

RECOMENDACIONES PARA CONSTRUIR VIVIENDAS
MENOS VULNERABLES ANTE DESASTRES

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Civil

RECOMENDACIONES PARA CONSTRUIR VIVIENDAS
MENOS VULNERABLES ANTE DESASTRES

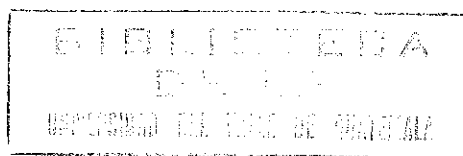
CARMEN TATIANA MANSILLA CÁCERES

Trabajo de graduación presentado para optar al grado
académico de

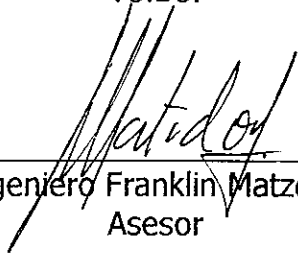
Licenciatura en Ingeniería Civil

Guatemala

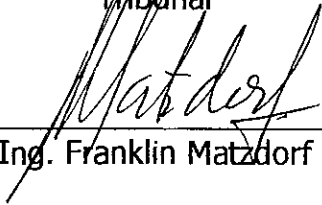
2001




Vo.Bo:

f() 
Ingeniero Franklin Matzdorf
Asesor

Tribunal

f() 
Ing. Franklin Matzdorf

f() 
Ing. Oscar Salazar

f() 
Ing. Milton Matus

Fecha de aprobación: 30 de marzo de 2001

Dedico este trabajo de graduación a mis padres, Ing. Carlos Mansilla y Dra. Carmen Cáceres de Mansilla, y a mis hermanos Dr. Carlos Mansilla, Pablo y Juanfer; sin su apoyo incondicional este éxito profesional no hubiera sido posible.

PREFACIO

El presente trabajo de graduación nació a través de la iniciativa del Ing. Franklin Matzdorf, Director del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle de Guatemala, quien planteó a la autora de este trabajo profesional la necesidad de profundizar en el estudio de normativas para la construcción menor.

A medida que se avanzó en el desarrollo del mismo, se enfatizó en la investigación de desastres naturales a nivel nacional, la construcción de vivienda en este ámbito y la reducción de riesgo.

De hecho, la intención de este estudio es contribuir a las Normas Recomendadas, AGIES 1996 en lo que al capítulo de normativa de vivienda se refiere, en el que se enfatiza en la reducción de riesgo frente a desastres naturales.

Sin embargo, las recomendaciones formuladas no deben asumirse como reglas de construcción; sino más bien ser consideradas como directrices para la reducción de riesgo a través del manejo de las variables vulnerabilidad estructural y exposición.

La autora agradece al asesor, Ing. Franklin Matzdorf, su valiosa colaboración, constante guía y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

INDICE

PREFACIO	iv
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN	x

Capítulos

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	3
	A. Antecedentes Históricos	3
	B. Esquematización de los componentes de la vivienda	6
III.	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica "AGIES"	7
	A. Las "Normas Recomendadas AGIES 1996"	7
	B. Definición y clasificación de construcción menor y vivienda	8
	C. Aportes de las "Normas Recomendadas AGIES 1996"	9
IV.	Recomendaciones para la evaluación de un sitio adecuado para acomodar viviendas	11
	A. Desastres Naturales	11
	B. Definición y clasificación de desastres naturales	13
	C. Medición del riesgo: "El triángulo de Riesgo"	14
	D. Localización de la vivienda para reducir su exposición	15
	E. Desastres Geológicos	16
	1. Sismo	16
	a. Sismicidad en Guatemala	17
	b. Recomendaciones sobre la localización de vivienda frente sismo	19
	2. Deslizamiento	21
	a. Deslizamientos en Guatemala	22
	b. Recomendaciones sobre la localización de vivienda frente a deslizamiento	23

3.	Flujo de lodo	26
a.	Flujos de lodo en Guatemala	26
b.	Recomendaciones sobre la localización de vivienda frente a flujo de lodo	27
F.	Desastres hidrometeorológicos	28
1.	Inundaciones	28
a.	Inundaciones en Guatemala	30
b.	Recomendaciones sobre la localización de vivienda frente a inundación	31
2.	Viento fuerte	33
a.	Viento fuerte en Guatemala	34
b.	Recomendaciones sobre la localización de vivienda frente a viento fuerte	34
V.	Recomendaciones generales sobre la construcción de vivienda. Tipología, cubierta y cerramiento	36
A.	Tipología, cubierta y cerramiento de la construcción Menor	36
B.	Cerramiento y cubierta en construcción menor	36
C.	Características y vulnerabilidad de la vivienda según sistema constructivo y materiales de construcción.	37
1.	Concreto Reforzado	37
2.	Concreto Prefabricado	38
3.	Mampostería de bloque y ladrillo	39
4.	Adobe	40
5.	Bahareque	41
D.	Recomendaciones para reducir la vulnerabilidad Estructural de la vivienda frente a desastres	42
1.	Sismo	42
2.	Deslizamiento	42
a.	Recomendaciones	42
3.	Flujo de lodo	43
a.	Recomendaciones	43
4.	Inundaciones	44
a.	Recomendaciones	44
5.	Viento fuerte	45
a.	Recomendaciones	49

VI.	Vulnerabilidad Estructural de la vivienda frente a sismo	50
	A. Construcciones Nuevas	50
	B. Construcciones Existentes	51
	C. Diseño y Práctica Sismorresistente	51
	D. Recomendaciones para mejorar el comportamiento de de la vivienda frente a sismos	52
	E. Autoconstrucción y Construcción sin fundamento científico	55
	1. Recomendaciones para la autoconstrucción	
VII.	Conclusiones y Recomendaciones Finales	57
	A. Conclusiones generales	57
	B. Recomendaciones finales	57
VIII.	Glosario de términos relativos a la gestión de desastres.	59
IX.	Bibliografía	63
IX.	Apéndices	65

LISTA DE TABLAS

1.	Clasificación de vivienda según paredes exteriores en Guatemala antes del terremoto de 1976	17
2.	Viviendas dañadas en Guatemala debido al terremoto de 1976	18
3.	Daños sectoriales en Guatemala debido al terremoto de 1976	18
4.	Zonas de alto riesgo debido a deslizamientos en Guatemala	23
5.	Zonas de mediano riesgo debido a deslizamientos en Guatemala	23
6.	Zonas de alto riesgo debido a deslizamientos en Guatemala	30
7.	Zonas de mediano riesgo debido a inundaciones en Guatemala	30
8.	Vulnerabilidad del material de cerramiento frente a desastres naturales	41
9.	Vulnerabilidad del material de cubierta frente a desastres naturales	42

LISTA DE GRAFICAS

1.	Esquematzación de los componentes de la vivienda	6
2.	Triángulo del riesgo	14
3.	Triángulo del riesgo al reducir la exposición	15
4.	Triángulo del riesgo al reducir la vulnerabilidad	36
5.	Vivienda edificada sobre pilotes	45
6.	Vivienda edificada con piso elevado	45
7.	Muro de protección de vivienda	45
8.	Vivienda construida con materiales no vulnerables	45
9.	Vivienda construida con materiales vulnerables que necesitan ser impermeabilizados	45
10.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (a)	47
11.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (b)	47
12.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (c)	47
13.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (d)	47
14.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (e)	48
15.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (f)	48
16.	Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (g)	48

RESUMEN

Guatemala se encuentra expuesta a una amplia diversidad de amenazas naturales que han ocasionado pérdidas humanas y económicas en la infraestructura del país, principalmente en lo que a vivienda se refiere.

Sin embargo, a pesar de que son bien conocidos los daños causados por el terremoto de 1976 y el huracán Mitch en 1998, aún no se han concretado lineamientos generales de construcción de vivienda, en lo que se concierne a la totalidad de amenazas que afectan al país. El mayor esfuerzo al respecto lo constituyen las Normas Recomendadas AGIES 1996, que aún no han sido finalizadas, ni poseen carácter legal.

Las principales amenazas que influyen en el país son de carácter geológico e hidrometeorológico. De carácter geológico son los sismos, los deslizamientos y los flujos de lodo. Las hidrometeorológicas consideradas fueron las inundaciones y los vientos fuertes.

Para minimizar los daños causados por estas amenazas se ha introducido el concepto de riesgo, el cual se ve compuesto por dos variables: amenaza y vulnerabilidad. Se considera a la amenaza como existente y constante; con el fin de reducir el riesgo debe reducirse la vulnerabilidad.

Al respecto se identificó el modelo del triángulo del riesgo, asumiendo que la vulnerabilidad se dividía en vulnerabilidad estructural y exposición. Por vulnerabilidad estructural debe entenderse a las deficiencias en el diseño estructural y al sistema constructivo. El concepto de exposición se refiere a la localización de la vivienda respecto a la amenaza.

De esta manera se emitieron recomendaciones para reducir la exposición y vulnerabilidad estructural de las viviendas frente a cada una de las amenazas antes mencionadas.

Al generalizar las recomendaciones, se concluye que primeramente debe incorporarse la variable riesgo en el diseño estructural y localización de la vivienda en el país, las Normas Recomendadas AGIES 1996 deben ser finalizadas principalmente en el capítulo 4, que se refiere a vivienda y deben realizarse esfuerzos para incentivar estudios de zonificación y micro zonificación con base en las amenazas descritas.

I. INTRODUCCION

El desastre que ha causado el efecto más crítico en la infraestructura y específicamente en la vivienda del país ha sido el terremoto de 1976; sin embargo Guatemala ha sufrido un sinnúmero de desastres naturales en las últimas décadas, algunos de ellos han dejado su huella marcada en comunidades a lo ancho del país. A manera de resaltar la veracidad de lo anterior, menciono brevemente los desastres que han causado la mayor cantidad de daños y pérdidas en vivienda en las últimas 2 décadas.

El Terremoto de San Miguel Uspantán en 1985 produjo una innumerable cantidad de viviendas destruidas en dicha comunidad. Solamente dos años más tarde, en 1987, la inundación del río Pantaleón causó el mismo efecto. Un deslizamiento en Valparaíso, Huehuetenango, nuevamente en 1987 registró más de 100 viviendas afectadas. Posteriormente, en 1988, un enjambre sísmico en la ciudad capital afortunadamente no causó más que una alarma colectiva.

La década de los 90 no fue mejor para Guatemala, en lo que respecta a inundaciones, la zona del país más afectada fue la Costa Sur, especialmente entre los años de 1992 a 1994, cuando hubo viviendas destruidas.

Los deslizamientos mayores se presentaron en la zona alta del Río Polochic, Alta Verapaz en 1995 y en el departamento del Quiché en Agosto de 1998; reportándose viviendas con daño severo en Alta Verapaz y Quiché. Un sismo sacudió a San Miguel Pochuta en 1991 dejando algunas viviendas dañadas. Sin embargo, los mayores daños a la vivienda en dicha década fueron los causados por el huracán Mitch que, luego de su paso por el país, destruyó casi 2,000 viviendas y afectó más de 18,000, principalmente como consecuencia de los deslizamientos e inundaciones.

Las incontables viviendas destruidas a lo largo de la historia del país justifican la necesidad de tomar medidas que prevengan y mitiguen el riesgo al que están expuestas. El papel del gremio ingenieril se manifiesta en la mejora de las técnicas de diseño y construcción, así como en el ordenamiento territorial, siendo precisamente el objetivo del presente trabajo de investigación, establecer recomendaciones respecto del diseño, construcción y ordenamiento territorial.

Es así como en el capítulo 1 se mencionan los primeros esfuerzos del gremio ingenieril para elaborar una norma de diseño y construcción. Se señalan además las contribuciones de diversas entidades respecto de la reducción del riesgo frente a desastres. Se incluye a su vez un esquema de elementos de la vivienda. El presente trabajo de investigación se basó precisamente en los componentes indicados en el esquema.

El capítulo 2 es un resumen sobre los aportes de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES en torno a la prevención y mitigación de los efectos de los desastres naturales. Se recomienda una serie de definiciones de vivienda y construcción menor, como sugerencia para la norma 4 de las "Normas Recomendadas AGIES 96", que aún no ha sido elaborada o publicada.

En el capítulo 3 se introduce el concepto del triángulo de riesgo y su utilización para reducir el mismo. Se señalan recomendaciones para reducir la exposición de la vivienda frente a los principales desastres naturales que ocurren en el país: sismo, inundación, deslizamiento, flujo de lodo y viento fuerte.

El capítulo 4 se refiere exclusivamente a la reducción de la vulnerabilidad estructural de la vivienda. Se emiten recomendaciones respecto de la reducción de la misma frente a los desastres naturales antes mencionados, exceptuando al sismo, el cual se trata independientemente en el capítulo 5. El capítulo 5, además, incluye una breve introducción a la problemática de la autoconstrucción y la construcción empírica.

El capítulo 6 incluye las Conclusiones y Recomendaciones generales finales. El capítulo 7 finalmente incluye un glosario con los términos utilizados en este documento. El glosario se basa en las definiciones presentadas en el Glosario de términos internacionales relativos a la gestión de desastre donde se permiten algunas modificaciones de las mismas.

II. ANTECEDENTES

A. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

"Una de las necesidades primordiales del ser humano es poseer un espacio para albergar a su familia con fines habitacionales, protegiéndose contra la furia de algunos elementos naturales. Esta habitación debe mantener mínimos de higiene y servicios necesarios para contrarrestar extremos climáticos, y a la vez estar al alcance económico de sus posibilidades para construirla adecuadamente en un lugar geográfico seguro".Ing. Franklin Matzdorf, 2000

"Reconociendo que en este pequeño párrafo introductorio se conjugan términos de contenido muy extenso, nos hemos propuesto con el autor del trabajo, presentar una metodología tendiente a guiar a los futuros constructores y/o moradores de la vivienda." Ing. Franklin Matzdorf, 2000

Alrededor de 1950 empieza a tomar relevancia el tema de los códigos de seguridad de construcción en Guatemala. En 1970 se hicieron intentos de generar una norma dentro del gremio de la ingeniería. No obstante no existieron estudios formales sino hasta los años 90, en que nació la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES publicando en 1996 las "Normas Recomendadas AGIES", que hacen referencia a normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala.

Dichas normas se remontan al terremoto de San Salvador en 1986. Como iniciativa del Ministerio de Comunicaciones del país, se formó una comisión integrada por los ingenieros Joaquín Lottman, Luis Felipe Mérida, Héctor Monzón y Roberto Solís, con el objeto de redactar una propuesta de norma estructural. El trabajo realizado por la comisión fue completado, mas su publicación no se realizó.

Posteriormente, en 1994, se continuó el proyecto; esta vez consultando con instituciones y profesionales del ramo, quienes presentaron contribuciones. Así mismo gracias a fondos de firmas comerciales se realizó una revisión al documento por parte de expertos locales ajenos a la comisión. Finalmente la revisión general del documento estuvo a cargo del Dr. Héctor Monzón.

Las "Normas Recomendadas AGIES 1996" no poseen carácter oficial ni legal, sin embargo representan un consenso técnico de los asociados a la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, por lo que se permite recomendar su utilización a los profesionales del diseño estructural y de la construcción.

Paralelamente, en la década de los noventa nació CEPREDENAC, institución regional componente del Sistema de Integración Centroamericana SICA. La creación de CEPREDENAC se dio el 29 de Octubre de 1993, fecha en que Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá firmaron el convenio consultivo. A la fecha están en proceso de incorporación los gobiernos de Belice y República Dominicana.

Su objetivo es promover el proceso de reducción de desastres naturales en Centro América a través del intercambio de experiencia, tecnología e información, del análisis de los problemas comunes y de la canalización de la cooperación externa.

Es responsabilidad del centro mencionado promover el proceso de mitigación de desastres en la región para prevenir pérdidas de vidas humanas, daño en infraestructura y el desbalance de las economías locales producto de estos desastres, como los daños causados por el terremoto de 1976 en el país y el Huracán Mitch en 1998.

CEPREDENAC coordina el Quinquenio Centroamericano para la Reducción de vulnerabilidades y el impacto de los desastres, y también promueve el Plan Regional de Reducción de los Desastres Naturales, cuyo propósito general consiste en una actitud proactiva generalizada de prevención y mitigación con enfoque integral e intersectorial.

De alta importancia fue a su vez la proclamación en 1989 de la "Década Internacional para la Reducción de los Desastres" DIRD, fecha desde la cual agencias del sistema de la Organización de Naciones Unidas, la UNESCO y el Banco Mundial han estado activas. Fue bajo el apoyo de la DIRD que se fundó "El programa de prevención para América Central", por el gobierno sueco. A principios de los años noventa el programa fue expandido con contribuciones de Noruega (Instrumentación Sismológica y Evaluación de la Amenaza Sísmica) y Dinamarca (Modelaje de la Amenaza por Inundaciones).

La primera fase del programa concluyó en 1994, y contribuyó al mejoramiento del nivel de experiencia del personal en monitoreo sísmico y evaluación de la amenaza en Centro América. La segunda fase del proyecto : "Preparación para sismos y mitigación del riesgo RESIS", comenzó en 1996. Esta fase del trabajo intenta optimizar la información acerca de la amenaza sísmica y vulnerabilidad, con el propósito del planeamiento del uso de tierra y manejo de la emergencia a través de todo Centroamérica.

El gobierno nacional empieza a colaborar en forma directa, en el aspecto de la prevención y mitigación de desastres al crear a través de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED, en Junio del año 2000, la

Gerencia de Gestión para la Reducción de Riesgo. La Gerencia de Gestión para la Reducción del Riesgo se ha creado dentro de la estructura de CONRED para planificar estrategias y ejecutar actividades que tiendan a reducir el riesgo al cual se encuentran sometidas comunidades y sectores de la población guatemalteca como resultado de las múltiples amenazas naturales presentes en el territorio nacional.

Para el año 2001 la Gerencia antes mencionada contempla dentro de su plan de actividades establecer un diagnóstico sobre la situación de deslizamientos en zonas ya establecidas y desarrollar un esquema de riesgo asociado a deslizamientos. Asimismo se coordinarán acciones para reducir los riesgos en asentamientos del distrito metropolitano.

Otro esfuerzo local ha sido el representado por la Comisión Sectorial de Construcción del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYT, fundado en 1995. La comisión ha identificado como área prioritaria la construcción de vivienda en aspectos que serán tratados en varios capítulos de este trabajo.

En octubre de 1997, la Comisión Sectorial de Construcción desarrolló el seminario-taller "Líneas de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y propuesta de un Programa Nacional de Generación y Transferencia de Tecnología en Construcción de Vivienda", documento dirigido a investigadores, empresas constructoras y profesionales vinculados al tema para analizar y discutir sobre líneas de investigación, y mecanismos para ponerlas en acción.

