del puente</li> <li>• Adentro de la longitud del puente</li> </ul>	Existencia de cauces antiguos o secundarios del río que estén cercanos al curso actual.
Porciones estrechas en curso del río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aplicable</li> <li>• Natural</li> <li>• Por estructuras artificiales</li> </ul>	Cambio en el ancho de la sección transversal del cauce de un río.
Longitud de Puente más Corta que el Ancho del Río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aplicable</li> <li>• Aplicable</li> </ul>	Longitud total de los vanos de la obra de paso es menor que el ancho del cauce visible del río
Posición del Puente Respecto de la Dirección del Río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> <li>• 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacia aguas arriba, en el canal con revestimiento</li> <li>• Hacia aguas arriba, canal localizado dentro de 10 m de distancia hacia sección en tramo recto sin revestimiento.</li> <li>• Hacia aguas arriba, canal localizado dentro de 10 m de distancia hacia sección en curva sin revestimiento</li> <li>• Sección en tramo recto</li> <li>• Sección en curva (meandro)</li> </ul>	Relaciona la ubicación del puente respecto al alineamiento en planta del río.
Angulo de Cruce (AC) de la Subestructura del Puente Respecto a la Dirección del Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>AC &lt; 10^\circ</math></li> <li>• <math>20^\circ &gt; AC \geq 10^\circ</math></li> <li>• <math>AC \geq 20^\circ</math></li> </ul>	Considerar el ángulo observable del alineamiento normal del cauce del río respecto a la subestructura del puente. Y el ángulo del flujo permanente observable en el río que esté afectando algún elemento específico de la subestructura del puente
Protección de los márgenes del río por obras de revestimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> <li>• 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimiento sin deformación general</li> <li>• Revestimiento con deformación menor</li> <li>• Revestimiento con deformación severa</li> <li>• Sin revestimiento con erosión menor</li> <li>• Sin revestimiento con erosión severa</li> </ul>	Condiciones de las protecciones de los márgenes del río contiguo a la obra de paso, tanto aguas arriba como aguas abajo de este.
Tipo de fundación en contacto con estrato base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pozo de Cimentación</li> <li>• Grupo de Pilotes</li> <li>• Zapata Aislada</li> <li>• Desconocida</li> </ul>	Evalúa la presencia de los tipos de fundaciones en los apoyos intermedios de los puentes: Pozo de cimentación, grupo de pilotes y zapata aislada.
Fundación Cimentada en Estrato Rocoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocido o no aplicable</li> <li>• Aplicable</li> </ul>	Evalúa específicamente si los suelos de cimentación son estratos rocosos, u otro tipo de estratos resistentes al flujo y arrastre del río.
Relación de Profundidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4</li> <li>• 3</li> <li>• 2</li> <li>• 1</li> <li>• 0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>RP &lt; 0.10</math> o desconocido</li> <li>• <math>0.10 \leq RP &lt; 0.50</math></li> <li>• <math>0.50 \leq RP &lt; 1.00</math></li> <li>• <math>1.00 \leq RP &lt; 1.50</math></li> <li>• <math>1.50 \leq RP</math></li> </ul>	Relación entre la profundidad de desplante de las fundaciones de los apoyos intermedios y el ancho del mismo en sentido transversal al río, perpendicular a la dirección del flujo del mismo.
Protección contra erosión/socavación en el cauce del río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> <li>• 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras de protección en todo el ancho del río, aguas arriba y aguas abajo.</li> <li>• Obras de protección en todo el ancho del río, hacia aguas abajo.</li> <li>• Obras de protección en todo el ancho del río, hacia aguas arriba.</li> <li>• Obras de protección parcialmente en ancho del río.</li> <li>• No existen, y la altura de caída es menor que 1.00 m.</li> <li>• No existen, y la altura de caída es mayor que 1.00 m.</li> </ul>	Presencia de obras de protección contra los efectos de socavación hacia los apoyos intermedios, que por lo general se ubican a nivel del cauce del río.

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

Materiales predominantes del cauce en el río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roca/ Cantos Rodados</li> <li>• Arena</li> <li>• Limo/Arcilla</li> <li>• Grava</li> </ul>	Tipo de materiales que son predominantes en el cauce del río, en las proximidades del puente, principalmente hacia aguas arriba.
Existencia de troncos caídos, basura y/u otro tipo de escombros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No reconocido</li> <li>• Escasamente reconocido</li> <li>• Reconocido</li> </ul>	La acumulación de escombros puede producir una reducción en la sección hidráulica del puente, con el riesgo que el mismo quede inundado durante incrementos máximos de caudales.
Degradación del cauce del río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aplicable</li> <li>• Parcial</li> <li>• En todo el ancho</li> </ul>	Reducción general de la elevación del nivel del lecho del río que es debido a la erosión.
Agradación del cauce del río	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aplicable</li> <li>• Parcial</li> <li>• En todo el ancho</li> </ul>	Como resultado de la reducción de la velocidad debido a un aumento de la sección transversal o la reducción en la pendiente del río, el exceso de sedimentos se depositan en el cauce del río
Diferencia de Gradiente de Pendiente del cauce del río (DGP) en el puente, dentro de una longitud de 100 m, hacia aguas arriba y aguas abajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 2</li> <li>• 2</li> <li>• 1</li> </ul>	Aguas abajo es más pronunciada que aguas arriba <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>DGP &lt; 10\%</math></li> <li>• <math>10\% \leq DGP</math></li> </ul> Aguas arriba es más pronunciada que aguas abajo <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>DGP &lt; 10\%</math></li> <li>• <math>10\% \leq DGP</math></li> </ul>	Diferencia de gradiente de pendiente del cauce del río en el puente. Durante la inspección de evaluación se deberá determinar si la pendiente es más pronunciada aguas arriba o aguas abajo; y si la diferencia de pendiente es menor a 10% o mayor o igual a 10%.
Altura de caídas con o sin obras de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>H &lt; 1m</math>.</li> <li>• <math>1m &lt; H &lt; 2m</math></li> <li>• <math>2m &lt; H &lt; 5m</math></li> <li>• <math>5m &lt; H</math></li> </ul>	Existencia de caídas, tanto aguas arriba como aguas abajo de la obra de paso, ya sea que posean obras de protección o no.
Daños en obras de protección en caídas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aplicable</li> <li>• Menos del 50% del ancho</li> <li>• Más del 50% del ancho</li> </ul>	Los daños pueden estar asociados tanto a la pérdida de material de las obras de protección, como a los daños generados por la erosión y/o socavación en el cauce del río.
Daños en subestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin daños o con daños menores</li> <li>• Daños moderados</li> <li>• Daños severos</li> <li>• Desconocido</li> </ul>	Daño en elementos estructurales que forman parte de los sistemas resistentes a cargas laterales y verticales, para tomar en cuenta la degradación de dichos elementos
Daños en superestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin daños o con daños menores</li> <li>• Daños moderados</li> <li>• Desconocido</li> <li>• Daños severos</li> </ul>	Presencia de daños en la superestructura del puente

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Índice de vulnerabilidad de tramos viales*

Nos referimos a tramos viales a porciones lineales de calle o carretera que unen dos puntos.

El enfoque para el cálculo del Índice vulnerabilidad de tramos viales es en su aproximación, esencialmente igual al de puentes.

Dependiendo de la información disponible pueden utilizarse parámetros como el TPDA, Uso de la carretera, categoría de la vía, superficie de rodadura, etc. Adicionalmente podrían tenerse en cuenta parámetros como la sinuosidad y la pendiente, al igual que el número de puentes, las reparaciones o la accidentalidad.

# ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

## *Índice de vulnerabilidad de tramos viales*

Para el caso de El Salvador se emplearon las siguientes variables para la evaluación de la vulnerabilidad

Variables	Valor	Categorías	Explicación
IRI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – 4</li> <li>• 4 - 8</li> <li>• 8 - 12</li> </ul>	Es valor se mide en m/km. Valores superiores a 8 m/km suponen vías difíciles de transitar.
OPI/PCI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70 – 100</li> <li>• 40 – 70</li> <li>• 0 - 40</li> </ul>	Un valor de 100 representa un pavimento en excelente estado. Mientras uno de 0 significa fallado.
MDR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – 39</li> <li>• 40 – 58</li> <li>• 59 – 78</li> <li>• 79 - 100</li> </ul>	Según la metodología PAVER se establecen estos rangos. Un valor de 100 significa excelente y 0 malo.
TPDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;500</li> <li>• 500 – 1000</li> <li>• 1000 – 3000</li> <li>• &gt;3000</li> </ul>	Es un indicador de la cantidad de vehículos que circulan por una vía. El volumen vehicular influye en el desgaste de la vía.
Categoría	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• 3</li> <li>• 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especial</li> <li>• Primaria</li> <li>• Secundaria</li> <li>• Terciaria</li> <li>• Rural</li> </ul>	Clasificación tipo de vías en función del TPDA.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internacional</li> <li>• Nacional</li> <li>• Departamental</li> </ul>	Clasificación de la vía en función de la movilidad principal vehicular.
Pendiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;5%</li> <li>• 5-10%</li> <li>• &gt;10%</li> </ul>	La pendiente es un factor pertinente en un análisis de vulnerabilidad de la movilidad porque influencia su peligrosidad en tiempo normal. (Demoraes 2004)
Sinuosidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 1</li> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;1</li> <li>• 1-2</li> <li>• &gt;2</li> </ul>	Relación entre la longitud de un eje y la distancia en línea recta entre sus dos extremos.

## INDICE DE IMPORTANCIA

Una vez determinados los índices de vulnerabilidad para puentes y tramos viales, se procede a determinar la importancia que tendrían como parte del sistema de carreteras nacional.

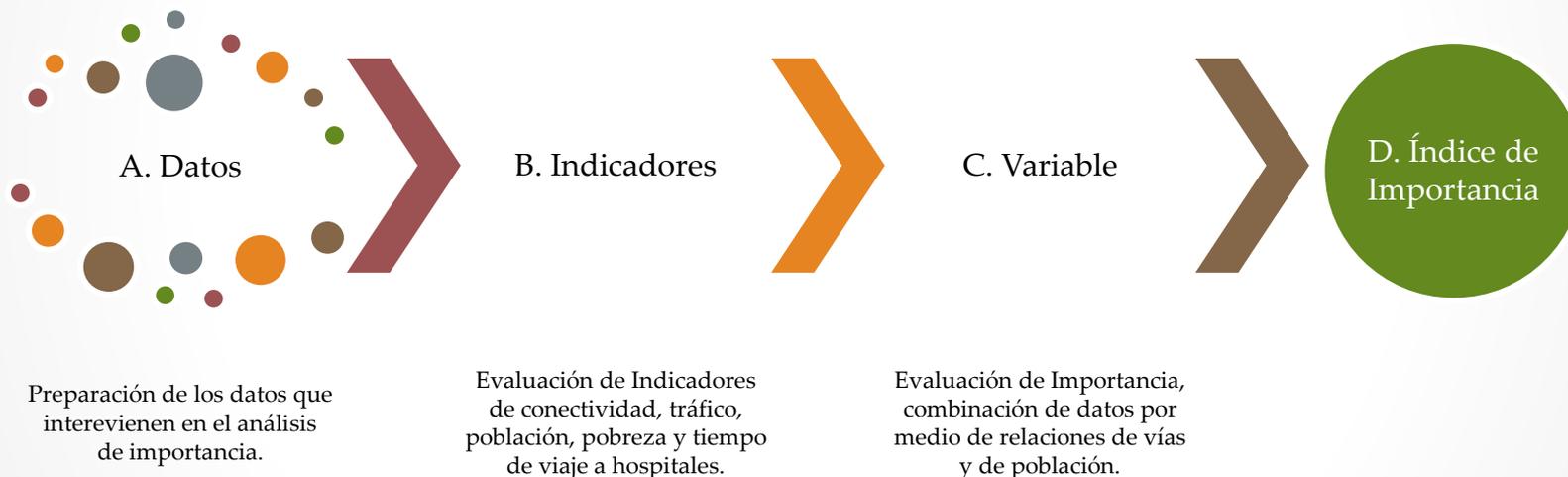
Lo anterior permitirá identificar tramos o infraestructuras de puentes claves dentro del sistema, que su deterioro o falla implicará un gran impacto a todo el sistema.

Para la estimación del índice de importancia se han considerado dos variables definidas a continuación:

- Variable de **Importancia de Tramos por Tráfico y Conectividad (ITTC)**: se define como la combinación de elementos que hace a un tramo más importante que otro. De forma operativa se considera formado por **el TPDA** que moviliza y **la CONECTIVIDAD** que tiene para acceder a la arteria más cercana.
- Variable de **Importancia de Centro Urbano (ICU)**: se define como la combinación de elementos que definen la importancia que tiene una cabecera municipal respecto de otra. De forma operativa se considera formada por la combinación de los indicadores de **POBLACIÓN, POBREZA Y TIEMPO A HOSPITAL**.

# INDICE DE IMPORTANCIA

Para la estimación de estas variables y el índice de importancia es necesario realizar unos pasos previos, debido a que los cálculos se realizan haciendo uso de herramientas SIG.



## INDICE DE IMPORTANCIA

En la etapa “A” de preparación de los datos se propone realizar actividades como:

- Identificación de los elementos o tramos viales que estén prestando un servicio arterial
- Preparar los datos de TPDA para que puedan ser consultados en SIG
- Se preparan los indicadores sociales para que puedan ser consultados en SIG
- Se prepara la red geométrica de carreteras del sector a analizar

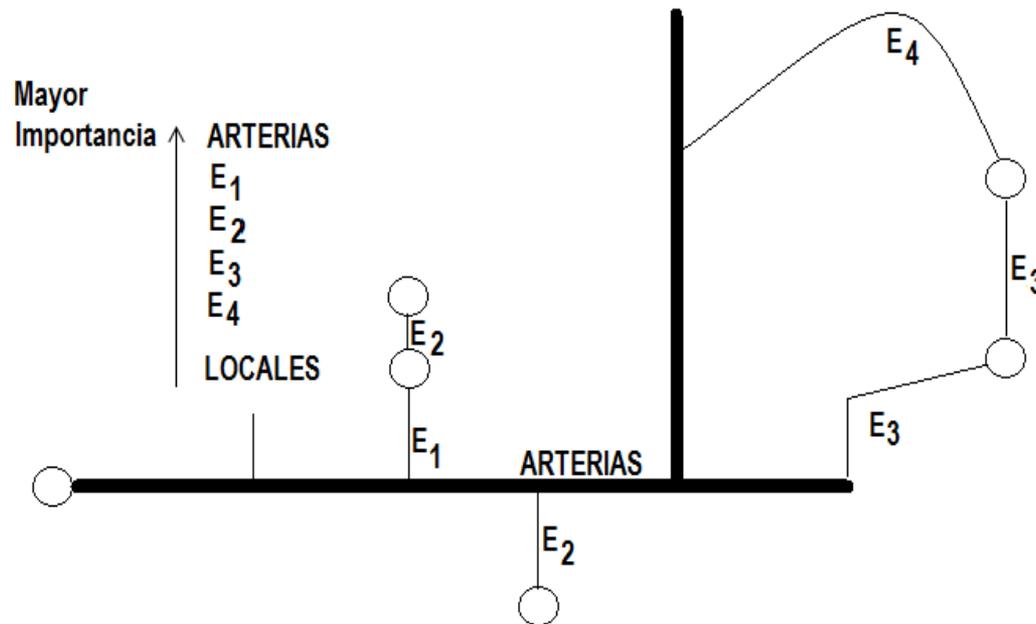
En la etapa “B” cálculo de indicadores :

Las dos variables de interés se determinan como la suma de los indicadores que las definen cuyos valores se propone tomarlos conforme a la siguiente tabla

