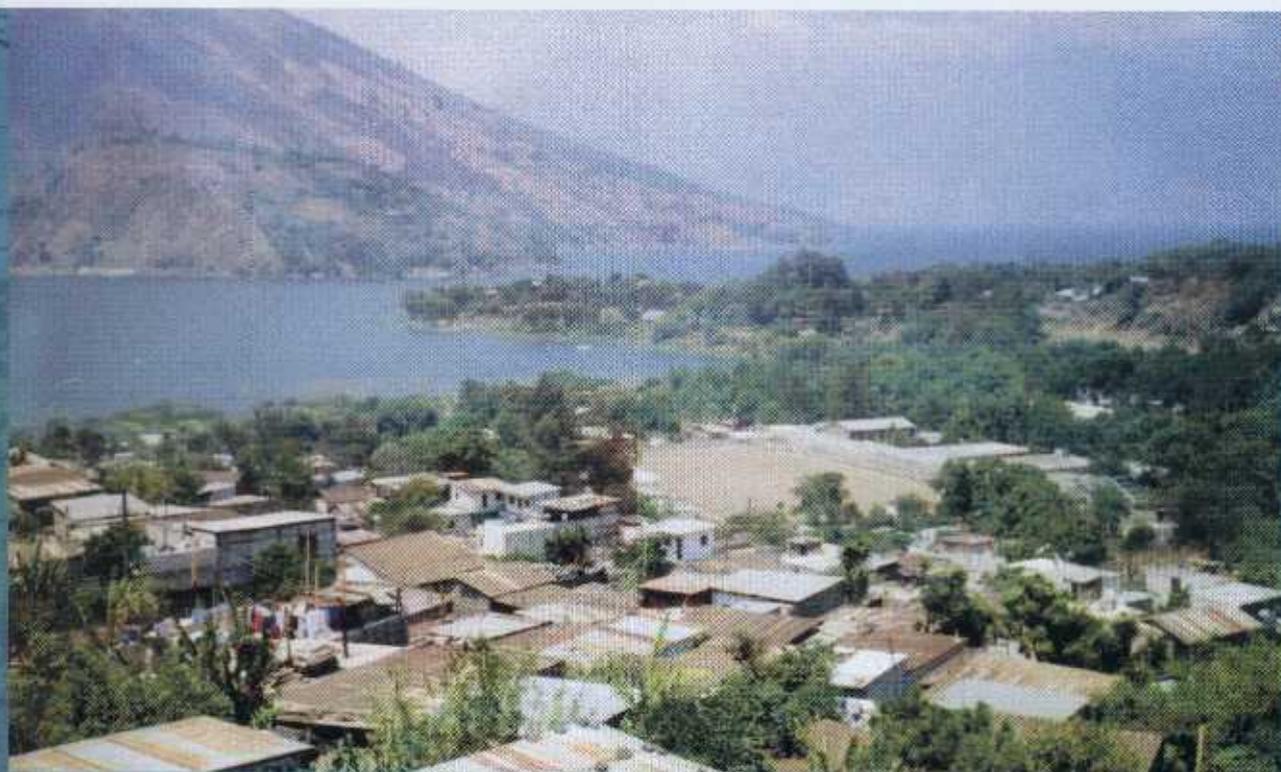


14899

MANUAL PARA LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS ASOCIADOS A DIVERSAS AMENAZAS



DR. JUAN CARLOS VILLAGRÁN DE LEÓN



**Manual para la estimación cuantitativa
de riesgos asociados a diversas amenazas**

Manual para la estimación cuantitativa de riesgos asociados a diversas amenazas

© Acción contra el Hambre es una organización de ayuda humanitaria de ámbito internacional, apolítica y aconfesional, que interviene en 40 países de los cinco continentes. Desde 1997 está presente en Centroamérica llevando a cabo proyectos de seguridad alimentaria, agua, saneamiento, nutrición, salud y gestión de riesgos.

Oficinas de Acción contra el Hambre en Guatemala

20 calle A 32-90 zona 7 Bosques de Linda Villa

Ciudad de Guatemala

Tel / Fax: (502) 439 41 17

<http://www.accioncontraelhambre.org>



La Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) fue fundada en 1992 para proporcionar ayuda rápida y eficaz a las víctimas de crisis humanitarias fuera de la Unión Europea. Aunque la mayoría de sus intervenciones implican salvar y preservar la vida durante las catástrofes e inmediatamente después, la preparación ante desastres es una preocupación principal. ECHO estableció su programa de preparación ante desastres (DPECHO) en 1996 para ayudar a las comunidades vulnerables a prepararse contra los riesgos naturales.

ECHO-Oficina de Ayuda Humanitaria

de la Comisión Europea

B-1049 Bruselas, Bélgica

Tel.: (+32 2) 295 44 00 Fax (+32 2) 295 45 72

<http://europa.eu.int/comm/echo>



VILLATEK es una empresa de consultoría que se dedica a promover la gestión para la reducción de riesgos respecto a desastres naturales como eje transversal en el fomento del desarrollo sostenible. En tal sentido, enfoca sus esfuerzos en la identificación de riesgos para concretar medidas que tiendan a reducirlos. Como ejemplo, la empresa ha implementado diversos sistemas de alerta temprana en el área centroamericana. De manera similar, apoya a instituciones públicas, así como a Organizaciones No Gubernamentales en diferentes proyectos asociados con la reducción de desastres en la región.

VILLATEK S.A.

15 Avenida "A" 20-01 zona 13

Ciudad de Guatemala

Tel./Fax: (502) 360-3495

<http://www.villatek.com.gt>



La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados, tiene como propósito, prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres.

CONRED es la entidad técnica científica encargada de coordinar esfuerzos para prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de los desastres. La principal función de CONRED es establecer mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en el ámbito nacional.

Entre los objetivos según la ley de creación de CONRED están:

- Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en todo el territorio nacional;
- Organizar, capacitar y supervisar a nivel nacional, regional, departamental, municipal y local a las comunidades, para establecer una cultura de reducción de desastres, con acciones claras antes, durante y después de su ocurrencia, a través de la implementación de programas de organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios;
- Implementar en las instituciones públicas su organización, políticas y acciones para mejorar la capacidad de su coordinación interinstitucional en las áreas afines a la reducción de desastres de su conocimiento y competencia e instar a las privadas a perseguir idénticos fines;
- Elaborar planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el territorio nacional;
- Elaborar planes y estrategias en forma coordinada con las instituciones responsables para garantizar el restablecimiento y la calidad de los servicios públicos y líneas vitales en casos de desastres;
- Impulsar y coadyuvar al desarrollo de los estudios multidisciplinarios, científicos, técnicos y operativos sobre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la reducción de los efectos de los desastres, con la participación de las universidades, instituciones y personas de reconocido prestigio;
- La Junta Ejecutiva podrá declarar de Alto Riesgo cualquier región o sector del país con base en estudios y evaluación científica y técnica de vulnerabilidad y riesgo para el bienestar de vida individual o colectiva. No podrá desarrollarse ni apoyarse ningún tipo de proyecto público ni privado en el sector, hasta que la declaratoria sea emitida con base en dictámenes técnicos y científicos de que la amenaza u ocurrencia ha desaparecido.



El contenido de la presente publicación es responsabilidad del autor y no compromete a la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) y a CONRED.

Índice

Presentación	7
Introducción	9
1. Los riesgos y el modelo conceptual propuesto	13
2. Los riesgos y sus componentes	16
2.1 Las amenazas	16
2.2 Indicadores de vulnerabilidad	19
2.3 Deficiencias en las medidas de preparación	22
2.4 Factores que propician la generación de riesgos	22
2.5 Integrando amenazas e indicadores de vulnerabilidad para estimar indicadores de riesgo	24
2.6 Medición del riesgo	24
2.7 Cómo comparar el nivel de riesgo de distintas poblaciones: la normalización del riesgo	28
3. Riesgos asociados con diversas amenazas	31
3.1 Información en torno a vulnerabilidades	31
3.1.1 Indicador de vulnerabilidad estructural	32
3.1.2 Indicador de vulnerabilidad habitacional demográfica	32
3.2 Riesgos asociados con sismos	33
3.2.1 La amenaza sísmica	33
3.2.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados a sismos	36
3.2.3 Indicadores de vulnerabilidad habitacional	39
3.3 Inundaciones	41
3.3.1 La amenaza asociada con inundaciones	42
3.3.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con inundaciones	42
3.4 Sequía	43
3.4.1 La amenaza por sequía	43
3.4.2 La vulnerabilidad asociada con la sequía	44
3.5 Deslizamientos	44
3.5.1 Amenaza asociada a deslizamientos	44
3.5.2 Indicadores de vulnerabilidad asociados a deslizamientos	45
3.6 Caída de ceniza en caso de erupciones	46
3.6.1 Amenaza	46
3.6.2 Indicadores de vulnerabilidad estructural asociados con caída de ceniza en caso de erupciones	47
3.7 Fuertes vientos	48
3.7.1 La amenaza asociada con los fuertes vientos	48
3.7.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con fuertes vientos	48

4. Ejemplos de evaluación de riesgos asociados con diversas amenazas	51
4.1 Sismos en Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula	51
4.1.1 Vulnerabilidad estructural con respecto a sismos	51
4.1.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a sismos	52
4.1.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a sismos	54
4.1.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a sismos	54
4.2 Deslizamientos en Camotán y San Juan Ermita	55
4.2.1 Vulnerabilidad estructural respecto a deslizamientos	55
4.2.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a deslizamientos	56
4.2.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a deslizamientos	58
4.2.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a deslizamientos	58
4.3 Riesgo por sequía	59
4.3.1 Amenaza por sequía	59
4.3.2 Vulnerabilidad social habitacional	59
4.3.3 Cuantificación del riesgo de tipo social	60
4.3.4 Cuantificación del riesgo normalizado de tipo social	60
4.4 Amenaza por fuertes vientos	61
4.4.1 Vulnerabilidad estructural respecto a fuertes vientos	61
4.4.2 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a fuertes vientos	61
4.5 Estimación de riesgos por inundación en Escuintla	62
4.6 Estimación de riesgo por erupción en Sacatepéquez	65
5. Conclusiones	67
Bibliografía	69

Presentación

El presente documento se enmarca en el proyecto “Gestión Local de Desastres”, que Acción contra el Hambre implementó en Guatemala entre 2003 y 2004, financiado por la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO). Dicho proyecto ha tenido como principales destinatarios los 90,000 habitantes de los municipios de Camotán, San Juan Ermita y Jocotán, integrantes de la llamada región ch’orti’ del oriente guatemalteco, así como sus diferentes instituciones; Municipalidades, Consejos Comunitarios de Desarrollo, centros de salud, servicios de emergencia, escuelas, supervisiones de educación, etcétera.

Con el propósito de compartir la experiencia acumulada en dicho proyecto, se ha elaborado este manual, en el que se presenta una herramienta para conocer mejor los procesos generadores de riesgos. Su lectura será, por tanto, de especial utilidad a gestores y técnicos municipales, así como a todos aquellos profesionales que deben priorizar inversiones, ordenar el territorio o, en suma, planificar actuaciones de desarrollo que permitan reducir vulnerabilidades y mitigar riesgos.

El autor, Juan Carlos Villagrán, doctor en física y profesional de dilatada experiencia en gestión de riesgos, tras un breve repaso del marco conceptual empleado, nos presenta una metodología sencilla para determinar niveles de riesgo en cualquier tipo de asentamiento humano, de acuerdo con el tipo de amenaza a la que éste se expone y a sus propias debilidades en el ámbito estructural, funcional o socioeconómico. Por último, se presentan ejemplos concretos de evaluaciones de riesgo llevadas a cabo para los municipios de Camotán y San Juan Ermita en el departamento de Chiquimula, así como estimaciones de riesgo por inundación en Escuintla y por erupción volcánica en Sacatepéquez.

Ésta es también una buena oportunidad para recordar que aunque las condiciones geológicas y climáticas de Centroamérica predisponen la región a fenómenos naturales extremos, el factor que más contribuye al desencadenamiento de desastres es la alta vulnerabilidad en la que vive la mayoría de la población centroamericana. En el caso de Guatemala, los índices actuales de pobreza total y pobreza extrema en el área urbana son de 28% y 5% respectivamente, y en el área rural la situación se agrava con un 72% de la población en pobreza y un 31% en pobreza extrema.¹ Esta realidad socioeconómica, al igual que se traduce en elevados porcentajes de desnutrición, analfabetismo, mortalidad y morbilidad infantil, también tiene su equivalente en el alto número de damnificados que acompaña a episodios naturales. Será, por tanto, el conjunto de actuaciones que se acometan para disminuir de forma sostenible la pobreza, nuestro mejor aliado para prevenir desastres y reducir así los daños que estos producen.

¹ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe de Desarrollo Humano 2000*. Guatemala: PNUD, noviembre de 2002.

Introducción

Los recientes desastres que han ocurrido en Guatemala y en el resto del mundo han puesto de manifiesto que muchas sociedades están utilizando procesos de desarrollo que subestiman la capacidad destructiva de fenómenos naturales de diversa índole, tales como los terremotos, los huracanes o los deslizamientos. El cuadro 1 muestra datos sobre algunos de los eventos más destructivos de América Latina y sus impactos.² Los datos reportados en el mismo son indicativos de que buena parte de la población en estos países no está adecuadamente adaptada y preparada para la presencia de un evento de tal magnitud.



Por ejemplo, en los terremotos de 1917/18 y de 1976 en Guatemala, así como en los de 2001 en El Salvador se constató claramente como colapsaron miles de viviendas de adobe con techo de teja, indicando su vulnerabilidad ante tales sismos. De manera similar, los frecuentes desbordamientos de ríos en las planicies costeras provocan inundaciones en comunidades y zonas agrícolas, forzando la evacuación masiva de familias hacia refugios y provocando pérdidas millonarias en el sector agrícola, algo que es indicativo de que dichas comunidades han sido edificadas en sitios no adecuados dada su propensión a ser inundadas por tales desbordamientos.

Cuadro 1
Impacto de los desastres naturales
en América Latina y el Caribe

Año	País	Tipo de evento	Muertes	Daños estimados (US\$ millones) 1972
1972	Nicaragua	Terremoto	6,000	2.968
1976	Guatemala	Terremoto	23,000	2.147
1985	México	Terremoto	8,000	6.216
1998	América Central	Huracán Mitch	9,214	6.008
1998	República Dominicana	Huracán Georges	235	2.193
1999	Colombia	Terremoto	1,185	1.580
1999	Venezuela	Deslizamientos, inundaciones	25,000	3.267
2001	El Salvador	Terremotos	967	1.604

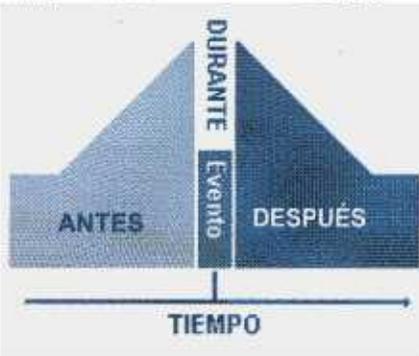
² Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). *El desafío de los desastres naturales en América Latina*. Plan de acción del BID, 2000; y Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) *Memoria, lecciones aprendidas de los terremotos de 2001 en El Salvador*. El Salvador: OPS/OMS, 2001.

Estos hechos nos llevan a considerar que el desarrollo cotidiano en múltiples comunidades no ha tomado en cuenta los diversos fenómenos naturales que se manifiestan en Guatemala, así como la escasa memoria colectiva de nuestras sociedades, que no suele extenderse más allá de unas pocas décadas. Un análisis más técnico de los desastres históricos nos permite concluir lo siguiente:



1. En numerosas zonas de Guatemala se manifiestan diversos tipos de fenómenos, cuyas intensidades varían desde leves hasta catastróficas.
2. La población de Guatemala ha basado su desarrollo social en modelos que son vulnerables a tales fenómenos.
3. La población de Guatemala no está adecuadamente preparada para responder ante la ocurrencia de fenómenos de intensidades catastróficas.

Tomando como base estos argumentos, se concluye que los desastres deben ser entendidos como eventos sociales desencadenados por fenómenos naturales, sicionaturales o antrópicos, y se manifiestan mediante la destrucción de infraestructura, el entorpecimiento de procesos de índoles variadas, así como la afectación severa de las líneas vitales, servicios y actividades que realiza la sociedad. Asumiendo que los fenómenos naturales o los antrópicos son los desencadenantes de los desastres, se puede hablar de tres intervalos temporales:



El **antes** del desastre, que abarca todo el periodo de tiempo que antecede al desastre y que culmina cuando se empieza a manifestar el evento natural desencadenante.

El **durante**, que abarca el intervalo de tiempo en el cual transcurre el evento.

El **después**, que abarca el intervalo de tiempo que sucede al evento.

El **durante** es aquel intervalo de tiempo en el cual se presenta el fenómeno desencadenante; el **antes** abarca los momentos, días, meses y años que anteceden al fenómeno, y el **después** representa el intervalo de tiempo que sigue una vez acontecido el evento causante de los daños.

Una vez comprendido este marco temporal de los desastres, es fácil concluir que para que exista un desastre debe haber un fenómeno desencadenante, por ejemplo, una erupción volcánica, pero también viviendas, líneas vitales y procesos que se construyeron antes de la erupción, los cuales son afectados de manera drástica durante el evento. Esta discusión nos lleva a pensar en dos aspectos:

- **¿Cómo se diferencia conceptualmente aquellos casos en los cuales los fenómenos son de pequeña magnitud y causan daños leves o muy leves, de aquellos otros eventos que son de tal magnitud que ocasionan enormes y muy severos daños?**
- **¿Cómo se puede definir un modelo conceptual que ayude a comprender y modelar por qué ocurren los desastres?**

El análisis de la primera pregunta brinda como resultado un modelo conceptual que presenta dos escenarios: el de emergencias y el de desastres. Asociamos un evento de pequeña intensidad con una emergencia, que puede ser atendida con recursos propios sin tener que recurrir a un nivel superior o externo para cubrirla, y asociamos un desastre con aquellos eventos que provocan cuantiosos daños, más allá de los que pueden ser atendidos con los recursos locales, lo que implica la necesidad de solicitar asistencia a un nivel superior o externo para atenderlos.