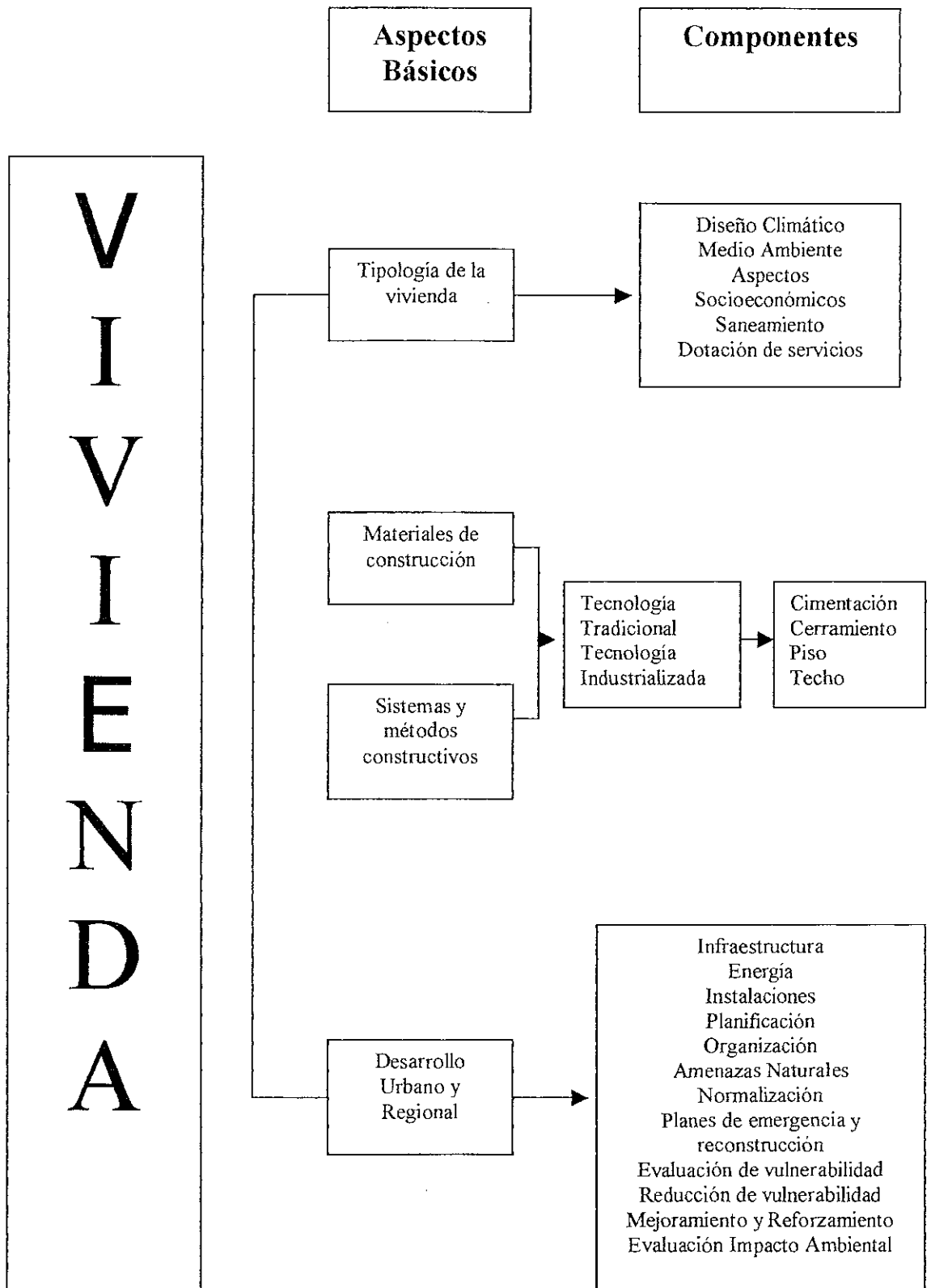
El presente trabajo de investigación se basa en aspectos y componentes de la vivienda sugeridos por el seminario-taller y hace hincapié en ciertas propuestas de proyectos prioritarios en generación y transferencia de tecnología en construcción de vivienda.

El capítulo 3 del presente documento se referirá al desarrollo urbano y regional en lo que amenazas naturales se refiere, de manera de enumerar recomendaciones básicas para una adecuada localización de la vivienda frente a ellas.

La tipología, los materiales de construcción y los sistemas constructivos se tratarán en los capítulos 4 y 5 del informe. En dicho capítulos se enumerarán recomendaciones básicas al respecto.

Los aspectos y componentes de la vivienda sugeridos por el seminario-taller se esquematizan en la figura de la página siguiente:

B. Esquematización de los componentes de la vivienda



Gráfica 1. Esquematización de los componentes de la vivienda

III. ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y SÍSMICA AGIES

"El pasado siglo nos ha legado un bagaje de conocimientos plasmados por la comunidad internacional que se dio a la tarea de inventariar, analizar y resumir cantidad de trabajo y recomendaciones científicas con el objeto de tomar alguna ventaja de los desastres naturales ocurridos. Ing. Franklin Matzdorf 2000.

"Cada especialidad de la comunidad científica trató de retomar la parte que le correspondía, por lo que las asociaciones de Ingeniería Civil afrontaron la componente conocida como "vulnerabilidad". Ing. Franklin Matzdorf 2000

"Para este efecto se propuso elaborar un conjunto organizado de recomendaciones tendientes a mitigar el efecto dañino causado por la naturaleza. Esta es una de las razones primordiales de la creación de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES" Ing. Franklin Matzdorf 2000

A. LAS "NORMAS RECOMENDADAS AGIES 1996"

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES contempla dentro de sus estatutos los siguientes objetivos:

Fomentar el uso de reglamentaciones técnicas de diseño estructural, con el objeto de producir obras de ingeniería civil seguras y económicas.
Velar por el cumplimiento de reglamentaciones de diseño de edificaciones en todo territorio nacional

El manual "Normas recomendadas AGIES 1996" incluye las siguientes especificaciones:

AGIES Norma 1 (NR 1)
Bases Generales de Diseño Estructural y Construcción

AGIES Norma 2 (NR 2)
Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Niveles de Protección.

AGIES Norma 3 (NR 3)
Diseño estructural de edificaciones

AGIES Norma 7-1 (NR 7-1)
Concreto reforzado

AGIES Norma 7-3 (NR 7-3)
Mampostería reforzada

La construcción menor se contempla en la Norma 4 NR4 de las recomendaciones de AGIES, sin embargo, la edición de dicha norma está aún pendiente, por lo que se hacen las siguientes propuestas referentes a la definición de construcción menor:

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN MENOR Y VIVIENDA

La construcción menor se puede definir típicamente como aquella que tiene una altura máxima de cuatro pisos. Frecuentemente se construyen con escasa técnica ingenieril. Este es un factor muy importante ya que es el tipo de construcción más común en Guatemala y en otras partes del mundo.

Clasificación de construcción menor

De acuerdo a materiales

1. Concreto
2. Concreto Prefabricado
3. Mampostería reforzada
4. Madera
5. Otros materiales

De acuerdo a su uso

1. Tipo Residencial
2. Tipo Comercial
3. Tipo industrial

El alcance del presente proyecto se limita básicamente a la construcción menor de unidades habitacionales o vivienda. Por vivienda debe entenderse todo local destinado a albergar a personas o familias con fines habitacionales. No debe confundirse con sector vivienda que incluye infraestructura urbana y equipamiento, ni al sector industrial y comercial dedicados a los materiales y procesos de construcción.

La vivienda se define según características y tipología en las siguientes:

1. Vivienda urbana: aquella localizada en asentamientos urbanos, según la definición de urbano señalada por el gobierno nacional.
2. Vivienda rural: vivienda localizada en asentamientos rurales con la misma salvedad que el punto anterior.
3. Vivienda del sector público: incluye aquellas viviendas de propiedad del gobierno y empresas estatales.

4. Vivienda del sector privado: corresponde a las viviendas de propiedad de individuos y empresas privadas.
5. Vivienda particular: se constituye de unidades como casas y apartamentos, donde cada unidad alberga a una familia u hogar. Estas pueden encontrarse como unidades individuales o multifamiliares.
6. Vivienda colectiva: en esta categoría se incluyen las pensiones, hoteles, posadas, internados y otros establecimientos usados con fines habitacionales colectivos.
7. Vivienda permanente: aquella que de acuerdo a los materiales y calidad de edificación puede considerarse como una vivienda de uso definitivo y que da una protección adecuada del medio ambiente.
8. Vivienda semi-permanente: incluye unidades tales como carpas, chozas, viviendas marginales, móviles, etc., hechas de materiales no durables y que no ofrecen una calidad habitacional adecuada.

En lo que respecta a desastres naturales, el papel de AGIES debe ser el de prevención y mitigación de los mismos, especialmente en lo que a vivienda respecta.

Los desastrosos efectos de los fenómenos naturales podrán ser prevenidos y mitigados cuando sean representados como prioridad, y los diferentes tipos de vivienda se construyan con medidas ingenieriles capaces de mitigar el daño. El código de construcción debe además promover un adecuado uso de la tierra.

Para lo anterior es de primordial importancia que existan lineamientos en las "Normas recomendadas AGIES", respecto de la prevención de los efectos de un desastre natural, no sólo para edificaciones de gran altura sino también para la vivienda, principalmente por el alto volumen de vivienda permanente y semipermanente en el país. Es de carácter urgente a su vez el carácter legal del código, de manera que su aplicación sea obligatoria.

C. APORTES DE LAS "NORMAS RECOMENDADAS AGIES 1996"

AGIES aporta ya algunos elementos valiosos en lo que prevención y mitigación respecta:

- Mapa de macro zonificación sísmica de Guatemala. Capítulo 2-2 de las "Normas recomendadas AGIES 1996"

- Nivel de protección sísmica para obras ordinarias. La vivienda se considera una obra ordinaria. Capítulo 2-2 de las " Normas recomendadas AGIES 1996"
- Perfiles de suelo en Guatemala. Capítulo 2-2 " Normas recomendadas AGIES 1996"
- Funciones de amplificación dinámica según el perfil de suelo. Capítulo 2-2 de las " Normas recomendadas AGIES 1996"
- Condiciones del terreno. Capítulo 2-5 de las " Normas recomendadas AGIES 1996".En dicho capítulo se mencionan brevemente recomendaciones para identificar Zonas de Precaución.
- Requisitos de diseño estructural Capítulo 3-1 " Normas recomendadas AGIES 1996.
- Niveles de protección Capítulo 7-1.4 "Normas recomendadas AGIES 1996"
- Sistemas constructivos Capítulo 7-0 de las "Normas recomendadas AGIES 1996"

No obstante se ha hecho énfasis principalmente en el riesgo sísmico y no existen aún recomendaciones para la mitigación de los desastres naturales hidrometeorológicos, ni planos de zonificación para ellos incluidos en las "Normas Recomendadas AGIES 1996".

IV. RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE UN SITIO ADECUADO PARA ACOMODAR VIVIENDAS.

"En el primer capítulo se menciona que no sólo nos debe preocupar la calidad de la construcción sino el lugar físico destinado a su ubicación, nos permitimos recomendar, efectuar un análisis detallado del historial del lugar seleccionado a efecto de reducir aún más la probabilidad de ocurrencia de daño"
Ing. Franklin Matzdorf 2000

"A esta componente se le ha denominado "Exposición" y está muy relacionada con profesionales de otras especialidades y autoridades de regulación municipal"
Ing. Franklin Matzdorf 2000

A. DESASTRES NATURALES

El deterioro o destrucción de la vivienda tiene implicaciones generales sobre la economía y sobre las condiciones de vida de la población. Fenómenos naturales de origen hidrometeorológico y geológico frecuentemente han causado desastres en los países de América Latina y en el istmo centroamericano en los últimos veinte años.

Sin embargo, debe señalarse que todos los años se dan miles de sismos, decenas de tormentas, huracanes, tifones y otra serie de fenómenos de la naturaleza que no producen daño a la vida humana, a la infraestructura, ni a la sociedad, por lo que no son considerados desastres, sino simples manifestaciones de la naturaleza.

Los desastres ocurren cuando factores externos de tipo físico afectan a una población vulnerable. Las condiciones socioeconómicas y de infraestructura de la población, combinados con la magnitud de la amenaza y no tanto el fenómeno natural, son en la mayoría de casos el factor determinante en los efectos de un desastre.

En las pasadas cuatro décadas la frecuencia de las catástrofes naturales en el mundo se ha triplicado, las causas se atribuyen a lo siguiente:

- Aumento acelerado del crecimiento urbano.
- El asentamiento de vivienda en regiones altamente expuestas a amenazas.
- La vulnerabilidad de algunos sistemas constructivos.
- Cambios en la naturaleza causados por el hombre.

En Guatemala y en los países de Centro América se dan dos componentes ideales adjuntos para la ocurrencia de un desastre:

Las constantes amenazas de eventos naturales, y el incremento sostenido del uso de tecnologías nuevas y en la mayoría de casos sin las debidas medidas de seguridad.

El incremento sostenido de la población, acompañado de mayores niveles de exclusión social y pobreza.

La vulnerabilidad de Guatemala en lo que respecta a desastres es especialmente alta ya que concentra uno de los más altos niveles de pobreza relativos en el continente americano. Hacia finales de la década de los ochenta, el país contaba con un nivel de pobreza absoluto del 70%.

Este nivel de pobreza se refleja en la vulnerabilidad a los desastres. Las condiciones físicas de la vivienda y la ubicación de múltiples comunidades en zonas de amenaza, por falta de opciones de acceso a tierras seguras imponen una vulnerabilidad física, estructural y de localización de grandes proporciones. Los fenómenos naturales causan entonces daños directos a la vivienda que se traducen en su destrucción parcial o total.

La marginación económica provoca que exista poca atención y posibilidades para preocuparse por la prevención o mitigación de desastres. Aún entre los sectores más favorecidos de la sociedad existen grandes deficiencias en cuanto a las técnicas constructivas y a la ubicación de muchas edificaciones. Por consiguiente es necesario llevar a cabo actividades diseñadas para proveer protección permanente ante un desastre. Esto incluye medidas de ingeniería, medidas de protección física así como medidas legislativas para la aplicación de un código de construcción, el ordenamiento territorial y la ordenación humana. Estas actividades constituyen la llamada prevención de desastres.

Los desastres naturales tienen, además del impacto físico, un impacto financiero y social. En lo que respecta al impacto financiero, el papel de las aseguradoras es vital a modo de mitigar el impacto. Además de ofrecer cobertura para contrarrestar los efectos catastróficos deben motivar a los clientes a tomar medidas para la prevención de los mismos.

Existen tres aspectos sociales que dificultan el proceso de prevención y mitigación de los desastres. El primer aspecto es la visión fatalista acerca de las catástrofes que se evidencia en los sectores de la población con altas creencias religiosas y poca educación. El segundo aspecto es considerar al desastre natural como un evento extremo que no volverá a suceder, lo cual es erróneo. El último factor es asumir que como los eventos son cíclicos, sus efectos también deben serlos.

La población, entonces, tiende a pensar que nada puede hacerse para reducir los efectos de los desastres, que no volverá a suceder un evento extremo y por último el error de asumir que como los fenómenos naturales, son cíclicos, el riesgo también lo es. El riesgo debe implementarse como continuo y a pesar de ser variable, es controlable.

No debe olvidarse a su vez que las comunidades afectadas en el país son aún vulnerables a los desastres y es necesario incluir la variable de vulnerabilidad en su proceso de desarrollo.

Asimismo debe crearse aceptación en la idea de que los daños pueden ser mitigados con una apropiada localización de la vivienda y asentamientos y a través de mejoras constructivas.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESASTRES NATURALES

Un desastre es la interrupción seria de las funciones de una sociedad que causa pérdidas humanas, materiales o ambientales extensas que exceden la capacidad de la sociedad afectada para resurgir, usando sólo sus propios recursos.

Los desastres se clasifican comúnmente de acuerdo con la velocidad con que ocurren o de acuerdo a las causas naturales o antropogénicas que los provocan.

De acuerdo a las causas naturales, los desastres se clasifican como:

1. Desastres geológicos.
2. Desastres hidrometeorológicos

En lo que respecta a Guatemala, los desastres hidrometeorológicos más comunes, de acuerdo a la posibilidad de una vivienda de estar sometida a ellos son los siguientes:

1. Inundación
2. Viento Fuerte

Por otra parte los desastres geológicos que más daño causan a la vivienda son:

1. Sismo
2. Deslizamiento
3. Flujo de lodo

C. MEDICIÓN DEL RIESGO: "EL TRIANGULO DE RIESGO"

La noción de riesgo puede relacionarse directamente con el concepto de desastre, ya que incluye las pérdidas y daños totales que podrían sufrirse en una población a raíz de una amenaza natural, puesto que además de ser posible anticipar los futuros niveles de riesgo de un desastre, es también posible explorar nuevas ideas para reducir este riesgo.

El riesgo se compone de dos factores internos: amenaza y vulnerabilidad. Matemáticamente se expresa como el siguiente producto:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

La falta de preparación que una comunidad posea para hacer frente a un desastre, es también un factor decisivo que usualmente se incluye en la ecuación anterior, sin embargo el presente proyecto se limita a la reducción del riesgo por medio de medidas estructurales tomadas por profesionales de la construcción, por lo que el componente de "falta de preparación" se excluirá de la misma.

La propuesta de reducción de riesgo en este trabajo de investigación se basa en el concepto del "Triángulo de Riesgo", en dicho concepto la vulnerabilidad se divide en dos factores: vulnerabilidad estructural y exposición. En este caso el riesgo que representa la posibilidad de pérdida depende entonces de tres elementos: amenaza, vulnerabilidad estructural y exposición.

Aquí se enfocan el concepto del triángulo de riesgo a la reducción del mismo en vivienda; como amenaza debe entenderse la frecuencia, posibilidad de ocurrencia y severidad potencial de un fenómeno natural. La vulnerabilidad estructural se refiere a las deficiencias en la práctica de diseño, técnicas constructivas inadecuadas y materiales constructivos deficientes. Es preciso indicar que la vulnerabilidad estructural no es una situación estática y siempre se debe evaluar frente a una amenaza en particular, pues por ejemplo la vulnerabilidad estructural frente a la amenaza sísmica no es la misma como frente a la amenaza de inundaciones. La exposición se relaciona con la localización del proyecto respecto del lugar de la amenaza. El triángulo se esquematiza en la siguiente figura:



Gráfica 2 : Triángulo de Riesgo

Si se piensa en el tamaño del riesgo como el área del triángulo, por geometría elemental se sabe que el área del triángulo depende del tamaño de los lados. Para aminorar el riesgo es entonces necesario reducir los lados del triángulo, la vulnerabilidad estructural puede ser reducida al introducir técnicas constructivas, diseños que reduzcan los efectos dañinos causados por una amenaza y con el uso de materiales de construcción adecuados. La exposición ofrece una salida menos elaborada, ya que puede ser reducida al disminuir el desarrollo en áreas sujetas a altas amenazas.

