



## EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE USO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE TACANÁ, SAN MARCOS



Presentada por Angela María Orellana López  
al conferírsele el Título de Arquitecta  
en el Grado Académico de Licenciatura



# JUNTA DIRECTIVA

## FACULTAD DE ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	Arq. Carlos Valladares
VOCAL I	Arq. Jorge González
VOCAL II	Arq. Raúl Monterroso
VOCAL III	Arq. Jorge Escobar
VOCAL IV	Br. Pool Polanco
VOCAL V	Br. Eddy Alberto Popa
SECRETARIO	Arq. Alejandro Muñoz

### TERNA EXAMINADORA

DECANO	Arq. Carlos Valladares
ASESORA	Arqta. Mabel Hernández
CONSULTORA	Arqta. Isabel Cifuentes
CONSULTORA	Inga. Lilian Valverth
SECRETARIO	Arq. Alejandro Muñoz



## **Con amor y admiración a**

las víctimas de las masacres perpetradas por el ejército de Guatemala durante el conflicto armado interno, el pueblo de Guatemala en especial al de Tacaná, San Marcos, Aura Marina López Mendoza de Orellana, Luis Roberto Orellana Castañeda, Luna Daniela Morales Orellana, Edgar Daniel Morales Zuleta, Luis Roberto Orellana López, Iván Misael De Paz Cinto, María Natividad De Paz Cinto, Otto Ricardo Pérez Mira, la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Arquitectura.



## **Gracias a**

Arqta. Mábel Hernández,  
Juan Roberto Díaz,  
Arq. Víctor Jáuregui  
el grupo de estudiantes de la FARUSAC que  
elaboraron proyectos de graduación  
con CONRED en el año 2006,  
Arqta. Isabel Cifuentes,  
Ingra. Lilian Valverth,  
Licda. María Reinhardt ,  
Hardany Navarro,  
Salvador Guzmán,  
Rosa Maria Rodriguez,  
Anabela Morales Tobón,  
Yefry Alberto Pacheco Ardón,  
Nicolás Al Sandoval Valenzuela y  
Ludiwing Meza



.....Evaluación de la Vulnerabilidad Físico Estructural de Edificios de Uso Público en el Municipio de Tacaná, San Marcos.....



# ÍNDICE



**Introducción** .....17

**Capítulo 1  
Marco Conceptual**

1.1 Definición del Problema .....23

1.2 Antecedentes.....23

    1.2.1 Históricos.....23

    1.2.2 Técnicos.....25

1.3 Delimitación.....25

    1.3.1.1 Delimitación Física .....25

    1.3.1.2 Delimitación Temporal.....25

    1.3.1.3 Delimitación Técnica.....25

1.4 Justificación.....25

1.5 Objetivos.....26

    1.5.1 Objetivos Generales.....26

    1.5.2 Objetivos Específicos.....26

1.6 Resultados Esperados.....26

1.7 Impacto del Proyecto.....27

**Capítulo 2  
Marco Teórico**

2.1 Fenómeno Natural.....31

2.2 Desastre.....31

2.3 Amenaza.....31

2.4 Tipos de Amenaza.....32

2.5 Riesgo.....32

2.6 Vulnerabilidad.....32

    2.6.1 Vulnerabilidad Física.....33

    2.6.2 Vulnerabilidad Estructural.....33

    2.6.3 Vulnerabilidad Ambiental.....33

    2.6.4 Vulnerabilidad Geológica.....34

    2.6.5 Vulnerabilidad Institucional.....34

    2.6.6 Vulnerabilidad Socioeconómica.....34

2.7 Criterios de Evaluación ante Amenazas.....36

2.7.1 Criterios de Evaluación ante Amenaza Sísmica.....36

2.7.2 Criterios de Evaluación ante Amenaza de Inundación.....47

2.7.3 Criterios de Evaluación ante Amenaza Volcánica.....48

2.7.4 Criterios de Evaluación ante Amenaza de Deslizamiento.....50

2.8 Criterios para la Utilización de las Características Hidrológicas.....54

2.9 Criterios para la Utilización de las Características Geológicas.....55

**Capítulo 3  
Marco Legal**

3.1 Constitución Política de la República de Guatemala.....59

3.2 Ley de Orden Público.....62

3.3 Ley de la CONRED.....63

3.4 Ley de Adjudicación de Bienes Inmuebles.....63

3.5 Ley de Desarrollo Social.....64

3.6 Ley del Organismo Ejecutivo.....65

3.7 Reformas a la Ley del Organismo Ejecutivo.....65

3.8 Ley Orgánica del Presupuesto.....66

3.9 Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural.....67

3.10 Código Municipal.....68

3.11 Ley General de Descentralización.....71

3.12 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.....71

3.13 Ley Preliminar de Urbanismo.....73

3.14 Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos.....75

3.15 Ley de Parcelamientos Urbanos.....78

3.16 Normas para Albergues.....79

    3.16.1 Cantidades de Agua Adicionales a lo prescrito en la Norma Mínima sobre Consumo Doméstico Básico..... 79



3.16.2	Normas para abastecimiento de aguas y letrinas en albergues.....	79
3.16.3	Indicadores clave para mantenimiento de letrinas.....	85
3.16.4	Otros Indicadores.....	85

## Capítulo 4 Marco Referencial

4.1	Referentes Físico-Naturales.....	91
4.1.1	Ubicación del Municipio de Tacaná.....	91
4.1.2	Accidentes Geográficos.....	92
4.1.3	Clima.....	92
4.1.4	Atractivos Turísticos.....	93
4.2	Referentes Socio-Económicos.....	93
4.2.1	Economía.....	93
4.2.2	Distribución Político-administrativa.....	93
4.2.3	Demografía.....	94
4.3	Referentes Histórico-Culturales.....	94
4.3.1	Historia del Municipio de Tacaná.....	94
4.3.2	Tradiciones.....	95
4.3.3	Días de Actividades Comerciales.....	95
4.4	Infraestructura y Equipamiento.....	96
4.4.1	Seguridad Pública.....	96
4.4.2	Salud Pública.....	96
4.4.3	Comunicación.....	96
4.4.4	Educación Pública.....	97
4.4.5	Otros Servicios.....	97
4.5	Historial de Desastres.....	98
4.5.1	Deslizamientos.....	98
4.6	Mapas de Amenazas.....	99
4.6.1	Mapa de Amenaza por Deslizamiento del Municipio de Tacaná.....	101
4.6.2	Mapa de Amenaza por Inundación del Municipio de Tacaná.....	103
4.6.3	Mapa de Amenaza Volcánica del Municipio de Tacaná.....	105

4.6.4	Mapa de Amenaza Sísmica de la República de Guatemala.....	107
-------	---	-----

## Capítulo 5 Metodología

5.1	Guía para el Manejo del Instrumento de Evaluación Físico Estructural de Edificios de Uso Público.....	111
5.1.1	Hoja No. 1 Historial de Desastres a Nivel Municipal.....	113
5.1.2	Hoja No. 2 Ubicación Geográfica a Nivel Municipal.....	114
5.1.3	Hoja No. 3 Análisis del Entorno.....	115
5.1.4	Hoja No. 4 Análisis Físico General del Entorno.....	117
5.1.5	Hoja No. 5 Análisis Físico Específico del Entorno.....	119
5.1.5.1	Hoja No. 5.1 Levantamiento Fotográfico.....	120
5.2	Ponderación de Vulnerabilidades.....	121
5.2.1	Vulnerabilidad ante Amenaza de Deslizamiento.....	121
5.2.2	Vulnerabilidad ante Amenaza de Inundación.....	121
5.2.3	Vulnerabilidad ante Amenaza de Actividad Volcánica.....	121
5.2.4	Vulnerabilidad ante Amenaza Sísmica.....	122
5.2.5	Niveles de Vulnerabilidad.....	122
5.3	Categorización de Daños.....	123



## Capítulo 6 Evaluación de las Edificaciones

Evaluación de las Edificaciones.....	127
Listado de Edificaciones Evaluadas.....	129
Hoja No. 1 Historial de Desastres.....	131
6.1 Escuela Urbana Oficial Mixta, Tacaná.....	135
6.2 Parroquia Católica, Tacaná.....	139
6.3 Iglesia Católica Los Cipreses, Tacaná.....	143
6.4 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Chanjulé.....	147
6.5 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Chequim Grande.....	153
6.6 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Cunlaj.....	159
6.7 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea El Rosario.....	165
6.8 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Las Majadas.....	171
6.9 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Sajquim.....	177
6.10 Centro de Convergencia, Aldea Sanajabá.....	183
6.11 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Toacá.....	189
6.12 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Tojcheché.....	195
6.13 Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Tuicoche.....	201
6.14 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Agua Zarca.....	207
6.15 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Chajleu.....	213
6.16 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Cheguaté.....	219
6.17 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Coatán.....	225
6.18 Iglesia Católica, Caserío Cruz de Barrancas.....	231
6.19 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Flor de Mayo.....	237
6.20 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío La Esperanza.....	243
6.21 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Llano Grande.....	249
6.22 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Pin Pin.....	255
6.23 Iglesia Católica, Caserío San Antonio La Laguna.....	261
6.24 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Toajlaj El Quetzal.....	267