En este sentido, la diferencia entre una emergencia y un desastre radica en dos factores que están ligados: la magnitud del fenómeno desencadenante y la propensión de la infraestructura, procesos, líneas vitales y actividades a ser afectadas por el fenómeno. Por ejemplo, un sismo puede ser tan leve que casi no se siente o tan sólo hace que se caigan objetos al suelo, lo que se puede resolver sin recurrir a ningún agente externo. En contraste, un terremoto es un sismo de magnitud tan severa que derrumba viviendas, destruye líneas vitales como puentes, carreteras o tuberías de agua, e interrumpe múltiples tipos de procesos y servicios, lo que amerita asistencia externa para resolver estos problemas. ¡Eso es un desastre!

Acá es importante entender y dimensionar claramente la relación que existe entre la magnitud del fenómeno y la fragilidad de viviendas, de la infraestructura, y de los procesos con relación a dichos fenómenos. La figura muestra de manera gráfica estos conceptos.

Aunque este modelo conceptual ayuda a entender y dimensionar el impacto que causa un fenómeno, no explica cuáles son

¿Cómo diferenciamos una emergencia de un desastre?



las condiciones que generan un desastre y aquellas otras que conducen solamente hacia una emergencia. Este razonamiento nos lleva a formular una respuesta a la segunda pregunta que se planteó anteriormente, y de esta forma proponer, en la siguiente sección, un modelo conceptual que explique el por qué de los desastres.

1. Los riesgos y el modelo conceptual propuesto

Reconociendo que un desastre o una emergencia son desencadenados por un fenómeno natural, socionatural o antrópico, se plantea como premisa la necesidad de comprender el desastre como un evento de carácter social, al poner de manifiesto cómo ese entorno social ha sido afectado drásticamente. Por lo tanto, se puede concluir que para que suceda un desastre se requieren tres factores:

- La presencia de un fenómeno natural o antrópico desencadenante.
- La existencia de infraestructuras, líneas vitales, procesos, servicios, etcétera, construidos o establecidos de cierta manera que los hace muy propensos a ser afectados por el fenómeno desencadenante.
- La incapacidad de la población y sus instituciones a reaccionar de manera eficiente, eficaz y coordinada para responder si se manifiesta el fenómeno.

Ejemplo: inundaciones en San Sebastián, Retalhuleu

En el año 1997, la ciudad de San Sebastián experimentó inundaciones que provocaron la destrucción de varias viviendas, así como segmentos de la carretera que conduce hacia su centro urbano.

El río Ixpatz, que atraviesa toda la ciudad de norte a sur, se desbordó a causa de fuertes precipitaciones, pero también porque durante varias décadas el cauce fue reducido por la construcción de viviendas en sus riberas y porque la gente lo tomó como basurero para muchos tipos de objetos. El episodio se repitió en el año 2000.



Cuando se combinan estos tres factores se habla entonces de riesgos. De esta manera, los riesgos se conciben como el conjunto de factores que hacen proclive a una sociedad de ser afectada de manera severa por un fenómeno. Conceptualmente se pueden definir los riesgos con base a tres componentes: *amenazas*, *vulnerabilidades* y *deficiencias en las medidas de preparación*. Gráficamente es posible representar el riesgo como el área dentro de un triángulo que tiene como lados las amenazas, las vulnerabilidades y las deficiencias en las medidas de preparación. Si un lado aumenta, entonces aumenta el área y, por lo tanto, el riesgo.

Las amenazas representan la posibilidad de que se manifieste un fenómeno natural, socionatural o antrópico capaz de ocasionar daños severos. En este sentido, las amenazas son factores externos al entorno social.



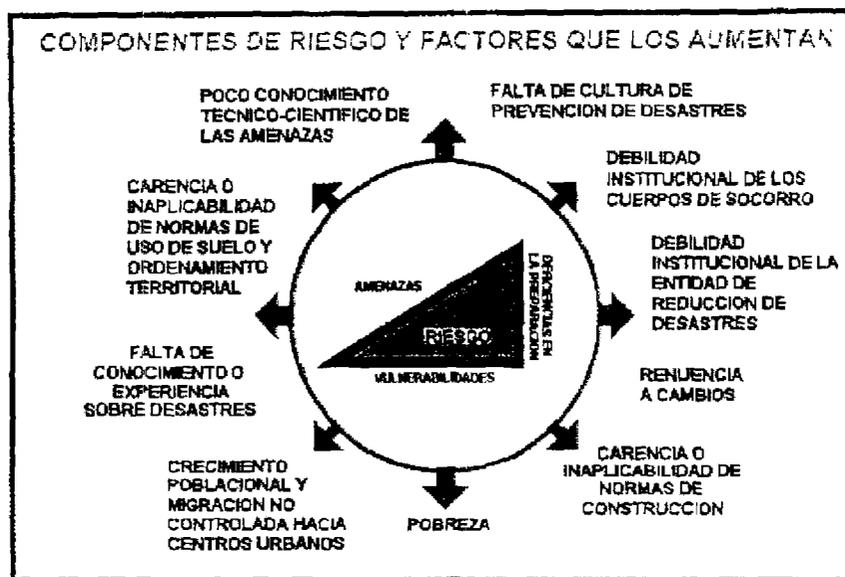
Las vulnerabilidades representan la propensión del tejido social (infraestructura, líneas vitales, procesos, etcétera) a ser afectados por el fenómeno natural, socionatural o social. La vulnerabilidad se considera como un factor interno o intrínseco del entorno social.

Las deficiencias en las medidas de preparación representan aquellas condicionantes que impiden a la población y a sus instituciones responder eficazmente para minimizar la pérdida de vidas humanas, la destrucción o el deterioro del tejido social, así como la incapacidad de contar con recursos suficientes y en un intervalo de tiempo corto, para reemplazar o reparar aquellos aspectos que han sido dañados por el fenómeno.

Matemáticamente, los riesgos se representan mediante la ecuación:

$$\text{Indicador de riesgo} = \text{amenaza} \times \text{indicador de vulnerabilidad} \times \text{deficiencias en las medidas de preparación}$$

Para completar el modelo conceptual, se debe reconocer que las sociedades son entes dinámicos, que evolucionan en el tiempo y en el espacio. En el contexto de los riesgos esto implica que los mismos se generan o construyen a lo largo del tiempo y que hay factores que propician o permiten que se generen tales riesgos. Por ejemplo, entre estos factores se mencionan el crecimiento poblacional, las migraciones desorganizadas de zonas rurales a zonas urbanas, la pobreza, la falta de experiencia, entre otros. Gráficamente se puede representar a los riesgos y a los factores generadores de riesgos de la siguiente manera:



En esta última gráfica, las flechas del círculo representan aquellos factores que propician el aumento de las vulnerabilidades, de las deficiencias en las medidas de preparación, o que incrementen algunos tipos de amenazas como las socionaturales y las antrópicas.

Regresando al caso de las erupciones volcánicas, el modelo integral se concibe de la siguiente manera: los riesgos se generan en la medida en la que un segmento de la población de un país crea comunidades en las faldas del volcán, el cual es activo. Conforme evolucionan las comunidades, aumenta el número de viviendas, el número de personas y, por ende, se requiere cada vez de una mayor cantidad de líneas vitales como carreteras, drenajes, fuentes de agua potable, centros de salud, servicios, etcétera. Entre los factores que generan los riesgos, el principal es la capacidad que tiene la población para asentarse en esta zona de amenaza. De igual manera, la carencia de normas de construcción permiten a la población edificar por su cuenta y de forma no necesariamente adecuada con respecto a la actividad volcánica. A lo largo de muchos años, los riesgos van creciendo y, cuando finalmente el volcán hace erupción, se genera el desastre.

A diferencia de las sociedades norteamericanas o europeas, donde existen estrictas normas sobre dónde y cómo se puede construir, en América Latina prácticamente éstas no existen, lo que se suma a un crecimiento poblacional vertiginoso, dificultando aún más los procesos de ordenamiento territorial. Como resultado, los riesgos crecen drásticamente cada década, y con ellos las posibles pérdidas materiales y humanas, una vez que las amenazas se tornan en eventos reales como los terremotos, el huracán Mitch y los deslizamientos.

En tal sentido, desde la dinámica de procesos se debe concebir que en la actualidad las sociedades en Guatemala y en América Latina están en un proceso permanente de generación de riesgos, que puede culminar en un resultado que llamamos desastre al ser desencadenado por un evento natural o siconatural.

¿Cómo serían nuestras ciudades si se construyera donde y como se debe?



Un claro ejemplo de situaciones generadoras de riesgo son los asentamientos humanos existentes en los barrancos de los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Chínautla, ya que a la gran precariedad de las viviendas se une la alta pendiente del terreno, haciéndolas muy propensas a deslizamientos, que a su vez pueden desencadenarse por fuertes lluvias o sismos.



2. Los riesgos y sus componentes

Como se indicó en el capítulo anterior, los riesgos se componen de varios factores: las amenazas naturales y socionaturales, las distintas vulnerabilidades, así como las deficiencias en las medidas de preparación para afrontar dichos desastres.³ Reconociendo éstos como los componentes integrales de los riesgos, se debe proceder de igual manera a identificar y dimensionar aquellos factores que propician la generación de tales riesgos, en particular la pobreza, la falta de experiencia por parte de la población y sus autoridades, las migraciones, las deficiencias o limitaciones institucionales, la falta de normas de ordenamiento territorial, códigos de construcción, de voluntad política, e incluso la cultura social reinante. En las siguientes secciones se presenta información respecto a la descripción conceptual de estos términos.



Varias zonas de la ciudad de Tegucigalpa fueron destruidas totalmente durante el huracán Mitch en 1998. Foto: cortesía de la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO).

2.1 Las amenazas

Como se ha indicado, las amenazas representan la posibilidad de que se manifiesten fe-

nómenos naturales capaces de provocar desastres. En tal sentido, la caracterización de amenazas debe indicar la región geográfica donde se pueden manifestar los fenómenos, la magnitud o intensidad esperadas y, de ser posible, información sobre el comportamiento del fenómeno en el tiempo. Para caracterizar la amenaza es necesario conocer a fondo los fenómenos naturales en cuestión. Este conocimiento se integra a partir de estudios técnico-científicos que se desarrollan en centros de investigación de instituciones y de universidades, y mediante el monitoreo constante de los fenómenos en cuestión. De esta manera se elaboran modelos que permiten caracterizar la amenaza, tanto en el ámbito geográfico como en el del tiempo.

Por ejemplo, para realizar un mapa de amenaza para inundaciones es necesario evaluar cómo son las precipitaciones a lo largo de toda la cuenca, cómo es el relieve topográfico, modelar los caudales y la relación de lluvia a caudal, y analizar el comportamiento de infiltración del agua en los suelos de las diferentes zonas de la cuenca. Para esto se hace necesario medir la lluvia en diversos sitios de las cuencas, medir los caudales de los ríos y sus afluentes, realizar estudios

³ Este modelo para caracterizar el riesgo ha sido planteado por el autor

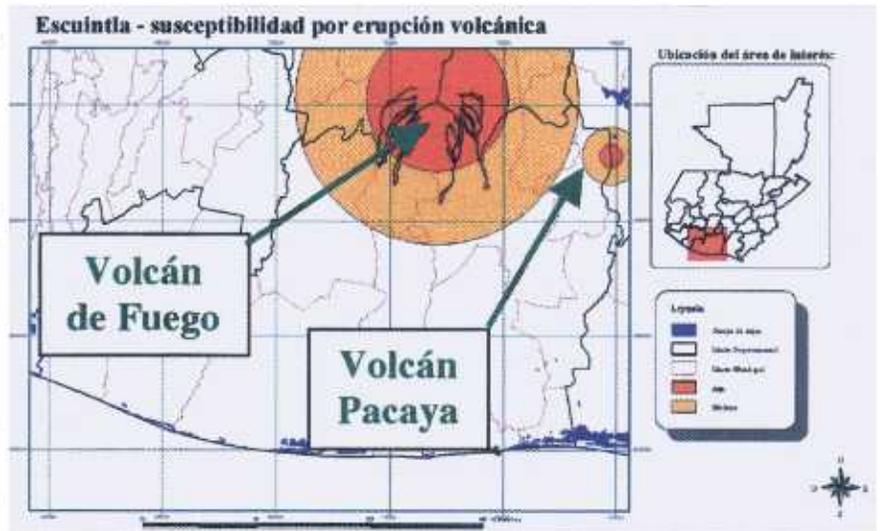
topográficos en las planicies de inundación, análisis hidrogeológicos en diversos sitios de la cuenca, y con todo ello elaborar modelos hidrológicos que permitan indicar que zonas son propensas a inundarse cuando se manifiestan fuertes lluvias en las cuencas. Con esta información se puede entonces elaborar el mapa de amenaza, que no es más que una representación de las zonas inundables según el tipo de eventos que se manifiestan y el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Una de las mejores formas para representar una amenaza es mediante el empleo de mapas. En este sentido se sobrepone a un mapa territorial una capa que contenga la caracterización de la amenaza en cuestión.

El siguiente mapa muestra la susceptibilidad asociada a la caída de ceniza para los volcanes Fuego y Pacaya en el departamento de Escuintla. En algunas circunstancias no se conocen con precisión todos los factores que se requieren para evaluar la amenaza. En estos casos se puede emplear el término "susceptibilidad", que implica el conocimiento de algunos de estos factores.

Para realizar estudios que tengan como meta la elaboración de mapas e informes sobre amenazas se pueden utilizar dos métodos:

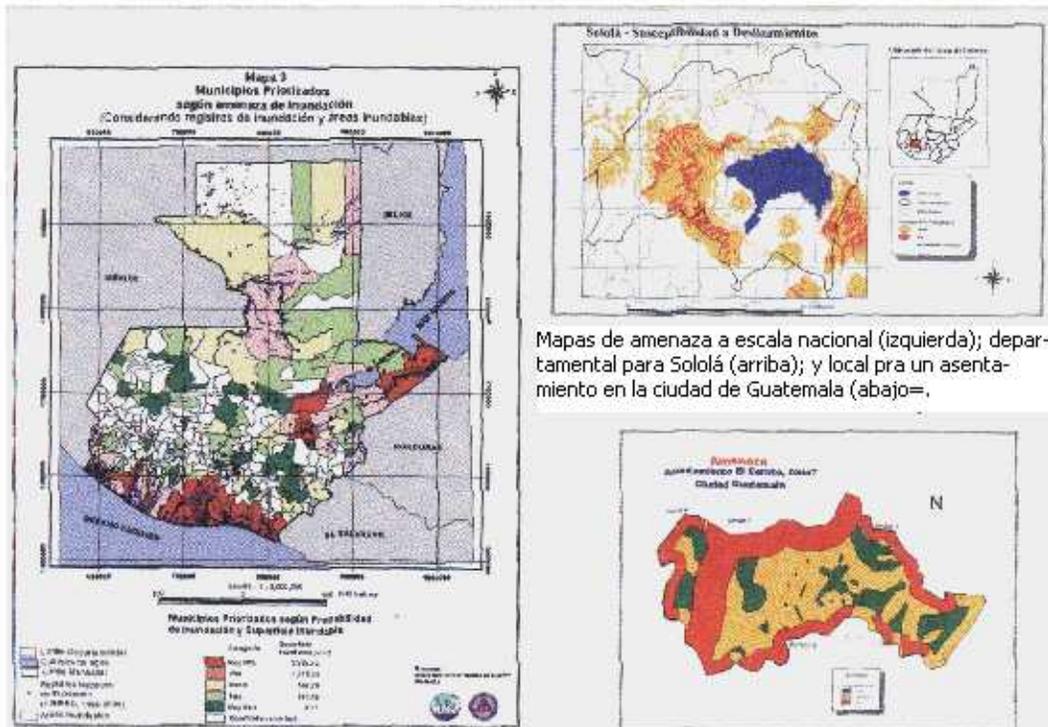
Escuintla - susceptibilidad por erupción volcánica



Determinísticos	Probabilísticos
<p>Se basan en modelos técnico-científicos que consideran normalmente un origen para los eventos en cuestión, distancias desde donde se manifiestan dichos eventos hasta donde se desea caracterizar la amenaza, así como factores particulares respecto a la amenaza estudiada. Por ejemplo, para el caso de deslizamientos se puede elaborar un mapa de amenaza combinando factores particulares tales como la geología local, la cobertura boscosa y la inclinación del terreno. En el caso de las inundaciones, la existencia de bordas y la topografía local. Para las erupciones se toma en cuenta la topografía y la orientación general de los vientos. En estos casos, se elaboran modelos matemáticos que consideran los aspectos generales de la dinámica de los fenómenos y los aspectos particulares de la región geográfica para la deducción de modelos de amenaza que se pueden representar mediante un mapa.</p>	<p>Se basan en el estudio estadístico de catálogos de eventos históricos con la meta de generar tablas de eventos con periodos de retorno particulares. Dichos eventos se fundamentan en catálogos que se generan a lo largo de muchos años y sirven de base cuando no se cuenta con estudios detallados ni modelos matemáticos para realizar estudios determinísticos. Por lo general, dichos catálogos se generan mediante la implementación de instrumentación para el monitoreo de fenómenos naturales de diversa índole.</p>

Históricamente, en Guatemala ha sido responsabilidad del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) el monitoreo de los fenómenos naturales mediante las redes de seguimiento que ha desplegado por todo el país. Además, se dispone de trabajos llevados a cabo por entidades estadounidenses de carácter académico e institucional, tales como los mapas de amenaza para los volcanes Agua, Acatenango, Fuego y Pacaya por parte de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), y muy recientemente estudios de amenaza llevados a cabo por parte de varias instituciones encabezadas por el Programa de Emergencias por Desastres del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), para amenazas de tipo hidrometeorológico. En forma similar, sismólogos de varias naciones centroamericanas se han dado a la tarea de homogenizar catálogos sísmicos con miras a la generación de mapas de amenaza para tales fenómenos.