# INDICE DE IMPORTANCIA

Variable	Valores del indicador	Niveles de importancia	Indicador/Descripción del indicador
Importancia de Tramos por Tráfico y Conectividad (ITTC).	> 10,000.	Alto (3).	TPDA: Transito promedio diario anual clasificado en base a los límites de las carreteras centroamericanas de menor jerarquía.
	3,000 – 10,000.	Medio (2).	
	< 3,000.	Bajo (1).	
	Arterias.	Muy Alto (3).	CONECTIVIDAD: Consiste en identificar como las carreteras no arteriales son utilizadas para movilizar población de los centros urbanos (CU), considerando también si son opciones únicas o existen alternativas de viaje.
	C entre 2 o más CU sin AV.	Alto (2.5).	
	C de solo un CU sin AV.	Medio Alto (2).	
	C entre uno o más CU con AV.	Medio (1.5).	
C administradas MOP y PAV	Bajo (1).	C: colectoras, CU: centros urbanos, AV: alternativas de viaje, PAV: pavimentadas.	
Carreteras que son AV largas.	Bajo (1).		
Importancia de Centros Urbanos (ICU).	> 50,000.	Alto (3).	POBLACION: Cantidad de personas en el CU, clasificadas en base a grandes, medianas y pequeñas urbes.
	10,000 – 50,000.	Medio (2).	
	< 10,000.	Bajo (1).	
	> 46.	Alto (3).	POBREZA: Tasa de pobreza del municipio, clasificados en base a observaciones del mapa de pobreza FISDL.
	30 – 46.	Medio (2).	
	< 30.	Bajo (1).	
	> 60.	Alto (3).	TIEMPO A HOSPITALES: Tiempo de viaje en minutos para acceder al Hospital más cercano, clasificados en base a criterio de consultor.
	30 – 60.	Medio (2).	
	< 30.	Bajo (1).	

# INDICE DE IMPORTANCIA



Propuesta para asignar el valor de conectividad según el número de CU que conecten

## INDICE DE IMPORTANCIA

En la etapa “C” evaluación y cálculo de las variables:

El cálculo de variables se realiza por medio de una suma simple de los indicadores que la definen. Lo anterior implica la necesidad de normalizar el valor de cada una de ellas, que se plantea realizarlo en base a 1 y teniendo en cuenta tres niveles de alto – medio - bajo.

Este proceso de normalización **permite poder agregar otros indicadores** en su definición y no alterar el proceso metodológico de evaluación de importancia.

Cantidad de Indicadores Que forman a la variable.	Mínimo valor que tomaría la variable.	Máximo valor que tomaría la variable.	Rango de los valores, máximo menos mínimo.	Ecuación para normalizar el valor de la variable
2	2	6	4	$(V - V_{\min}) / (\text{rango})$
3	3	9	6	$(V - V_{\min}) / (\text{rango})$

Proceso para normalizar las variables dependiendo de la cantidad de indicadores

## INDICE DE IMPORTANCIA

En la etapa “D” Determinación del índice de importancia del tramo vial:

Finalmente se estima el Índice de Importancia del Tramo Vial (IT) como una combinación ponderada de la variable ITTC e ICU, siendo los porcentajes de 0.33 y 0.67 respectivamente.

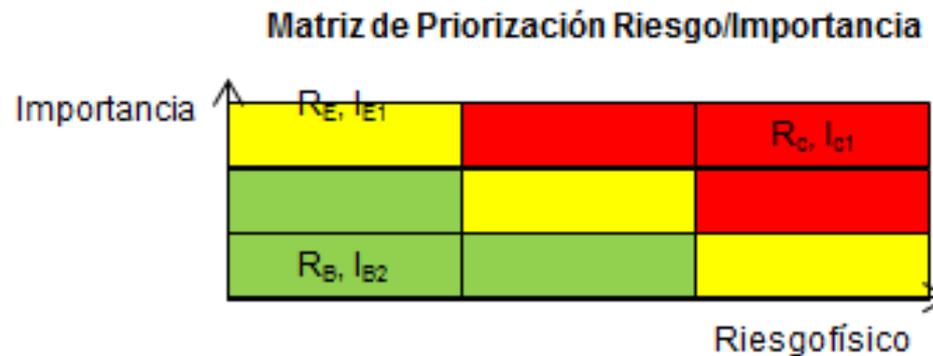
Lo anterior implica una combinación simple entre los 5 indicadores.

Debido a que se está combinando elementos lineales (Tramos) y elementos puntuales (Centros Urbanos) se requiere de llevar el valor ICU a los tramos.

# PRIORIZACIÓN DE PROTECCION DE INFRAESTRUCTURA VIAL

El objetivo es identificar a las infraestructuras más vulnerables y de mayor importancia dentro del sistema.

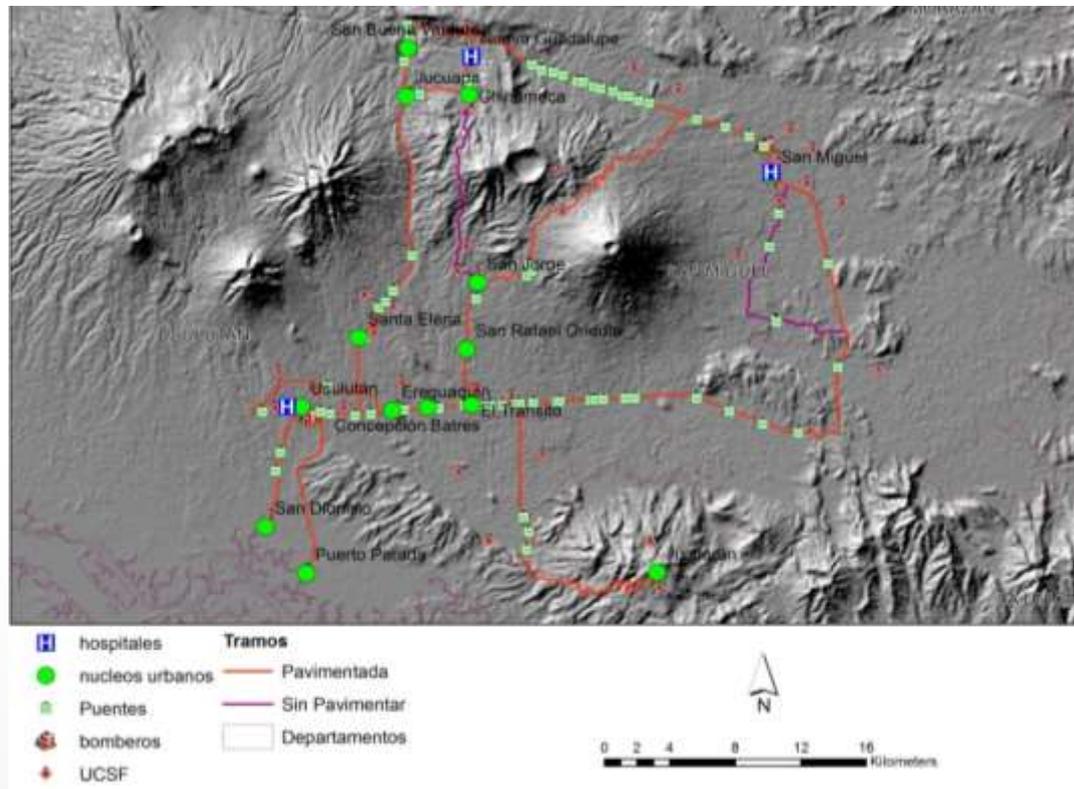
Una primera aproximación deberá realizarse a partir de los índices estimados en los apartados anteriores mediante una combinación en una matriz riesgo - importancia