Finalmente es casi imposible reducir la amenaza, sin embargo para algunos fenómenos; existen medidas de gran magnitud que pueden adoptarse para tratar de controlarla, como la construcción de presas que impidan inundaciones, no obstante este tipo de obras son de alto costo y de gran impacto ambiental.

De lo anterior es evidente que los esfuerzos ingenieriles deben inclinarse hacia disminuir la vulnerabilidad estructural y exposición de la vivienda.

Por ello, el planeamiento en la localización de la vivienda es una guía de extrema importancia que disminuye la exposición y previene daños severos sobre la infraestructura al incorporar una apropiada localización. Los riesgos de desastres naturales deben introducirse como parámetros restrictivos en los trabajos de planificación física en el espacio. Por lo tanto, las principales medidas protectoras están relacionadas con el uso adecuado del espacio y con la organización espacial.



Gráfica 3. Triángulo de riesgo reducido al aminorar la exposición con una adecuada localización

D. LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA PARA REDUCIR SU EXPOSICIÓN

Como primer punto debe hacerse notar que el país carece de una política de ordenamiento territorial que permita que áreas sujetas a amenaza no sean utilizadas para la urbanización y localización de vivienda, así como tampoco existe control municipal que regule lo anterior, la responsabilidad de asentar viviendas en áreas amenazadas es más bien un problema de desconocimiento ya que no existe una zonificación específica.

Otro problema social es debido al alto crecimiento demográfico del país y su alta densidad de población ubicada en zonas riesgosas, mayormente por carecer de recursos económicos y debe agregarse la falta de conocimientos y ética de profesionales del ramo que incurren en la habilitación de zonas que presentan amenazas naturales conocidas.

Los profesionales deben estar conscientes del peligro que representa localizar vivienda en áreas sujetas a amenazas, con el fin de establecer lineamientos básicos en lo que concierne a la disminución de la exposición de la vivienda frente a desastres se generó el presente capítulo.

E. DESASTRES GEOLÓGICOS

1. Sismo

La causa sobresaliente de los sismos es la acumulación de tensión dentro de la tierra debido a los movimientos a largo plazo de su corteza superficial provocados por la energía térmica en su interior. Cuando la tensión es lo suficientemente grande, se manifiesta como una repentina liberación de energía y causa un terremoto. Este esta frecuentemente asociado con ruptura y si ésta se manifiesta en la superficie de la tierra se produce la llamada falla geológica.

La ruptura se manifiesta desde un punto de inicio dentro de la corteza terrestre conocido como foco o hipocentro y puede extenderse kilómetros. Las ondas elásticas viajan en todas direcciones que llega primero a la superficie por un punto llamado epicentro, el cual se manifiesta directamente arriba del foco. Estas ondas pueden ser registradas por instrumentos y en algunos casos percibidas por el hombre.

Los sismos tienden a producir daños en los elementos estructurales y no estructurales de una vivienda, debido a las cargas inerciales a que son sometidos estos elementos por los movimientos del terreno. También se pueden producir fallas debido a la ocurrencia de deformaciones permanentes del terreno sobre el que están construidas las viviendas. En algunos casos, las vibraciones se amplificarán por las condiciones de suelo locales, lo cual se puede convertir en mayores efectos sobre las edificaciones allí ubicadas.

A pesar de que se conoce que la mayor cantidad de sismos se producen en regiones cercanas a los límites de las placas tectónicas, no existe aún un método científico para pronosticar el lugar, el tiempo y la magnitud de un sismo futuro. No obstante existen estudios que actualmente se llevan cabo respecto de identificar posibles precursores a los sismos de gran magnitud, esto incluye el

estudio de dilatación de las rocas que se expanden al incrementarse la tensión asociada con un sismo mayor.

Otros estudios investigan la medición de cambios del gas radón, electricidad y propiedades magnéticas, cambios en la velocidad de las ondas y cambios en la topografía. Estos requieren, sin embargo, de un monitoreo a largo plazo y es necesario examinar los sensores para correlacionar factores que varíen debido a la ruptura previa al sismo.

Los científicos prefieren entonces determinar la amenaza sísmica más que pronosticar la ocurrencia de un sismo futuro. La amenaza sísmica es un estimado del movimiento esperado que excederá determinado nivel, según lugar y en un período de tiempo. Existen dos métodos para determinar la amenaza sísmica: el determinístico y el probabilístico.

a. SISMICIDAD EN GUATEMALA

Guatemala se ubica en la convergencia de tres placas tectónicas; la placa del Caribe, la placa Norteamericana y la placa de Cocos. Esta localización provoca que se produzca gran cantidad de sismos en la región. Existen tres fuentes de sismos en el país, la zona de transcurencia que se extiende de Izabal a Huehuetenango, la zona de subducción ubicada debajo de la costa sur del país y los llamados sismos locales que se originan en las fallas locales.

El evento más devastador en la historia del país fue provocado precisamente por un evento sísmico: el terremoto de 1976 causado por el corrimiento lateral de la falla del Motagua. Con el objeto de evaluar las características de la vivienda en ese entonces, así como de observar los inmensos daños causados al país me permito incluir una breve reseña sobre la situación de la vivienda y los daños ocurridos debido al terremoto en 1976.

En el censo de vivienda realizado por la Dirección general de Estadística en 1973, previo al terremoto de 1976, se cuantificó un total de 1,013,817 viviendas para toda la república. Por el tipo de material que predominaba en las paredes exteriores, se hizo la siguiente clasificación en porcentaje:

	LADRILLO Y/O BLOCK	ADOBE	MADERA	BAJAREQUE	LEPA PALO	OTROS
Urbano	19.64 %	51.45%	15.48%	5.32%	6.67%	1.43%
Rural	2.64%	32.68%	18.09%	13.96%	30.89%	1.67%

Tabla 1. Clasificación de vivienda según paredes exteriores en Guatemala antes del terremoto de 1976

El terremoto ocurrido el 4 de febrero de 1976 causó daños de orden humano, material, económico y emocional en la población.

Los departamentos más afectados en vivienda fueron Guatemala, Sacatepéquez, Progreso, Chimaltenango, Sololá, Totonicapán, El Quiché, Baja Verapaz, Izabal, Zacapa y Jalapa con 65.6% del daño total. El área rural y con menos recursos económicos resultó más afectada que el área urbana, ya que las viviendas destruidas representaron el 54.69% sobre el total destruido. Por departamento el más afectado fue Guatemala con un total de 99,712 viviendas, en segundo orden se colocó Chimaltenango con 40,636 viviendas. Los datos sobre volúmenes de vivienda dañadas o destruidas y localidades más afectadas se presentan en el siguiente cuadro:

ÁREA	UNIDADES DESTRUIDAS
Área metropolitana	58,760
Cabeceras departamentales	12,461
Cabeceras municipales	45,896
Aldeas y caseríos	141,362
Total Viviendas destruidas	258,479

Tabla 2. Viviendas dañadas en Guatemala debido al terremoto de 1976

En el área metropolitana fue destruida el 76.34% de la vivienda que se encontraba ya deteriorada, cuantitativamente 46,230 viviendas. Estas estaban ubicadas mayormente en la parte más antigua de la ciudad y construidas básicamente de adobe con mantenimiento casi nulo. Las paredes de las viviendas correspondía a 62% de adobe y 14% de madera los más significativos. La cubierta consistía en su mayoría de teja. Aun así viviendas de concreto reforzado fueron destruidas, especialmente en áreas por donde pasaron las fallas o en áreas cercanas a los barrancos. En este caso la localización de la vivienda fue un factor clave, ya que a pesar de que fueron construidas con técnicas adecuadas sufrieron daño al ser prácticamente desplantadas de su asentamiento original. En el siguiente cuadro se aprecia una comparación entre los daños sufridos entre los sectores de altos y bajos recursos, en el cual se observa la naturaleza diferente de los mismos.

SECTORES DE ALTOS RECURSOS	SECTORES DE BAJOS RECURSOS
10% del total de viviendas destruidas	90% del total de viviendas afectadas o destruidas
Buenos materiales y garantías sismorresistentes	Mala calidad de materiales, edificios anticuados y sin garantías sismorresistentes
Las ubicadas en malos terrenos estaban desplantadas en suelo firme con cimentación adecuada	Gran parte de los tugurios localizados en quebradas y barrancos en terrenos deslizables que agravaron los efectos del terremoto

Tabla 3. Daños sectoriales en Guatemala debido al terremoto de 1976

De los datos anteriores se desprende la importancia de evaluar la exposición así como la vulnerabilidad estructural de la vivienda frente a un sismo. Hoy día inclusive la exposición a la amenaza sísmica ha aumentado, en los últimos años se ha manifestado un aumento significativo de la población que habita en terrenos y viviendas expuestas altamente a la amenaza sísmica. A continuación se enumeran una serie de recomendaciones para disminuir la exposición de la vivienda frente a un sismo, posteriormente en el capítulo IV se evaluará la vulnerabilidad estructural de la vivienda.

b. RECOMENDACIONES SOBRE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDA FRENTE A SISMO

Según el área destinada a la vivienda:

1. Elaborar una microzonificación del área de amenaza sísmica por departamentos.

En las "Normas recomendadas AGIES 1996" se incluye el mapa de Macrozonificación Sísmica Nacional, no obstante por su alta complejidad puede no ser interpretado adecuadamente por toda la población interesada. El mapa de Zonificación según la Escala Modificada de Mercalli presentado en la figura 1 del anexo ofrece mayor facilidad de comprensión para la población en general. Ambas zonificaciones debe actualizarse periódicamente usando los últimos conocimientos en fallas, sismicidad y movimiento de suelos. El mapa de Zonificación según la intensidad modificada de Mercalli, debe estar al alcance de los profesionales del gremio y población en general por medio de su publicación, divulgación e introducción en Internet. Ambos mapas, sin embargo, proporcionan información sobre la amenaza sísmica en todo el país y no se reconocen microzonas específicas. El mapa de microzonificación por departamentos sería de extrema utilidad para reconocer áreas de riesgo específicas para cada departamento y tomar las medidas adecuadas respecto del ordenamiento territorial.

2. Recopilar la historia sísmica de la región específica.

Debido a que no se posee una micro zonificación delimitada, se recomienda recopilar datos históricos sobre los sismos ocurridos en la región donde se construirá. Estos datos deben incluir de la manera más exacta posible daños a la infraestructura general, humanos y comerciales. Fuentes de información son el INSIVUMEH, la Municipalidad local, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, el U.S. Geological Survey, entrevistas con los habitantes del sector y consulta con profesionales que hayan realizado trabajos previos en esa área de manera de reconocer la amenaza presente.

3. Evaluar la pendiente del terreno.

Los derrumbes de los terrenos con pendientes muy pronunciadas son el problema sísmico conexo más frecuente del país.

Principalmente en el altiplano guatemalteco estas laderas están formadas por cenizas volcánicas que pueden ser erosionadas por el agua. Cuando estas laderas tienen pendientes muy fuertes presentan un alto peligro de perder su aparente estabilidad que deben al enlace de partículas irregulares de ceniza volcánica cuando se presenta un movimiento vibratorio debido a un sismo. Generalmente estas laderas son utilizadas en zonas de alta densidad poblacional por sectores informales y no existe regulación municipal para evitarlo. Sin embargo profesionales del área no deben incurrir en construir vivienda popular de bajo costo en zonas cercanas a laderas pronunciadas, como se ha dado en la ciudad capital. Las pendientes mayores a los 30 grados presentan el peligro antes mencionado.

4. Advertir la proximidad de una falla geológica conocida.

Las fallas geológicas se encuentran en gran cantidad en el país, sin embargo no han sido plenamente identificadas, ni se han delimitado las zonas de riesgo propias que en algunos casos son muy peligrosas. El riesgo que representa localizar una vivienda cercana a una falla geológica depende de dos factores. La falla puede ser superficial y geológicamente activa y de presencia de fisuras pasivas. Si la falla sufre una ruptura se produce un desplazamiento del terreno lo cual causará un desplazamiento en los cimientos de la vivienda, aunque ésta esté construida con la mejor técnica ingenieril. Las fisuras pasivas son agrietamientos en franjas del terreno a lo largo de las zonas donde ocurren rupturas activas. Estos agrietamientos se deben principalmente a que los suelos de los valles se componen de ceniza volcánica. El problema principal es identificar la localización de las fisuras pasivas, ya que esta es frecuentemente variable. Cuando la vivienda se asienta sobre zonas de fisuras pasivas, presenta el mismo problema en los cimientos antes mencionados.

A pesar de que la identificación y delimitación de la zona de riesgo de las fisuras pasivas no tiene límites definidos, es responsabilidad del profesional advertir la proximidad de una falla geológica conocida y advertir el riesgo que representa el construir vivienda en dicho sector. Es, además, responsabilidad municipal evitar la concentración elevada de vivienda en sectores que presentan este riesgo.

5. Determinar la naturaleza del suelo.

Sería recomendable realizar estudios geológicos sobre las condiciones de suelo, éste debería incluir información sobre el material de las capas interiores de la tierra, la profundidad del basamiento rocoso, profundidad del nivel freático y la pendiente del terreno. Sin embargo, en el caso de vivienda, generalmente estos estudios no son justificados debido a su alto costo, y raramente serán realizados, por lo que pueden seguirse las siguientes sugerencias generales:

a. Evitar suelos arenosos y cercanos a grandes cuerpos de agua por el peligro de licuefacción y hundimiento de cimientos presente. La licuefacción puede ocurrir en suelos costeros y riberas de ríos o lagos.

b. Típicamente ocurre cuando existen depósitos aluviales de arenas debajo del nivel freático y el suelo pierde su capacidad a resistir esfuerzos cortantes.

c. Si existe vivienda construida en zonas susceptibles a licuefacción y un sismo ocurre, ésta sufrirá asentamientos y se sumergirá en el suelo saturado quedando luego de un cierto periodo de tiempo nuevamente atrapada en masa sólida de terreno. Es evidente que usualmente no existe reparación para la vivienda en este caso. Debe evadirse las zonas del país donde se ha presentado licuefacción. Estas corresponden a zonas cercanas al lago de Amatitlán, riberas del río Motagua y Puerto Barrios. No se posee actualmente en Guatemala un sistema general que proteja a las edificaciones de la licuefacción de terreno y no existen investigaciones recientes, por lo que la mejor recomendación es la de evitar construir vivienda en áreas costeras y riberas de ríos y lagos identificadas como zonas de licuefacción potenciales.

d. Evitar o disminuir la construcción sobre basamientos sedimentarios, ya que puede presentarse resonancia. La resonancia se produce cuando existe una vibración causada por un sismo y el periodo de vibración del suelo es igual al periodo de vibración de la vivienda, lo cual amplifica el movimiento y provoca daños mayores a la vivienda. Se incrementa también la intensidad del sismo cuando se asientan viviendas en suelos formados por rellenos.

2. Deslizamiento

Los deslizamientos pueden ser considerados como un producto geomórfico del proceso dinámico relacionado con la evolución del paisaje. Representan la continua búsqueda de balance entre la resistencia de los materiales geológicos en los que las pendientes se acomodan naturalmente y las fuerzas gravitacionales o cargas que mueven la masa de tierra.

Un deslizamiento de tierra comúnmente se refiere a toda clase de movimientos a lo largo de una pendiente bajo la influencia gravitacional. En sentido estricto se refiere al movimiento rápido pendiente abajo de una masa de roca y/o tierra a lo largo de una o varias pendientes.

Existen cinco tipos principales de movimiento de masa rápidos: Desplome, deslizamiento de roca, flujos de tierra, flujos de lodo y flujos de escombrera. Para propósitos de simplificación en este trabajo se le llamará deslizamiento en general a los desplomes, deslizamientos de roca, flujos de tierra y flujos de escombrera. el flujo de lodo se tratará como un tema separado debido a los daños que puede provocar y a su naturaleza,

La precipitación pluvial y los terremotos constituyen los principales agentes co-adyudantes de deslizamientos de tierra, puesto que al unirse a las

características de un suelo resistente a la compresión y no así a la tensión, desencadenan frecuentemente desprendimientos y derrumbes en las laderas y barrancos.

El tipo de suelo constituye un factor de suma importancia durante el desarrollo de un deslizamiento, puesto que, dependiendo de las características físicas de éste, así se comportará durante el movimiento. De esta manera un suelo de partículas no consolidadas como el suelo pómez, que basa su estabilidad en una alta resistencia a la compresión por fricción y posee muy baja resistencia a la tensión, se ve fuertemente afectado al producirse una vibración ya que pierde su estabilidad y produciéndose el deslizamiento.

Se señala que el proceso geomórfico se ve afectado a su vez por el desarrollo humano y el riesgo de desastre es una consecuencia de la interacción entre el proceso natural y la actividad humana. Así, en la generación de deslizamientos intervienen factores tanto naturales como artificiales. A manera de resumen, los que presentan mayor influencia en orden de importancia son los siguientes:

1. Tipo de roca
2. Pendiente y relieve del terreno
3. Fallas y fracturas geológicas
4. Intensidad y duración de la lluvia
5. Cobertura vegetal
6. Actividad sísmica
7. Amplificación del movimiento sísmico de tierra por topografía
8. Obras de ingeniería

Es de suma importancia indicar que los factores antes mencionados no actúan aisladamente sino más bien se ven influenciados entre sí, por lo que al momento de evaluar la amenaza de deslizamientos todos ellos deben ser tomados en consideración.

Los deslizamientos son a menudo pronosticables y previsibles, y aunque generalmente no provocan daños tan graves como otros desastres naturales son mucho más frecuentes. La situación general del país frente a ellos se señala a continuación.

a. DESLIZAMIENTOS EN GUATEMALA

En el país se presentan anualmente una gran cantidad de deslizamientos que destruyen y soterran un alto número de viviendas. Sin embargo la mayor cantidad de deslizamientos que ha ocurrido simultáneamente se derivó del terremoto de 1976. Dicho terremoto generó al menos 10,000 deslizamientos en un área de aproximadamente 16,000 kilómetros cuadrados.

El 90% de los deslizamientos generados se presentaron en los depósitos de piedra pómez. Las viviendas que fueron afectadas fueron en su mayoría las situadas a las orillas de los barrancos.