En muchos casos, la escasez de conocimiento en torno a las amenazas se debe a lo complejo de dichos fenómenos, así como a la escasa información con la cual se cuenta para caracterizarlas debidamente en Guatemala. Por ejemplo, se conoce que los deslizamientos pueden ser disparados por lluvias y por terremotos. De igual manera se tiene experiencia de que los deslizamientos se presentan en zonas de alta pendiente y en regiones geográficas con tipos de suelos específicos, sobre todo aquellas zonas deforestadas. Sin embargo, en la actualidad no se tienen datos con relación a la intensidad de lluvia necesaria para que se manifieste un deslizamiento, ni sobre cómo el grado de deforestación puede propiciar mayores deslizamientos y su probable envergadura geográfica. En este caso, como en otros, se debe fomentar una mayor investigación temática para conocer de mejor modo dichas amenazas y para caracterizarlas de forma más precisa, tanto en su contexto geográfico como en su contexto temporal.



Mapas de amenaza a escala nacional (izquierda); departamental para Sololá (arriba); y local para un asentamiento en la ciudad de Guatemala (abajo).

Además, también es necesario reconocer la escala a la cual se realizan los estudios de amenaza. En este sentido, para toda una nación se caracterizan las amenazas a una escala 1:250,000 o mayor, lo que sirve para identificar las amenazas en el contexto de los 22 departamentos del país. Empero, esta escala no es la adecuada para ver las amenazas en un contexto local. En este sentido, cuando se está trabajando a nivel de municipios, se requiere de una escala tipo 1:10,000 o aún más pequeña, que permita identificar las peculiaridades del terreno y de los diversos fenómenos a esta escala. Aquí es necesario considerar que no sólo se trata de agrandar un mapa, sino de caracterizar todas las particularidades que se manifiestan a esta escala local. Sin embargo, se debe reconocer que esto es sumamente costoso dada la envergadura del trabajo a realizar. Por ejemplo, en los mapas a escala 1:250,000, las curvas de nivel se trazan solamente cada cien metros de altura, pero en los mapas a escala 1:50,000 las curvas se trazan cada 20 metros. Para determinar efectos de inundaciones, estas escalas no son adecuadas, ya que la precisión respecto a inundaciones debe ser del orden de un metro o incluso menos. Para caracterizar amenazas locales se requiere de mapas a escala 1:2,000 o más pequeñas todavía.

Otro aspecto importante a notar, radica en los factores locales que pueden modificar las amenazas en una región específica. Por ejemplo, los deslizamientos son prácticamente puntuales y cuando se presentan en los mapas a escala 1:50,000, sólo aparecen como puntos. En contraste, a escala 1:5,000 ya puede aparecer el contorno del deslizamiento, así como las características particulares que hacen propensa esa zona a deslizamientos, tales como una deforestación masiva, el nacimiento de agua o una zona de alta pendiente.

Se puede decir que la escala de trabajo está dictada por la precisión con la cual se requiere hacer el estudio y por el tipo de fenómeno en cuestión. Por lo general se cuenta con mapas a escala nacional para múltiples amenazas, pero no se tienen mapas de tales amenazas a nivel local para todos los municipios. De ahí que para caracterizar amenazas locales sean necesarios estudios técnico-científicos.

2.2 Indicadores de vulnerabilidad

Como se planteó con anterioridad, las vulnerabilidades reflejan cuán propensos son la infraestructura, los seres humanos y sus pertenencias, los procesos, los servicios, las actividades socio-económicas, la infraestructura social y productiva o el conjunto de las comunidades, a ser afectados por un fenómeno natural. Al igual que en el caso de las amenazas, las vulnerabilidades aún no se han evaluado en forma precisa en las diversas comunidades para su posterior reducción. El concepto de vulnerabilidad asociada con los desastres es tan novedoso que solamente se cuenta con muy pocas metodologías para su determinación y cuantificación. Por tal motivo, en este trabajo se presentan metodologías para la evaluación cuantitativa preliminar de algunos indicadores específicos de vulnerabilidades, usando como fuente de información datos censales generados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).



Cuando se analiza el riesgo en general y con base en sus componentes (amenazas, vulnerabilidades y deficiencias en las medidas de preparación), se concluye que algunas de las vulnerabilidades dependen o están asociadas con amenazas particulares. Por ejemplo, el huracán Mitch hizo notar cuán vulnerables son la agricultura y la ganadería a las inundaciones. En contraste, las mismas actividades agrícolas y ganaderas son poco vulnerables ante los sismos. Como un ejemplo adicional se puede mencionar la vulnerabilidad física-estructural de las viviendas para los casos de inundaciones y erupciones volcánicas. En el caso de inundaciones son los pisos y las paredes las que entran en contacto con el agua, y de ahí que la vulnerabilidad de las edificaciones se asocie con estos componentes de la vivienda. En contraste, durante la erupción, la ceniza que cae se puede depositar en los techos, de tal manera que para las erupciones los parámetros adecuados para la evaluación de la vulnerabilidad se asocien con el tipo de techo, su inclinación y la capacidad de las paredes para resistir el peso adicional de la ceniza depositada en el techo. Estos dos ejemplos demuestran que los diversos fenómenos naturales afectan de distinta manera a la infraestructura, a los seres humanos, sus pertenencias y los procesos que se llevan a cabo.

Según Gustavo Wilches-Chaux,⁴ existen múltiples tipos de vulnerabilidades, entre las que se encuentran:

Natural	Está relacionada con la vulnerabilidad de los ecosistemas y se ve afectada por los procesos de desarrollo que están modificando el entorno natural.
Física	Se asocia con la infraestructura física construida por el hombre para diversos fines y su ubicación o localización en zonas de riesgo.
Económica	A nivel individual se le vincula con el desempleo, la inestabilidad laboral, la insuficiencia de ingresos y factores similares. A nivel nacional se refiere a la excesiva dependencia de las economías de factores externos prácticamente incontrolables desde el propio país.
Social	Se relaciona con el nivel de cohesión interna que posee una comunidad, con los liderazgos en las comunidades y la organización social interna de las sociedades.
Política	Está asociada con nivel de autonomía que posee una sociedad para la toma de decisiones que la afectan.
Técnica	Es la relativa a las técnicas constructivas que se usan a nivel de la comunidad y a las técnicas disponibles por una comunidad para su desarrollo.

⁴ Wilches Chaux, Gustavo. "La vulnerabilidad global", en A. Maskrey, compilador, *Los desastres no son naturales*. Bogotá: La Red, 1993.

Ideológica	Se puede vincular con ideologías, en particular aquéllas que nos alejan de una mejor interacción con el ambiente que nos rodea.
Cultural	Se relaciona con la identidad cultural de una sociedad.
Educativa	Asociada a los procesos educativos.
Ecológica	Está relacionada con los cambios ecológicos que está propiciando la misma humanidad en sus esfuerzos por desarrollarse.
Institucional	Se le vincula con el conjunto de entidades institucionales que tienen como responsabilidad la reducción y atención de los desastres naturales.

Las vulnerabilidades se construyen a lo largo de muchos años y, en conjunto con las deficiencias en las medidas de preparación y las amenazas, conforman el entorno del riesgo en una sociedad. No obstante, no se conocen metodologías para evaluar cuantitativamente cada una de estas vulnerabilidades. Otros autores, tales como J. L. Gándara *et al.*⁵ describen las siguientes vulnerabilidades:

Física	Se basa en el número de fenómenos naturales de tipo geofísico, hidrometeorológico y geodinámico que han ocurrido en un municipio en un periodo de tiempo determinado.
Social	Enfoca los aspectos de densidad de población, servicios en la vivienda, salud, educación e inversión del gobierno central.
Económica	Agrupar los siguientes factores: composición por sectores de la producción, precios de los principales productos, localización geográfica de los sectores productivos y distribución de ingresos por sector productivo.
Ambiental	Enfoca las zonas de vida (escala de Holdrige), capacidad de uso de suelo y cobertura forestal.
Institucional	Se asocia con las instituciones de protección civil y cuerpos de socorro.

Tomando como base la necesidad de contar con indicadores de vulnerabilidad que sean medibles, VILLATEK S. A. ha diseñado una metodología que tiene como meta identificar y cuantificar cuatro vulnerabilidades específicas a nivel familiar:

Estructural	Se basa en los componentes estructurales de las viviendas y los materiales de construcción empleados para la manufactura de dichos componentes.
Funcional	Enfoca los aspectos funcionales de las viviendas, tales como el sistema de agua potable, los drenajes, accesos a la vivienda, iluminación y formas de cocinar alimentos.

⁵ Gándara, J. L. *et al.* *Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala*. Guatemala: ASEM/UNICEF/INROM/INEPAR, 2001.

Social	Enfoca los aspectos demográficos de la población que reside en la vivienda, haciendo énfasis en las poblaciones vulnerables (ancianos y niños pequeños).
Económica	Basada en la vulnerabilidad de los diversos tipos de ingresos económicos que posee una familia, notando en particular cómo se ven afectados por las diversas amenazas.

Además, contempla un indicador de vulnerabilidad que asocia con aquellos elementos que son propiamente comunitarios, el cual se describe a continuación:

Comunitarios	Se relaciona con los elementos típicamente comunitarios, tales como los centros de salud, escuelas, salones comunales, accesos a la comunidad, redes de distribución de agua potable y de drenajes, así como el estado general de las calles en la comunidad.
--------------	---

2.3 Deficiencias en las medidas de preparación

Como se ha mencionado, existen ciertas condiciones que impiden que una comunidad responda de manera eficiente y efectiva una vez que ocurre un fenómeno de tipo catastrófico. Por lo general se manifiestan en ausencias o deficiencias institucionales, tales como:

- Ausencia de una coordinadora de reducción de desastres o comité de emergencia.
- Ausencia de grupos organizados para la respuesta.
- Ausencia de cuerpos de socorro.
- Ausencia de sistemas de alerta temprana en caso de fenómenos naturales.
- Ausencia de planes de emergencia y sus respectivas simulaciones y simulacros.
- Debilidad institucional de la Coordinadora Nacional de Reducción de Desastres (CONRED).

Aunque las deficiencias en las medidas de preparación son parte integral de los riesgos, muchos autores no las incorporan explícitamente en los procedimientos para evaluar riesgos.

2.4 Factores que propician la generación de riesgos

Asimismo, como se mencionó en el capítulo anterior, existen factores que tienden a aumentar los diversos riesgos y vulnerabilidades. Entre estos factores que aumentan los riesgos y las vulnerabilidades están:

Pobreza	En este sentido, la pobreza impide a la población agenciarse de los recursos necesarios para construir viviendas de mejor calidad (menos vulnerables) en zonas de baja amenaza.
Carencia de ordenamiento territorial	La carencia de esquemas o normas de ordenamiento territorial propicia que la población se asiente en zonas de alta amenaza, en sitios tales como las riberas de los ríos o en zonas de alta pendiente con potencial de deslizamiento. Entre los ejemplos más destacados están los asentamientos de los barrancos del distrito metropolitano de Guatemala que abarca varios municipios.

Carencia de códigos de construcción	La carencia de códigos de construcción adaptados a las amenazas, así como su aplicación por parte de las autoridades municipales, es uno de los factores que también genera vulnerabilidades en la medida en la cual se permite construcciones sin ningún tipo de restricciones, así como modificaciones a viviendas que las pueden tornar más vulnerables.
Falta de experiencia en el tema	Otro factor que aumenta los riesgos es la falta de experiencia en el tema de desastres naturales. En este sentido, se ha observado que la población no está consciente de los problemas que pueden ocasionar los eventos naturales, porque no tiene idea de que donde se ha asentado puede ocurrir algún tipo de evento natural.
Migraciones	<p>La migración de población rural hacia los centros urbanos puede ser generadora de riesgos, en la medida en la cual la población que migra está dispuesta a arriesgar el vivir en forma temporal en zonas de alta amenaza bajo la expectativa que pronto su situación mejorará, de tal forma que en un futuro cercano migrarán a zonas de menor amenaza. Sin embargo, el ejemplo de los asentamientos parece contradecir esta conclusión, dado que los asentamientos continúan creciendo en dimensión y población y, en muchos casos, la misma población solicita la legalización de sus parcelas para asentarse en dichos sitios en forma permanente.</p> <p>Uno de los problemas más críticos que genera la sociedad guatemalteca en su búsqueda por mejorar su calidad de vida es el de la migración desde el interior del país hacia zonas o departamentos que ofrecen las mayores oportunidades. Entre los departamentos que están experimentando aumentos en sus poblaciones por efectos migratorios están Guatemala, Sacatepéquez y Petén.</p> <p>Tomando como base que la población que migra desde el interior busca soluciones temporales de vivienda, es típico que se generen asentamientos en zonas de alta amenaza, tales como los barrancos y las riberas de los ríos. Además, como ya ha sido planteado por múltiples autores, las viviendas se construyen con técnicas que inducen vulnerabilidades de varios tipos, lo que culmina en un proceso de generación de riesgos asociado con tales migraciones.</p>
Falta de voluntad política en el tema	Otro factor que aumenta los riesgos es la falta de voluntad política de autoridades a nivel municipal y nacional en torno a la implementación de políticas que tengan como meta la prevención de desastres naturales, aun después de la vivencia de eventos catastróficos como los terremotos y los huracanes. En la medida en que no se cuenta con una voluntad política de largo plazo será muy difícil abordar los temas críticos de ordenamiento territorial y códigos de construcción, así como de retroajuste de estructuras para hacerlas menos vulnerables.
Factores institucionales	Se asocia con los componentes típicamente institucionales a nivel municipal, y en especial en torno a normativas de ordenamiento territorial y códigos de construcción, así como a la falta de voluntad política para impedir que se construyan nuevos riesgos. En particular, la ausencia de normas de ordenamiento territorial aunadas a la falta de voluntad política para impedir que se generen asentamientos en zonas de alta amenaza sin ningún control. Por otra parte, la falta de códigos de construcción que propicia que se construya cualquier tipo de estructura sin normas de ningún tipo, lo que puede redundar en estructuras altamente vulnerables.

Al igual que en el caso de las amenazas, es necesario reconocer que existen distintos niveles de evaluación de las vulnerabilidades. Para el conjunto de una nación las evaluaciones tienen como meta identificar el grado de vulnerabilidad que se manifiesta en los distintos departamentos; a nivel municipal, las evaluaciones deben indicar el grado de vulnerabilidad de los poblados. En el caso de hogares se harían estudios específicos respecto a los diversos componentes de cada vivienda. Esto implica que se debe tener información para realizar dichos estudios. Una fuente de información para realizar éstos se encuentra está contenida en los censos nacionales.

Como un primer acercamiento en lo relacionado con la identificación de indicadores de vulnerabilidades comunitarias se ha propuesto una metodología que integra información proveniente de censos, respecto a las siguientes amenazas:

- Sismos
- Deslizamientos
- Inundaciones
- Sequía
- Fuertes vientos
- Caída de ceniza

2.5 Integrando amenazas e indicadores de vulnerabilidad para estimar indicadores de riesgo

Una vez estimadas las amenazas y sus respectivos indicadores de vulnerabilidad, se pueden integrar de forma sencilla con el uso de sistemas de información geográfica. En el caso más simple se integran directamente mediante un simple producto de los factores, lo que se representa así:

$\text{Indicador de riesgo} = \text{amenaza} \times \text{cobertura geográfica de intersección} \times \text{indicador de vulnerabilidad}$
--

El factor de cobertura geográfica representa la proporción de área geográfica de la amenaza que está insertado dentro del polígono asociado con el poblado.

2.6 Medición del riesgo

La cuantificación del riesgo es un aspecto importante a considerar, sobre todo tomando en consideración que las amenazas y vulnerabilidades se han determinado mediante tres o más niveles cada una. En el caso de que tanto las amenazas como las vulnerabilidades, se clasifiquen en tres niveles, se puede utilizar la siguiente matriz para dimensionar los rangos de los riesgos. La primera columna a la izquierda representa a las amenazas, que se han clasificado en tres clases: baja, media y alta con sus valores numéricos respectivos. De manera similar, la fila superior representa las vulnerabilidades y sus posibles valores numéricos con base también en las tres clases propuestas. La combinación de amenazas y vulnerabilidades de diversos niveles se logra mediante una multiplicación de los coeficientes numéricos respectivos. La forma de obtener dichos coeficientes se detalla para cada amenaza específica en el capítulo 3.

Cuadro 2
Matriz de clasificación de riesgos con base
en amenazas y vulnerabilidades

Amenaza / Vulnerabilidad	Baja = 1	Media = 2	Alta = 3
Baja = 1	1	2	3
Media = 2	2	4	6
Alta = 3	3	6	9

Pongamos un ejemplo: la combinación de una amenaza de clase media (valor numérico 2) con una vulnerabilidad de clase alta (valor numérico 3) brinda como resultado un riesgo clasificado como alto (de magnitud 6, señalado con fondo de color rojo). Como se observa, se han incorporado las clasificaciones del riesgo respectivo mediante una escala de tres colores: verde, amarillo y rojo. La clasificación de riesgos, de manera numérica, asociada con este cuadro es:

Riesgo bajo: valores numéricos 1 y 2, casillas con fondo de color verde.