6.25 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Tojchoc Grande.....	273
6.26 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Tuisajchish.....	279
6.27 Escuela Oficial Rural Mixta, Caserío Tuismil.....	285

## Capítulo 7 Síntesis de la Evaluación

7.1 Tabla de Ponderación de Evaluaciones de cada Edificio.....	295
7.1.1 Cuadro de Criterios de Ponderación.....	299
7.2 Equipamiento para Albergues.....	301
7.2.1 Listado de Equipamiento para Albergues.....	301
7.2.2 Mapa de Ubicación de Equipamiento para Albergues.....	303
7.3 Propuesta de Modelo Arquitectónico.....	307
7.3.1 Esquema de modelo arquitectónico óptimo para edificaciones de uso público.....	309
7.3.2 Sistema Constructivo Óptimo.....	311
7.3.3 Materiales a Utilizar.....	311
7.3.4 Premisas de Diseño Arquitectónico.....	311
7.3.4.1 Criterios de Habitabilidad del Terreno.....	312

## Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones.....	317
Recomendaciones.....	319

## Fuentes de Consulta

Fuentes Primarias Institucionales.....	323
Fuentes Secundarias Bibliográficas.....	324
Páginas Electrónicas.....	324

## Apéndice

Índices Específicos.....	327
--------------------------	-----

## Anexos

Glosario.....	335
---------------	-----



.....Evaluación de la Vulnerabilidad Físico Estructural de Edificios de Uso Público en el Municipio de Tacaná, San Marcos.....



# INTRODUCCIÓN



## Introducción

Guatemala es un país de tremendos contrastes, por un lado posee una riqueza humana, cultural, física y natural, que bien administrada, puede generar posibilidades de bienestar para todos sus habitantes, por el otro, una alta vulnerabilidad, que abarca aspectos sociales y económicos así como una ubicación geográfica crítica en cuanto a amenazas naturales, ya que se encuentra en la unión de dos placas tectónicas, lo que ha generado un relieve dramático tanto por su belleza paisajística como por su peligrosidad al utilizarse para la ubicación de centros poblados.

El municipio de Tacaná, ubicado al Este del país, en el departamento de San Marcos, mostró lo antes expuesto de manera dramática al ser afectado duramente por la Tormenta Stan que azotó al país en octubre del 2005. Pendientes pronunciadas, ríos y vistas del Volcán Tacaná son los paisajes diarios al recorrer el municipio, pobreza, inaccesibilidad, escasez de servicios básicos de salud, explosión demográfica e inexistencia de planificación territorial son algunos de los problemas que saltan a la vista de quien se adentra en sus aldeas y caseríos.

Con 302 Km2 de extensión territorial, no es tarea fácil para el gobierno municipal atender las amplias demandas de la población, el sistema vial del municipio se encuentra en pésimas condiciones pese a esfuerzos visibles por darle mantenimiento, lo cual no ha tenido resultados favorables debido a la poca inversión en aspectos de planificación y estudios de impacto y riesgo al hacer las carreteras.

En el presente estudio, se logra determinar la situación de vulnerabilidad en la que se encuentra un alto porcentaje de edificios de uso público dentro del municipio de Tacaná, mediante la implementación del instrumento para medir la

vulnerabilidad físico estructural de edificios de uso público, elaborado por un grupo de estudiantes en proceso de graduación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el apoyo metodológico del Centro de Investigaciones de esa Facultad –CIFA- y de la Gerencia de Planificación de la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres –CONRED-.

Se logra determinar que las instituciones estatales encargadas de la planificación y ejecución de obras de infraestructura, mayormente en cuanto a los servicios de educación, al generar módulos típicos, no toman en cuenta las condiciones físicas del terreno donde se ubica dicha infraestructura, así, hacen grandes cortes donde podrían hacer niveles y terraplenes, lo que ha generado que más del 75% de las escuelas estén en riesgo, no por la estructura en sí, sino por el sitio y la forma en las que se han colocado en él.

Sin embargo se observa una alta permeabilidad de parte de la población para involucrarse en proyectos que lleven como resultado el mejorar su calidad de vida, así se observa mucho trabajo y organización comunitaria que es lo que ha generado algún tipo de equipamiento en las aldeas y caseríos del municipio.

Al finalizar el análisis de la situación estructural de los edificios de uso público, se dan listados de equipamiento que puede utilizarse como albergue en caso de emergencia, así como, se propone la tipología constructiva idónea a utilizar para la infraestructura de estos edificios en el municipio de Tacaná.



## Introducción

Guatemala es un país de tremendos contrastes, por un lado posee una riqueza humana, cultural, física y natural, que bien administrada, puede generar posibilidades de bienestar para todos sus habitantes, por el otro, una alta vulnerabilidad, que abarca aspectos sociales y económicos así como una ubicación geográfica crítica en cuanto a amenazas naturales, ya que se encuentra en la unión de dos placas tectónicas, lo que ha generado un relieve dramático tanto por su belleza paisajística como por su peligrosidad al utilizarse para la ubicación de centros poblados.

El municipio de Tacaná, ubicado al Este del país, en el departamento de San Marcos, mostró lo antes expuesto de manera dramática al ser afectado duramente por la Tormenta Stan que azotó al país en octubre del 2005. Pendientes pronunciadas, ríos y vistas del Volcán Tacaná son los paisajes diarios al recorrer el municipio, pobreza, inaccesibilidad, escasez de servicios básicos de salud, explosión demográfica e inexistencia de planificación territorial son algunos de los problemas que saltan a la vista de quien se adentra en sus aldeas y caseríos.

Con 302 Km2 de extensión territorial, no es tarea fácil para el gobierno municipal atender las amplias demandas de la población, el sistema vial del municipio se encuentra en pésimas condiciones pese a esfuerzos visibles por darle mantenimiento, lo cual no ha tenido resultados favorables debido a la poca inversión en aspectos de planificación y estudios de impacto y riesgo al hacer las carreteras.

En el presente estudio, se logra determinar la situación de vulnerabilidad en la que se encuentra un alto porcentaje de edificios de uso público dentro del municipio de Tacaná, mediante la implementación del instrumento para medir la

vulnerabilidad físico estructural de edificios de uso público, elaborado por un grupo de estudiantes en proceso de graduación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el apoyo metodológico del Centro de Investigaciones de esa Facultad –CIFA- y de la Gerencia de Planificación de la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres –CONRED-.

Se logra determinar que las instituciones estatales encargadas de la planificación y ejecución de obras de infraestructura, mayormente en cuanto a los servicios de educación, al generar módulos típicos, no toman en cuenta las condiciones físicas del terreno donde se ubica dicha infraestructura, así, hacen grandes cortes donde podrían hacer niveles y terraplenes, lo que ha generado que más del 75% de las escuelas estén en riesgo, no por la estructura en sí, sino por el sitio y la forma en las que se han colocado en él.

Sin embargo se observa una alta permeabilidad de parte de la población para involucrarse en proyectos que lleven como resultado el mejorar su calidad de vida, así se observa mucho trabajo y organización comunitaria que es lo que ha generado algún tipo de equipamiento en las aldeas y caseríos del municipio.

Al finalizar el análisis de la situación estructural de los edificios de uso público, se dan listados de equipamiento que puede utilizarse como albergue en caso de emergencia, así como, se propone la tipología constructiva idónea a utilizar para la infraestructura de estos edificios en el municipio de Tacaná.



# CAPÍTULO 1

## Marco Conceptual



## 1.1 Definición del Problema

Debido a los daños ocasionados a la estructura socioeconómica y características físico naturales del Municipio Tacaná por la Tormenta Stan es necesario hacer la evaluación del impacto de este desastre con relación a la arquitectura, urbanismo y demás aspectos relacionados con el territorio.

El problema radica en los altos niveles de vulnerabilidad en la planificación y asentamiento de los poblados y los efectos provocados por la Tormenta Stan, tales como pérdidas y deterioro en los sistemas de infraestructura física y social, destrucción ambiental y deterioro económico de todos los sistemas productivos, principalmente el agrícola.