# CASOS DE ESTUDIO

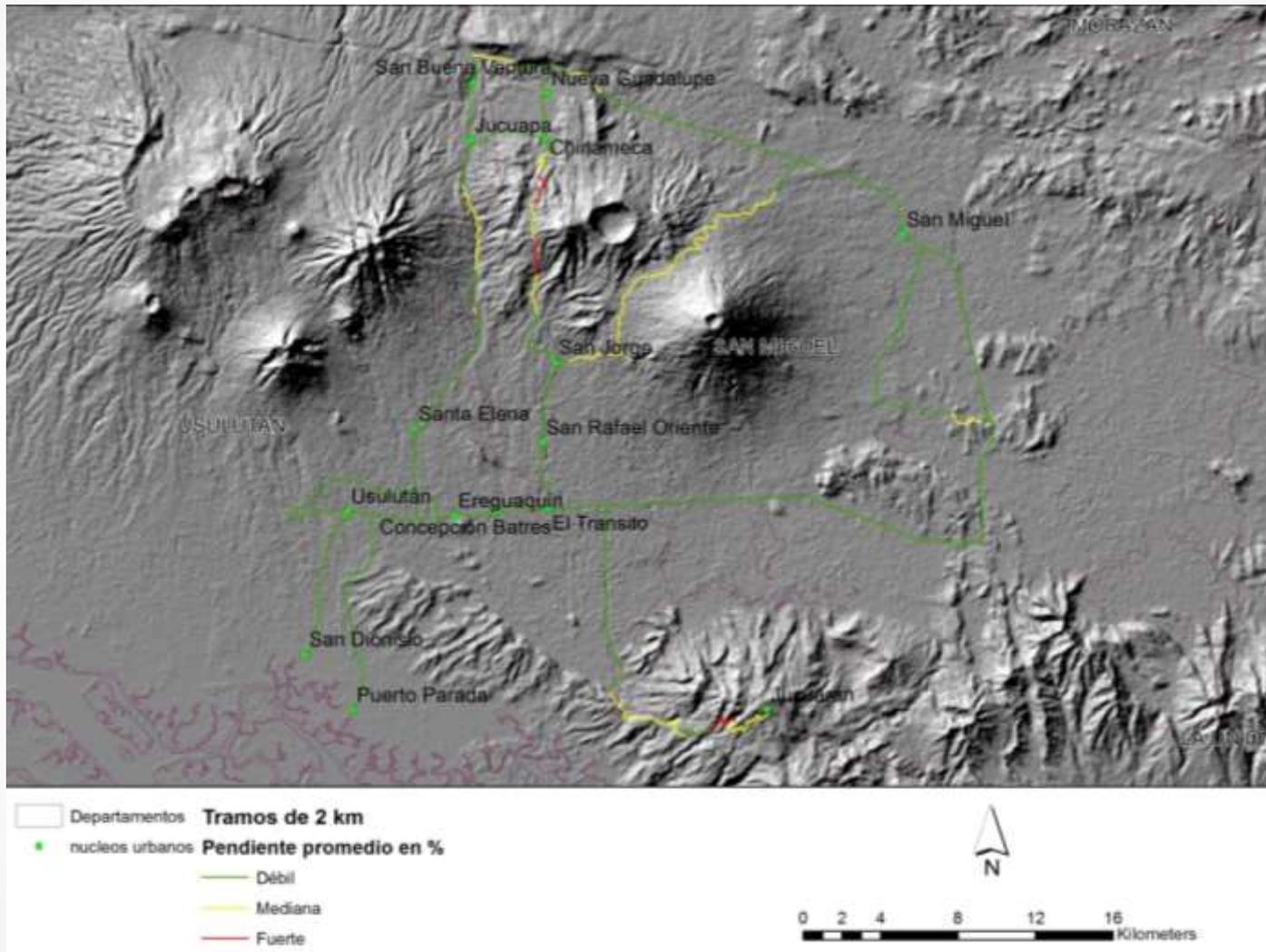
## Zona Oriental de El Salvador

Una de las zonas piloto escogidas para realizar el análisis de vulnerabilidades se encuentra en la zona oriental de El Salvador.

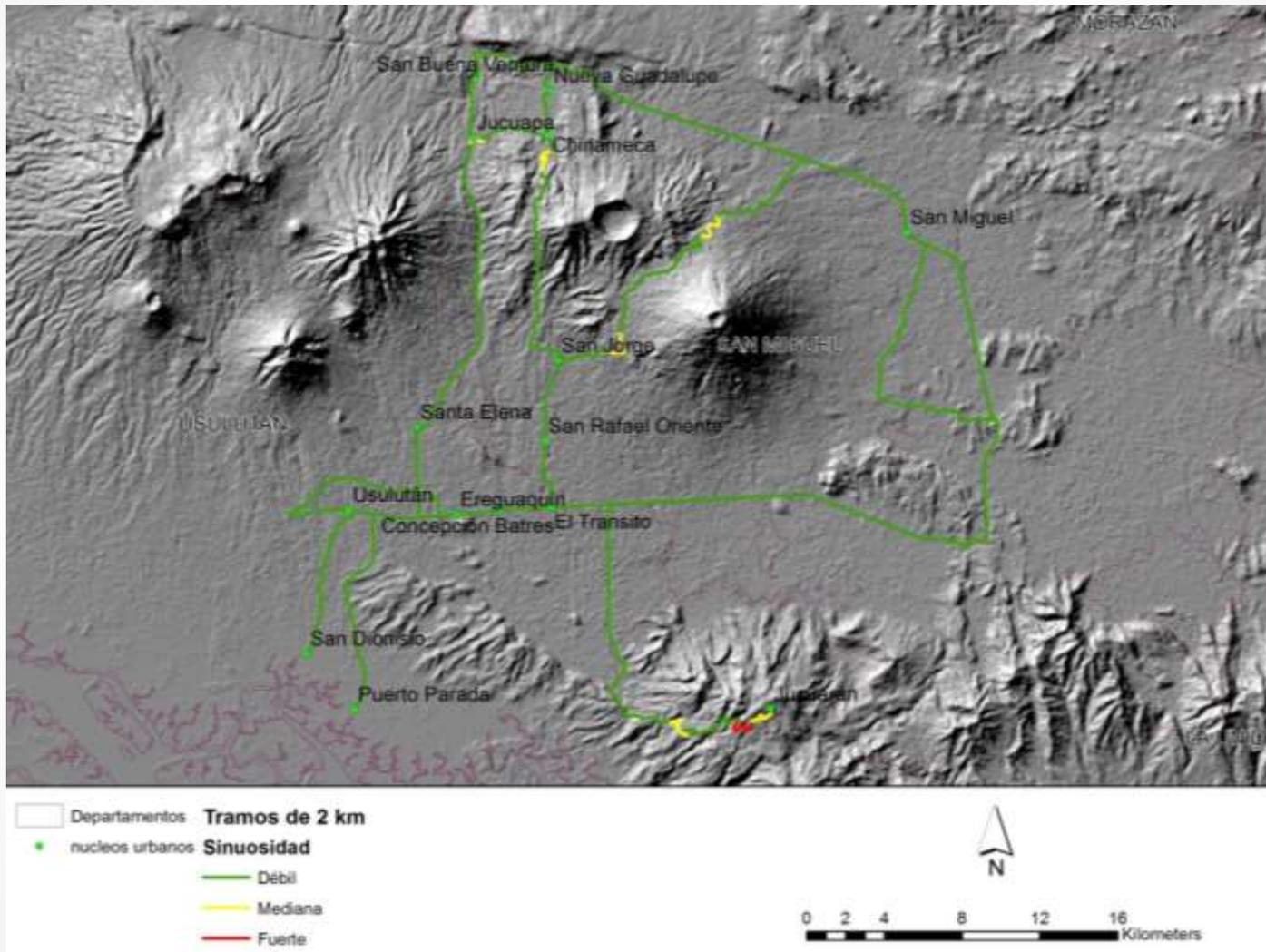


# CASOS DE ESTUDIO

Utilizando los SIG se prepararon los mapas de pendiente y sinuosidad de las vías.