Se han identificado zonas de alto riesgo de deslizamientos a base de inventarios de los mismos y la vulnerabilidad y exposición de la vivienda. La siguiente tabla señala los municipios sujetos a mayor riesgo:

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Guatemala	Guatemala
Quetzaltenango	Quetzaltenango

Tabla 4. Zonas de alto riesgo debido a deslizamientos en Guatemala

Las localidades sujetas a mediano riesgo se identifican a continuación:

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Guatemala	Amatitlán, Chinautla, Villa Nueva
Alta Verapaz	San Pedro Carchá
Sololá	Sololá

Tabla 5. Zonas de mediano riesgo debido a deslizamientos en Guatemala

Durante el año 2000 se reportó un total de 54 deslizamientos en el país, que dañó parcialmente 69 viviendas y destruyó 58. Cabe mencionar que los deslizamientos anteriores ocurren en cada temporada de invierno, sin necesidad de la presencia de un evento extremo como un sismo o tormenta. Nuevamente el tipo de suelo y ubicación de la vivienda determinó la exposición y fue factor determinante en los efectos provocados. Lo anterior refleja la importancia de reducir el riesgo de la vivienda frente a deslizamientos por medio del ordenamiento territorial, principalmente en la ciudad capital.

b. RECOMENDACIONES SOBRE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDA FRENTE A DESLIZAMIENTO

1. Elaborar una microzonificación de la amenaza de deslizamientos por departamentos.

Guatemala posee actualmente zonificaciones muy generales del país en lo que respecta a amenaza de deslizamientos como se mencionó en las tablas 4 y 5.

Por lo tanto debe realizarse un esfuerzo nacional para identificar las áreas de mayor amenaza, definir las características de su proceso y determinar su riesgo.

El mapa puede elaborarse con la ayuda de las herramientas proporcionadas por los Sistemas Geográficos de Información (SIG). Se sugiere iniciar la microzonificación en los departamentos señalados anteriormente como de alto y mediano riesgo anteriormente. Esta zonificación debe tomar en cuenta los factores de amenaza de deslizamiento indicados y su propósito debería ser restringir en lo posible el desarrollo de viviendas en áreas con alta amenaza de deslizamiento y estar al alcance de los profesionales del ramo, así como de la población en general por medio de su divulgación y publicación.

2. Realizar un inventario local de deslizamientos

Mientras se elabore un mapa de microzonificación de amenaza de deslizamientos, se recomienda realizar un inventario de los deslizamientos dados en la región en el pasado y de esta manera evaluar el posible riesgo de localizar vivienda en esa región. El inventario debe incluir datos sobre la actividad y el grado de desarrollo de cada elemento particular y puede ser utilizado para elaborar la zonificación de amenaza de deslizamientos en un futuro. A su vez la identificación puede realizarse a través del inventario de evidencias y depósitos de material proveniente de deslizamientos previos. El inventario debe establecer distinción entre deslizamientos antiguos y activos. Las áreas más peligrosas son aquellas localizadas en el fondo de un cañón y en taludes que han sido excavados para realizar obras de construcción. Estas áreas pueden examinarse para buscar vestigios de deslizamientos.

3. Evaluar la infiltración de agua

La infiltración de agua puede llegar a sobresaturar espacios libres en una ladera y con ello aumentar el peso de la masa hasta llegar a un punto de desencadenar un deslizamiento. La presencia de agua infiltrada disminuye la capacidad soporte del suelo y reduce el coeficiente de fricción. El proceso de infiltración se provoca generalmente por la erosión en laderas y pendientes pronunciadas, la erosión trae como consecuencia la pérdida de la capa vegetal y humus, lo cual permite la infiltración. El proceso de infiltración dependerá también de la granulometría del suelo y de las propiedades fisicoquímicas. Aunque no sea posible evitar el desarrollo de sectores con alta infiltración pluvial es útil identificarlos, ya que la infiltración puede reducirse al tomar medidas como por ejemplo utilizar recubrimientos de piedra con mortero de cal o cemento que eviten la infiltración y favorezcan el escurrimiento.

4. Evaluar el tipo de suelo

El suelo del lugar deberá evaluarse para determinar la posibilidad de que ocurra un deslizamiento. En la ciudad de Guatemala, por ejemplo, predomina el suelo diamactón, cuyos principales componentes son productos piroclásticos y depósitos de piedra pómez. Estos suelos se caracterizan por ser resistentes a la

compresión y de comportamiento deficiente frente a la tensión y fuerzas inducidas por el agua, estas características lo hacen susceptibles a desencadenar deslizamientos. En general un suelo de partículas no consolidadas no resistirá esfuerzos a la tensión. Si el suelo está formado por relleno, éste debe estar compactado.

5. Evaluar la pendiente del terreno

Ya que los deslizamientos se generan en laderas, es evidente que la pronunciación de la pendiente juega un papel primordial. La pendiente debe tener un valor máximo aceptable, pues una pendiente pronunciada contribuye a la acción de la gravedad a mover la masa de tierra. Adoptar una pendiente de 30° como aceptable para urbanización es una medida conservadora. En áreas de alto riesgo, la pendiente del terreno debe ser mejorada por medio de movimiento de tierras.

6. Examinar el tipo de cubierta vegetal.

La cubierta vegetal es un factor importante que puede contribuir a mejorar la estabilidad de un talud; ya se mencionó el hecho de que la ausencia de la misma contribuye a la infiltración pluvial. Sin embargo, no todos los tipos de árboles contribuyen a evitar deslizamientos, deben reconocerse las especies vegetales eficientes en la protección de taludes como las coníferas y la caña de carrizo.

7. Examinar la existencia o posibilidad de introducir un sistema de drenaje de agua adecuado.

Si la zona a evaluar cuenta con un sistema de drenajes pluviales y cunetas, la exposición del talud al deslizamiento se disminuye, de lo contrario debe evaluarse la posibilidad de introducir un sistema de aguas pluviales. Un ejemplo de sistema adecuado es utilizar medias cañas de concreto paralelas a la pendiente del talud en la corona del mismo y al pie de él para conducir las aguas pluviales hacia cunetas. La posibilidad de que las cunetas puedan colocarse paralelas a la pendiente del talud debe verificarse.

8. Evitar áreas próximas a ríos que son utilizados como drenajes o flujo de aguas negras

Utilizar los ríos como drenajes o flujo de aguas negras altera el ciclo natural del río, puesto que el constante paso de las aguas draga el fondo del mismo, creando nuevos taludes que en cualquier momento se modificarán en busca de una pendiente menos pronunciada que provocará el desplome de los mismos. La situación anterior se presenta a su vez en ríos en los cuales se realiza extracción de arena de río. Un ejemplo de viviendas sometidas a esta exposición, lo constituyen las colonias localizadas en la cuenca del río Villalobos.

9. Desarrollo de normas mínimas de construcción.

Finalmente es necesario desarrollar guías para la aplicación de tecnología que reduzca la susceptibilidad de la masa de tierra a perder el equilibrio estático, además de restringir la práctica profesional inadecuada. Lo anterior implica la complementación del capítulo 2-5 de las "Normas Recomendadas AGIES", que indican condiciones del terreno para la identificación de zonas de precaución.

3. Flujo de lodo

Un flujo de lodo es un movimiento masivo caracterizado por el traslado cuesta abajo de materiales sueltos. Es una masa de roca, tierra y agua bien mezclada que fluye pendiente abajo en la ladera de un valle con la consistencia del concreto recién mezclado. Los flujos de lodo se originan en un pequeño cañón o quebrada de paredes abruptas donde las laderas y el suelo se hayan cubiertos por material inestable o sin consolidar, sin embargo son capaces de moverse por áreas relativamente llanas o de poca inclinación.

Generalmente ocurren durante lluvias intensas en suelos ya saturados y comienzan con pequeños deslizamientos de suelo que luego se licuan y fluyen a velocidades de 56 Km por hora. El proceso de formación es el siguiente: una inundación repentina satura la tierra y las rocas de las laderas, y las arrastra hacia el cauce de la corriente. Los escombros entonces obstruyen el canal hasta que la presión de agua es suficiente como para abrirse paso. El agua y los escombros se transportan valle abajo, mezclándose con el movimiento de rodamiento a lo largo del borde frontal del flujo. El avance del flujo de lodo puede ser intermitente, ya que se retarda a veces a causa de un estrechamiento del cauce. En ciertas ocasiones el flujo rompe hacia delante llevándose consigo cuanto obstáculo encuentre.

Eventualmente los flujos de lodo rebasan la boca del cañón y se extienden por las pendientes suaves, al no estar confinados por las paredes del valle ni del cauce se expanden en una gran capa de lodo y cantos rodados que puede tener desde unos cuantos centímetros hasta metros de espesor.

Los flujos de lodo son capaces de mover peñascos con un peso de 85 toneladas o más por centenares de metros en pendientes de apenas 5 grados.

Cuando múltiples flujos de lodo se originan en las partes altas de los cañones, estos terminan convergiendo en los mismos canales donde ganan volumen y terminan moviéndose a grandes distancias, lejos del lugar de origen.

a. FLUJOS DE LODO EN GUATEMALA

Lamentablemente no se tienen datos específicos del número de eventos de flujos de lodo presentados en el país. Esto se debe a que generalmente son

llamados deslizamientos y lamentablemente no se ha hecho énfasis en distinguir los dos términos.

b. RECOMENDACIONES SOBRE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDA FRENTE A FLUJO DE LODO

1. Elaborar la zonificación de las áreas de amenaza de flujo de lodo

El primer paso consiste en definir el flujo de lodo como un evento diferente al deslizamiento, a pesar de ser ambos procesos geomórficos. De esta manera podrán iniciarse registros que muestren cerros, montañas y áreas en general donde se hayan dado flujos de lodo y no únicamente deslizamientos en general. Con base en este inventario podrá realizarse una zonificación de la amenaza de flujo de lodo. Hasta el momento no se tiene conocimiento de ningún tipo de fuente que proporcione información de los flujos de lodo. De igual manera puede llevarse a cabo la microzonificación, especialmente en áreas de asentamientos.

2. Realizar un inventario local de flujos de lodo

Ya que no se posee un mapa de zonificación de flujos de lodo, se recomienda si van a asentarse viviendas en una zona propensa a movimientos de masa de tierra, realizar un inventario local de flujos de lodo ocurridos. Lo anterior se logra al pasar cuestionarios a los lugareños y al observar evidencias en el terreno. Los múltiples árboles hacia abajo son muestra de que el lugar ha sufrido flujos de lodo.

3. Evaluar el tipo de suelo

El tipo de suelo es un factor determinante al momento de evaluar la posibilidad de que se produzca un flujo de lodo. Los suelos con tendencia a formar líquidos viscosos deben evitarse. En la ciudad de Guatemala por ejemplo, se hallan depósitos denominados Tefras, que son suelos considerados resistentes y aptos para la construcción, sin embargo este tipo de suelo está constituido por un alto porcentaje de arcilla, que lo convierte en un fluido viscoso con la presencia de agua, ya que provoca corrientes de lodo. Los suelos sin consolidar e inestables también son susceptibles a formar flujos de lodo.

4. Evaluar la cobertura vegetal

Como se señaló en el análisis de exposición de taludes frente a deslizamientos, el proceso erosivo juega un papel decisivo en los movimientos de terreno. En el caso del flujo de lodo, la ausencia de cubierta vegetal es un factor más determinante, ya que el flujo de lodo al no encontrar nada a su paso incrementará su aceleración y arrastrará lo que encuentre a su paso, principalmente durante periodos de lluvia copiosa.

5. Determinar los taludes susceptibles a flujo de lodo

Típicamente los flujos de lodo se originan en depresiones en las partes altas de un talud. Esto hace que las áreas localizadas cuesta abajo sean particularmente peligrosas.

Los cortes de carreteras y todas las áreas de un talud que han sido excavadas o alteradas son muy peligrosas, ya que es común que se originen flujos de lodo en ellas. Toda estructura de vivienda debe ser construida en áreas lejos de taludes empinados.

6. Evitar áreas donde las correntías de agua son canalizadas

Debe evitarse asentar vivienda cercana a arroyos, ríos y canales que estén secos durante ciertos periodos del año y en las desembocaduras de canales provenientes de las montañas. Comúnmente se producen flujos de lodo en áreas donde las correntías de agua son canalizadas, como a lo largo de las carreteras o en las cunetas. Principalmente deben evitarse lugares donde las correntías de agua convergen y causan que el flujo de agua sobre esos suelos aumente.

7. Evaluar las condiciones climáticas del sitio

Las áreas montañosas áridas, semiáridas y desérticas son principalmente susceptibles a la formación de flujos de lodo, es más en este tipo de áreas son los flujos de lodo los que gobiernan el transporte de grandes masas de material frente a inundaciones repentinas.

F. DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS

1. Inundación

Las inundaciones son los fenómenos más letales y frecuentes de los desastres naturales debido a que el potencial de peligro de las mismas es con frecuencia subestimado.

Las inundaciones provocan aproximadamente el 40% de las víctimas de los desastres naturales, esto se refuerza por el hecho de que más de la mitad de la población mundial vive en las costas y a lo largo de ríos y estuarios debido a que las planicies de inundación de los ríos y la zona costera producen la atracción de desarrollo agrícola y urbano.

Sin embargo hay que reconocer que las inundaciones producen desastres solamente porque el hombre instala viviendas en sitios propensos a ser inundados. El agua de las nubes cae torrencial y tan rápidamente que el hombre no es capaz de absorberla, y se desliza causando seria destrucción, erosionando la tierra y debilitando construcciones. Asimismo causan frecuentes deslizamientos de tierra y lodo.

El ciclo hidrológico proporciona la información básica respecto a los efectos geomorfológicos del agua. El agua de los océanos y lagos se evapora, se eleva y finalmente se condensa en las nubes, eventualmente se precipita nuevamente a la tierra en forma de lluvia.

Parte del agua precipitada es absorbida por el suelo y conforma el agua subterránea, el resto se convierte en agua superficial, finalmente el agua retorna al océano. La descripción anterior del ciclo del agua es muy simplificada, la evaporación del agua no ocurre únicamente en el océano y los lagos, la evapotranspiración de las plantas, ríos y directamente del suelo también es un factor determinante. Es entonces el agua superficial la que provoca los daños por inundaciones.

Principalmente ocurren dos tipos de inundaciones, las inundaciones causadas por desbordamientos de ríos y las inundaciones costeras. La causa básica de los desbordamientos de río es una alta precipitación pluvial, las tormentas tropicales y ciclones que causan lluvias altísimas y provocan más daño por las inundaciones provocadas que por el efecto del viento. Sin embargo, el hombre contribuye al realizar grandes obras de construcción que afectan el curso natural de los ríos y el cauce de los mismos. A pesar de que se señaló que las tormentas tropicales son las responsables de la alta precipitación, frecuentemente las inundaciones provocadas por ríos se convierten en eventos anuales en época lluviosa a las cuales las comunidades se han acostumbrado y son capaces de predecir. Las comunidades permanecen asentadas en las planicies de inundaciones de los ríos debido al atractivo de los recursos naturales como la tierra fértil para cultivos y generalmente presentan un alto intercambio comercial. Las crecidas repentinas se provocan por tormentas intensas en pequeñas áreas y son comunes en regiones áridas, montañas y áreas metropolitanas.

La urbanización favorece las inundaciones, ya que la capa permeable de tierra que actuaba como superficie absorbente es reemplazada por capas impermeables que incrementan la velocidad y el caudal del flujo de agua superficial.

Existen a su vez otros tipos de inundaciones que se presentan de manera extemporánea, como las provocadas por el rompimiento de una presa, esto se da generalmente por errores de diseño o construcción, sismos de gran magnitud y deslizamientos. Las inundaciones imponen cargas adicionales a la vivienda que deterioran o destruyen los componentes de la misma al deformar el terreno en que se localizan o inutilizándola debido al acarreo de materiales transportados por el agua. La posibilidad del ablandamiento de las fundaciones de las edificaciones también existe.

La situación del país en lo que inundaciones se refiere se señala en el siguiente párrafo:

a. INUNDACIONES EN GUATEMALA

Anualmente se presentan una gran cantidad de inundaciones en el país, la Costa sur es frecuentemente el área más afectada, la aldea Texcuaco, en la Gomera, Escuintla ha sido de las localidades que más daños ha sufrido en los últimos años. Sin embargo la mayor cantidad de daños a la vivienda por inundación fueron producidos por el Huracán Mitch en 1998.

Con base en inventarios e historial de inundaciones registrados El Plan de Contingencia de protección escolar incluye las inundaciones como desastres hidrometeorológicos, reportándose los siguientes departamentos y municipios como de alto riesgo:

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS
Guatemala	Guatemala
Sacatepéquez	Antigua Guatemala
Izabal	Puerto Barrios
Escuintla	Iztapa, Pto San José y Tiquisate

Tabla 6. Zonas de alto riesgo debido a deslizamientos en Guatemala

Los municipios señalados como de mediano riesgo se incluyen a continuación:

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Izabal	Bananera, El Estor, Livingston, Los Amates, Morales
Retalhuleu	Champerico y Retalhuleu
Petén	Flores
Chimaltenango	Chimaltenango
Quetzaltenango	Coatepeque, Costa Cuca, El Palmar, Flores y Quetzaltenango
Sololá	Panajachel
Escuintla	Santa Lucía Cotzumaiguapa

Tabla 7. Zonas de mediano riesgo debido a inundaciones en Guatemala

Debe señalarse que el Plan de Contingencia Nacional incluye otros desastres como hidrometeorológicos de modo que las tablas no indican departamentos sujetos solamente a inundación.

El pasado año 2000 se presentó un total de 174 comunidades inundadas en el país que dañó parcialmente a 3526 viviendas y destruyó 190. La ubicación de la vivienda determinó la exposición y fue factor determinante en los efectos provocados.

Este número refleja la importancia de reducir el riesgo de la vivienda frente a inundación por medio del ordenamiento territorial especialmente en comunidades costeras y asentadas en planicies de inundación.

b. RECOMENDACIONES SOBRE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDA FRENTE A INUNDACIÓN

1. Elaborar una microzonificación de la amenaza de inundación por departamentos

El país no posee una microzonificación de amenaza de inundación, sino más bien la información es de tipo general como la presentada en las tablas 6 y 7. Existen mapas generales de áreas inundables, como el que se presenta en la grafica 2 del anexo. Sin embargo, sólo cuando se realice la microzonificación departamental será posible establecer localmente las áreas de alta amenaza. Se sugiere iniciar la microzonificación en los departamentos señalados como de alto y mediano riesgo. Esta zonificación debe tomar en cuenta los factores de amenaza de inundación y su propósito debería ser restringir en lo posible el desarrollo de viviendas en áreas con alta amenaza. Nuevamente el mapa generado debe estar al alcance de los profesionales del ramo así como de la población en general por medio de su divulgación y publicación. El mapa debe incluir, además de la identificación de áreas de alta amenaza, el máximo nivel de agua esperado con un periodo de retorno anual y la duración de la época de inundación más crítica.