El problema en Guatemala no son las amenazas por fenómenos naturales sino esencialmente la vulnerabilidad de la población, la poca comprensión de los eventos naturales como fenómenos sociales complejos y la débil coordinación interinstitucional.

La coordinación institucional debe fortalecerse y modernizarse para lograr sistemas de prevención y gestión de riesgos con verdadera conciencia y a niveles de mayor amplitud como el ordenamiento territorial.

Las consecuencias de un fenómeno natural convertido en desastre en cualquier territorio, repercute en el proceso de desarrollo del país ya que se tiene que reinvertir en obras dañadas y dejar de hacer la inversión planificada, es por eso de suma importancia la revisión del equipamiento, y el cumplimiento de normas y estándares de construcción.

El equipamiento de uso público es en buena medida el soporte y amortiguamiento para atender las emergencias, principalmente por su función original y por la versatilidad de poder convertirse en lugares para albergues y de atención en caso de desastres.

En tal sentido, Guatemala no esta preparada, pues carece de la información necesaria para que en la toma de decisiones se conozca cuál es el equipamiento que debe utilizarse, cuál se encuentra en condiciones adecuadas y cuáles son las características de su entorno inmediato. Es pues, en el caso particular del presente proyecto el problema a tratar.

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Antecedentes Históricos

La historia de la sociedad guatemalteca registra experiencias de desastres que han provocado estancamientos en el desarrollo integral del país. La frecuencia y magnitud de estos eventos catastróficos tiene su explicación en la diversidad de factores que determinan los variados niveles de riesgo a desastre. Por un lado, la ubicación geográfica de Guatemala en el contexto de la dinámica global del continente, corresponde a una de las partes geológicamente más inestables que facilitan el desarrollo de procesos geodinámicos que se constituyen en amenazas recurrentes.

Por otro, la vulnerabilidad creciente que experimenta la población guatemalteca responde a un modelo de desarrollo caracterizado por un crecimiento demográfico urbano marginal acelerado, que se emplaza en espacios territoriales no aptos para el hábitat; con una economía



familiar precaria, en un contexto de relaciones económico sociales que hace perder las capacidades de respuesta ante la ocurrencia de desastres.

El agotamiento de los recursos naturales, la pérdida de productividad de los suelos, la acelerada deforestación y los cambios difícilmente reversibles que se dan en el ambiente plantean la necesidad de que sean las propias comunidades vulnerables quienes intervengan dicho proceso, que deteriora su entorno, para reorientar las actividades económico-productivas que se sustentan en el uso de los recursos naturales.

Como ejemplo reciente se encuentra la tormenta tropical Stan que impactó durante los primeros días de octubre del 2005, la parte sur de México, el occidente y sur de Guatemala, así como El Salvador. Dicho fenómeno, además de provocar pérdidas humanas y materiales, puso de manifiesto una vez más, la alta vulnerabilidad de Guatemala, ante los fenómenos naturales

Esto se demuestra con las estadísticas de las consecuencias producidas por la Tormenta Stan que indican que afectó a las poblaciones residentes en 1,176 comunidades localizadas en 15 departamentos, entre los que presentan mayor número de damnificados San Marcos con 39.15%, Escuintla con 33.23% y Sololá con 5.9%, en este último se reportaron la mayor cantidad de pérdida de vidas humanas seguido del departamento de San Marcos. Las pérdidas económicas ascienden a más de veinte puentes destruidos, la red vial colapsada, aproximadamente 32,227 viviendas afectadas y mil millones de quetzales de pérdidas en la agricultura.

Es importante señalar que dentro de los antecedentes, existen compromisos de gobierno y

disposiciones legales vigentes para mitigar la situación antes descrita, como lo son la Ley de Creación de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED-, la Ley de Desarrollo Social y las reformas del Código Municipal, entre otras.

Debido a la clara necesidad de establecer sistemas de prevención mitigación más eficientes, así como modelos institucionales que permitan operativizar adecuadamente las emergencias, la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Facultad de Arquitectura ha firmado un acuerdo marco con la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED-, dentro del cual se enmarca la elaboración de proyectos de graduación que determinen la Vulnerabilidad Estructural de Edificios Públicos de distintos Municipios de la República.

Una de las áreas mayormente afectadas es el municipio de Tacaná, en el departamento de San Marcos, debido a la magnitud de los daños ocurridos en éste, la FARUSAC ha firmado un acuerdo con CONRED para brindar apoyo técnico para desarrollar la metodología para evaluar la vulnerabilidad estructural de edificios de uso público de municipios con alto riesgo de vulnerabilidad, así como la evaluación de los edificios.

Esto con el fin de proveer los insumos técnicos y científicos para que las comunidades puedan intervenir en el proceso de ocurrencia de desastres, desarrollando un universo de propuestas prácticas que se traducen en acciones de emergencia, talleres de capacitación, implementación de medidas de control y amenazas, entre otras, conducentes a la prevención y mitigación de desastres.



La experiencia demuestra que la participación consciente y organizada de las comunidades vulnerables contribuye efectivamente al logro de avances cualitativos en la gestión y el manejo de desastres y representa al mismo tiempo una opción cada vez más viable para reducir el riesgo y prevenir los desastres.

### **1.2.2 Antecedentes Técnicos**

Existe a nivel internacional distintos tipos de metodologías e instrumentos para medir las condiciones de seguridad estructural de edificios que han sufrido algún desastre,

La metodología utilizada en este estudio, fue elaborada tomando como base los instrumentos utilizados por el Consejo de Tecnología Aplicada, ATC por sus siglas en inglés (Applied Technology Council) de los Estados Unidos Americanos y los elaborados por Juan Carlos Villagrán De León, entre otros, generando un instrumento para poder utilizarse en Guatemala, dicho instrumento es un primer paso para generar instrumentos más especializados según la amenaza a que este expuesto cada edificación por su ubicación geográfica. (Ver Capítulo 6).

## **1.3 Delimitación**

### **1.3.1 Delimitación Física**

El área de investigación es a nivel municipal, abarcando la totalidad del Municipio de Tacaná, San Marcos.

### **1.3.2 Delimitación Temporal**

Se abarca un registro histórico de los acontecimientos y desastres de fenómenos naturales en el municipio de Tacaná.

El presente estudio se ha programado para desarrollarse en un periodo de 6 meses para finalizarse en enero del 2007.

### **1.3.3 Delimitación Técnica**

Plantear lineamientos técnicos que sintetizen como evaluar la vulnerabilidad estructural de los edificios de uso público del municipio de Tacaná, San Marcos, aplicando metodología propia. Crear un modelo del sistema constructivo recomendable a utilizar en el municipio de Tacaná.

## **1.4 Justificación**

Durante los meses de agosto a octubre del 2005, se presentan fenómenos hidrometeorológicos que afectan los centros poblados, siendo la Tormenta Stan la que afectó la mayor extensión territorial de Guatemala, principalmente a las regiones Central, Suroccidente y Suroriente del país, ocasionando grandes daños que justificaron la declaratoria de estado de calamidad a nivel nacional por parte del Presidente de la República en su rol de Presidente del COE. Estos desastres ocurridos recientemente se han generado no tanto por el paso de estas amenazas (tormentas y huracanes) por el territorio, sino por el alto grado de vulnerabilidad y carencia de planes de prevención y mitigación que reduzcan los riesgos en las comunidades.



Las pérdidas humanas y materiales son incalculables y es de pleno conocimiento que requerirá de una gran inversión y atención de los entes responsables a nivel gubernamental con apoyo de todos aquellos que participan en la planificación de prevención y mitigación de desastres, para la rehabilitación y reconstrucción de lo devastado durante este período, así como para la preparación integral de las comunidades para reducir o eliminar los impactos ante una próxima amenaza.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Generales**

- Identificar y localizar las principales amenazas de desastres naturales en el municipio.
- Localizar el equipamiento de uso público que se ubica en áreas de riesgo y en áreas menos vulnerables del municipio.
- Formular la Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural de Edificios Públicos del Municipio de Tacaná, San Marcos.
- Evaluar las condiciones físicas estructurales de edificios de uso público del municipio de Tacaná, San Marcos.

### **1.5.2 Específicos**

- Evaluar el nivel funcional de edificios de uso público del municipio de Tacaná, San Marcos.
- Determinar el régimen de propiedad de los edificios que conforman el equipamiento del municipio.
- Plantear recomendaciones técnicas con listados de inventario del equipamiento acerca de las edificaciones aptas para ser utilizadas como albergues en casos de emergencia en el municipio.