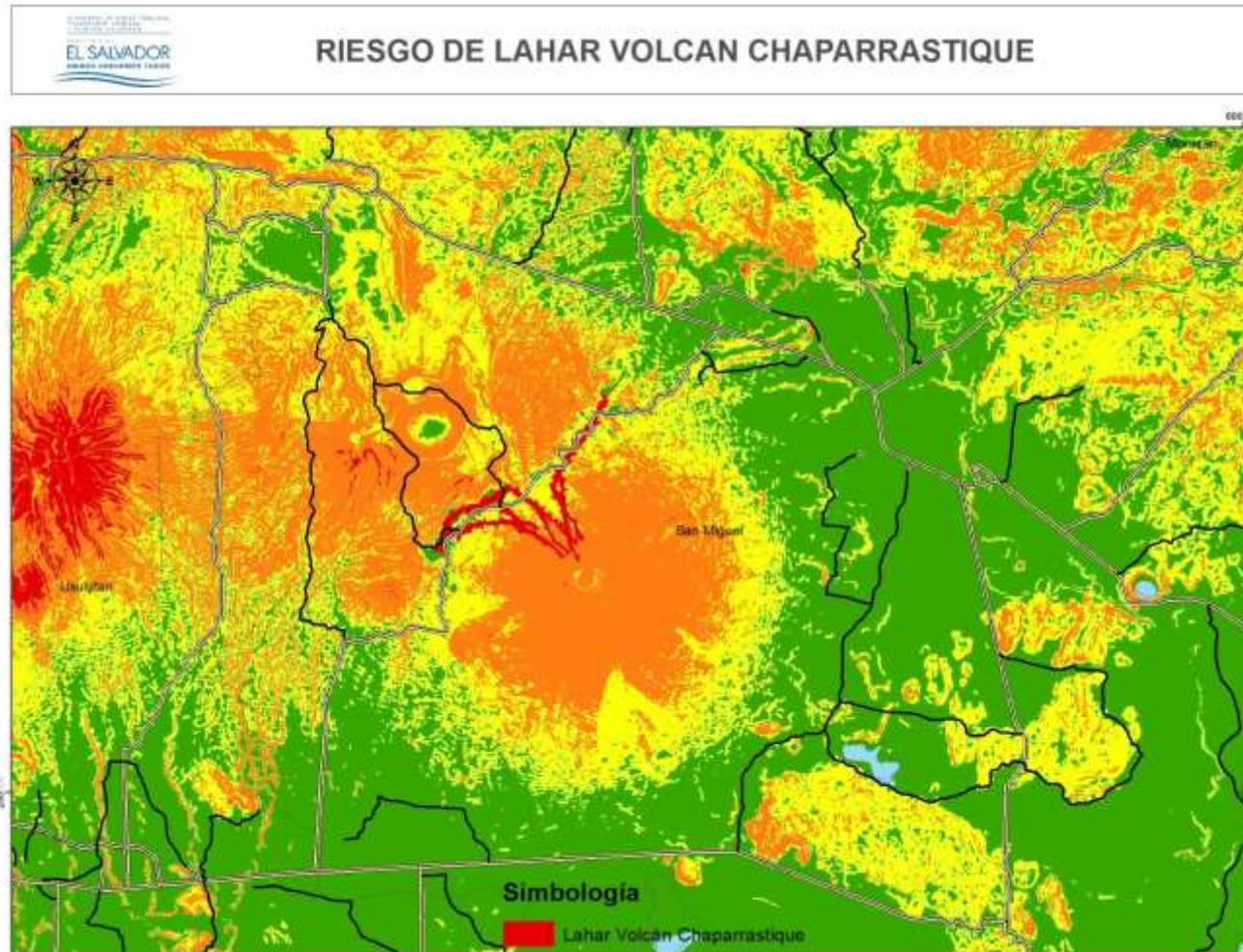


# CASOS DE ESTUDIO



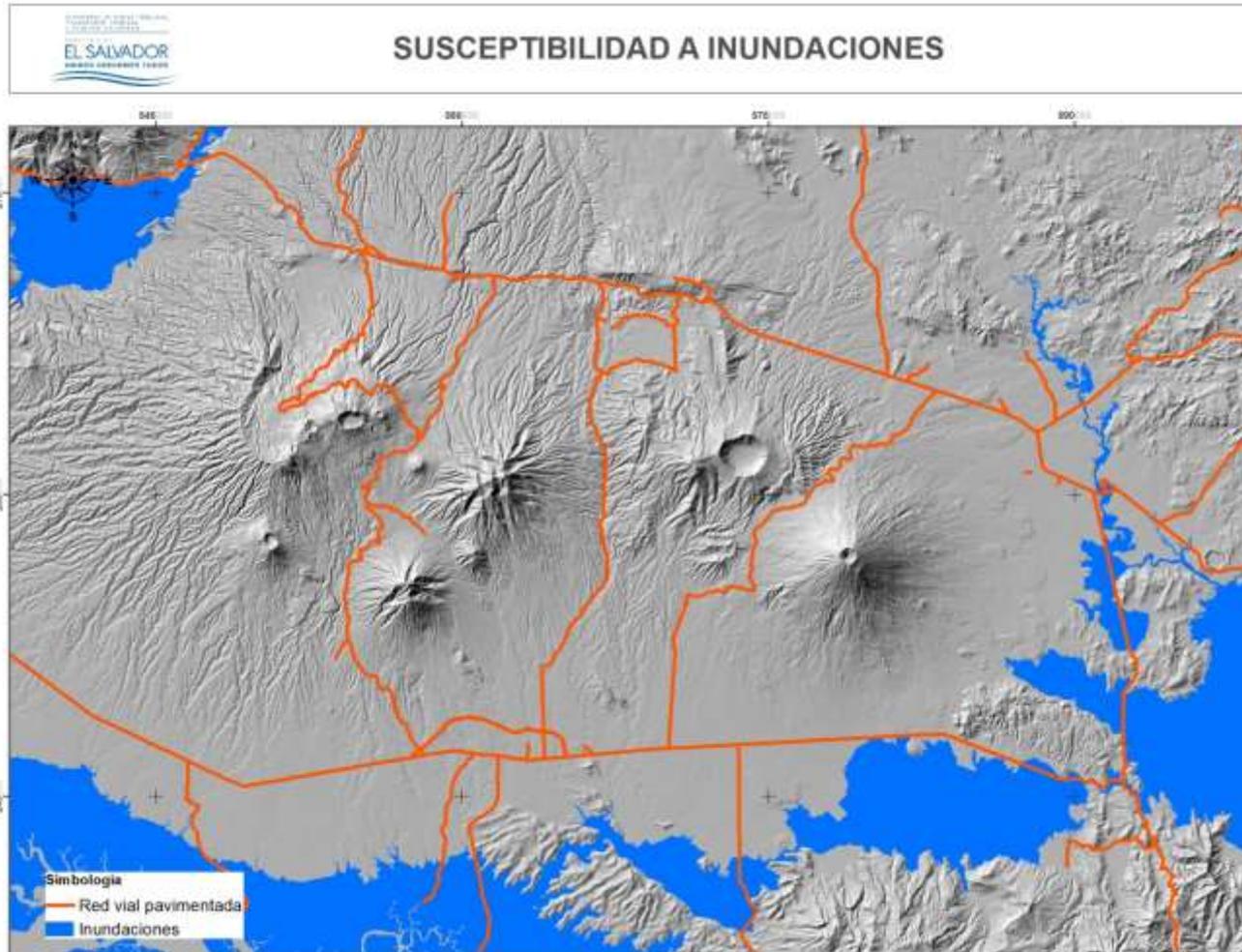
# CASOS DE ESTUDIO

## Evaluación de amenaza



# CASOS DE ESTUDIO

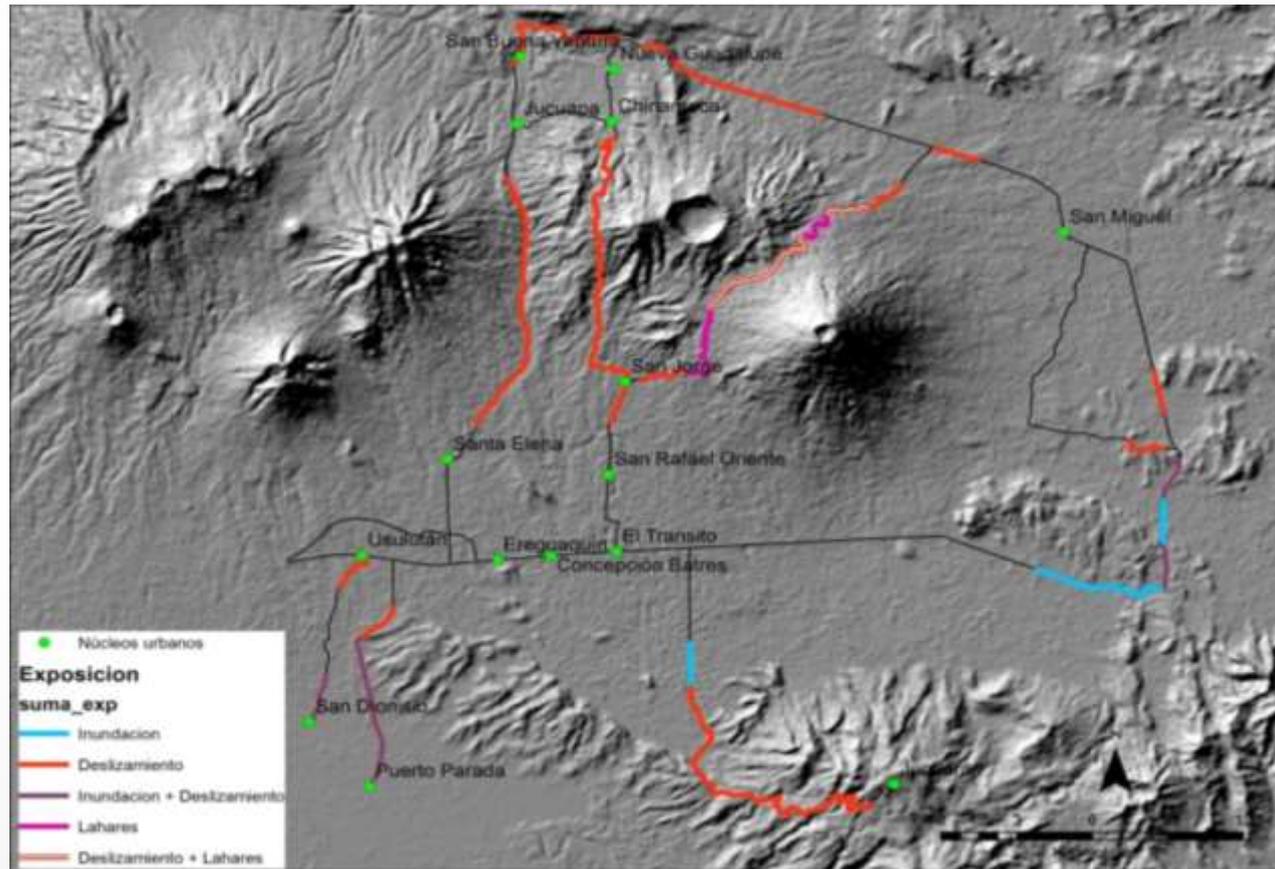
## Evaluación de amenaza



# CASOS DE ESTUDIO

## Evaluación de amenaza

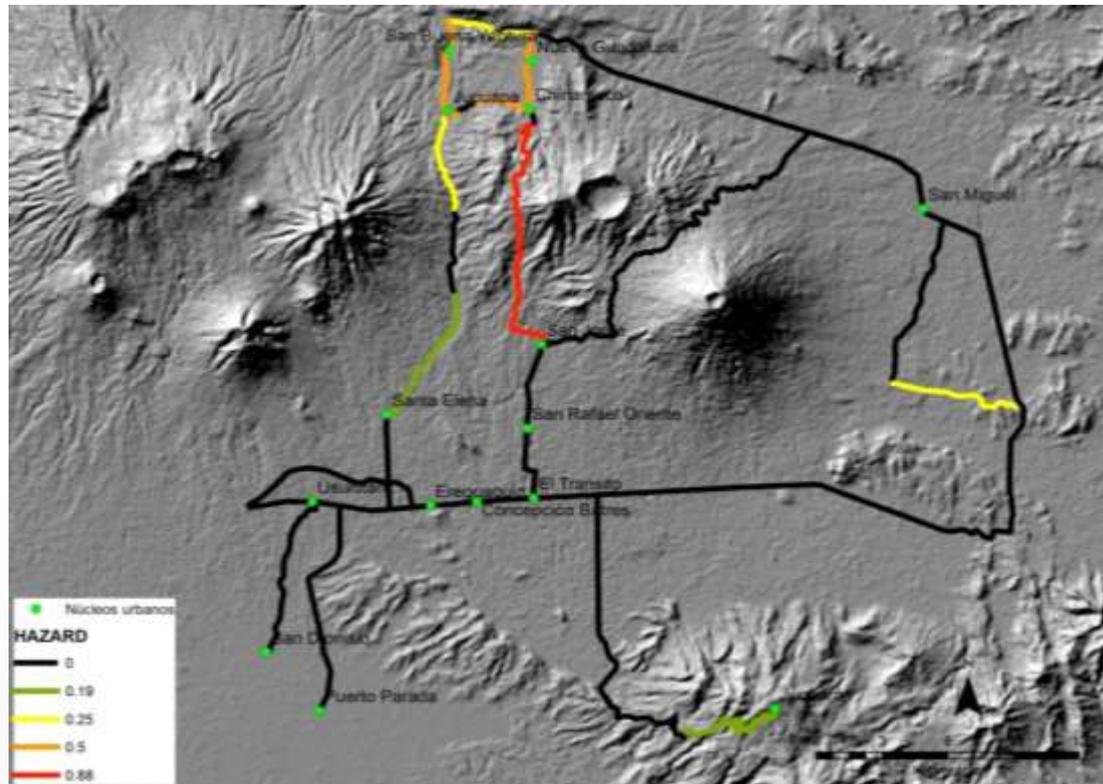
Al realizar una superposición de los mapas de amenaza o peligrosidad por inundación, deslizamiento