2. Realizar un inventario local de inundaciones

Ya que no existe aún la microzonificación de amenaza de inundación, es recomendable realizar un inventario de las inundaciones ocurridas en años anteriores en la localidad a trabajar, además de establecer el nivel de agua más alto alcanzado. El inventario debe realizarse por medio de recopilación de información de estaciones meteorológicas o por medio de entrevistas con los lugareños. De ser posible pueden colocarse pluviómetros o reglas con medidas de manera de supervisar previamente las inundaciones a esperarse y establecer la amenaza de inundación.

3. Evaluar las características del suelo

Los cimientos de la vivienda estarán expuestos al agua al presentarse una inundación, por lo que el lugar donde estarán colocados debe ser evaluado. El ablandamiento de las cimentaciones se debe muchas veces a la localización de la vivienda. Los depósitos de arena fina deben ser evitados, al igual que las arcillas

expansivas, ya que al aumentar su volumen pueden causar desniveles en el piso y en los cimientos. Para disminuir la exposición de la vivienda a inundación en lo que a cimentación se refiere, la vivienda debe asentarse sobre piedra o material grueso.

4. De conocerse la altura base de inundación, localizar la vivienda a este nivel o sobre el mismo.

La altura escogida debe ser aquella que tiene 1% de probabilidad de ocurrir. Luego la vivienda debe localizarse sobre al menos a este nivel.

5. Reconocer las planicies de inundación de un río y las zonas costeras cercanas al mar como las de mayor amenaza.

Debe verificarse la amenaza de inundación en la planicie de inundación de un río, esto se logrará al evaluar la precipitación anual en esa localidad, sin embargo éste no es el único factor. La presencia de grandes obras de infraestructura creadas por el hombre como presas y muros, cambian el curso de los ríos y pueden crear situaciones inesperadas. Si no existe opción de evitar el desarrollo de planicies de inundación de un río, evaluar el impacto ambiental de profundizar o ensanchar su cauce de manera de aumentar su capacidad de carga o construir un canal de evacuación de crecidas. Los huracanes y tormentas tropicales pueden causar inundaciones repentinas, como lo hizo el huracán Mitch. Ante esta situación debe realizarse un monitoreo constante de advertirse el paso de un huracán y establecer el periodo de retorno de éste.

6. Evaluar el nivel de deforestación

A pesar de que el desbordamiento de un río o la crecida de las olas del mar no dependen de la cobertura vegetal local, la velocidad con la que el agua alcanzará las viviendas cercanas, sí dependerá del grado de deforestación. Colocar árboles que funcionen como barrera al flujo de agua puede considerarse como obra de mitigación menor, los árboles deben colocarse lo más cerca posible y cubrir las zonas habitadas.

7. Evaluar la técnica de agricultura local

Esta puede favorecer la erosión del suelo y provocar nuevamente que el flujo de agua incremente su velocidad y fuerza. La existencia de canales de contorno alrededor de huertas controla en cierta medida el flujo de agua y controla la erosión.

8. Evaluar la capacidad de los canales de drenaje

Si en la zona a evaluar existe un drenaje, se recomienda realizar pruebas para determinar la capacidad máxima del mismo y compararla con registros de precipitación. El objetivo es evitar localizar vivienda cercana a canales de drenaje que puedan asolverse.

9. Examinar la presencia de dunas en la zona costera

Las dunas pueden ofrecer protección a las viviendas al actuar como muro de contención. Asimismo si se localiza vivienda sobre ellas, el nivel de piso de la vivienda se elevará. Por lo tanto al desarrollar zonas costeras deben elegirse aquellas donde existan malecones y/o dunas de arena y darles preferencia a aquellas que no requieran de la implementación de presas, diques o muros. Se recomienda, además, renovar artificialmente las playas cercanas a las viviendas, así como proteger las dunas de arena y zonas pantanosas.

10. Evaluar la posibilidad de construir obras de mitigación

De ser imposible restringir el desarrollo de zonas inundables siempre y cuando sea económicamente factible y justificable debe proponerse la construcción de obras pequeñas de mitigación, como presas, diques, muros y terrazas. De lo contrario planificar un lugar cercano a la vivienda para colocar montículos de tierra que desvíen el flujo de agua en caso de esperarse inundación.

11. Evaluar la pendiente del terreno.

Deben evitarse terrenos inclinados con amenaza de inundación, ya que pueden ocurrir deslizamientos o flujos de lodo y la amenaza aumentaría considerablemente. En caso de no ser posible restringir el desarrollo del área inclinada, el lugar deberá ser estrictamente monitoreado y tomar en cuenta que la velocidad del flujo de agua aumentará. Localizar la vivienda en los puntos más altos del paisaje es una opción a tomar.

12. Considerar la urbanización de la localidad

El grado de desarrollo urbano es un factor a tomar en cuenta no solamente por la presencia de drenajes adecuados, sino específicamente el pavimento cercano que aumentará la velocidad del flujo.

2. Viento fuerte

Las condiciones de un viento fuerte son creadas por vientos fríos y de gran fuerza que sobrepasan la altura de las montañas alcanzando velocidades de hasta 90 millas por hora. Los vientos de alta intensidad asociados a tormentas o huracanes transmiten cargas adicionales a la edificación que afectan elementos estructurales y no estructurales de la misma, específicamente la cubierta puede ser arrastrada.

Sin embargo cimientos y elementos bajo el nivel del terreno afortunadamente sufrirán poco o ningún daño. Un viento fuerte a su vez, puede mover objetos y lanzarlos por el aire con gran fuerza, mucho del daño a la vivienda causada por un viento fuerte es el impacto de ramas de árboles, material del techo y otros objetos.

Los ciclones y tormentas tropicales causan vientos que amenazan a la vivienda de todos los tipos. Las fuerzas ejercidas por un viento fuerte provocado por un ciclón actúan en diferentes direcciones. Estas fuerzas crean presiones positivas y negativas en el techo y las paredes de la casa. Esto significa que pueden producir presión que tienda a colapsar la estructura hacia dentro o crean succión que puede provocar el colapso de la vivienda hacia fuera. La fuerza del viento es además proporcional al cuadrado de la velocidad del viento.

a. VIENTO FUERTE EN GUATEMALA

La velocidad promedio del viento en la ciudad de Guatemala se encuentra entre 30 y 35 Km./hora. La mayor velocidad de viento registrada en el país ocurrió en Quetzaltenango donde alcanzan los 85 Km./hora. Las normas de diseño generalmente indican utilizar un valor mínimo de 110 Km./hr para el diseño de edificaciones altas; en construcción menor en cambio este factor es generalmente ignorado, por lo que una adecuada localización se impone. Las tormentas tropicales inducen vientos de gran velocidad, prueba de ello son los efectos causados por el huracán Mitch. El Plan de Contingencia Escolar agrupa al viento fuerte como desastre hidrometeorológico sin hacer diferencia con inundación, por lo que los departamentos en alto y mediano riesgo coinciden con los indicados en las tablas 6 y 7.

Los daños causados por vientos fuertes en viviendas no deben pasar inadvertidos ni ser ignorados. En el año 2000 se presentó un total de 20 eventos de viento fuerte reportados en el país que afectó a más de 100 viviendas, 5 de ellas fueron dañadas severamente y 117 presentaron daño moderado. El número refleja la importancia de reducir el riesgo de la vivienda frente a viento fuerte por medio de una adecuada localización.

b. RECOMENDACIONES SOBRE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDA FRENTE A VIENTO FUERTE

1. Elaborar la zonificación de las áreas de amenaza de viento fuerte.

En el caso de viento fuerte no se tiene conocimiento de la existencia de un mapa de zonificación del país. Se recomienda por lo tanto elaborar un mapa que muestre las presiones resistentes del viento y la localización de vientos fuertes conocidos, de manera de crear un diseño capaz de resistir el viento extremo del lugar y dé en un futuro elaborar la microzonificación de amenaza de viento fuerte por departamentos. Los departamentos señalados como de alto riesgo deben ser prioridad. Información sobre la velocidad del viento por departamentos puede ser obtenida en INSIVUMEH. Las tablas que contienen estos datos agrupan la velocidad promedio del viento y la velocidad máxima, y pueden ser encontradas en INSIVUMEH.

2. Evitar áreas costeras bajas

Eliminar el desarrollo y/o supervisar cuidadosamente la vivienda localizada en áreas costeras bajas, ya que el viento fuerte puede provocar la elevación de un volumen de agua capaz de crear inundación.

3. Evitar asentar viviendas cercanas a árboles de gran tamaño

Escoger localizaciones alejadas de árboles de gran tamaño que pueden llegar a ser arrancados por el viento fuerte y golpear la vivienda. La edad aproximada de los árboles debe tomarse en cuenta de manera de determinar la posibilidad de que estos sean arrancados. La presencia de árboles con ramas delgadas que puedan ser movidas por el viento debe ser advertida.

4. Elegir áreas montañosas

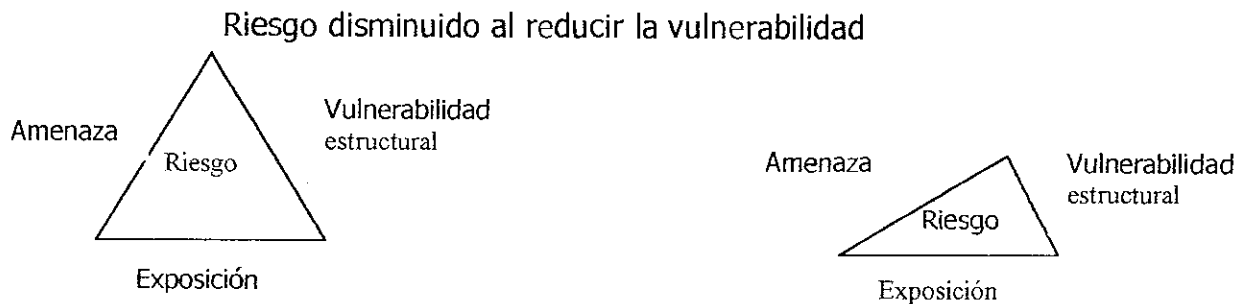
En regiones con historial de viento fuerte localizar la vivienda cerca de montañas o elevaciones de terreno, de manera se debe protegerla de la presencia de éste.

V RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. TIPOLOGÍA, CUBIERTA Y CERRAMIENTO

“Nuestra intención original fue la de generalizar las recomendaciones para la construcción menor”, pero aceptamos la sugerencia de enfocarlo a viviendas por la importancia social que significa.” Ing. Franklin Matzdorf 2000

A. TIPOLOGÍA, CUBIERTA Y CERRAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN MENOR

Anteriormente nos referimos al triángulo de riesgo. Para disminuir el riesgo puede reducirse la vulnerabilidad estructural de la vivienda, mejorando las técnicas de diseño y construcción y al elegir los adecuados materiales de construcción. El triángulo, entonces, tendría un área menor y el riesgo disminuiría.



Gráfica 4. Triángulo del riesgo al reducir la vulnerabilidad

Con el fin de mejorar las técnicas de diseño y construcción, debe analizarse la tipología, cubierta y cerramiento de la vivienda. Los materiales de construcción, la tipología, cubierta y cerramiento se enfocarán en todas las amenazas. (Ver esquema de componentes de la vivienda. Figura 1). En lo que respecta al diseño, éste se enfocará específicamente a la amenaza sísmica.

B. CERRAMIENTO Y CUBIERTA EN CONSTRUCCIÓN MENOR

Las paredes de una vivienda generalmente suelen ser de los siguientes materiales:

1. Paredes de concreto enlazadas monolíticamente a un marco de concreto reforzado
2. Concreto prefabricado.
3. Mampostería reforzada de bloque y ladrillo
4. Mampostería de adobe
5. Mampostería de bahareque

La selección del tipo de fachada exterior debe basarse en el diseño arquitectónico y los requerimientos estructurales. La integración de la fachada seleccionada con la estructura total debe proveer completa firmeza. Los elementos de concreto enlazados monolíticamente generalmente pueden utilizarse como elementos resistentes a fuerzas laterales. Específicamente en construcción menor, los elementos prefabricados también resisten fuerzas laterales. En los casos anteriores, los requerimientos del diseño estructural tienen un gran impacto en el diseño arquitectónico.

En el caso de la fachada con vidrio, debe revisarse la deflexión característica del panel de vidrio. La eliminación del resquebrajamiento potencial del vidrio es probablemente el aspecto más importante de la mitigación de desastres desde el punto de vista arquitectónico.

La cubierta que se utiliza generalmente en construcción menor es la siguiente:

1. Lámina
2. Teja
3. Vegetal
4. Losa

La elección de la cubierta frecuentemente se basa en las condiciones térmicas del lugar y se ignora el peso que ésta le da a las paredes de una vivienda. Con frecuencia los detalles de anclaje son ignorados. La elección de la cubierta debe basarse en el peso de la misma y el tipo de anclaje que puede proveerse. Esta puede funcionar como cubierta flexible o como diafragma horizontal rígido.

C. CARACTERÍSTICAS Y VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA SEGÚN SISTEMA CONSTRUCTIVO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

1. Concreto reforzado

Según sistema constructivo

El concreto reforzado está compuesto de acero que soporta esfuerzos de tensión y de concreto que soporta esfuerzos de compresión.

Los muros de concreto enlazados monolíticamente a un marco estructural proporcionan alta resistencia y seguridad en una vivienda si han sido bien proyectados y construidos de acuerdo a los conceptos modernos de ingeniería. Se ha hecho mención a que la norma para construcción menor en las "Normas Recomendadas AGIES" está aún pendiente de edición, se referirá a recomendaciones sobre el diseño antisísmico en vivienda en el capítulo 5.

De poseer un adecuado diseño sismorresistente, de armarse, fundirse y colocarse correctamente el sistema, será efectivo frente a la amenaza sísmica, de inundación, de deslizamiento, viento fuerte y flujo de lodo, ya que soportan las cargas laterales que éstas proporcionan. La vulnerabilidad estructural de este sistema radica entonces en la ausencia de normas de diseño, deficiencias de mano de obra y la calidad de los materiales. La cubierta generalmente es de losa la cual funciona como diafragma horizontal rígido en el sistema.

Según material de construcción

El concreto se forma de la combinación adecuada de arena de río, piedrín, cemento Portland y agua. La calidad del concreto varía según los materiales usados y la proporción de la mezcla. La posible vulnerabilidad estructural del sistema de concreto se manifiesta en el concreto mezclado a mano. Este puede ser de deficiente calidad a consecuencia de la falta de conocimiento de las proporciones a mezclar y de una supervisión inadecuada o inexistente en el mezclado, así como de un deficiente control de calidad. El concreto de mala calidad se debe principalmente al tipo de agregado usado, a la excesiva cantidad de agua o a un colado defectuoso. El acero de refuerzo es, en algunos casos, de dudosa calidad, ya que muy raras veces se somete a exámenes locales para comprobarla. La mayoría del acero producido en el área se fabrica con poco cumplimiento de normas de calidad, secciones y corrugaciones adecuadas. La resistencia mínima del concreto hecho in situ debe ser de 3000 psi.

2. Concreto Prefabricado

Según sistema constructivo

La vivienda construida con paneles prefabricados puede proveer de resistencia a fuerzas laterales, si las diferentes piezas están unidas monolíticamente. Se han presentado daños a construcciones realizadas con paneles prefabricados cuando las uniones no proveen la firmeza necesaria para dar continuidad y actuar conjuntamente. Es decir que la vulnerabilidad de la vivienda prefabricada radica principalmente en errores constructivos. El sistema de prefabricados debe actuar monolíticamente, las losas prefabricadas deben proveer continuidad, las paredes deben actuar monolíticamente con el fin de semejar el comportamiento del concreto fundido en campo.

Los diafragmas prefabricados constan de piezas unidas, la continuidad se basa en la capa de concreto (topping) que está sobre ellas. El sistema entonces depende de la técnica de unión entre piezas.

La cubierta de la vivienda prefabricada de concreto consiste frecuentemente en losas que sirven de diafragma o en lámina. El hecho de que la unión esté realizada correctamente es el factor más importante.

Según material de construcción

Los elementos prefabricados generalmente gozan de un adecuado control de calidad. Son producidos en serie, por lo que la resistencia de las piezas es generalmente la misma, como se indicó la vulnerabilidad del sistema radica en la posibilidad de que la vivienda no actué monolíticamente.

3. Mampostería de bloque y ladrillo

Se analizará el caso de la mampostería de bloque y ladrillo reforzada, ya que el comportamiento de la mampostería no reforzada corresponde al del adobe.

Según sistema constructivo

La construcción en mampostería generalmente se realiza sin bases científica, sin realizar cálculos de esfuerzo ni diseño alguno, por lo que su comportamiento sísmico depende mayormente del conocimiento del constructor y de los límites del sistema.

El refuerzo de mampostería más extendido en Guatemala es una variante del sistema que internacionalmente se conoce como "mampostería confinada". El sistema es conocido localmente como "sistema de construcción mixto". Consiste en paredes de mampostería que tienen cordones verticales y horizontales de concreto reforzado del espesor de la pared, espaciados entre 1.5 y 2.5 mts y que deben ser colados luego de hacer el levantado de pared para confinarla y enmarcarla entre los refuerzos. Una variante de la mampostería reforzada lo constituye las construcciones de bloque de pómez que se refuerzan con varillas de acero con el objeto de que estos trabajen como muros de carga. El techo puede ser de lámina o ser losa fundida de concreto. El mortero usado para la unión es de cemento y arena de río. Cuando las estructuras de este tipo tienen refuerzo vertical y horizontal y las uniones o amarres en cruces e intersecciones de muros se hacen correctamente, la respuesta a cargas laterales es satisfactoria.

Otro sistema de mampostería reforzada es el que involucra el refuerzo dentro de las celdas de las unidades con el mortero conocido como grout, sin embargo debido a que el sistema de construcción mixto no necesita de una supervisión tan exigente como el refuerzo integral colado dentro de las celdas de ladrillo y block, es un sistema más confiable que el anterior, desde el punto de vista constructivo.