Riesgo medio: valores numéricos 3 y 4, casillas con fondo de color amarillo.

Riesgo alto: valores numéricos 6 y 9, casillas con fondo de color rojo.

En este sentido, es importante mencionar que puede haber otros criterios para la selección de niveles, pero en la actualidad no se han encontrado razones válidas que justifiquen el uso de un criterio sobre otro. Por ejemplo, se puede emplear el criterio de utilizar solamente dos niveles de riesgo, bajo y alto. En este caso se puede proponer que si el valor está entre 6 y 9 se tiene la condición de alto riesgo y todas las demás combinaciones pueden tomarse como de bajo riesgo. Esto se ilustra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3
Matriz de clasificación de riesgos con base
en amenazas y vulnerabilidades

Amenaza / Vulnerabilidad	Baja = 1	Media = 2	Alta = 3
Baja = 1	1	2	3
Media = 2	2	4	6
Alta = 3	3	6	9

De nuevo se combinan amenazas (primera columna a la izquierda) con las vulnerabilidades (fila superior), mediante los productos numéricos de las clases. Aunque los valores numéricos son los mismos que en el cuadro anterior, los fondos de colores ahora sólo son verde y rojo, indicando clases de bajo y alto riesgo exclusivamente.

Como en el caso anterior, la selección de rangos se ha efectuado de una manera un tanto arbitraria, porque no se cuenta con criterios que permitan hacer una selección justificada que sea mejor que otras razonables y posibles.

En general, los modelos diseñados por VILLATEK S. A. en la medición de riesgo, se basan en la combinación de valores numéricos enteros. Entre las primeras consecuencias del uso de este tipo de modelo sobresalen dos en particular:

1. Se facilita el cálculo usando hojas electrónicas mediante simples fórmulas y no se tiene que manejar decimales o fracciones.
2. La cuantificación de riesgos tiene una escala arbitraria que se ha adaptado de acuerdo con los daños observados, o bien mediante criterios formulados por expertos.

Sin embargo, un aspecto importante a considerar en torno a las vulnerabilidades es que su magnitud depende de la dimensión social. En el caso de vulnerabilidades asociadas con viviendas en poblados, si todas las viviendas son iguales, sus vulnerabilidades serán iguales. Sin embargo, los poblados casi siempre difieren en tamaño, lo que significa que las vulnerabilidades de los poblados dependerán en cierta manera del número de viviendas que poseen. Estos aspectos deben ser considerados con cuidado durante los análisis cuando se están cuantificando riesgos.

Por ejemplo, al emplear la técnica en diversos poblados y ciudades de la República, en particular en las zonas de la ciudad capital, las magnitudes de las vulnerabilidades son altas dependiendo del número de viviendas en cada poblado o zona urbana. Esta consecuencia es natural dado que se estiman vulnerabilidades de acuerdo con el número de viviendas en los poblados y, cuanto mayor sea este número, mayor será la magnitud de la vulnerabilidad calculada. A continuación se presenta un cuadro comparativo respecto a valores de vulnerabilidades obtenidas para varias cabeceras municipales del país.⁶ La forma de obtener los valores numéricos de vulnerabilidad que para cada amenaza y población presentados en esta matriz se explica con detalle en el capítulo 3.

⁶ Fuente: J.C. Villagrán De León. *Reconocimiento preliminar de riesgos asociados a varias amenazas en poblados de Guatemala*. Guatemala. Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN), 2002.

Cuadro 4
Comparación entre magnitudes
de vulnerabilidades para diversos poblados del país

	Número de viviendas	Vulnerabilidad estructural asociada con sismos	Vulnerabilidad estructural asociada con deslizamientos	Vulnerabilidad social asociada con personas en viviendas
Zona 7, ciudad capital	25,708	1,087,729	618,440	526,731
Zona 1, ciudad capital	11,228	556,481	315,686	241,572
Cabecera municipal de Villa Nueva	3,800	170,687	100,949	74,040
Cabecera municipal de Mixco	3,231	137,379	88,045	64,719
Cabecera departamental Chiquimula	3,924	259,233	154,020	82,027
Cabecera municipal Esquipulas	1,620	110,413	65,543	31,937
Cabecera municipal de Jocotán	680	40,431	25,821	13,787
Cabecera municipal de Jocotán	680	40,431	25,821	13,787
Cabecera municipal de San Juan Ermita	205	12,814	8,386	4,154

Reconociendo que la ciudad capital es el sitio donde las zonas tienen un mayor número de viviendas, se observa claramente una magnitud para las vulnerabilidades que es entre 50 y casi 100 veces mayor que las magnitudes de vulnerabilidades para municipios como San Juan Ermita y Camotán en Chiquimula.

Un estudio comparativo de vulnerabilidades en toda la República debe tomar en consideración estos aspectos para asignar rangos de vulnerabilidades para las tres clases: alta, media y baja. De acuerdo con lo anterior, se propone la siguiente clasificación:

Cuadro 5
Rangos propuestos para niveles de riesgo

Rango numérico de riesgo	Clasificación
0-20,000	Bajo
20,000-100,000	Medio
100,000 o mayor	Alto

Como se observa, en esta escala comunidades pequeñas como Camotán y San Juan Ermita, se clasificarán siempre con niveles bajos de vulnerabilidad. Sin embargo, este modelo permitirá en el futuro dimensionar y comparar vulnerabilidades de diversos tipos asociadas con diferentes amenazas para poblados de todo el país. Finalmente, un aspecto importante cuando se analizan vulnerabilidades y riesgos es el de la proporción de viviendas que están clasificadas en baja, alta o media vulnerabilidad o riesgo respecto al número total de viviendas de una población. Esta proporción se considera como muy importante y se discute en la siguiente sección.

2.7 Cómo comparar el nivel de riesgo de distintas poblaciones:

la normalización del riesgo

En la cuantificación del riesgo, un aspecto importante es la proporción de viviendas en alto riesgo con relación al número total de viviendas en una comunidad. Cuando esta proporción es pequeña, entonces es probable que la comunidad, con sus propios recursos, pueda implementar las medidas necesarias para reducir dichos riesgos, así como atender a los afectados en caso de que se manifieste un fenómeno. Sin embargo, cuando la proporción de riesgos es elevada, es probable que la comunidad no cuente con los recursos suficientes para reducir tales riesgos, ni para atender a los afectados si se manifiesta un fenómeno. En este caso se hablaría de un desastre. De ahí que sea necesario definir el riesgo normalizado como la fracción de viviendas en riesgo respecto al número total de viviendas de la comunidad, y de igual manera es factible definir una vulnerabilidad normalizada. La ventaja de utilizar el riesgo o la vulnerabilidad normalizada es que sobresalen aquellas comunidades que en proporción tienen un mayor riesgo o vulnerabilidad que las otras. Puesto de otra manera, aquellas comunidades que poseen un riesgo normalizado alto probablemente sufrirán desastres en el sentido propuesto por la CONRED: aquellas comunidades que no cuentan con suficientes recursos propios para atender las necesidades que se pueden presentar si la amenaza se materializa como fenómeno de alta intensidad. Al igual que en el caso de los riesgos o vulnerabilidades totales, es útil clasificar los valores normalizados en tres clases: alto, medio y bajo. Para el caso de estas cantidades normalizadas se presentan los siguientes rangos y niveles:

Cuadro 6
Rangos propuestos para niveles de vulnerabilidad normalizada

Rango numérico de vulnerabilidad normalizada	Clasificación
0-40	Bajo
41-70	Medio
71-100	Alto

Para ver cómo se modifican los riesgos, en el cuadro 7 se presentan los datos ofrecidos en el cuadro 4, con la particularidad de tomar en cuenta las vulnerabilidades normalizadas.

Cuadro 7
Comparación entre magnitudes de vulnerabilidades
normalizadas para diversos poblados

	Número de viviendas	Vulnerabilidad estructural asociada con sismos	Vulnerabilidad estructural asociada con deslizamientos	Vulnerabilidad social asociada con personas en viviendas
Zona 7, ciudad capital	25,708	39	22.1	18.9
Zona 1, ciudad capital	11,228	47.6	27.0	20.4
Cabecera municipal de Villa Nueva	3,800	41.1	24.3	17.8
Cabecera municipal de Mixco	3,231	38.4	24.6	18.1
Cabecera departamental Chiquimula	3,924	64.9	38.6	20.5
Cabecera municipal Esquipulas	1,620	68.0	40.4	19.7
Cabecera municipal de Jocotán	680	59.5	38.0	20.3
Cabecera municipal de Camotán	218	60.4	38.2	19.9
Cabecera municipal de San Juan Ermita	205	60.7	39.7	19.7

Como se observa, ya las zonas de la ciudad de Guatemala no destacan tanto, y en cambio empiezan a sobresalir poblados de menor tamaño, incluyendo San Juan Ermita y Camotán. Por ejemplo, en el caso de las vulnerabilidades asociadas con sismos, todas las comunidades de Chiquimula presentan valores del orden de 60 o mayor, mientras que las zonas de Guatemala presentan valores del orden de 40 puntos. Aunque el análisis mediante riesgos normalizados brinda una mejor panorámica en torno a donde focalizar recursos para reducir el probable impacto de un fenómeno de gran intensidad, se ha encontrado la debilidad que en muchos casos sobresalen aquellas comunidades que poseen menos de diez viviendas. Esto porque en muchos casos tal vez una proporción elevada de estas diez viviendas están en alto riesgo. Aun así, ésta es una debilidad que se puede manejar fácilmente reconociendo este aspecto y haciendo una clasificación preliminar de comunidades en relación con su número de viviendas. En términos cuantitativos, la integración de las amenazas y las vulnerabilidades normalizadas se puede realizar de una manera similar a las expuestas anteriormente. Asumiendo las amenazas se pueden clasificar en tres niveles y que las vulnerabilidades también se pueden clasificar en tres niveles (alto, medio y bajo), se propone la siguiente cuantificación para los tres niveles de riesgos normalizados.

Cuadro 8
Rangos propuestos para niveles de riesgo normalizado*

Amenaza	Vulnerabilidad				
	Baja: 0-40		Media: 41-70		Alta: 71-100
Baja = 1	0-40		41-70		71-100
Media = 2	0-80		82-140		142-160
Alta = 3	0-80	81-120	123-160	161-210	213-300

Al analizar este último cuadro es importante reconocer algunos aspectos:

1. La combinación de una amenaza baja con una vulnerabilidad normalizada baja o media implica un riesgo normalizado bajo.
2. La combinación de una amenaza baja y una vulnerabilidad normalizada alta puede resultar en un riesgo normalizado bajo o medio, dependiendo de la magnitud particular de vulnerabilidad normalizada.
3. La combinación de una amenaza alta y una vulnerabilidad normalizada baja puede resultar en un riesgo normalizado de grado medio o alto, dependiendo de la magnitud de la vulnerabilidad normalizada.

En el cuadro anterior se han planteado los rangos propuestos para el riesgo normalizado de la siguiente manera:

Cuadro 9
Rangos propuestos para riesgo normalizado

Habiendo completado la discusión en torno a los modelos matemáticos a emplearse para evaluar cuantitativamente los riesgos, los siguientes capítulos presentan ejemplos de resultados obtenidos para municipios como San Juan Ermita y Camotán, y departamentos como Escuintla y Sacatepéquez, con relación a diversas amenazas. Dichos ejemplos presentan de manera detallada cada amenaza y cada vulnerabilidad analizada. En tal sentido, se recomienda analizarlos detenidamente para concretar un mejor entendimiento de los riesgos y de las posibles medidas a implementarse para su reducción.

Rango numérico de riesgo normalizado	Clasificación
0-80	Bajo
81-160	Medio
161-300	Alto

* Los distintos valores de las celdas, son fruto del respectivo producto de la columna de amenaza con la fila de vulnerabilidad según la fórmula de evaluación de riesgo

3. Riesgos asociados con diversas amenazas

3.1 Información en torno a vulnerabilidades

En el cuadro 10 se muestra un resumen de los indicadores de vulnerabilidad que se han deducido utilizando datos censales. Como es de esperarse, se ha tratado de identificar la naturaleza de las vulnerabilidades estructurales de acuerdo con cada tipo de fenómeno.

Cuadro 10
Indicadores de vulnerabilidades

Indicadores de vulnerabilidad	Parámetros
Vulnerabilidad estructural de las viviendas	Materiales de construcción para sus componentes: <ul style="list-style-type: none">● Piso● Paredes● Techo 
Vulnerabilidad habitacional demográfica	Sexo del jefe del hogar Edad del jefe del hogar Relación adultos/niños y ancianos (dependencia demográfica) 

En el caso de los sismos, por ejemplo, las paredes y los techos juegan un papel crucial, dado que si se desploman, los daños son catastróficos. En contraste, en el caso de las inundaciones, se debe poner énfasis en los pisos y paredes, pues los techos tienen poca relevancia en este caso. En forma paralela se ha incorporado una vulnerabilidad de carácter demográfico sobre la base de factores asociados con la población en las viviendas, tales como el sexo y la edad del jefe del hogar, así como una relación entre el número de adultos y de niños y ancianos.

A continuación se describen conceptualmente cada uno de estos indicadores de vulnerabilidades y la relevancia de los parámetros escogidos.

3.1.1 Indicador de vulnerabilidad estructural

Este indicador refleja lo propensas que están las viviendas de una comunidad o poblado a ser dañadas por un evento natural. Reconociendo los componentes típicos de las viviendas: pisos, paredes y techos, se ha considerado como base para la ponderación de cada uno de estos componentes el tipo de material con el cual están contruidos. Para la asignación numérica de los pesos se han tomado como referencia los daños observados en eventos catastróficos históricos y su impacto en cada uno de dichos componentes, así como su importancia relativa respecto a los demás.

En este caso los datos del INE especifican el número de viviendas que existe en cada poblado y los datos numéricos con relación al número de viviendas que utilizan diversos materiales de construcción en sus componentes estructurales. Los materiales de construcción que se han establecido por el INE se presentan a continuación:

Paredes:	Ladrillo, block, concreto, adobe, bajareque, madera, lepa, lámina y otros materiales.
Techos:	Concreto, lámina, asbesto/cemento, teja, paja y otros tipos.
Pisos:	Ladrillo de cemento, ladrillo de barro, torta de cemento, madera o tierra.

Tomando como base los diversos fenómenos naturales se han asignado pesos a los tres componentes (pisos, techos y paredes), así como a los materiales de construcción empleados para cada uno de éstos. La selección de los valores numéricos para estos pesos se realizó de manera participativa en talleres donde se convocó a expertos en ingeniería estructural, así como expertos en desastres de diversas instituciones del país.⁷ De esta manera se obtiene un factor numérico para el indicador de vulnerabilidad física-estructural de cada comunidad con referencia a cada tipo de amenaza.

3.1.2 Indicador de vulnerabilidad habitacional demográfica

A continuación se describen con mayor detalle los parámetros considerados en el estudio de las vulnerabilidades de tipo habitacional/demográfica.

Sexo del jefe del hogar	Se considera que cuando una mujer es jefe del hogar, dicho hogar es más vulnerable, sobre todo en aspectos de evacuación de dependientes y pertenencias durante el fenómeno natural que ocasiona el desastre.
--------------------------------	---

⁷Taller organizado por la SEGEPLAN en octubre de 2001.

Edad del jefe del hogar

En particular se asume que si el jefe del hogar es demasiado joven, no tendrá la experiencia necesaria para responder ante un desastre. De igual manera se asume que si el jefe del hogar es ya anciano se puede presentar un problema similar. Esto presupone que un jefe de hogar muy joven o anciano implica una condición de mayor vulnerabilidad respecto a un jefe de hogar adulto (20-60 años).



Relación adultos / niños y ancianos

Se ha tratado de poner particular importancia a los niños y ancianos, ya que niños y ancianos pueden ser un poco más vulnerables que los adultos, sobre todo durante un desastre si requieren de asistencia para su evacuación, y porque pueden ser más afectados físicamente si colapsan las viviendas.

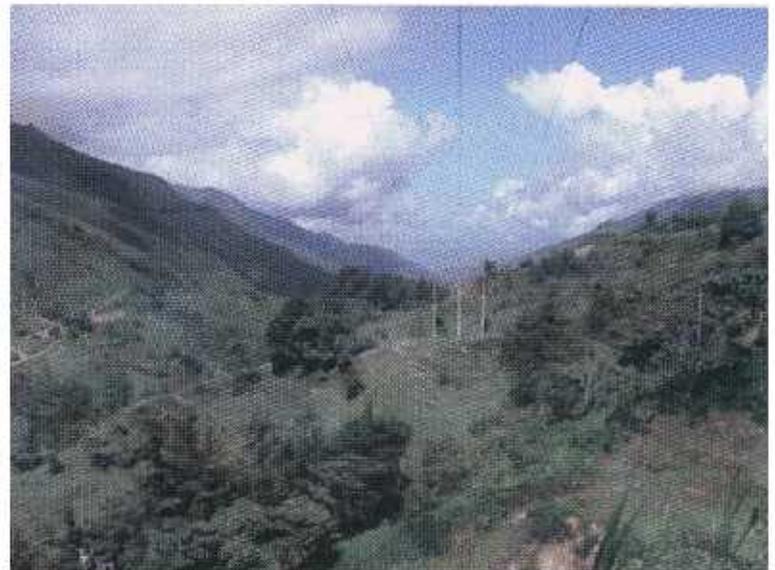
En las siguientes secciones se ejemplifica cómo se evalúan los riesgos asociados con distintas amenazas.