- Identificar rutas de evacuación de los edificios en análisis y su entorno inmediato.
- Proponer un modelo del sistema constructivo y materiales adecuados para utilizarse en el municipio de Tacaná, para proyectos de edificaciones nueva.

## **1.6 Resultados Esperados**

Los resultados esperados al culminar el presente proyecto de graduación son:

- Mapas temáticos de amenazas con indicación de tipos de fenómenos del municipio de Tacaná, San Marcos.
- Mapas de localización de equipamiento instalado en el municipio de Tacaná, San Marcos.
- Tablas y cuadros síntesis que indiquen tipologías, sistemas constructivos y estado actual de las edificaciones de uso público en el municipio de Tacaná, San Marcos. Estas acompañadas del registro de localización, fotografías y esquemas de distribución, (plantas arquitectónicas, elevaciones y secciones).
- Formulación de lineamientos técnicos que presenten las recomendaciones del equipamiento identificado como apto para ser utilizado en casos de emergencias.
- Mapas de localización de equipamiento óptimo en el municipio de Tacaná, San Marcos.
- Listado priorizado con edificaciones del equipamiento comunitario cuya capacidad espacial permita albergar a un mínimo de 75 personas.



## 1.9 Impacto del proyecto

El impacto del proyecto estará en función de la información que generará a través de proveer estrategias y acciones que se puedan utilizar para el plan de prevención y mitigación de desastres naturales establecido para esta comunidad, las que contribuirán a fortalecer la CONRED y formar la COMRED y CORRED; así mismo serán de gran importancia en la formulación de la Estrategia para la Reducción de la Pobreza de este municipio, al prever con una planificación estratégica para la reducción de la problemática socioeconómica de la comunidad acorde a una planificación que permita la reducción de vulnerabilidades y riesgos, promoviendo la participación institucional y comunitaria en beneficio del municipio.



# CAPÍTULO 2

## Marco Teórico



# CAPÍTULO 2

## Marco Teórico

## MARCO TEÓRICO

Para la mejor manejo y comprensión de el presente trabajo, se deben manejar distintos términos y teorías relacionadas al tema de la mitigación y prevención de desastres por lo que en el siguiente capítulo se desarrollan los que se consideran de mayor importancia.

### 2.1 Fenómeno Natural

Un fenómeno natural es todo acontecimiento originado por elementos de la naturaleza como lo son el agua, el fuego, el sol, la tierra o el viento, entre otros, el fenómeno natural no constituye en si mismo un desastre, ya que esto dependerá del grado de vulnerabilidad de la población a que afecte. Por ejemplo un deslizamiento de tierra en una montaña que no este habitada no pasa de ser un fenómeno natural, al contrario, si este ocurre en una ladera que tenga a sus pies un poblado donde las condiciones socioeconómicas de sus habitantes determinan un alto grado de vulnerabilidad, el fenómeno natural pasa a ser un desastre.

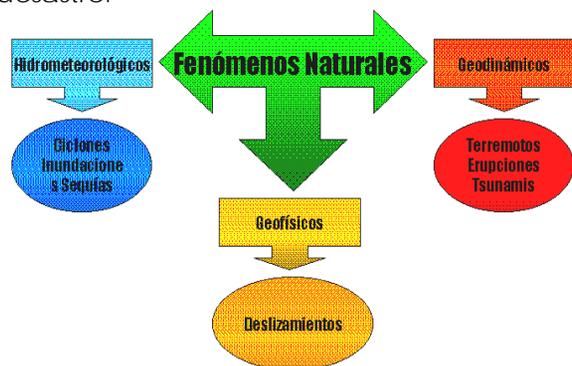


Diagrama No.2.1: Clasificación de los Fenómenos Naturales  
Fuente: ASDI, UNICEF, INFOM, UNEPAR. Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala.

### 2.2 Desastre

El desastre es un hecho en el que una comunidad sufre pérdidas humanas y/o materiales ocasionados por fenómenos naturales y/o provocados por el ser humano, dando lugar al rompimiento de la cotidianidad y al deterioro del entorno físico, necesitando ayuda externa para poder recuperarse.

Los desastres son daños y alteraciones causados por fenómenos naturales que pueden afectar física y materialmente a cualquier grupo poblacional. Este daño estará en función del grado de amenaza y vulnerabilidad de la población. Los fenómenos naturales se agrupan en hidrometeorológicos, geofísicos y geodinámicos.

### 2.3 Amenaza

La amenaza es la presencia de un fenómeno natural o antropogénico, que pone en peligro a una comunidad. Es considerada como un factor externo de riesgo, descrita por la potencial ocurrencia de un acontecimiento (natural o provocado por el ser humano).

## 2.4 Tipos de Amenaza

Las amenazas dependiendo de su origen pueden ser de tipo: natural, socio natural o antrópica.

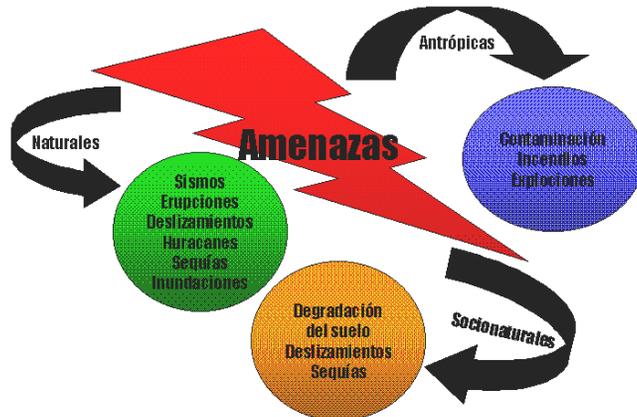


Diagrama No.2.2: Tipos de Amenazas  
Fuente: CRID. Introducción a las Amenazas

## 2.5 Riesgo

Los elementos que determinan los desastres, son los siguientes:

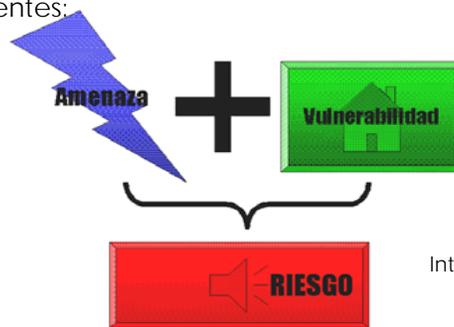


Diagrama No.2.3:  
Determinantes del Riesgo  
Fuente: CRID.  
Introducción a las amenazas.

## 2.6 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es otro elemento que determina los desastres, es la probabilidad de que una amenaza afecte a una comunidad. Ésta es un factor interno de riesgo, resultado de la suma de varios factores:

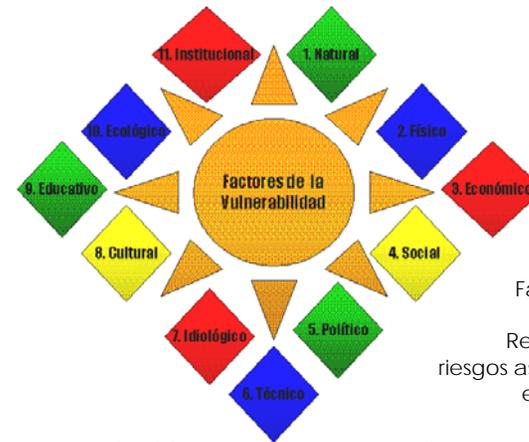


Diagrama No.2.4:  
Factores de la Vulnerabilidad  
Fuente: SEGEPLAN.  
Reconocimiento preliminar de riesgos asociados a varias amenazas en poblados de Guatemala.

La Vulnerabilidad es el factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida. La diferencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un evento determina el carácter selectivo de la severidad de las consecuencias de dicho evento sobre los mismos. Facilidad con la que un sistema puede cambiar su estado normal a uno de desastre, por los impactos de una calamidad.

Vulnerabilidad es la condición en virtud de la cual una población o estructura social, económica o física está, o queda expuesta o en peligro de resultar afectada por un fenómeno, de origen humano o natural, llamado amenaza. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gestión Local del Riesgo, SESNPMAD-PNUD-COSUDE-INIFOM, 2001.

Se han identificado diferentes tipos de vulnerabilidades en el con el objetivo de recomendar medidas y acciones para reducirlas a través de una acertada gestión del riesgo por parte de las autoridades.<sup>2</sup>

Entre las principales vulnerabilidades presentes en el municipio se identificaron:

- Vulnerabilidad física
- Vulnerabilidad estructural
- Vulnerabilidad ambiental
- Vulnerabilidad geológica
- Vulnerabilidad institucional
- Vulnerabilidad socioeconómica

### **2.6.1 Vulnerabilidad Física**

Esta vinculada al efecto que puede ser causado al entorno por el mal manejo del mismo debido a la falta e inadecuado planeamiento territorial.