A pesar de que el comportamiento sísmico del sistema ha sido exitoso existen aspectos constructivos que le infringen vulnerabilidad como el uso de bloques huecos de pared excesivamente delgada. Las uniones entre las paredes y el diafragma deben ser supervisadas cuidadosamente y proveer continuidad. La cubierta generalmente es de losa o lámina, en ambos casos no infringe vulnerabilidad estructural al sistema. La lámina puede llegar a imprimir vulnerabilidad de no estar amarrada a ningún elemento, constantemente se aprecian casas de bloque con techo de lámina apoyado por piedras sobre él.

Sin embargo la vulnerabilidad de la vivienda de mampostería no radica en el sistema constructivo, sino en detalles constructivos y deficiencia de calidad de materiales utilizados.

Según material de construcción

Las unidades de mampostería como el bloque y el ladrillo presentan una resistencia muy variable, esto se debe al mal control de calidad en su fabricación. Según investigaciones llevadas a cabo por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos en 1984, el promedio de resistencia a compresión de un bloque de pómez, el más usado en el interior del país era de 15 kg/cm². A pesar de que la calidad del bloque puede ser muy variable, dependiendo de la fábrica que los haga y de la calidad de los materiales usados, existe gran demanda por el mismo causada principalmente por su bajo costo, a comparación con el precio del ladrillo de barro cocido. La resistencia mínima del del grout debe ser de 2000 psi.

4. Adobe

Según sistema constructivo

El adobe se considera como un sistema de mampostería no reforzada. Se forma al moldear arcilla con agua y secar la masa al aire, repellar generalmente luego con mortero de cal. Las estructuras se forman al colocar hileras de adobes pegados con la misma arcilla humedecida. Es el tipo de construcción mas común en el área rural, y en el área urbana se acostumbra entre la clase humilde debido a lo económico del mismo. Debido a la frecuente ausencia de refuerzo lateral, es incapaz de resistir fuerzas laterales, por lo que su funcionamiento será deficiente ante las cargas impuestas por cualquier desastre que imprima cargas laterales. El sistema es entonces altamente vulnerable. Otro factor a consideración es el dimensionamiento inadecuado de los adobes, especialmente en su altura, las trabas a menudo son deficientes e inadecuadas y el dimensionamiento de los muros es incorrecto: poco espesor y excesiva altura. Frecuentemente se utilizan techos muy pesados como es el techo de teja, se llega inclusive a construirle segundo nivel a la vivienda, lo cual le proporciona cargas verticales adicionales al

ya vulnerable sistema de adobe. El techo de lámina y la cubierta vegetal por ser livianos son preferibles, la losa no aplica en este caso.

Según material de construcción

En el país el adobe se fabrica con material local para evitar el transporte y por consiguiente con mucha frecuencia se utiliza en su fabricación limo en lugar de arcilla por su alta abundancia. El limo no es un material adecuado y sucumbe ante el menor esfuerzo.

5. Bahareque

Según sistema constructivo

Las estructuras de bahareque se forman con adobe reforzado con caña, tablas y tabloncillos clavados que se repellan generalmente con mortero de cal. Estructuralmente el comportamiento del bahareque es superior al del adobe, debido a que si tiene un esqueleto estructural definido. Sin embargo es aún altamente vulnerable y su comportamiento es mucho menos satisfactorio que el de la mampostería de bloque. La vulnerabilidad de éste radica en la madera, ya que frecuentemente no ha tenido una preservación adecuada. Se recomienda el tratamiento de la madera a utilizar de manera que el sistema no presente daños en los 10 años como generalmente sucede.

Luego de ser analizados los diferentes sistemas constructivos y materiales de construcción empleados en la edificación de viviendas, se señala un cuadro resumen que indica la vulnerabilidad de cada sistema frente a diversos desastres naturales, según el cerramiento y la cubierta.

6. Cuadros resumen de vulnerabilidad de cerramiento y cubierta

MATERIAL	TERREMOTO	DESLIZAMIENTO	INUNDACIÓN	VIENTO FUERTE	FLUJO DE LODO
Adobe	Vulnerable	Vulnerable	Vulnerable	No vulnerable	Vulnerable
Bajareque	No vulnerable	Vulnerable	Vulnerable	No vulnerable	Vulnerable
Bloque y Ladrillo	No vulnerable	Vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable
Prefabricados	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable
Concreto	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable

Tabla 8. Vulnerabilidad del material de cerramiento frente a desastres naturales

MATERIAL	TERREMOTO	DESLIZAMIENTO	INUNDACIÓN	VIENTO FUERTE	LLUVIA FUERTE
Lamina	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	Vulnerable	No vulnerable
Teja	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	Vulnerable	Vulnerable
Vegetal	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	Vulnerable	Vulnerable
Losa	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable

Tabla 9. Vulnerabilidad del material de cubierta frente a desastres naturales

D. RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA FRENTE A DESASTRES.

1. Sismo

Los sismos provocan fuerzas laterales, por lo que los sistemas a utilizarse deben proveer resistencia a cargas laterales. Los sistemas reforzados poseen la característica anterior, en la tabla 8 se indican los sistemas que no son vulnerables frente a sismo. Estos sistemas, sin embargo, pueden ser vulnerables debido a errores constructivos pero principalmente, por la ausencia de diseño sismorresistente. La norma no ha sido completada aún, por lo que el capítulo 5 se dedica estrictamente a recomendaciones para mejorar el comportamiento de la vivienda frente al sismo.

2. Deslizamiento

Las viviendas expuestas a deslizamientos generalmente son soterradas por los mismos, por lo que aun cuando una vivienda logre soportar el efecto de volteo producido, los ocupantes de la misma perecerán. Si la vivienda no ha sido soterrada, las cargas adicionales impuestas por el deslizamiento pueden causar que ésta se voltee y se desplome. En las tablas 8 y 9 se indican los sistemas de cerramiento y cubierta vulnerables frente a deslizamientos, sin embargo al momento de presentarse un deslizamiento de proporción considerable aun la vivienda construida con los mejores materiales de construcción y las mejores técnicas constructivas será soterrada, por lo que el control de la exposición ofrece una salida más favorable.

a. Recomendaciones

Para la edificación de vivienda expuesta a deslizamientos:

1. Debe evitarse la fabricación de la misma con los materiales señalados como vulnerables en las tablas 8 y 9.
2. Para el diseño de vivienda debe evaluarse la compactación del terreno.
3. El diseño de la cimentación debe ser cuidadosamente evaluado, debe considerarse el volteo y las cargas adicionales que el deslizamiento provocará. Si los cimientos se encuentran asentados en un área de relleno, la profundidad de los cimientos en lo posible debe sobrepasar el grueso del relleno. Plantar árboles alrededor de la vivienda disminuirá la erosión a la que están sujetos los cimientos.
4. No instalar fosas sépticas ni pozos, ya que estos aumentan cargas en la ladera, en su lugar debe instalarse un sistema de drenaje que desemboque en la parte final de la ladera.
5. Si la vivienda se encuentra en la depresión del talud, puede construirse un muro de contención alrededor de la vivienda que contemple los efectos de la presión de la tierra y volteo.

3. Flujo de lodo

Un flujo de lodo provocará cargas laterales adicionales a la vivienda de muy alto valor, debido a su alto contenido de agua puede ser capaz de ablandar las paredes de la misma. La tabla 8 señala los materiales de cerramiento vulnerables a un flujo de lodo. Un flujo de lodo de grandes proporciones puede, además, soterrar a la vivienda, por lo que la reducción de la vulnerabilidad de la misma frente a éste será más efectiva al mejorar la exposición de la misma.

a. Recomendaciones

Para la edificación de vivienda expuesta a flujo de lodo:

1. Debe evitarse la fabricación de la misma con los materiales señalados como vulnerables en las tablas 8 y 9.
2. Ya que la consistencia del flujo de lodo es viscosa si se construye con los materiales vulnerables éste puede llegar a cubrirlos y ablandarlos, por lo que edificar viviendas sobre pilotes es una solución viable. Los pilotes deberán fabricarse de material resistente a la humedad y ser hincados a una profundidad considerable.
3. Colocar un muro de contención en el área donde se sospeche partirá el flujo de lodo. El muro de contención deberá ser calculado para una presión dinámica considerable.
4. El diseño de la cimentación debe realizarse cuidadosamente y ser colocado a una profundidad considerable, de manera de que sea capaz de resistir el volteo al momento de recibir las cargas adicionales del flujo de lodo.

5. Si se utiliza adobe, se recomienda que éste sea estabilizado o impermeabilizado, en el caso de madera ésta debe ser tratada para evitar que se humedezca excesivamente.

4. Inundaciones

La vulnerabilidad de la vivienda sometida a inundaciones debe ser determinada para diferentes tipologías, construcciones tradicionales y modernas. Existen dos parámetros que determinan la vulnerabilidad de la vivienda frente a inundación: la resistencia a la fuerza del agua y las características de los materiales de construcción al estar inmersos en agua. Las cargas pueden ser hidrostáticas e hidrodinámicas. Los materiales de construcción que tienden a perder su resistencia y capacidad de carga al estar sumergidos en el agua son los más vulnerables, esta es la diferencia principal entre la vivienda tradicional y vivienda moderna. La vivienda moderna de mampostería de bloque, piedra y concreto reforzado conserva su resistencia al estar inmersa en agua, sin embargo puede ser vulnerable dependiendo de la calidad del mortero. La calidad del mortero disminuye si está constituido por un alto porcentaje de arena y un bajo porcentaje de cemento. La vivienda tradicional de bloque de adobe y madera es vulnerable a los efectos del agua debido las propiedades de los materiales de construcción. La madera no pierde su resistencia inmediatamente al contacto con el agua pero ofrece poca resistencia a las cargas horizontales. El adobe, en cambio se ablanda automáticamente al contacto con el agua, ya que la arcilla pierde su resistencia por lo que nuevamente representa el tipo de vivienda más vulnerable.

a. Recomendaciones

Para la edificación de vivienda expuesta a inundaciones:

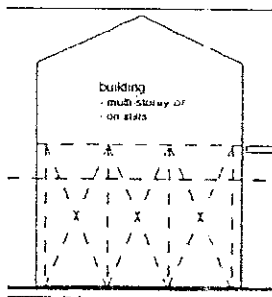
1. Debe evitarse la fabricación de la misma con los materiales señalados como vulnerables en las tablas 8 y 9.
2. Los materiales aconsejados aun pueden presentar problemas, por lo que se sugiere edificar la vivienda sobre pilotes de material resistente, los pilotes deben colocarse a una altura tal, que el nivel máximo de agua esperado pase bajo ellos y deben tener rigidizantes. Debe conocerse el nivel de crecida de agua máximo esperado.
3. Elevar el nivel del piso es también una solución viable y que puede ser realizada por el autoconstructor. En este caso debe conocer nuevamente el nivel hde crecida máximo esperado y elevar el nivel del piso. La elevación puede realizarse con materiales naturales como tierra de manera que el agua pueda ser absorbida rápidamente.
4. Si la vivienda es construida con material vulnerable a inundaciones, éste debe ser impermeabilizado, por ejemplo si la vivienda es de adobe las piezas pueden

ser estabilizadas con cemento y ser impermeabilizadas para evitar el ablandamiento.

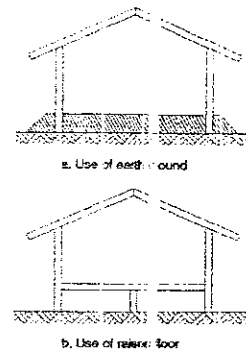
5. En lo que respecta a la vivienda de madera, debe determinarse la resistencia que tendrá a las fuerzas horizontales causadas por el empuje de agua. Aumentar el espesor de las reglas de madera es una manera de aumentar la resistencia de la madera.

6. En el caso de la vivienda de bloque y concreto, la calidad del mortero es el factor a tomar en consideración. Debe evitarse la elaboración de morteros con bajo contenido de cemento y alto contenido de arena.

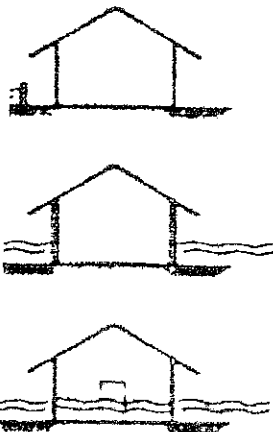
A continuación se muestran figuras que ejemplifican algunas de las recomendaciones mencionadas:



Gráfica 5. Vivienda edificada sobre pilotes.



Gráfica 6. Vivienda edificada con piso elevado



Gráfica 7 Muro de protección de vivienda

Gráfica 8. Vivienda construida con materiales no vulnerables

Gráfica 9. Vivienda construida con materiales vulnerables que necesitan ser impermeabilizados.

5. Viento fuerte

El daño causado por un viento fuerte es tan severo como el causado por un terremoto. Ambos se relacionan con fuerzas laterales para las cuales

generalmente las construcciones de pequeña altura no están diseñadas. De la experiencia se ha observado que si una construcción menor está diseñada sismorresistente, será también resistente a un viento fuerte.

La vivienda expuesta a viento fuerte es vulnerable generalmente por las siguientes razones

1. Errores constructivos de falta de anclaje de la cubierta
2. Fatiga
3. Inestabilidad del marco estructural o daño en la fachada de la obra.
4. Fluencia con excesivas deformaciones permanentes

Las cargas provocadas por el viento fuerte provocan deflexiones excesivas que causan grietas en paredes y techos, así como la degradación del recubrimiento, rompimiento de vidrio, en edificaciones de gran altura aceleraciones excesivas que causan incomodidad e inseguridad a los ocupantes y desprendimiento de la cubierta.

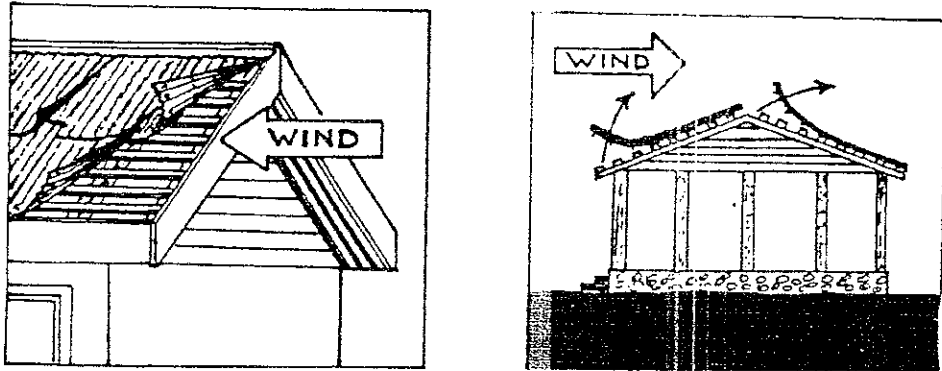
El principal efecto del viento fuerte es sin embargo el levantamiento del techo de la vivienda, el cual puede darse de las siguientes maneras:

El viento levanta la cubierta pero no las costaneras del techo y las separa de éstas. Esto ocurre debido a un anclaje débil entre las mismas o a la ausencia de éste, se ha observado que muchas veces el techo de lámina se encuentra asentado sobre las paredes de la vivienda sin anclaje, sino sostenido por pesos.

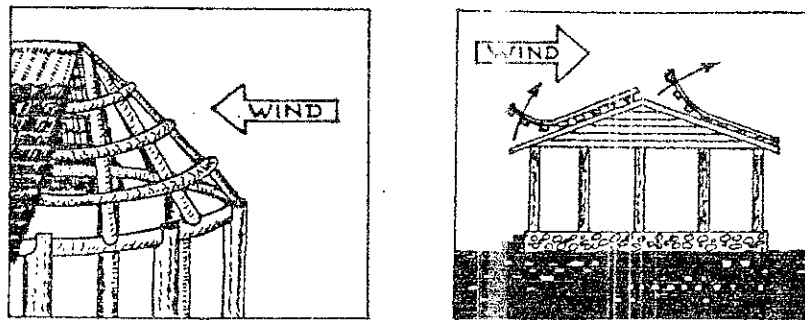
- a. El viento levanta la cubierta superior del techo, así como las costaneras. Esto sucede cuando la cubierta y costaneras están anclados correctamente entre sí, pero no a la estructura principal de la vivienda.
- b. El viento separa la estructura del techo en la solera de corona. Se da en vivienda que no posee buen anclaje en la cumbrera del techo.
- c. El viento levanta el techo así como la estructura donde se soporta, es decir la cubierta completa. Esto ocurre con intensidades de viento muy fuertes cuando el techo está bien anclado y la estructura es muy liviana.
- d. El viento desplaza la costanera de su localización original.
- e. Levantamiento del marco de su cimentación. Esto ocurre cuando un techo está bien anclado al marco y éste a la cimentación, y se presenta un viento extremadamente fuerte que trata de levantar la vivienda como una unidad.
- f. Inclinación de las paredes de la vivienda. Esto sucede cuando la presión horizontal del viento es tal, que al empujar las paredes de la vivienda las desplaza inclinándolas, porque no hay muros paralelos a la dirección del viento que resistan dicho empuje.

Los efectos antes descritos se muestran gráficamente en las siguientes figuras, de acuerdo a la letra asignada.