3.2 Riesgos asociados con sismos

3.2.1 La amenaza sísmica

En este caso se cuenta con un registro de sismos provistos por varias bases de datos o catálogos entre los cuales figuran el del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y el de United States Geological Survey USGS. Dichos catálogos han permitido la delimitación de fuentes sísmicas y de intensidades asociadas con sismos de gran magnitud que se han manifestado en el país.

Desde el punto de vista estructural, el modo más usual de representar la amenaza sísmica es en forma de mapas de isoaceleración esperada, dado que la aceleración es un parámetro que en ingeniería civil se puede asociar con fuerzas que pueden actuar sobre la infraestructura física y, por lo tanto, se considera como el parámetro conveniente para la representación de la amenaza.



Fotografía de un tramo de la cuenca del río Polochic, representativa de la falla del mismo nombre. De la misma manera, la cuenca del río Motagua es representativa de la falla del Motagua.

Los científicos del INSIVUMEH y de otras instituciones han indicado que la amenaza sísmica es sumamente compleja dado que se deben tomar en consideración los siguientes factores para caracterizarla de manera precisa:

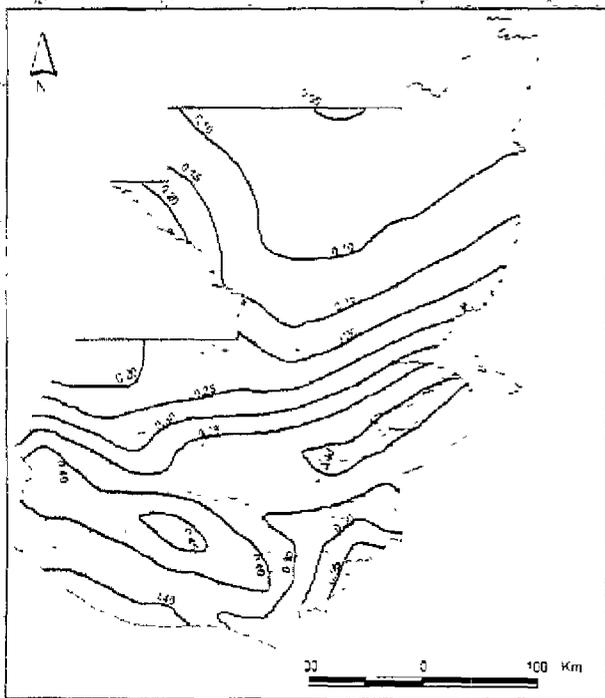
- Fuente sísmica.
- Propagación de las ondas sísmicas.
- Atenuación de las ondas en función de la distancia.
- Deformación tectónica:
 - Respuesta de sitio asociada con la geomorfología local.
 - Efectos conexos como deslizamientos y tsunamis (maremotos).
 - Tsunamis.

En general se conocen las fuentes sísmicas para Guatemala así como trabajos a nivel regional centroamericano donde se analizan las relaciones de atenuación para sismos. Sin embargo, la respuesta de cada lugar concreto depende de la geomorfología local, algo que apenas se está empezando a analizar para la ciudad capital y algunas otras importantes ciudades del país. Por tal motivo, se debe profundizar en este tipo de estudios para completar la información en torno a las amenazas.

Respecto a los tsunamis o maremotos, se reconoce que hasta los sismos extracontinentales tienen la capacidad de provocar dichos fenómenos costeros. Por lo tanto, sólo en zonas costeras debe tomarse en cuenta este efecto conexo.

En forma similar, E. L. Harp,⁸ del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América comentó que el terremoto de 1976 provocó más de 10,000 deslizamientos en gran parte del territorio nacional, identificando características geológicas y tipos de suelos en los cuales se manifestaron muchos de estos deslizamientos. Así como en el caso de los maremotos, se debe analizar con más detalle este fenómeno asociado para describir en forma más precisa los sitios más probables para futuros deslizamientos ligados a sismos y, posteriormente, la generación de mapas de amenaza específicos.

Para el conjunto de Guatemala se dispone de un mapa de amenaza a escala 1:250,000, expresado con base en niveles de aceleraciones. Tal mapa caracteriza al país en varias regiones y se aplica a nivel departamental. Su interpolación al nivel municipal es imposible, pues no se cuenta con información detallada de todos los municipios para poder mejorar la precisión que es requerida.



Curvas de iso-aceleración,
10% de probabilidad de excedencia en 50 años

Trabajo desarrollado por el INSIVUMEH y el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América.

⁸ Harp, E.L., R.C. Wilson y J.F. Wieczorek. *Landslides from the February 4, 1976, Guatemala earthquake*. USGS, 1981.

Para municipios se pueden realizar estudios de amenaza empleando los métodos determinísticos y probabilísticos. En ambos casos se obtienen aceleraciones del orden de 0.05g a 0.40g. Esto significa que los sismos pueden llegar a producir aceleraciones que son del orden de 5% a 40% del valor de la aceleración de la gravedad. La expresión en términos de aceleración de la gravedad se usa comúnmente para tener una idea cuantitativa sobre la magnitud de estas aceleraciones. En la zona de Camotán las aceleraciones probables son bastante altas debido a la cercanía de la falla Jocotán Chamelecón.

Una forma distinta de representar la amenaza sísmica es mediante el uso de intensidades que se pueden sentir y sus impactos. La escala macrosísmica europea permite expresar la amenaza en términos más familiares, como se presenta en el cuadro 11:

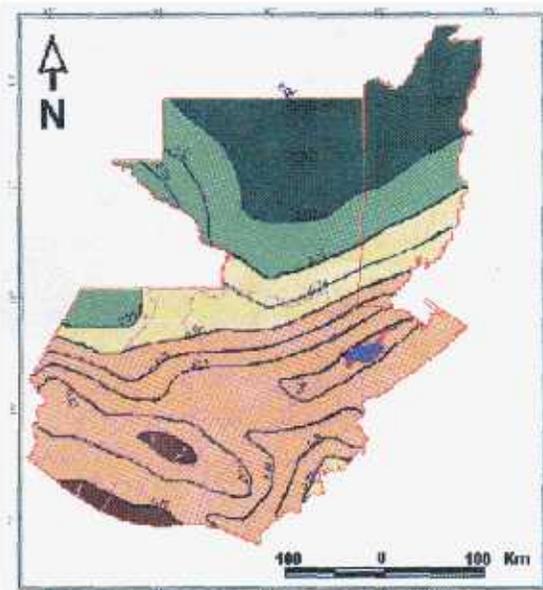
Cuadro 11
Escala macrosísmica europea

Intensidad EMS	Definición	Tipos de daños
I	No sensible	No sensible
II	Sensible levemente	Sensible solamente para poca gente personas en reposo en vivienda
III	Débil	Sensible adentro para poca gente. La gente en reposo siente una oscilación o temblor leve
IV	Observado ampliamente	Sensible por muchos adentro y pocos afuera de edificios. Pocas personas se despiertan. Las ventanas, puertas y platos se estremecen
V	Fuerte	Sensible por casi todos adentro y pocos afuera de edificios. Muchas personas se despiertan. Algunos se asustan. Los edificios tiemblan por doquier. Los objetos colgantes se mecen considerablemente. Pequeños objetos se desplazan. Las puertas y ventanas se abren y se cierran
VI	Causa daños leves	Mucha gente se asusta y corre hacia fuera. Algunos objetos se caen. Muchas viviendas sufren daños leves no estructurales, como grietas muy delgadas y la caída de piezas de repello
VII	Causa daños	Mucha gente se asusta y corre hacia fuera. Los muebles son desplazados y se caen muchos objetos de repisas. Muchos edificios ordinarios bien construidos sufren daños moderados; pequeñas grietas en los muros, caída de repello, se caen partes de chimeneas; los edificios antiguos pueden mostrar grandes grietas en los muros y fallas en las paredes y tabiques
VIII	Causa Daños severos	A mucha gente le cuesta mantenerse de pie. Muchas viviendas muestran grietas grandes en los muros. Pocos edificios bien construidos muestran daños serios en los muros, mientras que las estructuras antiguas pueden colapsar

IX	Destructivo	Pánico general. Muchas construcciones endebles colapsan. Incluso los edificios ordinarios bien contruidos muestran daños serios: fallas graves en los muros y falla estructural parcial
X	Muy destructivo	Muchos edificios ordinarios bien contruidos colapsan.
XI	Devastador	Casi todos los edificios ordinarios bien contruidos colapsan, incluso se destruyen algunos que tienen buen diseño sismorresistente
XII	Completamente devastador	Casi todos los edificios están destruidos

En los municipios de Camotán y San Juan Ermita, departamento de Chiquimula, la presencia de la falla Jocotán Chamelecón sugiere que se pueden esperar intensidades de grados VIII y IX en casos extremos. En particular, estos resultados implican que si se manifiesta un terremoto de la magnitud indicada muchas de las viviendas de adobe y de bajareque experimentarán graves daños, en particular aquéllas con techos de teja. El mapa nacional de amenaza en función de intensidades se representa a la izquierda.

Como se observa, un alto porcentaje del altiplano y de la zona central del territorio se clasifican con una amenaza de intensidad de grado VIII (ocho). La zona norte y Petén se clasifican con intensidades entre V y VII, mientras que la región de Sololá, Sacatepéquez, y la costa sur pueden presentar intensidades de grado IX (nueve) como se indica. Éstas serían las regiones de mayor intensidad de acuerdo con el modelo empleado.



Curvas de Iso-Intensidad
10% de probabilidad de excedencia en 50 años

3.2.2 Indicadores de vulnerabilidad físico-estructural asociados a sismos

Tomando como experiencia los sismos recientes de Guatemala (1976) y El Salvador (2001), se reconoce que las viviendas de adobe o de bajareque con techo de teja son las más vulnerables, mientras que las viviendas con paredes de block, ladrillo y con techo de lámina o techo fundido, así como las viviendas de madera, son poco vulnerables. Por lo tanto, se ha procedido, a establecer un indicador asociado con la vulnerabilidad estructural de acuerdo con estos comportamientos observados. Además, el peso numérico que se ha asignado a las paredes de adobe en contraste al peso asignado a las paredes de block o de ladrillo, es indicativo de la mayor vulnerabilidad de las paredes de adobe o bajareque. Dentro de las mismas viviendas de adobe, los recientes terremotos demuestran que cuando la vivienda está construida con columnas y soleras de madera en las paredes, y en especial si la parte superior de las paredes (donde recae el peso del techo) es de madera, la vulnerabilidad se reduce considerablemente.

El procedimiento que se ha empleado para caracterizar este indicador se basa en factores de peso para los diversos componentes estructurales de la vivienda (piso, paredes y techos), así como pesos para los diversos materiales de construcción con los cuales está manufacturado cada componente.

Como criterios para la selección de los factores numéricos para los diversos pesos se ha propuesto lo siguiente:

- Respuesta de varios tipos de estructuras en caso de eventos históricos para diversos tipos de eventos (sismos, erupciones, deslizamientos e inundaciones).
- Importancia relativa de un componente de la vivienda respecto a los demás.



Fotografía de una vivienda tradicional con paredes de bajareque y techo de teja, con alta vulnerabilidad a terremotos.

El cuadro 12 presenta indicadores de vulnerabilidad para cada tipo de susceptibilidad con sus pesos específicos para los componentes y las diversas opciones que se presentan en relación con los materiales de construcción. Como se observa, se asigna un peso de 7 al componente paredes, dado que si colapsan, el techo cae encima de la vivienda y causaría serios problemas. En contraste, se asigna 3 de peso al componente techo. Adicionalmente, se puede observar que las viviendas de adobe o bajareque son las más vulnerables, lo que se ha confirmado plenamente en sismos tales como los de 1917/18 y el de 1976. En contraste, las viviendas de madera, palma o lepa son de baja vulnerabilidad, como es de esperarse para este tipo de estructuras.

En la fotografía se muestra una vivienda tradicional de la región ch'orti; paredes de bajareque y techo de palma

Cuadro 12
Pesos numéricos para estimar la vulnerabilidad
físico-estructural para sismos

Vulnerabilidad	Variables	Peso comp.	Peso opción
Vulnerabilidad estructural de las viviendas	Materiales de construcción para los componentes:		
	Paredes	7	
	adobe o bajareque		10
	block, concreto o ladrillo		5
	madera, lepa, palo o caña		3
	lámina metálica u otro material		4
	Techo	3	
	concreto		2
	lámina metálica, duralita		2
	paja, palma o similar		1
teja		10	

Para calcular la vulnerabilidad (V) de una vivienda se realiza la siguiente operación:

$$V = 7 \times \text{Peso Pared} + 3 \times \text{Peso Techo}$$

Por ejemplo, para una vivienda con pared de block (peso asignado, 5) y techo de lámina (peso asignado, 2), el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$V = 7 \times 5 + 3 \times 2 = 35 + 6 = 41$$

De manera similar, a una casa con paredes de madera (3) y techo de paja (1) se le asigna la siguiente vulnerabilidad:

$$V = 7 \times 3 + 3 \times 1 = 21 + 3 = 24$$

Con estas simples operaciones podemos concluir que la primera casa es más vulnerable que la segunda casa, porque esta última es mucho más liviana.

El siguiente cuadro presenta indicadores de vulnerabilidad asociados con diversos tipos de viviendas:

Cuadro 13
Estimación de indicadores de vulnerabilidad
para varios tipos de viviendas

Tipo de vivienda	Características específicas (paredes, techos)	Estimación numérica del indicador de vulnerabilidad
Vivienda de paredes de ladrillo con techo de lámina	Pared: ladrillo Techo: lámina	41
Vivienda de block con techo fundido de concreto	Pared: block Techo: concreto	41
Vivienda de madera con techo de lámina	Pared: madera Techo: lámina	27
Vivienda de lepa con techo de palma	Pared: lepa Techo: palma	24
Vivienda de adobe o bajareque con techo de lámina	Pared: adobe Techo: lámina	76
Vivienda de adobe o bajareque con techo de teja	Pared: adobe Techo: teja	100

Como se observa, de acuerdo con la ponderación propuesta, la vivienda más vulnerable es una de adobe con techo de teja. En contraste, la menos vulnerable es un rancho de lepa o madera con techo de paja, palma o similar. Esto concuerda con los datos que se tienen de daños observados en varios terremotos, tanto de Guatemala como de otros países de la región.

Respecto a los techos, se ha considerado que un techo de teja es mucho más vulnerable que un techo de casi cualquier otro material. El factor de peso más bajo se asigna a los techos de paja, palma o similares, en vista que rara vez colapsan por su poco peso y, aunque colapsen, no se espera que causen fatalidades por la misma razón.

3.2.3 Indicadores de vulnerabilidad habitacional

Los indicadores habitacionales son iguales para las diferentes amenazas que puedan presentarse (terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, etcétera). Como se mencionó con anterioridad, en este estudio se maneja la vulnerabilidad habitacional, que se asocia con parámetros demográficos tales como el sexo del jefe del hogar, edad del jefe del hogar y dependencia familiar. Tomando como base el tipo de datos disponibles para su estimación, se concluye que las expresiones que se pueden deducir para dichas vulnerabilidades son prácticamente independientes de las amenazas. En el cuadro 14 se presentan los parámetros que se usan para caracterizar la vulnerabilidad.

Cuadro 14
Pesos numéricos para estimar el indicador
de vulnerabilidad habitacional

Vulnerabilidad	Variables	Peso comp.	Peso opción
Población en el hogar	Sexo del jefe del hogar	3	
	Hombre		3
	Mujer		5
	Edad del jefe del hogar	4	
	Adolescente (menor de 20 años)		3
	Adulto (20- 55 años)		1
	Anciano (mayor de 55 años)		5
	Relación adultos/ niños y ancianos	5	
	1 adulto por cada niño o ancianos		1
	1 adulto por cada 2 niños o ancianos		3
1 adulto por cada 3 o más niños o ancianos		5	

Se han asignado diversos pesos a los tres componentes de esta vulnerabilidad: se propone una mayor vulnerabilidad cuando el jefe del hogar es una mujer, cuando el jefe del hogar es anciano o muy joven, y cuando hay muchos niños y ancianos con relación a adultos en las viviendas.