### **2.6.2 Vulnerabilidad Estructural**

Se refiere a la construcción de la infraestructura en general, el tipo de sistema constructivo y los materiales empleados determinarán el que las edificaciones sean aptas o no para soportar las fuerzas exteriores a las que se vean expuesta.



Fotografía No. 2.1  
Detalle de Columna de  
Escuela en desuso en  
Aldea El Rosario, Tacaná

### **2.6.3 Vulnerabilidad Ambiental**

Este tipo de vulnerabilidad se refiere a la forma de utilización o aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente. Las prácticas agrícolas, pecuarias e industriales, el uso y dependencia de agroquímicos en la producción, el uso de tecnologías de producción contaminantes, la calidad del agua de consumo humano, las fuentes de abastecimiento, los mecanismos de evacuación y eliminación de residuos y desechos y las zonas deforestadas son todos elementos claves para determinar la vulnerabilidad ambiental de un lugar geográfico determinado.

<sup>2</sup> Reconocimiento Preliminar de Riesgos Asociados en varias Amenazas en Poblados de Guatemala. Dr. Juan Carlos Villagrán. SEGEPLAN. Pag. 18.

## 2.6.4 Vulnerabilidad Geológica

Directamente relacionada con la composición de los suelos, que pueden ser propensos a ser afectados por los fenómenos climatológicos, generándose procesos de erosión e inestabilidad de los mismos.



Fotografía No2.2.  
Deslizamiento, Tacaná

## 2.6.5 Vulnerabilidad Institucional

La vulnerabilidad institucional se refleja en la falta de coordinación entre instituciones, repercutiendo negativamente en el manejo de los riesgos, ya que las acciones para la prevención y mitigación de los mismos, deben ser ejecutadas o supervisadas de manera coordinada, consensuada y determinada interinstitucionalmente.

Por otra parte las capacidades técnicas y recursos tanto económicos como humanos son otros aspectos que determinarán la vulnerabilidad institucional.

## 2.6.6 Vulnerabilidad Socioeconómica

El conjunto de relaciones, comportamientos, creencias, formas de organización, niveles de autonomía y gestión, la tasa de crecimiento, mortalidad, migración y niveles de hacinamiento, son factores que determinan la vulnerabilidad social de un grupo poblacional específico.

Entre los factores que acrecientan la vulnerabilidad social, se encuentran:

- Pobreza extrema.
- Crecimiento desordenado de las poblaciones demandantes de servicios básicos.
- Fuerte movimiento migratorio de la población.
- Alto porcentaje de la población dispersa.
- Fuertes limitantes para brindar atención de servicios básicos sobre todo en el sector rural.
- Déficit de la capacidad instalada, medicamentos y recursos humanos en las unidades de salud.
- Los problemas físicos, de personal y las condiciones de extrema pobreza de la población y sus limitadas condiciones higiénico sanitarias, establecen como principales causas de morbi-mortalidad las enfermedades diarreicas agudas, mortalidad materna, infecciones respiratorias agudas, malaria, dengue, tuberculosis, mortalidad neonatal y enfermedades cardiovasculares.
- Baja cobertura del servicio de energía eléctrica domiciliar y alumbrado público, sobre todo en el sector rural.
- Baja capacidad instalada del servicio de agua.
- Inexistencia total del servicio de alcantarillado sanitario.
- Deficiente servicio de telefonía.



La vulnerabilidad económica se refiere a la ausencia de recursos económicos y/o mala utilización de los recursos disponibles.

Los factores condicionantes para disminuir la vulnerabilidad económica son:

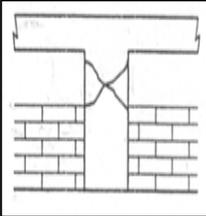
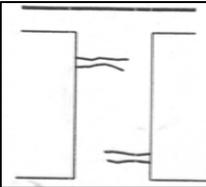
- La economía condicionada a las oportunidades y restricciones del mercado internacional
- El sector industrial y de construcción no tiene condiciones para desarrollarse, ni perspectivas a corto plazo de cambios significativos
- La base económica sigue siendo agropecuaria
- Las actividades comerciales sólo se dan en las cabeceras departamentales
- Las perspectivas de crédito son casi inexistentes
- El rubro de granos básicos está en manos de la pequeña producción para garantizar la subsistencia
- Pocas condiciones para un desarrollo industrial por la ausencia de servicios básicos la vulnerabilidad educativa se refiere a la calidad de la educación. Correspondencia entre contenidos, métodos y herramientas. Menciona la relación entre el contenido educativo y la realidad local; relación entre escuela y comunidad; niveles de educación; y espacios para la educación.
- Atención educativa deficiente
- La población rural se encuentra muy dispersa en relación a los centros educativos.
- La mayoría de egresados de la educación primaria en el sector rural no pueden continuar sus estudios de secundaria.
- La mayoría de egresados de la educación secundaria en el sector urbano no pueden continuar sus estudios superiores por no tener las condiciones.

## 2.7 CRITERIOS DE EVALUACIÓN ANTE AMENAZA

### 2.7.1 Criterios de Evaluación ante Amenaza Sísmica

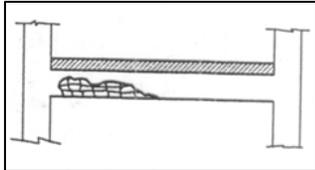
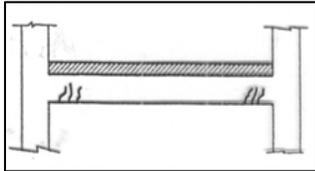
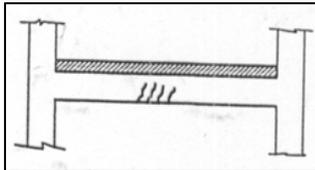
Cuadro No. 2.1

COLUMNAS		
Tipo de Daño a Evaluar	Descripción del Daño	Detalle
<p><b>Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo con el núcleo destruido</b></p>	<p>Esto significa que el concreto ha sufrido aplastamiento y las barras de refuerzo están pandeadas. Esto sucede porque la columna falla por compresión, y es bastante serio y peligroso. El núcleo no está en buenas condiciones porque el acero de refuerzo se pandeó. Generalmente, sucede cerca del nudo. Es una situación peligrosa.</p>	
<p><b>Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo con el núcleo sano</b></p>	<p>En este caso, el núcleo está sano y se encuentra en buenas condiciones, es decir, el concreto se ha desprendido del el acero de refuerzo permanece en buenas condiciones. Sin embargo, el daño a columnas siempre es importante y hay que ponerle atención.</p>	

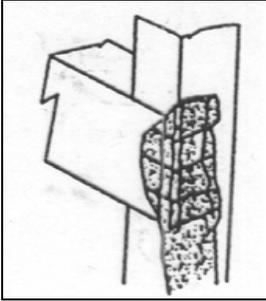
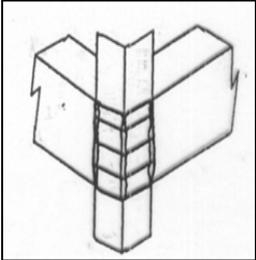
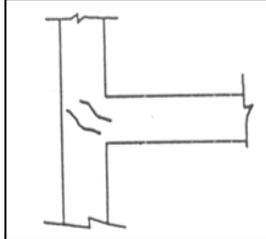
<b>COLUMNAS</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<p><b>Grietas en los extremos de las columnas con desprendimientos del concreto del acero de refuerzo (comportamiento de articulación en los extremos)</b></p>	<p>Esta situación también es bastante seria, por lo que hay que prestar bastante atención a este tipo de daño</p>	
<p><b>Falla de columnas cortas</b></p>	<p>Se originan grietas a 45° formando una "X" en la parte de la columna que no está restringida por muros laterales. También puede ser una grieta diagonal a lo largo de la columna corta. Este tipo de falla sí es de cuidado.</p>	
<p><b>Fisuras horizontales en los extremos de la columna</b></p>	<p>Estas fisuras son por flexión. Es menos grave especialmente si son fisuras. Es un daño que es aceptable.</p>	