y lahares en la zona con la red vial, para el análisis se obtuvo que los tramos expuestos a las distintas amenazas son como se muestra



## CASOS DE ESTUDIO

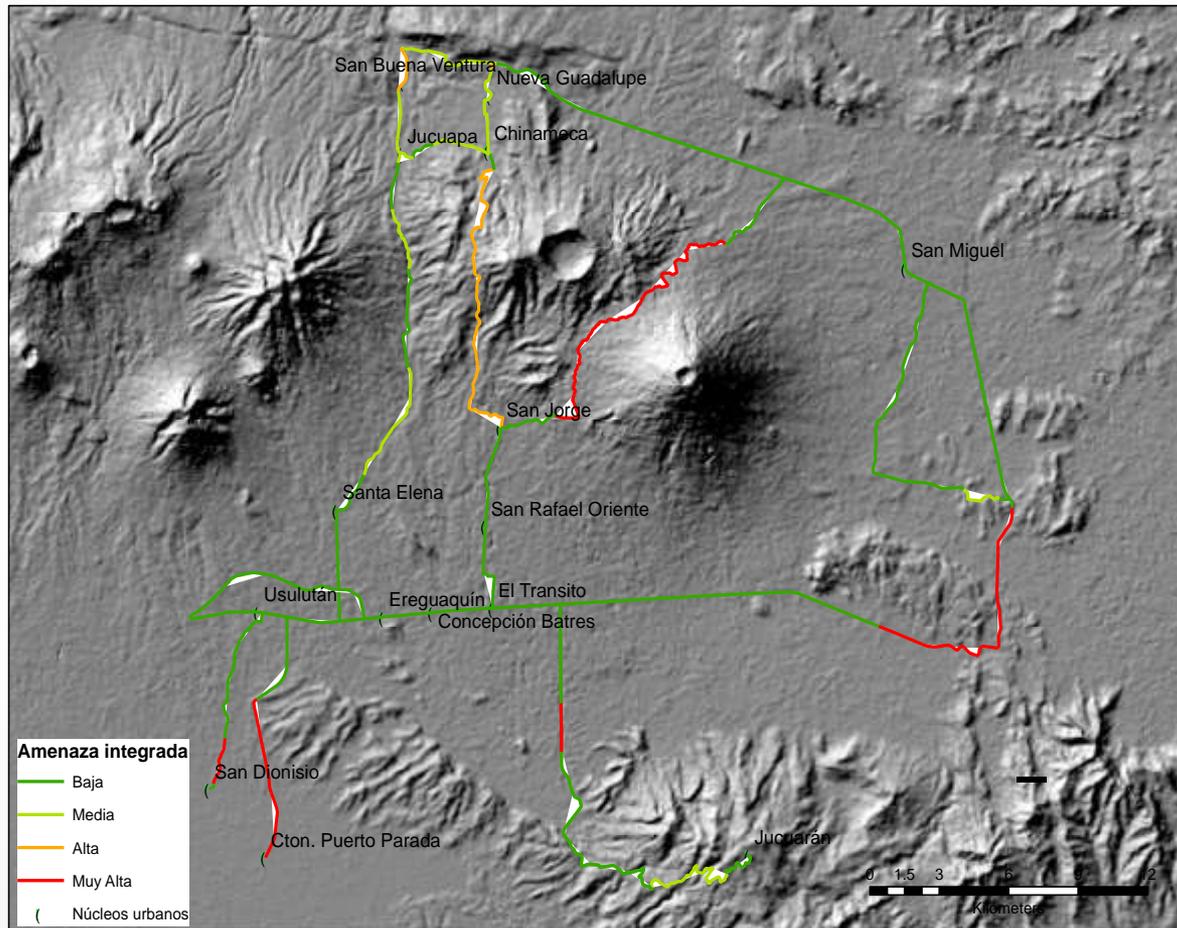
Para la evaluación de la amenaza, en este caso se contaba con un registro de deslizamientos ocurridos en la zona durante los últimos 5 años, principalmente para las tormentas Mathew2010, Alex2010, Agata2010, DT12e2011'.