Para calcular la vulnerabilidad demográfica, al igual que en el caso de la vulnerabilidad estructural se combinan los pesos de los componentes y los pesos de las opciones mediante simples multiplicaciones. Consideremos, por ejemplo el caso de una vivienda donde la mujer es la jefe del hogar (por ejemplo, alguien que ha enviudado), de 23 años de edad, y que tiene a su cargo tres hijos. En este caso el cálculo se haría de la siguiente manera:

$$V = 3 \times \text{Peso Sexo} + 4 \times \text{Peso Edad} + 5 \times \text{Peso Rel. Adultos/niños y ancianos}$$

$$V = 3 \times 5 + 4 \times 1 + 5 \times 5 = 15 + 4 + 25 = 44$$

A continuación se presentan algunos ejemplos:

4. Ejemplos de evaluación de riesgos asociados con diversas amenazas

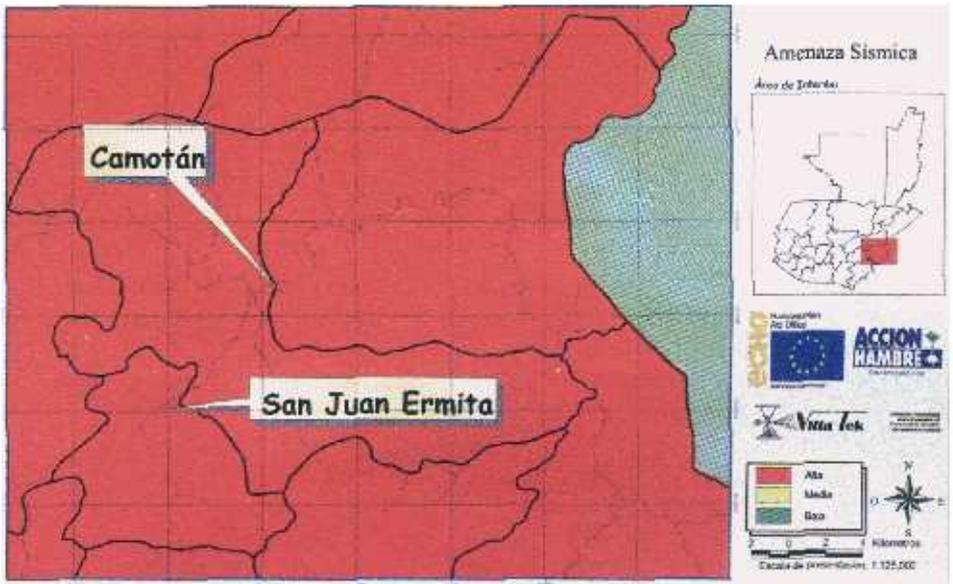
4.1 Sismos en Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula

La amenaza sísmica para los municipios de Camotán y San Juan Ermita se origina debido a las diversas fuentes sísmicas de la región, en particular la falla Jorotán Chamelecón, que es parte del complejo de fallas que surgen de la interacción entre la placa tectónica de Norteamérica y la placa tectónica del Caribe. Entre los parámetros empleados para caracterizar la amenaza están las fuentes sísmicas, los factores de atenuación y la recurrencia de eventos.

Los resultados del estudio respectivo realizado por A. Pérez⁹

indican que la amenaza es prácticamente la misma para los dos municipios, dada su cercanía relativa con relación a las fuentes sísmicas. El siguiente mapa representa la amenaza sísmica para la región, la cual se puede clasificar como alta en el contexto guatemalteco.

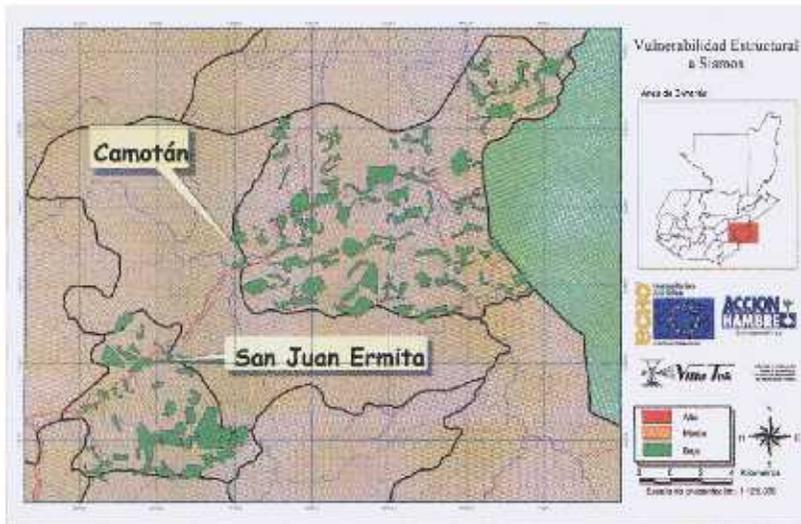
En este sentido, se debe comprender que aunque la amenaza es alta, su periodo de retorno es amplio. Esto significa que no se espera que se produzcan con frecuencia sismos de gran intensidad, como sucede en la costa sur, sino más espaciados en el tiempo.



4.1.1 Vulnerabilidad estructural con respecto a sismos

La vulnerabilidad estructural a nivel de poblados se evaluó con base en datos del censo de 1994 que realizó el INE para toda la República. La caracterización de la vulnerabilidad se realizó mediante un análisis de los materiales de construcción para las paredes y techos. El siguiente mapa representa la vulnerabilidad obtenida gracias a este análisis.

⁹ A. Pérez. Estudio de amenaza sísmica para San Juan Ermita y Camotán. Documento elaborado para el proyecto Gestión

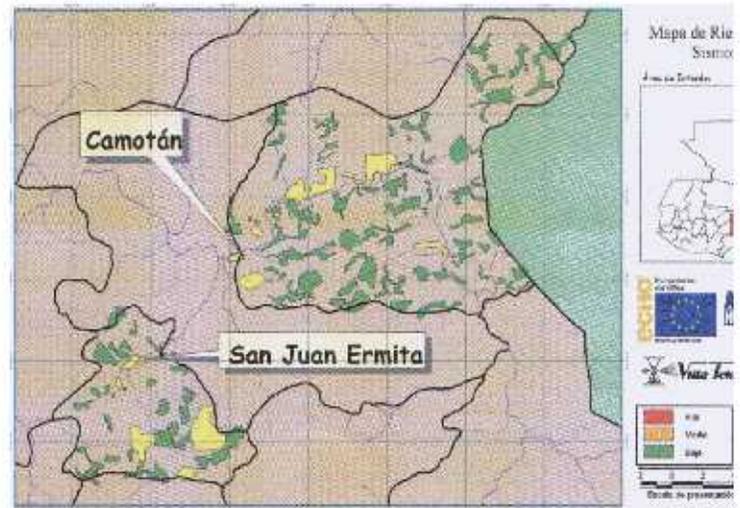


Numéricamente, los diversos poblados presentan vulnerabilidades estructurales respecto a sismos que oscilan entre 144 unidades y 13,367, el valor máximo correspondiente a la ciudad de Camotán. Estos valores se clasifican con un rango de baja vulnerabilidad con relación a poblados de todo el país (por debajo de 20,000 unidades).

4.1.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a sismos

Para realizar la integración numérica en este caso se asignó un valor numérico de 3 unidades a la amenaza (siendo 1 el mínimo valor para zonas de baja amenaza, 2 para zonas de amenaza media y 3 para regiones de alta amenaza).

Se realizó la multiplicación de la amenaza y las vulnerabilidades, y se obtuvieron valores para todas las comunidades de ambos municipios, que se han clasificado en niveles de bajo, medio y alto riesgo de acuerdo con el cuadro 5. A continuación se presenta el mapa de riesgo, donde se han integrado la amenaza y la vulnerabilidad.



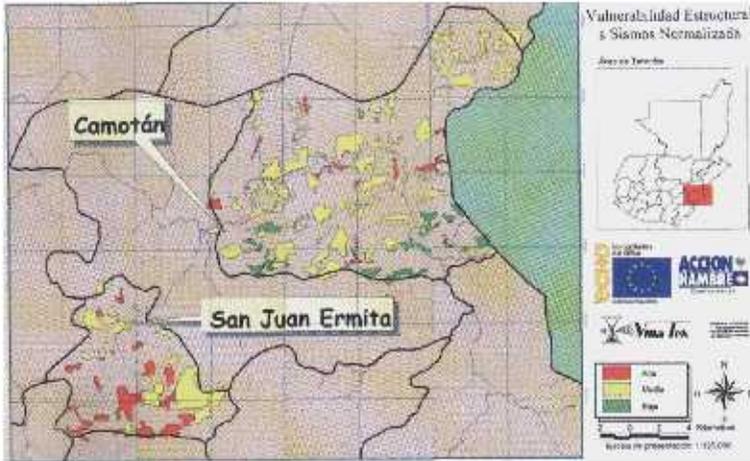
Con relación a los poblados, el siguiente cuadro presenta las magnitudes de los indicadores de riesgos de mayor magnitud para los dos municipios:

Cuadro 21
Riesgos por sismos para comunidades de San Juan Ermita y Camotán

Municipio	Nombre	Riesgo sísmico
Camotán	Camotán	41,001
San Juan Ermita	San Juan Ermita	38,442
San Juan Ermita	Taxarja	36,564
Camotán	Lela Obraje	33,369
Camotán	Lantiquín	30,108
Camotán	Pajco	27,516
Camotán	Shupa	25,911
Camotán	Cajón del Río	22,350
San Juan Ermita	Chispan Jaral	21,585
San Juan Ermita	Los Planes	20,982
San Juan Ermita	San Antonio Lajas	20,001
San Juan Ermita	Salitrón	19,869
Camotán	Caparja	19,245
Camotán	Morola	18,915
Camotán	Tesoro	18,768
Camotán	Rodeo	18,675
Camotán	Tular	17,772
Camotán	Tisamarte	17,379
Camotán	Guior	16,938
Camotán	Lela Chanco o Plan del Morro	16,812

Se puede observar como los poblados de mayor dimensión son los que presentan el mayor riesgo total y, en este caso, hay varios poblados que se deben clasificar con un riesgo de clase media.

4.1.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a sismos



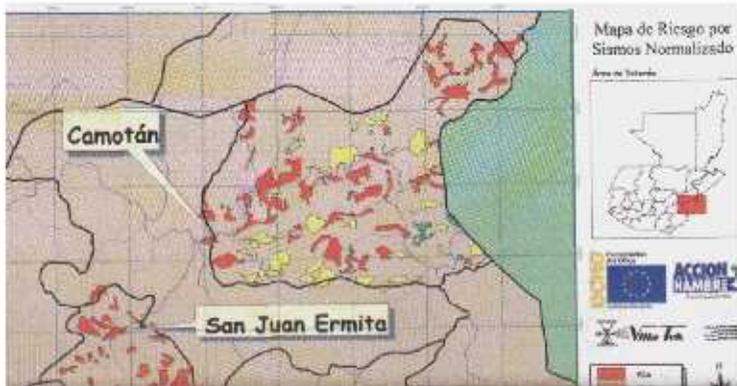
Como se indicó con anterioridad, la vulnerabilidad estructural normalizada se evaluó dividiendo el riesgo total dentro del número de viviendas para cada poblado. En el siguiente mapa se muestran los resultados obtenidos. En este caso, las magnitudes de las vulnerabilidades normalizadas para todos los poblados de los dos municipios oscilan entre 24 y 83 unidades de un máximo posible de 100 unidades.

Tomando como referencia los rangos planteados en el cuadro 6 del capítulo 2, se evidencia que en los tres rangos pueden clasificarse las comunidades. Además, se nota una región en San Juan Ermita donde las vulnerabilidades son elevadas, algo que se debe analizar con más detalle. De manera similar se observa

una región de baja vulnerabilidad en la porción sur del municipio de Camotán.

4.1.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a sismos

En este caso se integraron la vulnerabilidad normalizada de tipo estructural y la amenaza para generar un mapa que representa los riesgos normalizados respecto a sismos. A la amenaza, como se indicó anteriormente, se le asignó un valor 3 para la realización de los cálculos numéricos. El mapa a la izquierda muestra los resultados:

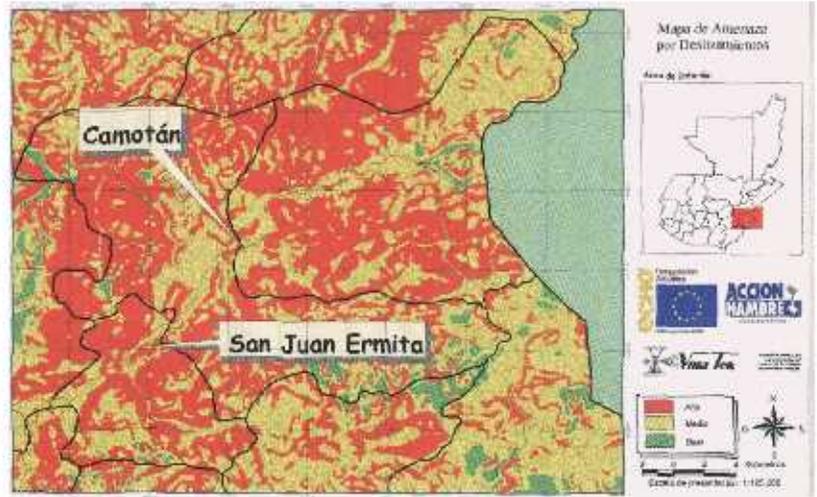


En contraste con el caso del riesgo total, es importante notar que en este caso del riesgo normalizado muchas comunidades pueden clasificarse como de alto riesgo, sobre todo las de San Juan Ermita. Esto se debe a la combinación de una alta amenaza y vulnerabilidades normalizadas de nivel medio o alto. Dicho resultado implica que se debe poner particular atención a este riesgo por los graves daños que se pueden esperar si ocurre un sismo de la intensidad de grado VIII que se manifieste en el área. Los valores de riesgo normalizado oscilan entre 72 y 249 unidades para todas las comunidades de los dos municipios, lo que abarca los tres niveles de riesgo (alto, medio y bajo).

4.2 Deslizamientos en Camotán y San Juan Ermita

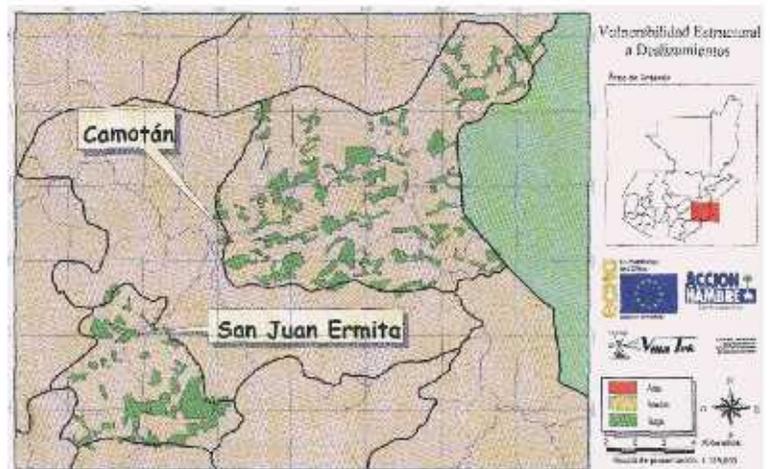
La amenaza por deslizamiento se calculó según diversos factores tales como la pendiente, la geología, el aspecto, cobertura boscosa, uso de suelo, elevación y el grado de fracturamiento. El mapa de amenaza elaborado para esta zona se presenta a la derecha:

Como se observa, hay zonas que se caracterizan como de alta amenaza, zonas de amenaza media y unos pocos enclaves en los que se manifiesta una baja amenaza en ambos municipios. Como zonas particulares propensas a deslizamiento se mencionan el segmento noroeste y sureste de Camotán, donde se conoce de casos de deslizamientos activos.



4.2.1 Vulnerabilidad estructural respecto a deslizamientos

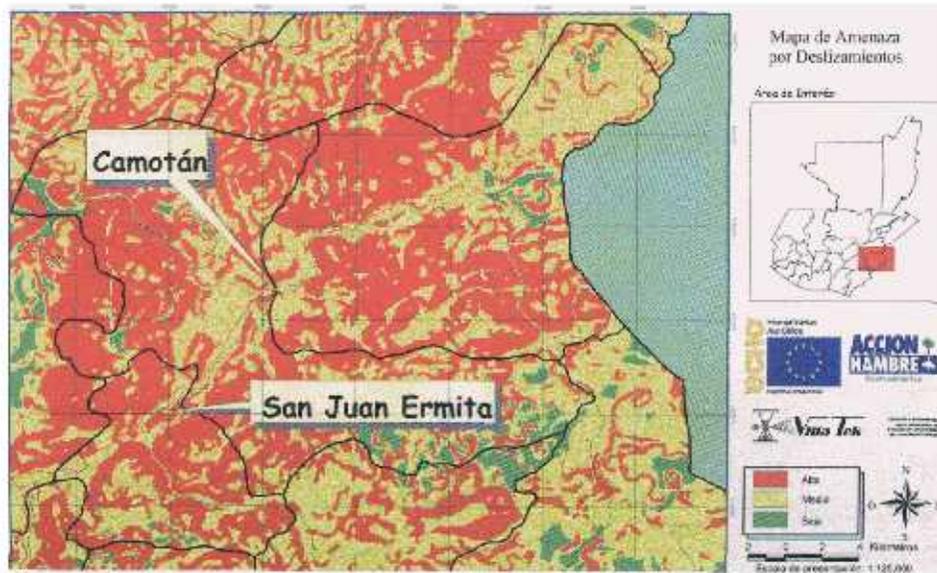
La vulnerabilidad se calculó según los tres parámetros indicados anteriormente: pisos, paredes y techos. Los valores numéricos obtenidos para esta vulnerabilidad oscilan entre 104 y 9,138, lo que permite clasificar a los poblados bajo una clase baja de vulnerabilidad.



4.2.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a deslizamientos

La evaluación de riesgo se llevó a cabo al igual que en los casos anteriores, integrando las amenazas y vulnerabilidades. La amenaza se caracterizó según tres rangos: alta (3), media (2) y baja (1). Los rangos de riesgo para todos los poblados oscilan entre 304 y 27,414 unidades, de tal manera que los poblados también se clasifican como de bajo riesgo cuando se comparan con poblados de otras regiones del país, como las Verapaces, Quiché, Sololá y Huehuetenango.

En particular, es importante mencionar que en estos municipios de Chiquimula la precipitación es menor que en otras zonas del país y, por lo tanto, se espera que no se manifiesten tantos deslizamientos como en otras áreas. De manera similar, en el siguiente cuadro se presentan los datos para las comunidades de mayor riesgo de los dos municipios.