Cuadro 2.2

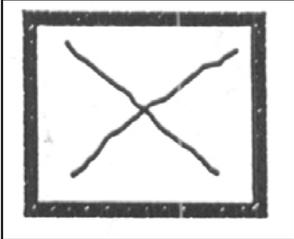
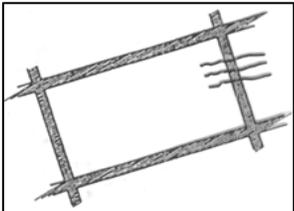
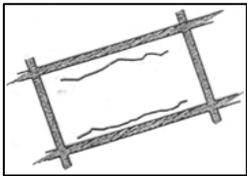
<b>VIGAS</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<b>Grietas a 45° en los extremos de la viga</b>	Este tipo de daño sí es de cuidado porque su aparición significa una debilidad de cortante. El inspector de daño tiene que evaluar el grado de daño que significa la presencia de esta grieta tomando en cuenta la localización de la viga dentro del sistema estructural, la función que tiene o cualquier otro aspecto que el inspector crea conveniente considerar.	
<b>Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga en la parte superior sin exposición del refuerzo ni desprendimiento del concreto</b>	Usualmente, la aparición de estas grietas se debe a redistribución de momentos negativos a momentos positivo. Bajo esta circunstancia, la viga es usable pero requiere reparación.	
<b>Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga en la parte superior con desprendimiento del concreto y exposición del refuerzo con el núcleo sano</b>	Núcleo sano significa que el refuerzo paralelo a la viga y los estribos de confinamiento se encuentran en buenas condiciones, es decir, no están pandeados ni retorcidos. La aparición de este tipo de daños se debe a la formación de una articulación plástica. Si el núcleo de la viga está en buenas condiciones, y si en un piso dado este tipo de daño es menor al 25% entonces significa que es un buen diseño y que es usable pero requiere reparación.	

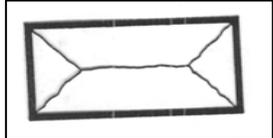
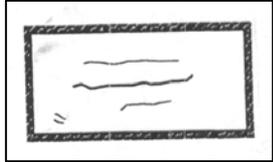
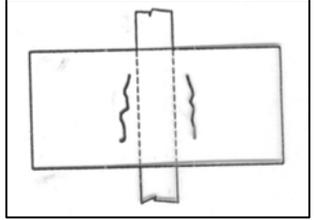
<b>VIGAS</b>		
Tipo de Daño a Evaluar	Descripción del Daño	Detalle
<p><b>Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga en la parte superior con desprendimiento del concreto y exposición del refuerzo con el núcleo destruido</b></p>	<p>Núcleo destruido significa que las barras de refuerzo de la viga se encuentran pandeadas y destruidas. Este tipo de daño es riesgoso porque es indicio de una falta de ductibilidad. El inspector del daño debe evaluar cuidadosamente estas grietas para determinar la categoría de seguridad.</p>	
<p><b>Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga localizada en las esquinas de la parte inferior de la viga.</b></p>	<p>Estas Grietas se deben a reversión de refuerzos, el cual en un comportamiento "normal" en vigas cortas. En vigas largas, puede significar excesiva deformidad del edificio y por lo tanto es de consideración.</p>	
<p><b>Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga localizada el tercio medio.</b></p>	<p>Estas grietas son muy comunes. Usualmente no son riesgosas y preexistentes. Se deben a fuerzas de gravedad.</p>	

Cuadro 2.3

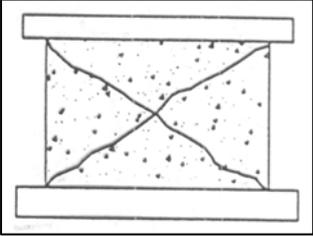
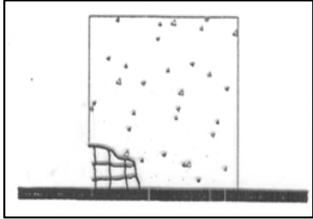
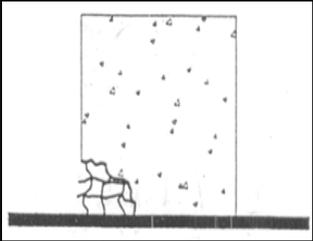
<b>UNIONES VIGA COLUMNA</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<b>Desprendimiento del concreto, exposición y pandeo del refuerzo longitudinal de la columna</b>	En general, este tipo de daño sí es serio y hay que prestarle bastante atención. El inspector de daño debe evaluar la localización de esta unión y la importancia que tiene en el funcionamiento estructural del edificio. Esta falla es por falta de un buen confinamiento.	
<b>Desprendimiento del concreto, exposición y pandeo del refuerzo de la unión.</b>	En general. Este tipo de daño sí es serio y hay que prestarle bastante atención. El inspector de daño debe evaluar la localización de esta unión y la importancia que tiene en el funcionamiento estructural del edificio. Falla por momento flector.	
<b>Falla de corte a 45° en forma de "X"</b>	En general, este tipo de daño sí es serio y hay que prestarle bastante atención. El inspector de daño debe evaluar la localización de esta unión y la importancia que tiene en el funcionamiento estructural del edificio.	

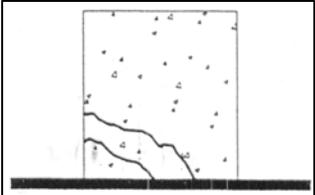
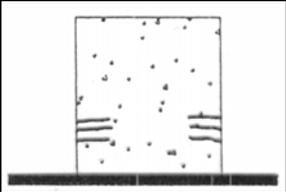
Cuadro 2.4

LOSAS		
Tipo de Daño a Evaluar	Descripción del Daño	Detalle
Grietas en la cara inferior de la losa a 45° en forma de "X"	Esta fisuración se debe por cortante horizontal en el plano del entrepiso. No es grave para evaluación de seguridad, pero hay que examinar la estructura para determinar la razón por la que sucedió.	
Sobre esfuerzo de la viga.	Este tipo de grieta se deben a que la viga que sostiene a la losa se vio sometida a un sobre esfuerzo. En estructuras estáticamente indeterminadas son hiper estáticas, o sea que la produjo un sismo pero hubo una redistribución del momento positivo. Es usable, pero requiere reparación.	
Grietas longitudinales en el sentido largo de la losa y localizadas cerca de los bordes	Aparecen porque la losa está sub-diseñada o porque los bastones para momento negativo quedaron muy cortos no es grave.	

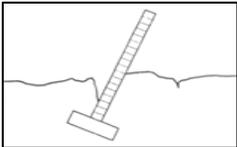
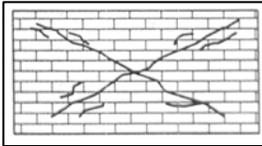
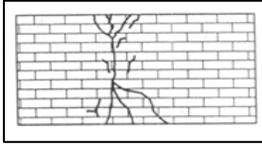
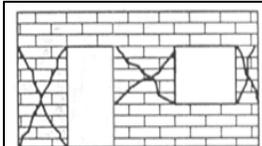
<b>LOSAS</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<b>Grietas a 45° unidas por una grieta longitudinal en la cara inferior.</b>	Esta falla del panel se debe a fuerzas de gravedad.	
<b>Grietas longitudinales al centro de la losa en su cara inferior.</b>	Usualmente son retracciones porque el momento positivo es bajo en general.	
<b>Fisura en la parte superior de la losa cerca del apoyo.</b>	Son poco significativas por sismo. Se deben a fuerzas de gravedad o a retracción. Se pueden y deben también a bastones muy cortos.	

Cuadro 2.5

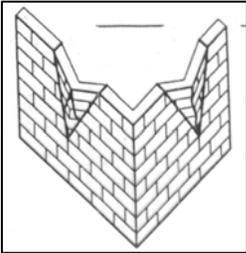
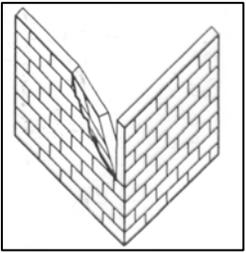
MUROS DE CORTE SÓLIDOS		
Tipo de Daño a Evaluar	Descripción del Daño	Detalle
Grietas diagonales mayores a 1/8" que se extienden entre pisos	Este tipo de falla es por corte directamente.	
Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo con el núcleo sano.	Bajo estas condiciones, el núcleo permanece sano porque las barras de refuerzo no sufrieron daño. Es una situación aceptable en cuanto a muros.	
Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo con el núcleo destruido.	Este daño Debilita al muro y es de consideración ya que debe ser reparado lo antes posible.	

<b>MUROS DE CORTE SÓLIDOS</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<b>Grietas diagonales</b>	Se originan por cortante y son muy comunes después de un sismo. Es necesario evaluarlas para determinar el daño y la categoría de seguridad que significan.	
<b>Grietas horizontales en los extremos de la base del muro.</b>	Son originadas por una falla de flexo-compresión. El edificio puede utilizarse pero hay que repararlo lo antes posible.	