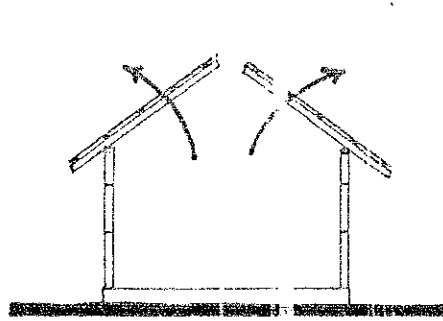
Gráfica 10. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (a)



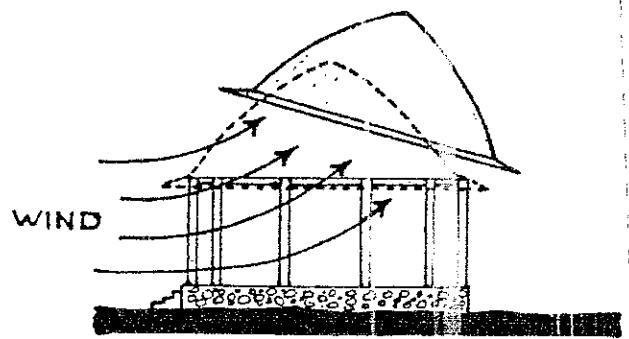
Gráfica 11. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (b)



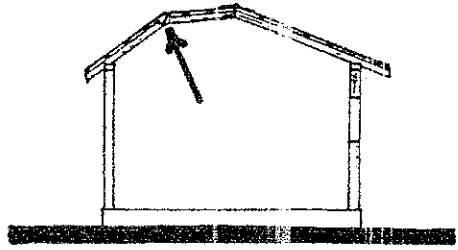
Gráfica 12. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (c)



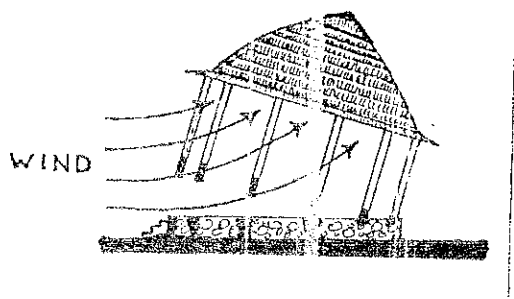
Gráfica 13. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (d)



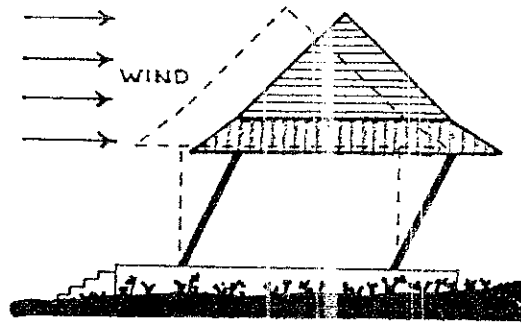
Gráfica 14. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (e)



Gráfica 15. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (f)



Gráfica 16. Efectos en la vivienda debido a viento fuerte (g)



a. Recomendaciones

Para la edificación de vivienda expuesta a viento fuerte:

1. Para evitar la separación de la cubierta de techo de las costaneras, se recomienda utilizar una pendiente mínima de 30 grados.
2. Evitar la utilización de vidrio de poco espesor, mínimo 5mm y limitar su utilización como fachada exterior total.
3. Para evitar el levantamiento del marco, la cimentación debe poseer anclaje a una profundidad adecuada.
4. Realizar el diseño sismorresistente, ya que ofrecerá seguridad para viento fuerte, aunque la vivienda esté ubicada en zona de baja amenaza sísmica.
5. Anclar la cubierta a las paredes de la vivienda.
6. Debe prestarse especial atención cuando se utiliza fachada de vidrio. En este caso debe tomarse en cuenta la resistencia y la deflexión particular del tipo de vidrio.

VI VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA FRENTE A SISMO

Las distribuciones espaciales, el diseño interior y la forma de la estructura pueden ser adaptadas según los desastres naturales, como parte del diseño para un comportamiento funcional entre el diseño y el ambiente.

La mayoría de arquitectos solicitan consejo estructural cuando se refiere a estructuras de gran tamaño u obras mayores. Muchos proyectos, sin embargo, se llevan a cabo con una mínima participación estructural lo cual constituye un grave problema debido a que la relación arquitecto-ingeniero es posiblemente el parámetro más importante para lograr un diseño estructural adecuado para mitigar riesgos.

Con pocas excepciones, el diseño para cargas verticales no ofrece seria complicación, sin embargo el grado de dificultad aumenta cuando debe diseñarse para fuerzas laterales y más aún cuando el proyecto se sitúa en una zona sísmica y propensa a desastres como es Guatemala. Se recomienda entonces que exista una relación cercana entre el arquitecto y el ingeniero involucrados en el proyecto, principalmente en la construcción menor donde frecuentemente esta relación se minimiza. Ocurre, entonces, que el diseño arquitectónico se cristaliza antes de que se conozcan problemas estructurales lo que conlleva que el diseño estructural involucre estética, economía y diseño sismorresistente generalmente.

La gran mayoría de estudios de investigación estructural se han concentrado en evaluar el comportamiento de estructuras de construcción mayor. De aquí la importancia de realizar un análisis sobre el riesgo que implican los desastres naturales antes mencionados para la construcción menor.

Debido a que las medidas a tomar no pueden incluir únicamente a las construcciones por edificarse, sino deben tomar en cuenta el estudio de estructuras existentes, se estudiarán dichas estructuras de manera independiente.

A. CONSTRUCCIONES NUEVAS

La mayoría de fallas en construcciones nuevas se adjudican a error humano y a materiales. Estudios realizados han señalado que cerca de tres cuartos de los errores constructivos son detectados y más de la mitad de ellos causan falla.

Con base en lo anterior, en Octubre de 1979 tuvo lugar un seminario sobre la relación entre el error humano y las estructuras en Ingeniería Civil en Ontario, Canadá. En dicho seminario se sugiere que se utilicen los siguientes pasos para el control de las fallas debido a errores humanos en las construcciones:

- Inspección
- Pruebas de cargas
- Ajustar los factores de seguridad de diseño

B. CONSTRUCCIONES EXISTENTES

Es deseable que se realice un análisis de la seguridad de las estructuras existentes de manera periódica antes de un evento importante e inmediatamente después de una catástrofe. Con base en este análisis puede decidirse si la estructura puede o no repararse.

El estudio anterior puede evaluarse de manera experimental o de manera analítica.

Los estudios analíticos deben incluir lo siguiente:

- Evaluación del diseño y planos en caso de estar disponibles
- Revisión de especificaciones aplicables
- El análisis de la estructura junto con la información adicional obtenida en el campo.

Si el estudio se realizara de manera experimental debe incluir:

- Determinación de la localización de las fallas
- Realización de pruebas no destructivas
- Detección de componentes defectuosos
- Prueba de carga de la estructura, cuando sean técnica y económicamente factibles

Las pruebas no destructivas comprenden pruebas de carga, deformación y aceleración. A partir de estas pruebas pueden establecerse propiedades mecánicas como la rigidez y la resistencia, y propiedades dinámicas como la frecuencia natural del sistema.

A pesar de que la evaluación experimental puede llevarse a cabo de manera sencilla, la metodología detallada, incluyendo la decisión del proceso a seguir para la posible reparación, continúa en manos de escasos expertos en la profesión.

C. DISEÑO Y PRACTICA SISMORRESISTENTE

En el caso de construcción menor, el diseño y la práctica sismorresistente puede resumirse como inexistente o como diseño realizado por fuerzas laterales estáticas equivalentes. En los pasados años, los códigos sísmicos han doblado los requisitos de la fuerza lateral.

A pesar de que existen métodos de análisis dinámicos disponibles, estos no han sido ampliamente aplicados al diseño de construcción menor. Esto se debe principalmente a que la estructura se diseña previamente con algún método y luego es analizada. Además la mayoría de las oficinas de diseño no tienen facilidad para realizar un análisis dinámico.

La prevención de los efectos de un sismo implica considerar las amenazas asociadas con los terremotos tectónicos en términos de la densidad y localización de nuevas estructuras, el criterio utilizado en el diseño estructural, la evaluación de las estructuras existentes y una evaluación de la eficiencia de los códigos existentes. Este criterio debe basarse en la consideración de la manera en que falla una vivienda de construcción menor bajo el efecto de un sismo.

Se describen algunas de las principales causas de falla en construcción menor por sismo:

1. Imposibilidad de la estructura de actuar como unidad estructural debido a una construcción deficiente, juntas y conexiones no funcionales.
2. Deficiencia de rigidizantes.
3. Utilizar diferentes tipos de materiales de construcción por la incompatibilidad que esto representa, ya que presentarán distinta respuesta o desempeño.
4. Plan de construcción simétrica con elementos rigidizantes excéntricos.
5. Distribución no uniforme de elementos dúctiles, que conduce a que los elementos estén sometidos a cargas mucho mayores de las calculadas para ello.
6. Ausencia de un sitio y base estructural adecuada.

D. RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LA VIVIENDA FRENTE A SISMOS:

1. Finalización de la Norma 4 de las Normas Recomendadas AGIES 1996

Como se señaló anteriormente, las normas recomendadas AGIES 1996 no han sido finalizadas, el capítulo de la construcción menor está aún pendiente de elaboración o en el mejor caso de divulgación. Los profesionales de la ingeniería debemos colaborar con aportes e investigación que permita la finalización y posterior legalización de dicha norma, de manera que el criterio de diseño sismorresistente utilizado sea uniforme y pueda utilizarse el carácter legal de las normas a nuestro favor. Es nuestro deseo que el presente trabajo represente en alguna medida un aporte de valor a las normas recomendadas AGIES 1996.

Preparar un manual de detalles y recomendaciones que puedan seguirse para asegurar resistencia sísmica. La norma 4 referente a vivienda debe cubrir información sobre construcciones nuevas y construcciones existentes. Especial atención deberá proveerse específicamente a las conexiones y juntas ya que de ellas dependerá que la vivienda funcione como una sola edificación. Referimos las siguientes recomendaciones para conexiones:

- a. Las conexiones al marco deben resistir el doble del peso del panel de pared
- b. Las juntas y conexiones deben permitir un movimiento relativo entre pisos de no menos de $\frac{1}{4}$ de pulgada

- c. Las conexiones deben poseer la ductilidad necesaria y la capacidad rotacional para prevenir una fractura en el concreto.
- d. El diseño debe permitir la deriva de un piso a lo largo del plano de los paneles.
- e. El techo y los elementos no estructurales como los tabiques no deben ser ignorados, nuevamente hacemos las siguientes recomendaciones referentes a techo y tabicación:
 - 1. Los techos de metal suspendido y los anclados en un sistema de canal de acero no representan una amenaza, debido a su rigidez y habilidad de transmitir carga a los elementos del perímetro estructural.
 - 2. Los sistemas que requieren una mayor atención son los techos integrados consistentes en metal liviano de barras T, paneles acústicos y techos anclados livianos. Se recomienda en estos casos utilizar un rigidizante lateral mínimo.
 - 3. La construcción del techo debe ser diseñada para resistir o transmitir una carga de 10 libras por pie cuadrado como mínimo o 20% del total del peso de la estructura, juntamente con las fuerzas laterales de los tabiques que no están reforzados independientemente.
 - 4. d. No se sugiere ningún diseño específico en lo que se refiere a tabicación. En general los tabiques deben ser rigidizados en su parte superior, de manera que pueda soportar una fuerza lateral del 20% del peso tributario del tabique. Esta carga puede ser transmitida al techo si éste está diseñado para recibir cargas del tabique o unido rígidamente al marco.

2. Estudios analíticos

Los estudios deben incluir un modelo tridimensional de la edificación, un análisis de la respuesta dinámica elástica e inelástica y el desarrollo de técnicas constructivas simples que produzcan una respuesta satisfactoria. Un ejemplo de este numeral lo constituye el esfuerzo realizado por CERESIS, Centro Regional para la Sismología de América del Sur. Por medio de representación a escala se desarrolló una técnica efectiva para reducir el efecto de los sismos en un material poco eficiente para ello, específicamente el adobe. Lo interesante del proyecto es que el refuerzo utilizado fue cable común para redes, material al alcance de la población. A su vez, la instalación del cable dentro del mortero es un proceso sencillo por lo que los autoconstructores pueden acceder a utilizar este método y beneficiarse del mismo. El propósito del proyecto es contribuir a salvar las vidas de las personas que viven en lugares con alto riesgo sísmico, no se trata de salvar la casa del colapso y el objetivo fue establecer procedimientos sencillos y económicos de reforzamientos que permitan que viviendas de adobe existentes,

se puedan reacondicionar para que soporten futuros terremotos, unos segundos adicionales.

La tecnología desarrollada fue el resultado de casi 4 años de pruebas en el laboratorio, al sacudir y producir el colapso de sucesivos módulos a escala casi real.

3. Estudios experimentales

Deben realizarse pruebas a los materiales para evaluar sus propiedades elásticas e inelásticas, así como su resistencia; efectuar pruebas en las uniones y conectores para evaluar su comportamiento, resistencia y capacidad de absorber energía.

De ser posible se recomienda construir modelos a escala y de tamaño real, para observar su desempeño y verificar los métodos analíticos. Se recomienda, asimismo, evaluar estructuras ya construidas. Las pruebas deben ser de carácter estático y dinámico, además de ser no destructivas.

4. Estudiar el comportamiento de la construcción menor durante un sismo

Estudiar el comportamiento de estructuras durante los sismos ocurridos en Guatemala usando la información disponible, aunque en muchos casos sea incompleta.

5. Predecir el comportamiento de las estructuras en futuros sismos.

Estudiar sismos ocurridos en países extranjeros, en donde las técnicas constructivas sean similares a las locales. De estos estudios debe determinarse la razón por la cual ciertas estructuras han sobrevivido a sismos y las razones por las que otras han fallado.

6. Estimar el riesgo aproximado para diseños nuevos y reforzamiento de estructuras existentes

Desarrollar metodologías para estudios de riesgo y aplicarlos para determinar las medidas de diseño para construcciones nuevas. Corregir medidas de estructuras existentes que tengan un costo eficiente respecto del riesgo y el grado de mitigación alcanzado.

7. Estudiar las políticas existentes respecto de la mitigación ante sismos

Analizar los éxitos y fracasos de las políticas gubernamentales y locales. Evaluar el impacto de estudios anteriores para aplicación de políticas gubernamentales y locales e incorporarlas dentro de un manual de normas y prácticas.

8. Fomentar la educación y cultura de prevención

Desarrollar metodologías para la comunicación de la información entre todas las categorías de personas envueltas en la implementación de la mitigación del daño causado por sismo. La información debe llegar a:

- Ingenieros y arquitectos
- Autoridades municipales y de gobierno.
- Políticos
- Constructores y auto constructores

E. AUTO CONSTRUCCIÓN Y CONSTRUCCIÓN SIN FUNDAMENTO CIENTÍFICO

La autoconstrucción se define como la capacidad y habilidad que los miembros de una familia tienen para planificar, organizar y gestionar la construcción y/o el mejoramiento de su vivienda. Generalmente se da en lotes invadidos, de ubicación periférica, de mala calidad que han resultado poco atractivos para llevar a cabo inversiones inmobiliarias comerciales o privadas.

Las viviendas auto construidas, además de asentarse generalmente en zonas de alto riesgo constituidas por barrancos, taludes formados por ríos y quebradas, se construyen sin base alguna en diseño estructural y generalmente se observa una alta vulnerabilidad en lo que a técnica constructiva se refiere correspondiente a lo siguiente:

- Evidentemente la vivienda autoconstruida carece de diseño por cargas verticales y para fuerzas laterales.
- Los materiales utilizados comúnmente son: materiales desechables, madera, adobe, bloque y mampostería no reforzada en general. Estos no proporcionan resistencia a fuerzas laterales.
- Si llega a utilizarse concreto, éste no posee ningún tipo de control de calidad y el agregado no cumple condiciones adecuadas. El acero utilizado frecuentemente no posee resistencia definida.
- La ausencia de elementos estructurales definidos es una característica de la vivienda autoconstruida de adobe y mampostería de bloque de pómez. No existen vigas, columnas ni cimientos.
- Ausencia de juntas, las paredes generalmente no poseen ningún tipo de junta o conexión que le proporcione a la vivienda unidad estructural.
- La vivienda carece de mantenimiento, esto se manifiesta en el deterioro de los materiales debido a las acciones climáticas, la madera generalmente se encuentra en malas condiciones y el adobe no es estabilizado.
- La cubierta no está anclada a las paredes de la vivienda, si se trata de tejas éstas están apoyadas sobre piezas de madera, la lamina se sostiene generalmente por el peso de piedras colocadas sobre ella.

1. Recomendaciones para la autoconstrucción

En países con alto nivel de pobreza y poco desarrollo como Guatemala la posibilidad de eliminar la autoconstrucción totalmente es prácticamente imposible.

La autoconstrucción debe convertirse en autoconstrucción dirigida, esto será posible al desarrollar cartillas y capacitaciones que permitan al autoconstructor poseer herramientas que reduzcan la vulnerabilidad de la vivienda autoconstruida. Estas cartillas pueden ser elaboradas por profesionales de la ingeniería y ser las municipalidades y comités locales los encargados de la divulgación de los mismos. Algunas recomendaciones básicas para los autoconstructores son las siguientes:

- a. En zonas donde las condiciones térmicas lo permitan utilizar materiales de baja vulnerabilidad sísmica como el cerramiento de madera y cubiertas de lámina y vegetal.
- b. Evitar reciclar el hierro, así como disminuir el laminado local.
- c. No someter a la vivienda de mampostería a cargas excesivas al utilizar techos pesados.
- d. En el caso de la vivienda de adobe, ya que no es posible restringir su uso, construirlas de un solo piso, con cimiento y sobrecimiento, utilizar bloques de adobe de poca altura, colocar collarines en la parte superior de los muros, así como utilizar juntas verticales rellenas.
- e. Anclar la cubierta a las paredes de la vivienda.

En Guatemala los constructores sin fundamento científico construyen frecuentemente con el sistema descrito como "mixto" o en madera. Generalmente trabajan en pequeñas zonas urbanas donde existe contratación de servicios de construcción pero en una escala poco rentable para los profesionales. La vulnerabilidad de la vivienda construida por un constructor sin fundamento científico, depende básicamente de la experiencia que este tenga en el ramo y en sus propias habilidades.

Debe reconocerse la necesidad de constructores sin fundamento científico en el país, a raíz de la situación económica de la mayoría de la población guatemalteca. Estos constructores no deben desaparecer pero sí ser tecnificados. El instituto Técnico de Capacitación y Productividad INTECAP ofrece cierta capacitación técnica y se sugiere emitir y divulgar cartillas de normas y lineamientos prácticos que faciliten la labor de la construcción empírica.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

A. CONCLUSIONES GENERALES

1. El desastre que más daño ha causado en el país, fue el terremoto de 1976. Han pasado ya 26 años del mismo y a pesar de haberse realizado esfuerzos desde la época de los 50 hasta la actualidad, la situación de la vivienda en Guatemala frente a desastres continúa siendo precaria. Poco se ha hecho para mejorar el comportamiento de la construcción menor, y el riesgo, en lugar de disminuir ha aumentado.

2. Las Normas Recomendadas AGIES 1996 no poseen carácter legal, por lo que los profesionales del ramo pueden caer en adoptar normas propias de diseño y construcción en lugar de tomar los lineamientos señalados por las normas recomendadas AGIES 1996. Es preocupante el hecho de que la norma referente a vivienda no esté aún publicada.

3. No existe aún el conocimiento total de las amenazas naturales que afectan el país. Por lo tanto existen grandes deficiencias en el ordenamiento territorial lo que provoca que la exposición de la vivienda aumente.

4. La vivienda es vulnerable estructuralmente de acuerdo al sistema constructivo empleado y a los materiales de construcción utilizados. Los sistemas constructivos y los materiales de construcción son vulnerables en mayor o menor grado de acuerdo a la amenaza a la que se enfrenten.

5. El carácter no legal de las normas, entre otros factores, ha favorecido, asimismo la autoconstrucción y la construcción sin fundamento científico, debido a que no se teme al peso de la ley.