En función de los deslizamientos y del período de retorno de la tormenta que los produjo se generó el mapa de peligrosidad.



# CASOS DE ESTUDIO

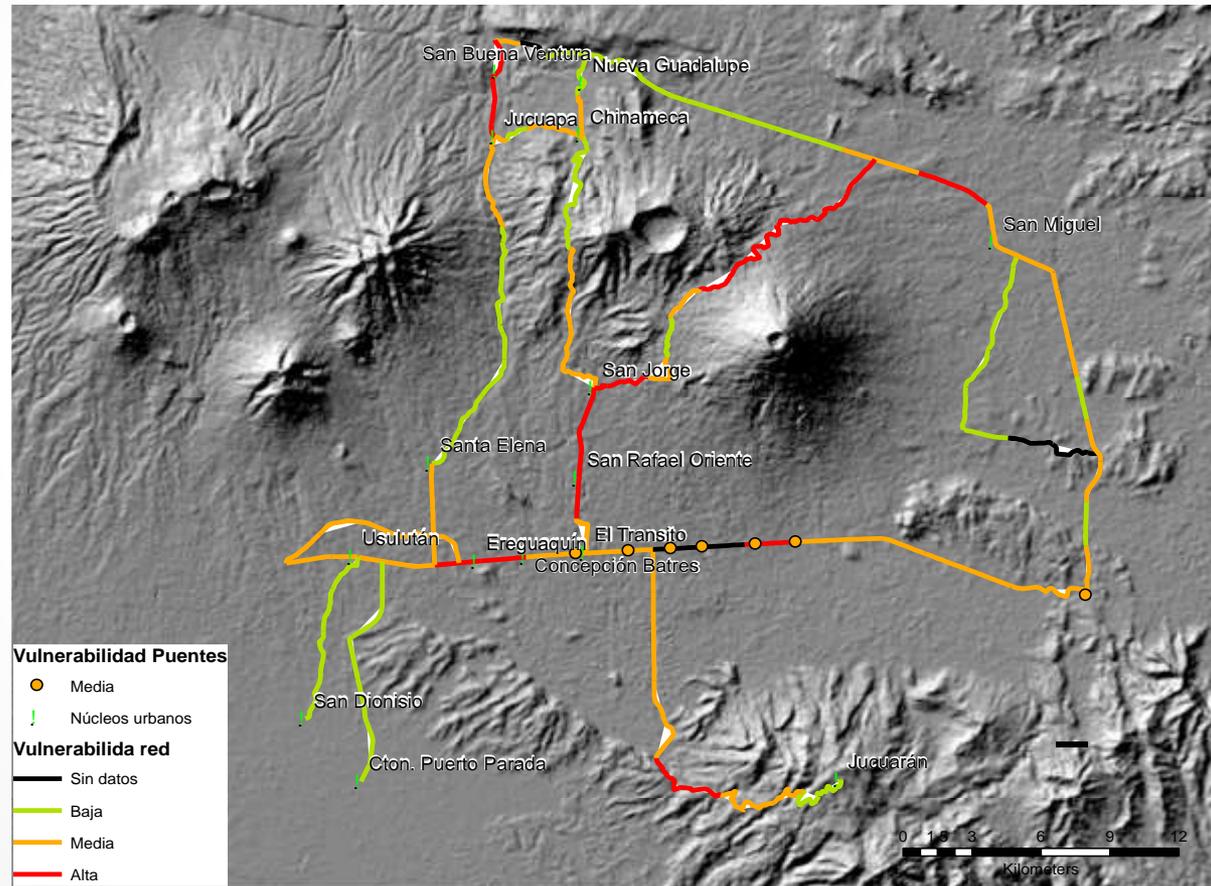
Luego se procede a realizar un cruce entre los tramos expuestos a amenazas y el de peligrosidad por deslizamientos para obtener el mapa de amenazas integradas considerando exposición y peligrosidad por deslizamientos.



# CASOS DE ESTUDIO

## Evaluación de vulnerabilidad

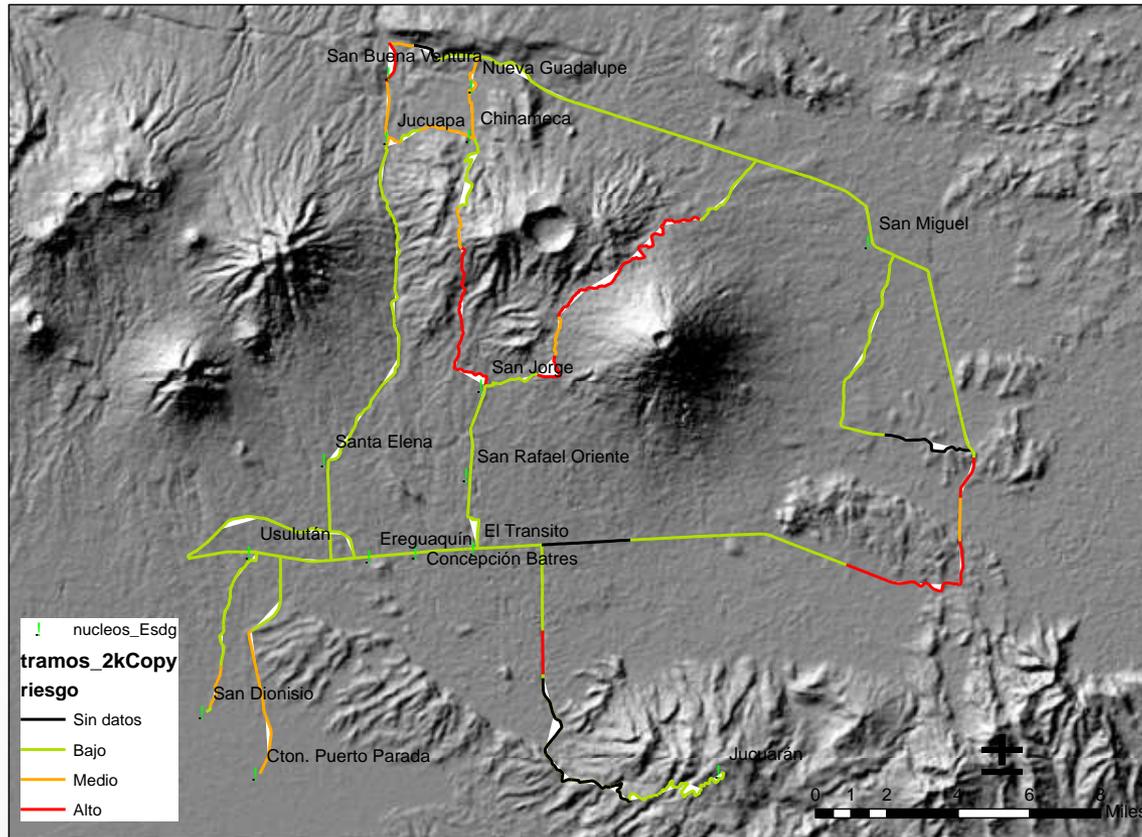
Para la evaluación de la vulnerabilidad se evaluaron los parámetros descritos obteniendo un valor de vulnerabilidad normalizada como se muestra.