Cuadro 2.6

<b>MUROS DE MAMPOSTERIA</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<b>Muros fuera de plomo.</b>	Volteo total o parcial de todo el muro. Se forman grietas horizontales. Dependiendo de la severidad del daño, el suelo puede mostrar grietas, asentamientos o levantamientos. Este daño es ocasionado por fuerzas en el plano horizontal perpendicular al muro.	
<b>Muros con grietas diagonales.</b>	Se originan grietas que se cruzan formando ángulos de 45° aproximadamente respecto a la horizontal. El cruce de grietas tiende a localizarse en la parte central del muro. Es ocasionado por fuerzas laterales en el plano del muro.	
<b>Presencia de rajaduras que significan riesgo para el soporte vertical.</b>	Grietas que forman líneas verticales al centro del muro con grietas diagonales en las zonas de contacto con losas y muros. Se producen por asentamientos diferenciales.	
<b>Muros con ventanas cuyos elementos verticales de unión entre ellas estén rajados.</b>	Las grietas se producen en forma de "X" y se distribuyen en los espacios entre vanos. Es ocasionada por fuerzas laterales en el plano del muro.	

Cuadro 2.7

<b>DIAFRAGMAS HORIZONTALES</b>		
<b>Tipo de Daño a Evaluar</b>	<b>Descripción del Daño</b>	<b>Detalle</b>
<b>Movimiento o falla de corte en la conexión entre el muro de mampostería y el diafragma.</b>	Falla en muros que no posee refuerzo contra cargas horizontales. Es ocasionado por fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro.	
<b>Ausencia de diafragma horizontal o mala unión entre el diafragma y el muro.</b>	Falla ocasionada por un mal amarre entre el diafragma y el muro. Es ocasionado por fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro.	

### 2.7.2 Criterios de Evaluación ante Amenaza de Inundación

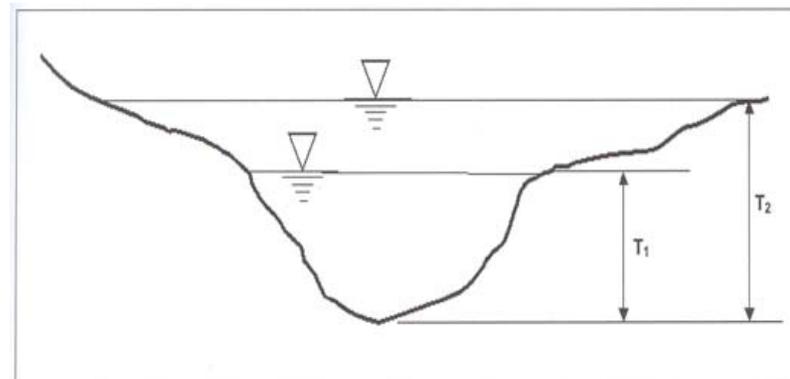
Para detectar las zonas inundables se investigará la inundación más alta referida a un periodo de 50 años y se deberán plantear las zonas restrictivas y las precauciones para construcción y otros usos en estas zonas.

Los terrenos que se encuentran en las partes bajas deberán ser estudiados en función de las probabilidades presentes y futuras de inundación y de las alturas máximas que pueden alcanzar las aguas en casos de escorrentía, mareas, marejadas, desbordamientos, etc.

En general los terrenos con riesgo de inundación no son aptos para el desarrollo urbano; sin embargo, cuando existen razones importantes para la utilización de estas zonas, deberán contemplarse medidas preventivas como las siguientes: al utilizar zonas que se encuentran bajo cauces naturales, canales principales y orillas adyacentes que transportan riadas a velocidades destructivas, deberá cuidarse que los usos planteados no se obstruyan, para que las riadas puedan fluir libremente; en el caso de utilizar zonas planas que se encuentran fuera del cauce de inundación pero dentro de la zona restrictiva por ser susceptibles a inundarse por el desbordamiento de aguas con poca velocidad, deberán plantearse usos que no sean afectados en casos de inundación, como agricultura, bosque, recreo, espacios abiertos, etc.; En el caso de alojar edificaciones u otro tipo de estructuras se deberán tomar las medidas necesarias para que éstas no impidan el flujo de corrientes de agua. Deberán plantearse los muros de contención, mejorar los cursos canalizando los cauces para desviarlos de los usos urbanos y disminuir los riesgos por inundación, poniendo restricciones a la construcción como elevar las plantas bajas de las edificaciones, construir paredes y

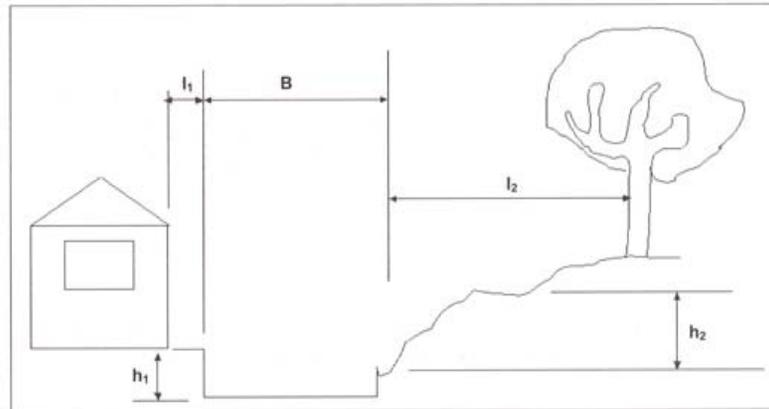
cimientos a prueba de agua, salidas de escape, válvulas de seguridad en alcantarillas y, por último, establecer planes y medidas de emergencia para la evaluación.

A partir del análisis de los aspectos hidrológicos deberán determinarse áreas con posibilidades de usos recreativos; áreas no aptas para el desarrollo urbano por riesgos y vulnerabilidad; identificación de asentamientos ubicados en áreas no aptas o de riesgo; identificación de medidas para prevenir riesgos por inundación de las tendencias a ocupar áreas no aptas para el desarrollo urbano e identificación de zonas de preservación que cumplen una función ecológica en la zona de estudio.



Gráfica No. 2.1

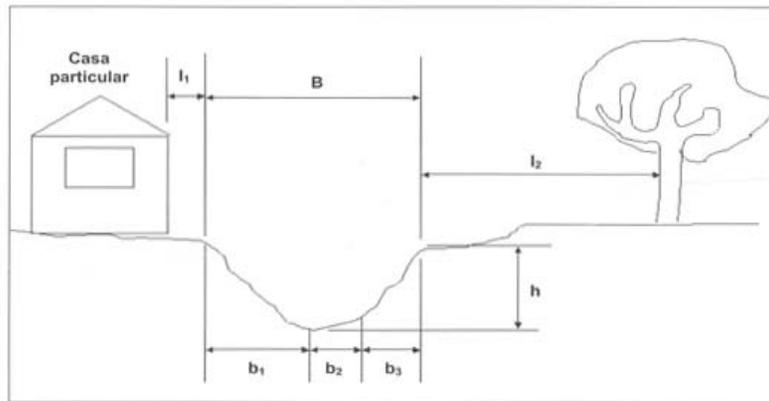
Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Versión 2004.



*Levantamiento de una sección crítica para un cauce no natural*

Gráfica No. 2.2

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Versión 2004.



*Levantamiento de una sección crítica para un cauce natural*

Gráfica No. 2.3

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Versión 2004.