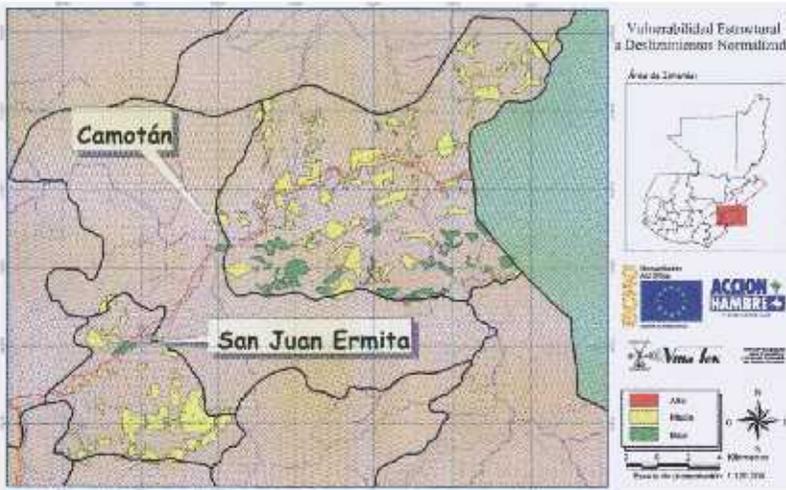
Cuadro 22
Vulnerabilidad y riesgo estructural para comunidades
de Camotán y San Juan Ermita

Municipio	Nombre	Vulnerabilidad a Deslizamientos	Riesgo a Deslizamientos
San Juan Ermita	Taxarja	9138	27414
Camotán	Camotán	8642	25926
San Juan Ermita	San Juan Ermita	8386	25158
Camotán	Lela Obraje	8364	25092
Camotán	Lantiquín	7720	23160
Camotán	Shupa	7046	21138
Camotán	-Pajco	6076	18228
Camotán	Cajón del Río	5952	17854
San Juan Ermita	Chispan Jaral	5046	15138
Camotán	Morola	4948	14844
Camotán	Tular	4744	14232
San Juan Ermita	Los Planes	4713	14138
Camotán	Guior	4660	13980
Camotán	Rodeo	4566	13698
San Juan Ermita	San Antonio Lajas	4516	13549
Camotán	Tisamarte	4492	13476
Camotán	Tesoro	4416	13248
San Juan Ermita	Salitrón	4308	12923
Camotán	Lela Chanco o Plan del Morro	4138	12413
Camotán	Muyurco	3816	11448
San Juan Ermita	Churischán	3804	11412
Camotán	El Volcán	3776	11328

En este cuadro se ha incluido la comunidad El Volcán, que en la actualidad está experimentando deslizamientos.

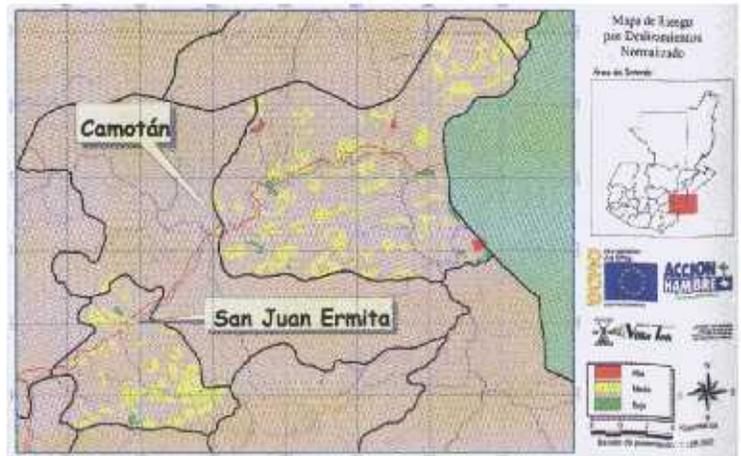
4.2.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a deslizamientos

Como en los casos anteriores, cuando se analiza la vulnerabilidad normalizada, emergen muchas comunidades que deben caracterizarse bajo un riesgo de nivel medio. Se observa que existe una franja en la zona sur del municipio de Camotán donde las vulnerabilidades normalizadas permanecen en el rango bajo. De igual manera, las cabeceras municipales también presentan un nivel de riesgo bajo.



4.2.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a deslizamientos

Para la cuantificación del riesgo normalizado se siguió el procedimiento ya descrito en secciones anteriores. El siguiente mapa presenta los resultados obtenidos. Se puede concluir que la mayoría de las comunidades se pueden clasificar con un riesgo de nivel medio (color amarillo).



4.3 Riesgo por sequía

Dado que la sequía no afecta de manera estructural o funcional a las viviendas, no se concibe un análisis de riesgos asociado con las vulnerabilidades estructurales y funcionales. Sin embargo, es posible tener una idea sobre la vulnerabilidad social según la forma en que ésta se ve afectada por la amenaza de sequía, así como el riesgo asociado con los ingresos económicos. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para este tipo de riesgo temático asociado con la sequía.

4.3.1 Amenaza por sequía

La región oriental del país, que comprende los departamentos de Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y El Progreso es, sin duda alguna, la región más árida del país. El siguiente mapa, elaborado por el MAGA, presenta los resultados para esta región de Chiquimula.

4.3.2 Vulnerabilidad social habitacional

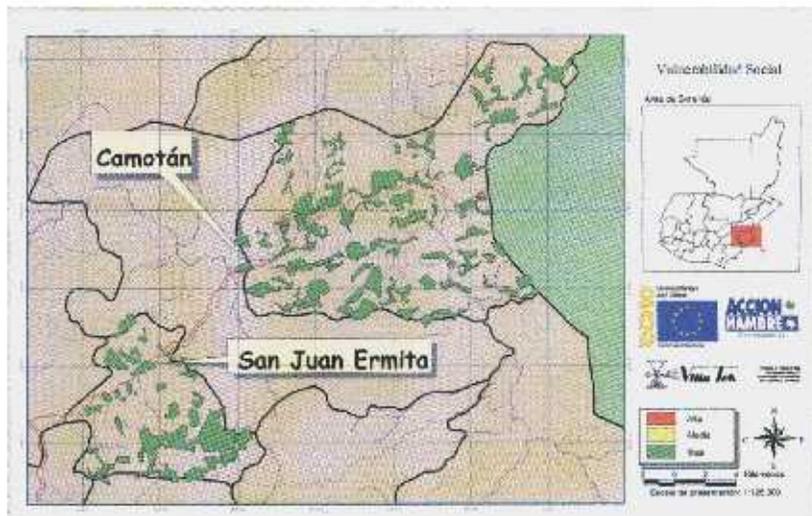
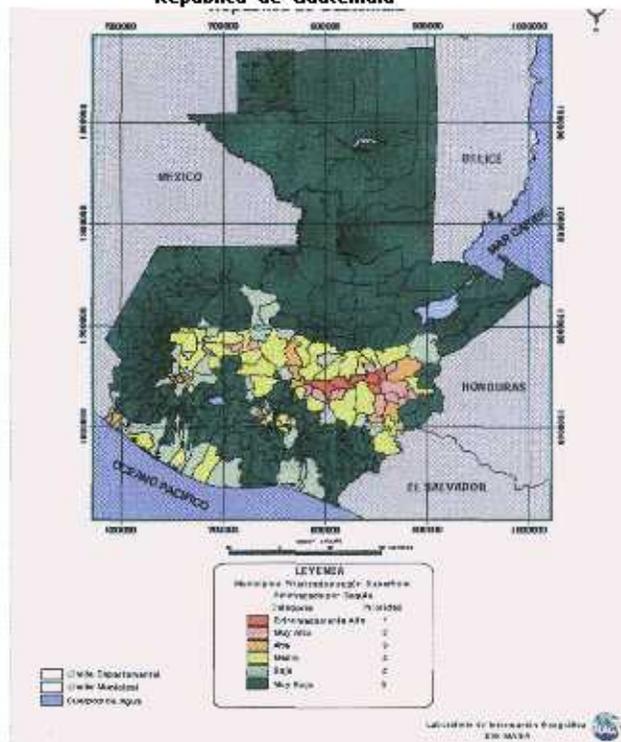
Para comunidades y municipios se calculó la vulnerabilidad social habitacional mediante la metodología ya descrita. Como se ha indicado, la vulnerabilidad social se caracterizó utilizando datos de los censos realizados por el INE en 1994, y toma en consideración tres factores:

- Sexo del jefe del hogar.
- Edad del jefe del hogar.
- Relación numérica de niños y ancianos a jóvenes y adultos.

El mapa que representa las vulnerabilidades de las diferentes comunidades en los dos municipios se presenta a continuación.

Como se observa, prácticamente todas las comunidades se manifiestan con una vulnerabilidad clasificable como baja. Las vulnerabilidades de mayor magnitud son las de las cabeceras municipales, y son del orden de 4,100 para San Juan Ermita y 4,500 para Camotán. De acuerdo con los rangos planteados en el capítulo tres, todas las comunidades de los municipios se sitúan en el nivel de baja vulnerabilidad, que es lo que se observa en el mapa.

Municipios Priorizados según Superficies Amenazada por Sequía República de Guatemala



4.3.3 Cuantificación del riesgo de tipo social

La integración de amenazas y vulnerabilidades se concretó mediante el uso del programa informático ARCVIEW, generándose el siguiente mapa. Como se observa, la zona se puede clasificar con bajos índices de riesgo.

Las magnitudes obtenidas al integrar la amenaza y las vulnerabilidades manifiestan valores que se sitúan dentro del intervalo definido como de bajo riesgo (0-20,000, ver cuadro 5). Es decir, hay poblados en otros lugares del país que están afrontando con-

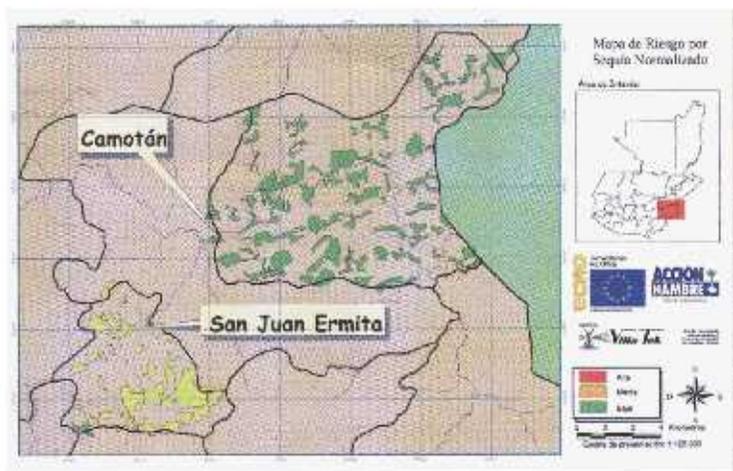
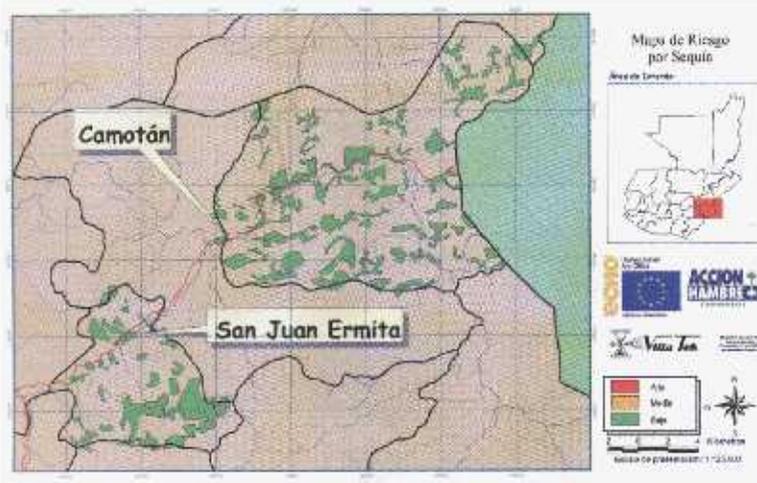
diciones de mayor riesgo que las que afrontan los poblados de Camotán y San Juan Ermita. Para el conjunto de los dos municipios, podemos establecer que los poblados con mayor riesgo de sufrir los efectos de la sequía se sitúan en San Juan Ermita.

4.3.4 Cuantificación del riesgo normalizado de tipo social

Para la integración numérica de la amenaza y la vulnerabilidad se asignó un valor numérico 1 a las zonas de baja amenaza, lo que se aplicó al municipio de Camotán, y se asignó el valor numérico 3 para las zonas de alta amenaza de San Juan Ermita. Tomando como referencia los valores posibles al combinar amenazas con valores numéricos entre 1 y 3, y vulnerabilidades normalizadas que pueden oscilar entre 0 y 100 puntos, se obtiene el siguiente mapa.

Como se observa, prácticamente todas las comunidades de San Juan Ermita se clasifican con riesgos de nivel medio, dada la alta amenaza en dicho municipio, mientras que todas las comunidades de Camotán se clasifican con un riesgo normalizado bajo dadas la baja amenaza y la baja vulnerabilidad de los poblados en dicho municipio.

Sin embargo, es necesario reconocer que la vulnerabilidad social habitacional no es el parámetro ideal para caracterizar la vulnerabilidad asociada con la sequía. En este caso se hace necesario ampliar el estudio de vulnerabilidad para abarcar aquellos factores donde la amenaza de sequía tiene un verdadero impacto, como la agricultura y las fuentes de agua potable.



4.4 Amenaza por fuertes vientos

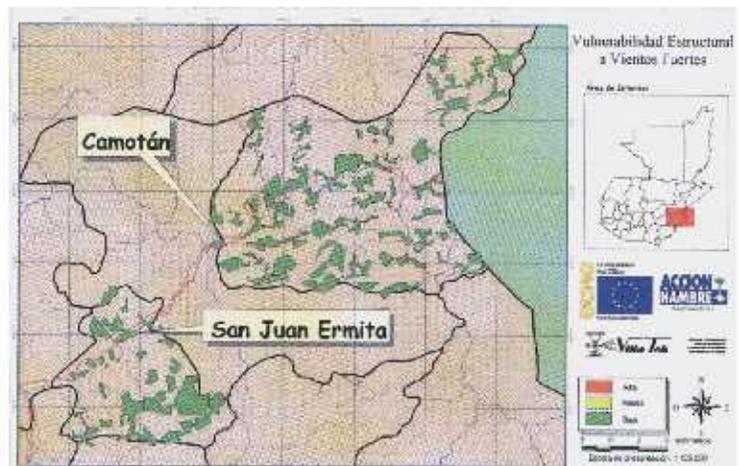
Así como en el caso de las inundaciones, la amenaza por fuertes vientos no es alta en esta zona cuando se compara con otras regiones del país. La relativa baja elevación de la zona y su topografía altamente variable por las montañas no propicia la sostenibilidad de vientos fuertes en la zona. El siguiente mapa muestra la amenaza para el área.

Como se observa, prácticamente en toda el área no hay regiones de alta amenaza, solamente al suroeste del municipio de San Juan Ermita.



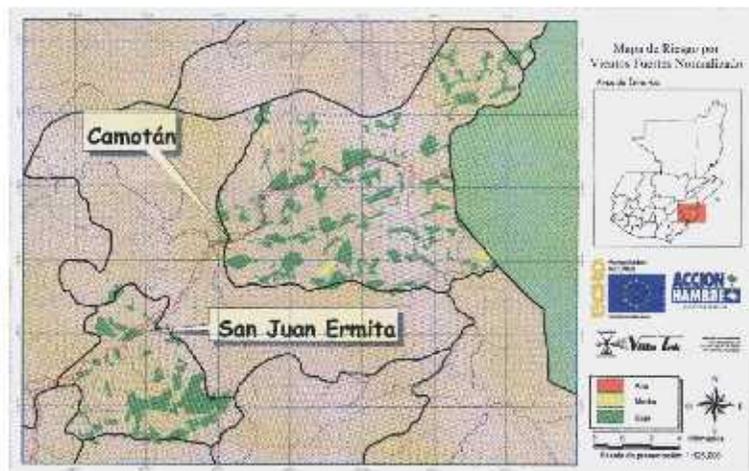
4.4.1 Vulnerabilidad estructural respecto a fuertes vientos

La vulnerabilidad estructural en la zona se caracterizó según los componentes de techos, paredes y sus materiales de construcción. El mapa respecto a la vulnerabilidad de las comunidades se muestra a continuación. Como se observa, todas las comunidades se sitúan en condiciones de baja vulnerabilidad cuando se consideran en el contexto nacional.



4.4.2 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a fuertes vientos

Al igual que en los casos anteriores, se integró el mapa de vulnerabilidades normalizadas con el mapa de amenaza para deducir el mapa de riesgo normalizado. Los resultados se presentan a continuación. En este caso, prácticamente todas las comunidades se clasifican con riesgos normalizados de tipo bajo, con la excepción de cuatro comunidades en Camotán: Caulotes, El Limar, Tierra Blanca y Changuis.



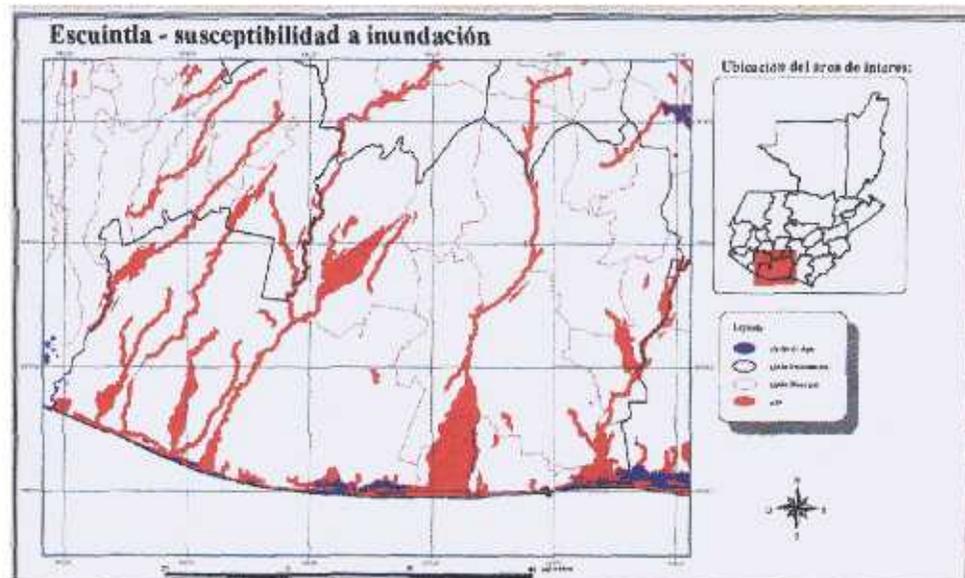
4.5 Estimación de riesgos por inundación en Escuintla

En el contexto de las inundaciones son varios los ríos que causan mayores estragos en el departamento de Escuintla. Entre estos figuran los siguientes: Achiguate, María Linda, Madre Vieja y Coyolate. Para representar la susceptibilidad respecto a las inundaciones en este departamento se han establecido dos niveles numéricos de susceptibilidad: cero, que indica que no se manifiesta la susceptibilidad en la región geográfica de la cuenca; y uno, que indica que sí se manifiesta.