# CASOS DE ESTUDIO

## Estimación del riesgo

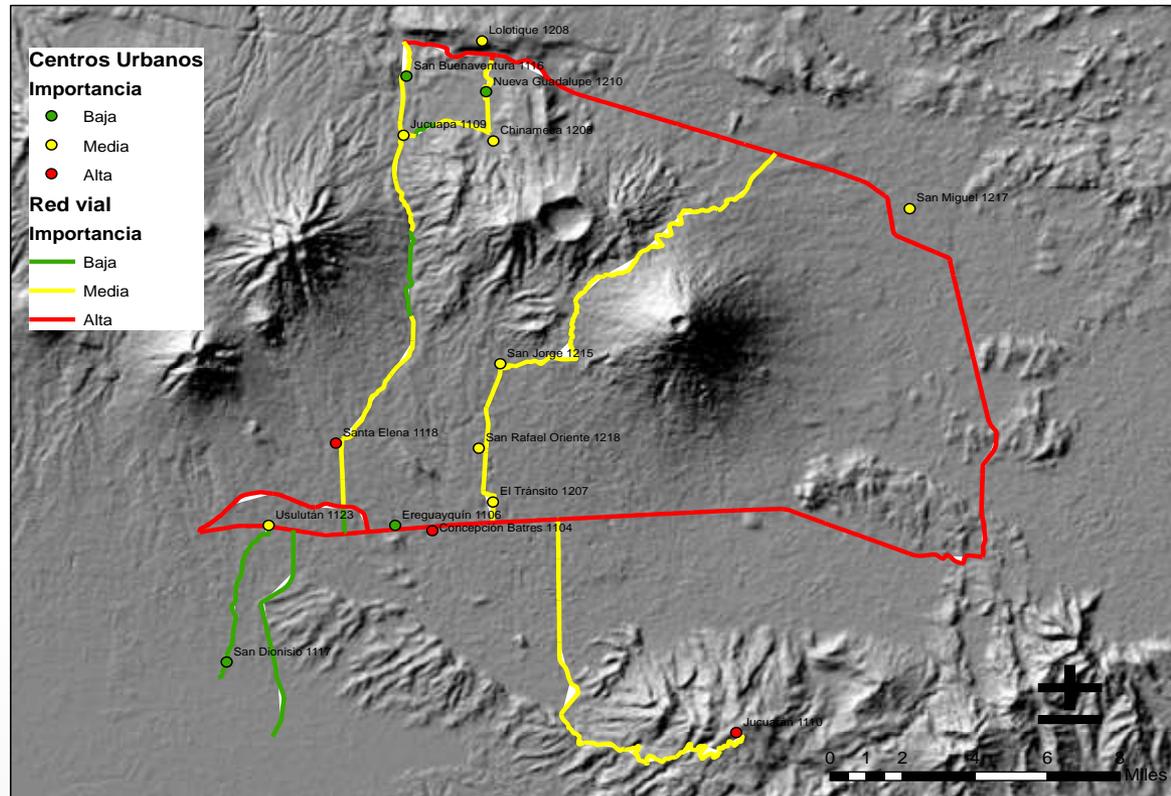
Dentro del flujo de trabajo es necesario estimar el riesgo el cual esta definido como la multiplicación de la amenaza por la vulnerabilidad, asi se obtiene el mapa de riesgo de los tramos viales.



# CASOS DE ESTUDIO

## Importancia de la red

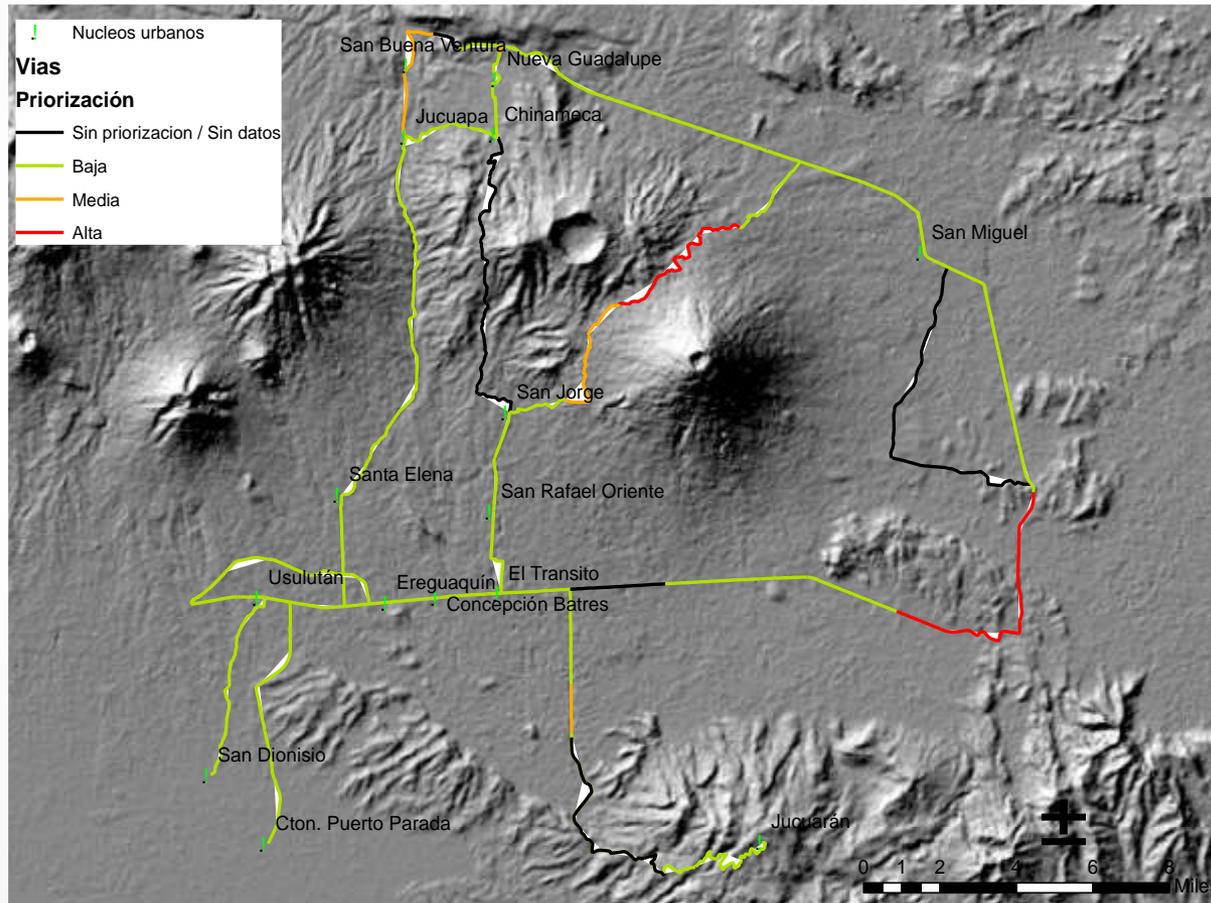
Como siguiente paso dentro del flujo de trabajo hay que evaluar la importancia de la red. Al evaluar la Importancia de los Tramos viales y los Centros Urbanos mediante las variables Importancia del Tramo por Tráfico y Conectividad (ITTC) e Importancia de Centro Urbano (ICU) se tiene



# CASOS DE ESTUDIO

## Priorización de protección de la infraestructura vial

Como ultimo paso se realizó la priorización mediante la relación riesgo - importancia



MUCHAS GRACIAS

Ministerio de Obras Públicas,  
Transporte, Vivienda y  
Desarrollo Urbano



**DACGER**