### 2.7.3 Criterios de Evaluación ante Amenaza Volcánica

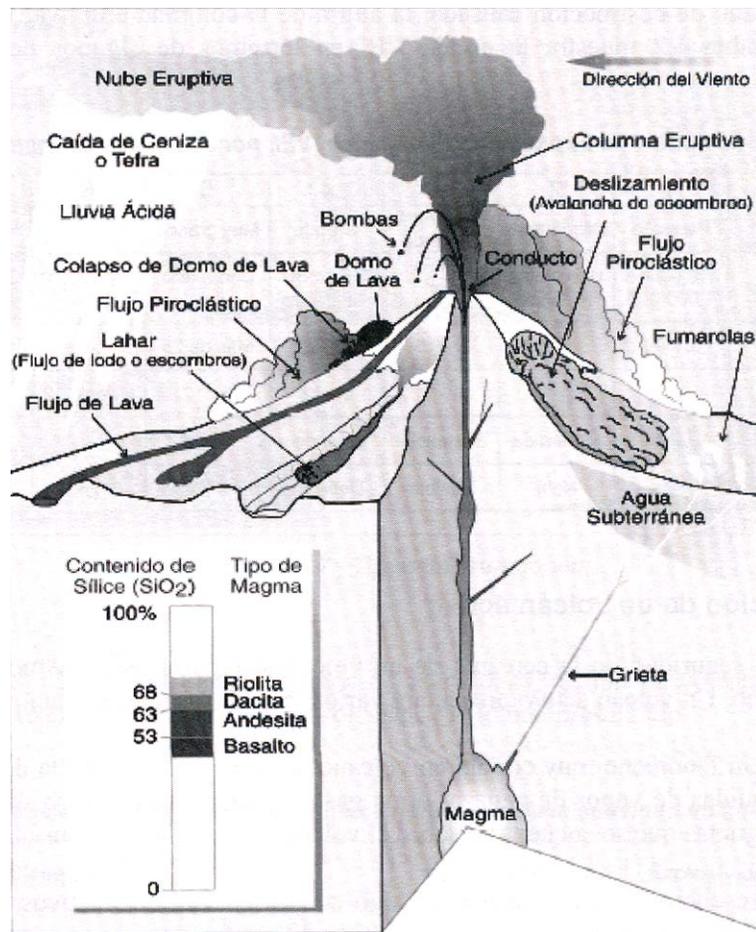
La amenaza volcánica tiene dos radios de acción o de influencia que son directos e indirectos, dichos radios de acción dependerán del tipo de placa tectónica, lo cual a su vez determina el tipo de erupción que pueda acontecer, a continuación se describen brevemente los conceptos básicos para la comprensión de la amenaza volcánica:

**Tipos de límites de placa**

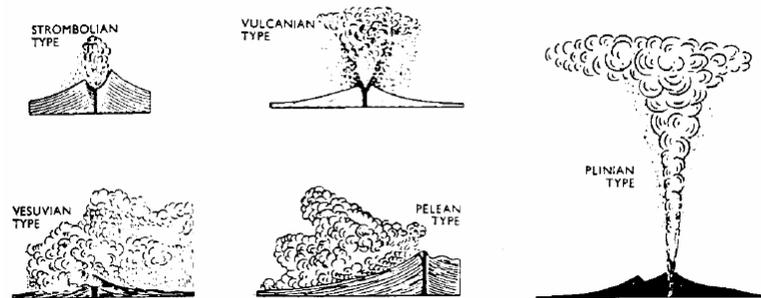
- **Divergentes:** erupciones “calmadas” de magma basáltico
- **Convergentes** (subducción): erupciones explosivas de magmas andesíticos
- **Intraplacas** (“puntos calientes, hot spots”): erupciones de magma basáltico

UNESCO RAPCA

Gráfica No. 2.4



Gráfica No. 2.5



Gráfica No. 2.6

Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés)

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada a grande	Grande	Muy grande	--	--	--
Volumen emitido (m <sup>3</sup> )	< 10,000	10,000 – 1,000,000	Uno a diez millones	Diez a cien millones	Cien a mil millones	Uno a diez km <sup>3</sup>	Diez a cien km <sup>3</sup>	Cien a mil km <sup>3</sup>	Más de 1000 km <sup>3</sup>
Altura de la columna (km)	0,1	0,1 – 1	1 - 5	3 - 15	10 - 25	Más de 25	--	--	--
Duración en horas	-1	-1	1 - 6	1 - 6	1 - 12	6 - 12	Más de 12	--	--
Inyección a la troposfera	Minima	Leve	Moderada	Sustancial	Grande	--	--	--	--
Inyección a la estratosfera	Nula	Nula	Nula	Posible	Definida	Significativa	Grande	--	--

A Adaptado de: Newhall y Self (1982).

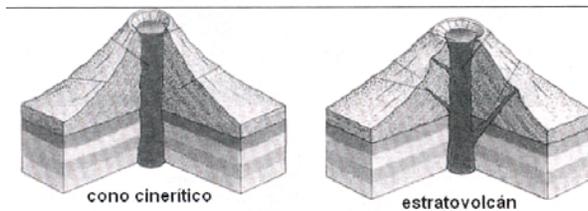
Gráfica No. 2.7

**Resumen de las propiedades físicas estimadas de algunos peligros volcánicos**

Peligros	Distancias hasta las cuales se han experimentado efectos		Área afectada		Velocidad		Temperatura (°C)
	Promedio (km)	Máximo (km)	Promedio (km <sup>2</sup> )	Máximo (km <sup>2</sup> )	Promedio (m/s)	Máximo (m/s)	
Caída de cenizas (tefra)	20-30	>800	100	>100,000	15	30	Usualmente la del medio ambiente
Proyectiles balísticos	2	15	10	80	50-100	100	1000
Flujos piroclásticos y derrumbes o avalanchas	10	100	5-20	10,000	20-30	100	600-800
Lahares	10	300	5-20	200-300	3-10	>30	100
Flujos de lava	3-4	>100	2	>1,000	5	30	700-1150
Lluvia ácida y gases	20-30	>2,000	100	20,000	15	30	Medio ambiente
Ondas de choque	10-15	>800	1,000	>100,000	300	500	Medio ambiente
Rayos	10	>100	300	3,000	12x10 <sup>5</sup>	12X10 <sup>5</sup>	Por encima del punto de incandescencia

Fuente: Modificado de Blong, R.H. Volcanic Hazards (Sydney, Australia: Macquarie University Academic Press, 1984)

Gráfica No.2.8



Gráfica No. 2.9

### Caída piroclástica (2)

- Materiales gruesos se depositan mas cerca del punto de la erupción que los materiales mas finos
- Materiales mas finos se elevan en el aire ayudado por gases en expansión y luego son arrastrados por los vientos (dirección!)
- Depósitos de caída piroclástica: 'TEPHRA'
- Estudio de tephras: 'Tephra-chronology'
- Mapa de iso-pacas: información acerca de la distribución

y espesor de los depósitos piroclásticos de caída.

### Flujos piroclásticos

- Mezcla de materiales piroclásticos y gases
- Nubes ardientes/avalanchas ardientes (d'explosion & d'avalanche)
- Flujos calientes, venenosos que destruyen todo lo que encuentran a su paso.

## 2.7.4 Criterios de Evaluación ante Amenaza de Deslizamientos

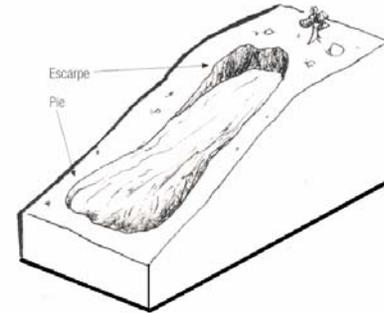
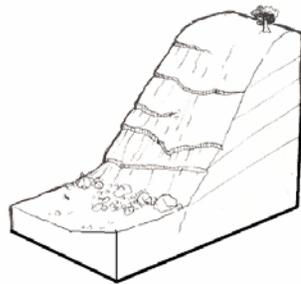
Los deslizamientos son movimientos de rocas, suelos, materiales artificiales o una combinación de los mismos, que se producen a lo largo de una superficie a favor de una pendiente.

### 2.7.4.1 Tipos de Deslizamientos

Los deslizamientos se pueden clasificar de acuerdo al tipo de movimiento que los provoca, entre ellos se puede mencionar: caída vuelco, deslizamientos rotacionales y translacionales, extensiones laterales, flujos y raptaciones.

### CAIDA

Estos movimientos ocurren cuando el material rocoso de cualquier tamaño se desprende de una ladera bastante empinada, su recorrido es a través del aire saltando o rodando, dependiendo de la inclinación de la ladera. Aunque la cantidad de material desprendido puede ser pequeño, la velocidad del movimiento es siempre muy alta.



Los Variables determinantes para la ocurrencia de un deslizamiento pueden ser el tipo de movimiento y en consecuencia la velocidad la cual puede alterarse.

Los deslizamientos pueden ser compuestos por varios tipos de movimientos como por ejemplo las avalanchas de rocas, que son una combinación de una caída principal y un flujo de escombros como consecuencia.

### FLUJOS

Estos movimientos se producen en rocas, escombros, y suelos; en los últimos 2 casos están relacionados con una saturación de agua principalmente en periodos de lluvia intensa, el movimiento es generalmente muy rápido y por ello representa un alto peligro.

### RAPTACIÓN

Es la información que sufre la masa de suelo, o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad, se suele manifestar en la curvatura de las rocas y troncos de los árboles, el corrimiento de carreteras, y la aparición de grietas.