Con esta información se ha elaborado el siguiente mapa, en el cual se representa dicha susceptibilidad con polígonos de color rojo. Como es de esperarse, las zonas de desembocaduras de los ríos se convierten en zonas de alta susceptibilidad.

Los indicadores de riesgo se evaluaron para 1,396 comunidades y poblados de diversos tamaños que oscilan entre una y varios miles de viviendas.

En la siguiente tabla se muestran las diez comunidades que presentan los mayores indicadores de riesgo respecto a inundaciones. Como se observa, las cinco comunidades que enfrentan mayor riesgo son Sipacate, San José, Iztapa, El Parcelamiento Los Ángeles y Masagua. De acuerdo con registros de la CONRED, con excepción de Sipacate, estas comunidades experimentan inundaciones frecuentes como resultado de los desbordamientos de los ríos Achiguate y María Linda.

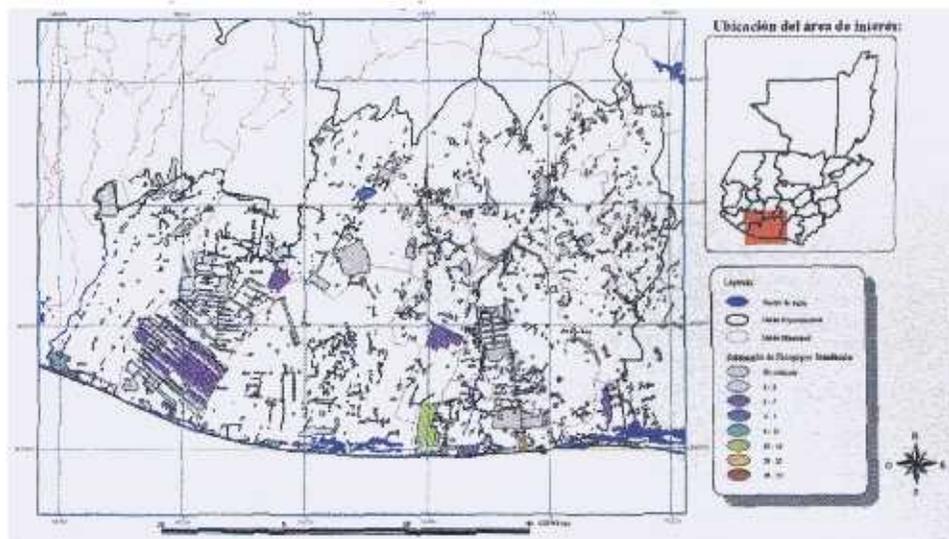


Cuadro 23
Indicadores de riesgo para poblados de Escuintla (inundaciones)

Municipio	Nombre	Categoría	No. de viviendas	Índice riesgo
La Gomera	Sipacate	Aldea	1,131	55
San José	San José	Pueblo	2,790	27
Iztapa	Iztapa	Pueblo	437	26
San José	Los Ángeles	Parcelamiento	448	19
Masagua	Masagua	Pueblo	394	17
Guanagazapa	Brito	Aldea	163	12
Iztapa	Las Morenas	Aldea	163	10
Iztapa	Buena Vista	Aldea	218	10
Tiquisate	El Sernillero Barra Nahualate	Aldea	278	10
San José	La Barrita	Aldea	131	9

La integración de susceptibilidades e indicadores de vulnerabilidad brinda como resultado el siguiente mapa, donde se representa la propensión de las comunidades a inundarse.

Escuintla - estimación de riesgo por inundación



En este mapa las comunidades en bajo riesgo se identifican con colores celeste, morado y azul; las de mayor riesgo se identifican con color naranja y, las de alto riesgo con color rojo.

En un afán por representar de manera más comparativa los riesgos de comunidades de diversas dimensiones, se presentan los indicadores normalizados. Una comparación entre este mapa y el anterior permite concluir que es posible identificar de manera normalizada los índices de riesgos de diversas comunidades de distintos tamaños mediante el procedimiento empleado.



Sin embargo, se debe tener cautela al usar esta metodología, pues en la práctica se pueden encontrar cientos de poblados de muy pocas viviendas que resaltan sobre aquellos que puedan tener varias centenas de hogares. El cuadro 24 muestra cómo se ordenan los indicadores de riesgo normalizado para diversas comunidades.

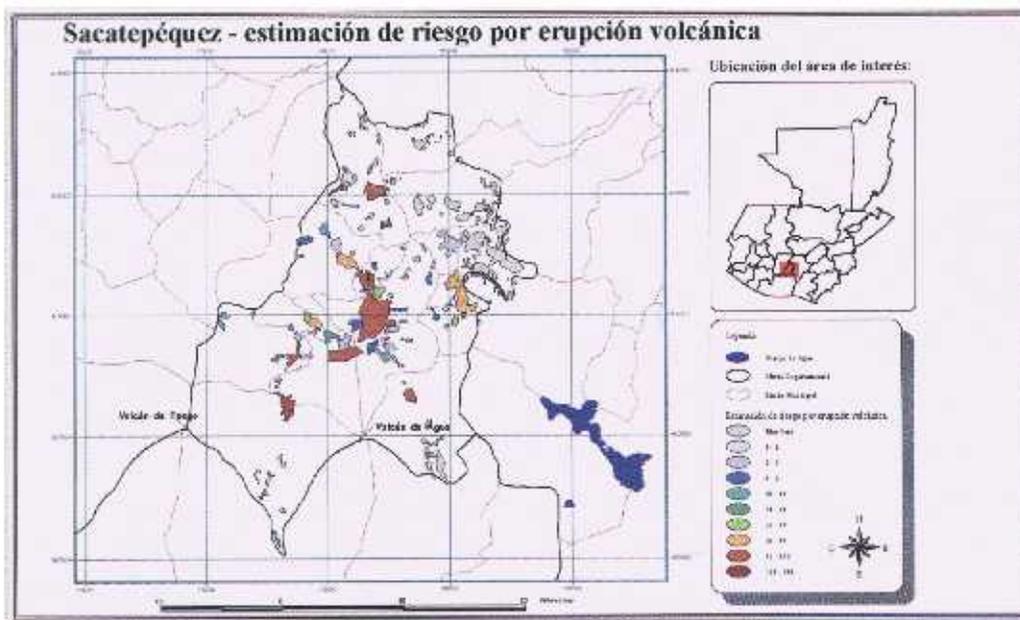
Cuadro 24
Indicadores de riesgo normalizado para poblados de Escuintla

Municipio	Nombre	Categoría	No. de viviendas	Riesgo normalizado
Tiquisate	San Luis	Labor	1	148
Tiquisate	El Rosal o Rosario	Finca	1	148
Santa Lucía Cotzumalguapa	El Pilar	Finca	3	126
Santa Lucía Cotzumalguapa	El Pilar	Finca	3	126
Nueva Concepcion	Coyolate	Finca	1	116
Santa Lucía Cotzumalguapa	San Juan la Providencia	Finca	2	111
Iztapa	El Izotal	Labor	1	108
Masagua	Santa María	Finca	1	105
Guanagazapa	El Pino	Caserío	9	96
La Gomera	Santa Elena Tikal	Finca	7	95
La Gomera	Santa Elena Tikal	Finca	7	95
La Gomera	Catzun	Finca	2	93

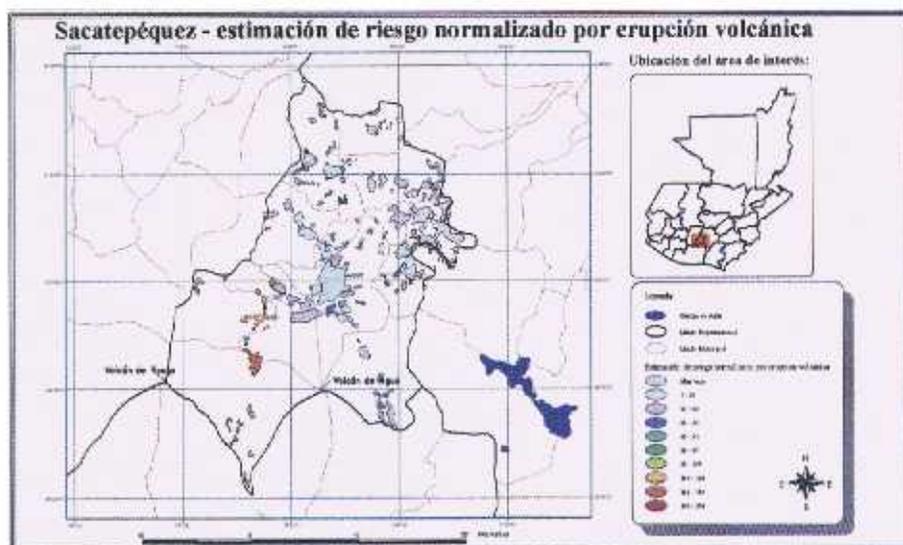
Como se observa, las comunidades que aparecen en esta nueva tabla son prácticamente distintas a las que se presentan en la tabla anterior. Observando la cuarta columna en las dos tablas se encuentra la razón: el número de viviendas en cada caso es muy distinto. Mientras en el primer cuadro se presentan datos de poblados que poseen más de 100 viviendas cada uno, en la segunda tabla se presentan datos relativos a fincas, caseríos y colonias que tienen pocas viviendas, pero muy vulnerables.

4.6 Estimación de riesgo por erupción en Sacatepéquez

Sacatepéquez es un departamento que se ve amenazado por erupciones causadas por el volcán de Fuego. El mapa de indicadores de riesgos con relación a este volcán se presenta a continuación:



Como se observa, el mapa está influenciado por las comunidades de mayor tamaño, particularmente La Antigua y San Lucas. Normalizando los indicadores de riesgo se obtiene la lista de los doce poblados de mayor riesgo normalizado:



Cuadro 25
Indicadores de riesgo normalizado para comunidades de Sacatépequez

Municipio	Nombre de poblado	Categoría	Riesgo
Alotenango	Alotenango	Pueblo	284
San Miguel Dueñas	San Miguel Dueñas	Pueblo	152
Antigua Guatemala	Antigua Guatemala	Ciudad	110
Ciudad Vieja	Ciudad Vieja	Pueblo	102
Jocotenango	Colonia los Ángeles	Pueblo	89
Santa María de Jesús	Santa María de Jesús	Pueblo	77
Sumpango	Sumpango	Pueblo	77
San Antonio Aguas Calientes	San Antonio Aguas Calientes	Pueblo	41
Santa Lucía Milpas Altas	Carberts o Maurita	Granja	36
Pastores	Pastores	Pueblo	34
Antigua Guatemala	Colonia Bernabé	Ciudad	27
Santa Catarina Barahona	Colonia Chirijuyú	Pueblo	24

Como se observa, los poblados situados en las faldas del volcán presentan mayor riesgo, siendo el de mayor envergadura Alotenango.

5. Conclusiones

Aunque en Guatemala los desastres han sido frecuentes y catastróficos, el estudio en este país centroamericano de los riesgos asociados con los fenómenos naturales se encuentra aún en su infancia. Por una parte, es un tema tan novedoso que no se ha integrado a las actividades típicas que se llevan a cabo en términos de investigación por parte de entidades académicas o institutos científicos.

En este sentido, este manual ha sido pionero en la región al presentar una metodología que permite caracterizar los riesgos asociados con diversas amenazas. Como se observa, la metodología permite ir más allá de una simple descripción narrativa de los riesgos para caracterizar amenazas y diversos tipos de vulnerabilidades. La misma, en este caso, ofrece una panorámica de los riesgos y sus componentes: las amenazas y las vulnerabilidades. Sin embargo, como cualquier metodología, tiene sus limitaciones, asociadas con las fuentes de datos, con la escasez de estudios técnico-científicos en la zona, así como con la escasez de modelos existentes para realizar dichos estudios.

El uso de los datos de los censos del INE presente algunas limitaciones respecto a su aplicabilidad en amenazas de diversos tipos. No obstante, estas deficiencias se pueden corregir en el futuro agregando preguntas específicas en los futuros censos. Una de las ventajas que brindan los censos es su aplicación periódica cada década, algo que permitirá comparar cómo aumentan o disminuyen las vulnerabilidades y los riesgos conforme avanza el tiempo.

La integración de amenazas y vulnerabilidades se ha llevado a cabo utilizando paquetes de sistemas de información geográficos, en particular el paquete ARCVIEW, que ofrece la flexibilidad de integrar información sobre amenazas que está en un formato gráfico (mapa) con datos de vulnerabilidades que se encuentran en formato numérico. El uso de esta herramienta estará encontrando sin duda algunas aplicaciones adicionales en materia de representación gráfica de riesgos y sus componentes. Empero, dicho paquete no está en la actualidad a disposición en todos los municipios. Además, se requiere de personal experto para dominar toda la manipulación que este tipo de trabajo requiere.

Finalmente, aunque la metodología presentada es sencilla, el diagnóstico de amenazas a nivel local es algo que debe ser realizado por expertos, dada la complejidad que entraña una evaluación detallada de las mismas, y que en cualquier caso no podrá hacerse exclusivamente con los conocimientos y experiencias locales. En este sentido, se debe considerar que puede ser un gran error recurrir al conocimiento local exclusivamente para la caracterización de las amenazas. De manera similar, la evaluación de vulnerabilidades precisa de cierto análisis. Sin embargo, en muchos casos se pueden realizar los cálculos matemáticos de manera simple, en especial con la ayuda de hojas electrónicas.

A lo largo de varios años, la metodología se ha refinado, de tal manera que en su forma actual permite identificar riesgos y compararlos para diversas comunidades y municipios. Esta capacidad de comparación permite a las autoridades planificar inversiones para la reducción de riesgos de manera más acertada. No obstante, para una clasificación más precisa de los riesgos se harán necesarios estudios a nivel de microzonificación, tanto de amenazas como de vulnerabilidades. En este caso, la meta seguirá siendo la misma: identificar de manera precisa

dónde se deben reducir los riesgos y de qué manera. Con esta idea en mente se deja abierta la puerta para que la presente metodología sea puesta a prueba y mejorada en otras áreas de Guatemala, e incluso en diferentes países, siempre con el propósito final de reducir riesgos.

Bibliografía

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). *El desafío de los desastres naturales en América Latina*. Plan de Acción del BID. BID, 2000.
- Cooperación Técnica Alemana (GTZ). *Gestión de riesgo, marco conceptual*. Guatemala: GTZ, 2002.
- Ferrer Gijón, Mercedes. *Susceptibilidad de movimientos de ladera en el valle de Guatemala. Bases metodológicas y cartografía piloto*. Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI). Instituto Tecnológico Geominero de España, Guatemala: 2002.
- Gándara, J. L. *et al. Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala*. Guatemala: ASDI/UNICEF/INFOM/UNEP/PAZ, 2001.
- Harp, E. L.; R. C. Wilson y J. F. Wickzorek. *Tandslides from the february 4, 1976, Guatemala earth quake*. USGS, 1981.
- JICA. *The study for establishment of base maps and hazard maps for GIS in the Republic of Guatemala*. Guatemala: enero de 2001.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS). *Memoria, lecciones aprendidas de los terremotos de 2001 en El Salvador*. El Salvador: OPS/OMS, 2001.
- Programa de Emergencia por Desastres PED-Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA. *Estimación de amenazas inducidas por fenómenos hidrometeorológicos en la República de Guatemala*. Guatemala MAGA, PMA, INSIVUMEH y CONRED, junio de 2002.
- Pérez, A. *Estudio de amenaza sísmica para San Juan Ermita y Camotán*. Documento elaborado para el proyecto Gestión Local de Desastres, ejecutado por Acción Contra el Hambre con financiamiento de ECHO, 2003.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe de desarrollo humano 2002*. Guatemala: PNUD, noviembre de 2002.
- Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN). *Mapas de pobreza de Guatemala*. Guatemala: SEGEPLAN, agosto de 2002.
- Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN). *Política de desarrollo social y población*. Guatemala: SEGEPLAN, abril de 2002.
- Villagrán De León, J.C. *Reconocimiento preliminar de riesgos asociados a varias amenazas en poblados de Guatemala*. Guatemala: SEGEPLAN, 2002.
- Villagrán De León, J. C. *La Naturaleza de los riesgos, un enfoque conceptual*. Guatemala: CIMDEN, 2002.
- Wilchex Chaux, Gustavo. "La vulnerabilidad global", en A. Maskey, compilador. *Los desastres no son naturales*. Bogotá: La Red, 1993.

**Proyecto de Gestión
Local de Desastres
en los municipios de
Jocotán, Camotán y
San Juan Ermita,
Chiquimula.**

ECHO/TPS/219/2002/02001