B. RECOMENDACIONES FINALES

1. El Gobierno de la Republica y el gremio profesional en general debe reconocer el riesgo existente en el país frente a amenazas naturales y establecer políticas y medidas al respecto que lo disminuyan.

2. Las "Normas Recomendadas AGIES 1996" deben ser completadas, principalmente la Norma 4 de construcción menor. Debe asimismo gestionarse el carácter legal de las mismas.

3. La zonificación y microzonificación del país, respecto de diversas amenazas, debe realizarse lo antes posible, con el fin de lograr un adecuado ordenamiento territorial. De esta manera el riesgo disminuirá al reducirse la exposición.

4. La vulnerabilidad estructural según tipología, cerramiento y cubierta debe evaluarse de acuerdo a la amenaza a la que la vivienda esté expuesta. Debe elegirse un adecuado sistema constructivo y material de construcción de acuerdo a ésta.

5. La autoconstrucción y construcción sin fundamento científico deben convertirse en dirigidas. Deben elaborarse cartillas instructivas que informen al respecto de la amenaza del lugar, como reducir la exposición y la vulnerabilidad estructural.

VIII. GLOSARIO DE TERMINOS RELATIVOS A LA GESTION DE DESASTRES

"Finalmente se desea dejar constancia del valor que representan algunos documentos publicados por los organismos retenidos en el párrafo inicial permitiéndome resumir los términos referidos al glosario publicado por Naciones Unidas y que fue enlazándose durante el desarrollo del proyecto." Ing. Franklin Matzdorf, 2000

Amenaza

Probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y periodo de tiempo dado.

Amplitud de onda

Diferencia entre el nivel cero y un pico de cualquier onda, como las ondas sísmicas.

Canal de evacuación de crecidas

Canal construido para verter el flujo de agua en exceso de un punto aguas arriba de una región a otro punto aguas abajo.

Caudal

Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo.

Crecida repentina

Aumento significativo del nivel de agua de un curso de agua, lago, reserva o región costera.

Desastre

Interrupción seria de las funciones de una sociedad que causa pérdidas humanas, materiales o ambientales extensas, que exceden la capacidad de la sociedad afectada para resurgir, usando solo sus propios recursos. Los desastres se clasifican comúnmente de acuerdo con la velocidad con que ocurren o de acuerdo a las causas naturales o antropógenicas que los provocan.

Deslizamiento de tierra

Comúnmente se refiere a toda clase de movimientos a lo largo de una pendiente bajo la influencia gravitacional. En sentido estricto se refiere al movimiento pendiente abajo de una masa de roca y/o tierra a lo largo de una o varias pendientes.

Dique

Obra de tierra para retener el flujo de agua dentro de un área específica, a lo largo de su cauce evitando así las inundaciones debidas a mareas u ondas.

El Niño

Calentamiento anómalo del agua del océano a gran distancia de las costas de América del Sur debido a la oscilación de una corriente del pacifico del Sur, usualmente acompañado por fuertes lluvias en la región costera de Perú y Chile, y la reducción de lluvia en África ecuatorial y Australia.

Elementos no estructurales

Partes de una construcción que no pertenecen a la estructura central (por ejemplo el cielo raso, tabique etc..) que soporta las cargas de la construcción

Estabilización de taludes de tierra

Medidas para prevenir el deslizamiento de tierra.

Epicentro

Punto en la superficie de la tierra, directamente encima del lugar de origen.

Falla

Fractura plana o ligeramente curva en las capas superiores de la tierra, sobre las cuales ocurre el desplazamiento.

Fuerza del viento

Numero en una escala e Beaufort correspondiente a los efectos producidos por vientos dentro de una gama de velocidad.

Flujo de lodo

Traslado montaña debajo de material terrestre fino mezclado con agua.

Hipocentro

El lugar dentro de la tierra donde se origino la ruptura asociada con el terremoto.

Intensidad (macro sísmica)

Escala de secuencias de un terremoto en un sitio en particular, medida de acuerdo a los efectos sobre personas, estructuras y materiales de tierras. Las escalas de intensidad más comúnmente usadas son: la de Mercalli modificado y la de Medvedev, Sponheuer y Karnik (MSK).

Licuefacción

Perdida de resistencia a la tensión de cortante de un terreno arenoso saturado de agua.

Magnitud

Índice de energía sísmica liberada por un terremoto (en contraste con intensidad, que describe sus efectos en un lugar particular). Inventada por C.F. Richter en

1935 en términos de movimiento que será medido en ciertos tipos de sismógrafos localizados a 100 Km. del epicentro del terremoto. Actualmente se utilizan varias escalas de magnitud en función de la amplitud de los diferentes tipos de ondas sísmicas y de la duración de la señal de movimiento sísmico.

Manejo de desastres

El cuerpo de las políticas y decisiones administrativas y actividades operacionales que pertenecen a las diferentes etapas del desastre en todos sus niveles.

Mitigación

Medidas tomadas con anticipación al desastre, con el ánimo de reducir o eliminar su impacto sobre la sociedad y medio ambiente.

Nivel de agua subterránea

Nivel en el cual el suelo y la roca porosa comienzan a saturarse de agua.

Planicie de inundación

área adyacente a un río, formada por desbordamientos repetidos

Predicción

Declaración de la hora, el lugar y la magnitud esperada, de un evento futuro (para terremotos y erupciones volcánicas).

Predicción de inundaciones

Proceso para estimar el nivel, valores de descarga, ocurrencia y duración de la crecida, especialmente del pico de caudal.

Presa

Barrera a través de un río, provista de compuertas u otros mecanismos de control, para controlar el nivel de agua de la superficie que se encuentra aguas arriba, para regular el flujo o para derivar reservas de agua dentro de un canal.

Presión de viento

Fuerza total que el viento ejerce sobre una estructura. Para superficies planas, es la suma de la presión dinámica ejercida sobre el lado expuesto al viento más la disminución de la presión o succión producida en el lado resguardado del viento.

Prevención

Actividades diseñadas para proveer protección permanente de un desastre. Incluye ingeniería y otras medidas de protección física, así como medidas legislativas para el control del uso de la tierra y la ordenación urbana. Evitar la ocurrencia de un desastre a través de minimizar en lo posible la vulnerabilidad frente a la amenaza.

Riesgo

Cálculo de pérdidas (de vidas, personas heridas, propiedad dañada y actividad económica detenida) durante un periodo de referencia en una región dada para un peligro en particular. Riesgo es el producto de la amenaza, la vulnerabilidad y el valor de lo que está expuesto.

Tectónica de placas

El concepto de que las capas superiores de la tierra están hechas de varias placas largas y rígidas cuyos límites son fallas.

Terremoto

Ruptura repentina de las capas superiores de la tierra, que algunas veces se extiende a la superficie de ésta y se produce vibración del suelo, que de ser lo suficientemente fuerte, causará el colapso de edificios y la destrucción de vidas y propiedades.

Tsunami

Serie de grandes olas marinas generada por el súbito desplazamiento de agua de mar (causada por terremotos, erupciones volcánicas o deslizamiento de suelo submarino). Es un fenómeno que se observa sobre todo en el Océano Pacífico. La palabra es de origen japonés.

Viento duro o fuerte

Viento con una velocidad entre 34 y 40 nudos (fuerza de viento 8 en la escala Beaufort).

Vulnerabilidad

Susceptibilidad de "algo" a sufrir daño, Incapacidad de enfrentar los efectos de un desastre.

Zona sísmica

Área dentro de la cual son similares los requerimientos de diseño, para grandes movimientos y de estructuras.

Zonificación

Por lo general indica la subdivisión de un área geográfica, país, región, etc. En sectores homogéneos respecto de ciertos criterios, como por ejemplo la intensidad de la amenaza, el grado de riesgo, requisitos en materia e protección contra una amenaza dada.

Zonificación de las planicies de inundación

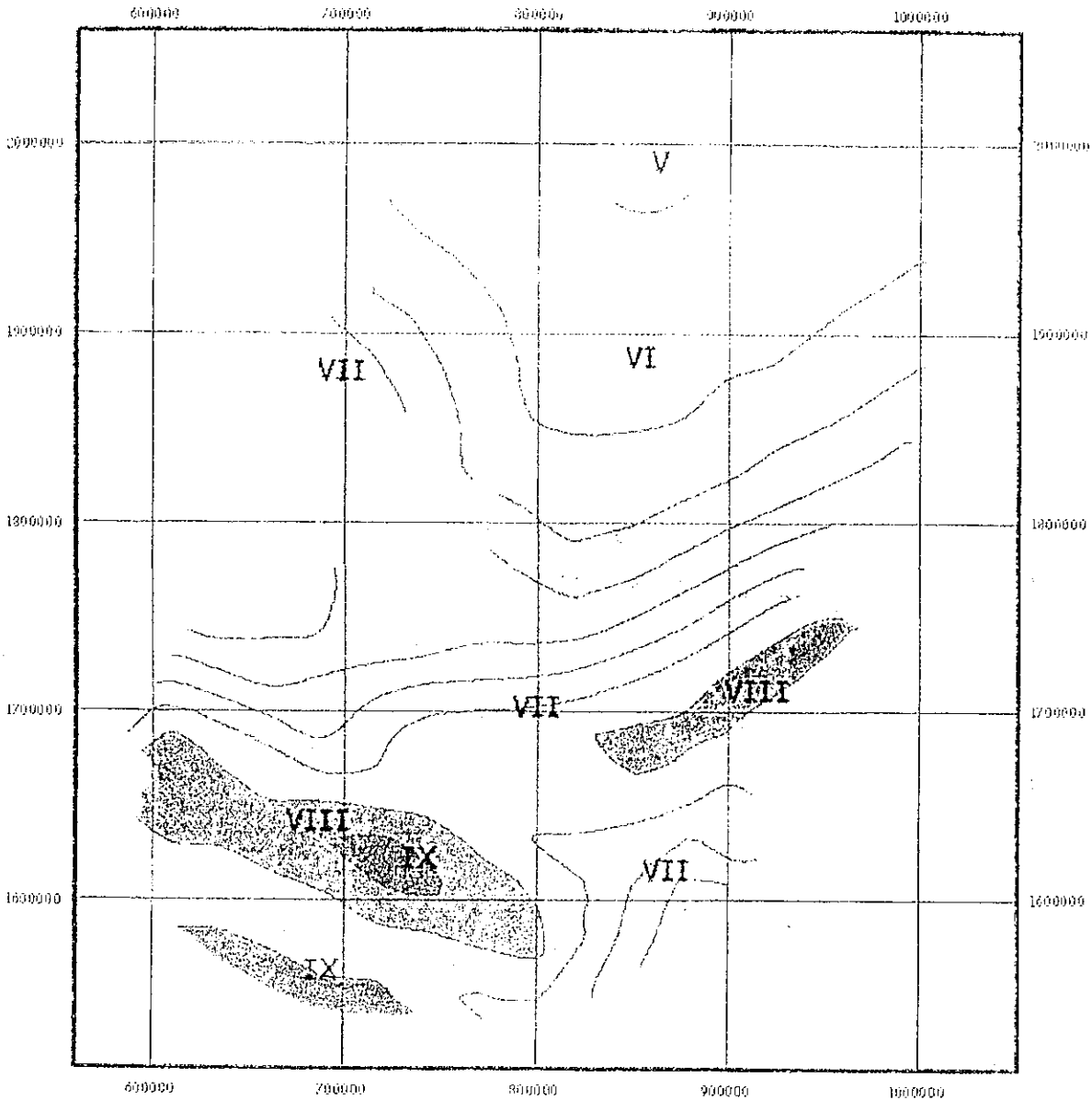
Plano que define las zonas principales de áreas con inundaciones potenciales, usualmente acompañado por recomendaciones o restricciones tendentes a prevenir daños por inundaciones.

IX BIBLIOGRAFÍA

- Boletín informativo DIALOGO*. 2000. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO. Editorial Serviprensa. 12 págs
- Boletín para América Latina y el Caribe. Dirdn informa. Numero 14*. 1999. Secretaria del DIRDN de Naciones Unidas.. Ediciones Sanabria S.A. 27págs
- Building practices for disaster mitigation*. 1973. National Bureau of Standards Building Science Series... Washington D.C. 474 págs
- Daños causados por desastres naturales en las décadas de 1980 y 1990*. Guatemala. 1998. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED. Gerencia de Operaciones de Emergencia. 10 págs.
- Diagnostico de la prevención de desastres naturales en Guatemala con motivo del xx aniversario del terremoto del 4 de febrero de 1976*. 1996. Colegio de Ingenieros de Guatemala. Guatemala. 376 págs
- Earthquake hazards programs*. 2000. Geological Survey USGS. United States.2 págs.
- Experiencias de autoconstrucción de vivienda en México*.2000.Centro de Investigaciones y documentación de la casa. Edición Especial Cuadernos FICA. México D.F. 49 págs.
- Fighting floods in cities*. 1995. UNESCO. The Netherlands. 223págs
- Flood mitigation assistance*.2000. Federal Emergency Management Agency. United States of America. 4 págs.
- Guatemala. 2001. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED. *Plan de trabajo año 2001*. Gerencia de Gestión para la reducción del riesgo. 2 págs.
- Guidelines for the use of structural precast concrete in buildings*. 1996. New Zealand Concrete Society, et al.. New Zealand. 174 págs.
- La vivienda popular en Guatemala antes y después del terremoto de 1976, Tomo I y Tomo II* 1982. Centro de Investigaciones Facultad de Arquitectura Universidad San Carlos de Guatemala. Editorial Universitaria. Guatemala. 584 y 667 págs.

- Leet D. 1968. *Fundamentos de Geología Física*. Editorial Limusa. México D.F. 450 págs.
- Manual para construcción de viviendas de adobe*. 1976. Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 50 págs.
- Medina Carlos. 1986 *Causas de los deslizamientos de tierra y reducción de riesgos*. Tesis de grado Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 136 págs
- Memories proceedings, Tomo 2*. 1976. Volumen Comité organizador del Simposio Internacional Sobre El Terremoto De Guatemala Del 4 De Febrero De 1976 Y El Proceso De Reconstrucción. 686 págs.
- Plan de contingencia de protección escolar*. 1999. UNICEF. Unidad de Planificación Educativa. Guatemala. 36 págs
- Reducing earthquake hazards: Lessons learned from earthquakes* 1986. Earthquake Engineering Research Institute. United States of America. 208 págs
- Resumen de daños provocados por el Huracán Mitch* Guatemala. 1998. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED.. Gerencia de Operaciones de Emergencia. 12 págs.
- Salazar, Carlos. 1992. *Riesgo de desastre en viviendas en ladera*. Tesis de grado Universidad de San Carlos de Guatemala. 102 págs.
- Seismic performance of low rise buildings*. 1981. American Society of Civil Engineers.. United States of America. 209 págs.

Intensidades Esperadas M.M.I. Período de Retorno 500 años



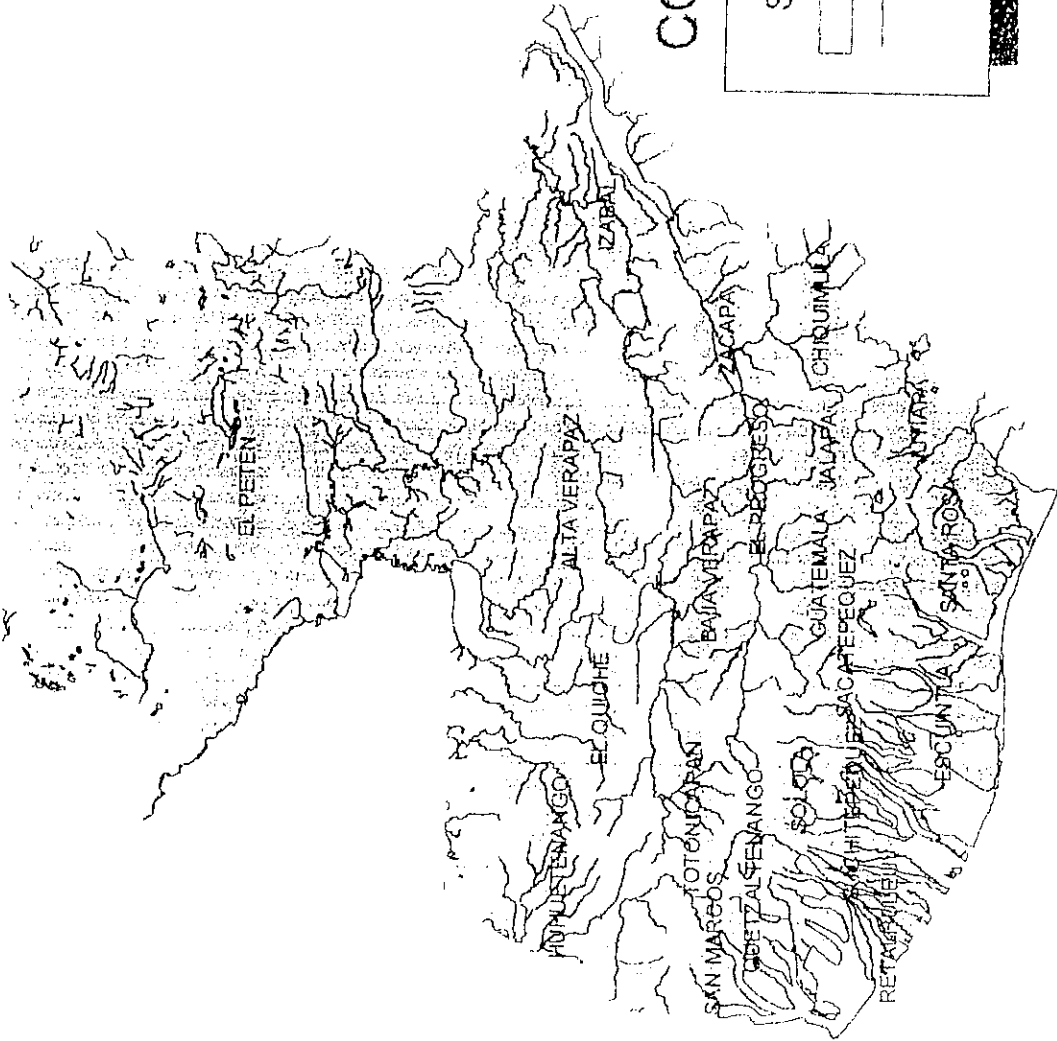
60 0 60 120 Kilometros

Escala Gráfica: 1 3,000,000

Fuente: Pérez A. Basado en Kiremidjian, A.S.
et. al. 1977

Elaborado por: Mario Rodríguez
Alberto Pérez

Areas Inundables
Republica de Guatemala



CONRED

Simbologia

- Areas Inundables
- Rios, Ship
- Limites Deptos