



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES  
EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS**

**Julio David Moir Tello**

Asesorado por el Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz

Guatemala, junio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES  
EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JULIO DAVID MOIR TELLO**

ASESORADO POR EL ING. JORGE ALBERTO MARTÍNEZ CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

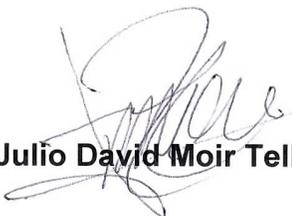
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Wuilliam Ricardo Yon Chavarría
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de octubre de 2012.



**Julio David Moir Tello**

Guatemala, 04 Marzo de 2015

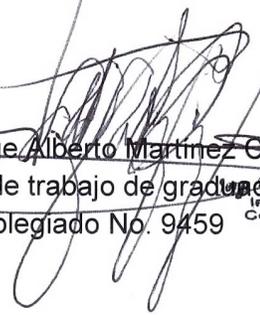
Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Montenegro:

Por medio de la presente, le informo que he asesorado y revisado el trabajo de graduación, con título: EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS, desarrollado por el estudiante Julio David Moir Tello con numero de carne: 2005-11868. El cual satisface los objetivos del mismo.

Al agradecer su amable atención y colaboración, me suscribo atentamente.

Jorge Alberto Martínez Cruz  
Ingeniero Civil  
Colegiado 9459

  
~~Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz~~

Asesor de trabajo de graduación  
~~Ingeniero Civil  
Colegiado 9459~~

Colegiado No. 9459



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,

14 de abril de 2015

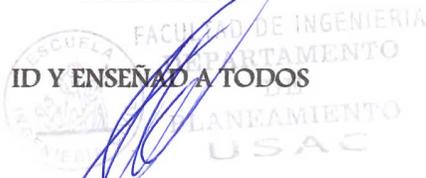
Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio David Moir Tello, quien contó con la asesoría del Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,



Ing. Wuilliam Ricardo Yon Chavarría  
 Jefe Del Departamento de Planeamiento

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





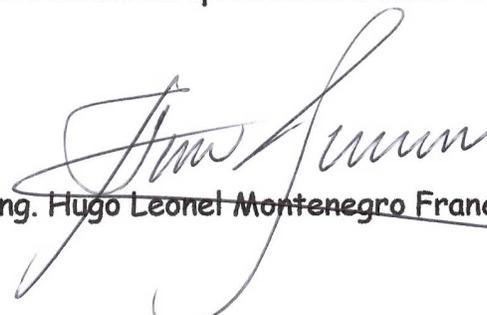
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación del estudiante Julio David Moir Tello, titulado **EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2015

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE COSTOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POPULARES VULNERABLES A SISMOS** presentado por el estudiante universitario: **Julio David Moir Tello**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Angel Roberto Sic Garcia  
Decano



Guatemala, junio de 2015

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi carrera.
<b>Mis padres</b>	José Moir y Thelma Tello, por su incondicional apoyo.
<b>Mi hermana</b>	Por el apoyo brindado.
<b>Mi novia</b>	Por su amor y soporte en todo momento.
<b>Mi familia</b>	Por creer en mí.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi alma máter y prepararme para la vida.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una importante influencia en mi vida y por formarme un criterio.
<b>Mis amigos</b>	Por toda su ayuda y apoyo.
<b>Universidad Francisco Marroquín</b>	Por haber sido de gran favorecimiento durante el transcurso de mi carrera.
<b>Mis jefes</b>	Por haber sido un respaldo durante mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. AMENAZAS NATURALES .....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Fenómenos sísmicos.....	2
1.2.1. Causas de los sismos .....	3
1.2.2. Epicentro e hipocentro .....	10
1.2.3. Ondas sísmicas .....	12
1.3. Medición de los sismos.....	12
1.3.1. Escalas de los sismos.....	13
1.4. Zonas geológicas y principales fallas en Guatemala.....	18
2. PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD Y DAÑOS EN ESTRUCTURAS .....	23
2.1. Aspectos conceptuales de la reducción de riesgos.....	23
2.2. Factores que hacen vulnerable una estructura .....	25
2.2.1. Irregularidades en planta .....	25
2.2.2. Irregularidades en elevación .....	31
2.3. Tipos de daños .....	36
2.3.1. Daños estructurales .....	37
2.3.2. Daños no estructurales .....	38

3.	DAÑOS GEOTÉCNICOS.....	41
3.1.	Generalidades.....	41
3.2.	Asentamientos.....	43
3.3.	Corrimientos.....	44
3.4.	Grietas.....	45
3.5.	Deslizamientos.....	46
3.6.	Derrumbes.....	47
3.7.	Licuefacción.....	48
4.	PROCEDIMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	51
4.1.	Coordinación general del proceso.....	51
4.2.	Selección y perfil del evaluador.....	51
4.3.	Elementos necesarios para la evaluación.....	55
4.4.	Inspección preliminar del entorno.....	56
4.5.	Aplicación de la lista de verificación.....	56
4.6.	Análisis y conclusiones de la evaluación.....	59
4.7.	Descripción del formulario de evaluación.....	60
4.7.1.	Formulario 1: Información general sobre la edificación.....	60
4.7.2.	Lista de verificación.....	61
4.7.3.	Los criterios básicos para el uso de la lista de verificación.....	61
4.7.4.	Descripción general de la lista de verificación.....	62
4.8.	Instructivo para completar la lista de verificación.....	65
4.8.1.	Orientación sobre el cálculo del modelo matemático.....	66
4.8.2.	Aspectos relacionados con la ubicación geográfica.....	70

4.8.3.	Amenazas .....	71
4.8.4.	Propiedades geotécnicas del suelo.....	73
4.8.5.	Evaluación de los aspectos relacionados con la estructura.....	73
4.9.	Cuantificación de una edificación.....	102
5.	APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.....	121
5.1.	Modelo matemático .....	121
5.2.	Pesos relativos de las variables, secciones y componentes .....	121
5.3.	Ingreso de datos en el modelo matemático .....	122
5.4.	Recomendaciones generales de intervención.....	124
6.	RESULTADOS ESPERADOS .....	125
6.1.	Reducción de recursos .....	125
6.1.1.	Monetarios .....	125
6.1.2.	Humanos .....	125
6.1.3.	Físicos .....	126
6.1.4.	Materiales .....	126
	CONCLUSIONES .....	127
	RECOMENDACIONES.....	129
	BIBLIOGRAFÍA.....	131



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Modelo de placas tectónicas .....	4
2.	Mapa de placas tectónicas del mundo .....	6
3.	Mapa sísmico del mundo .....	8
4.	Conjunto de placas tectónicas en Centroamérica.....	9
5.	Focos en zonas de subducción .....	11
6.	Mapa simplificado de la geología del valle del río Motagua y áreas adyacentes.....	19
7.	Fallas en los límites de las placas .....	20
8.	Ejemplos de plantas de edificación con esquinas interiores .....	26
9.	Estructura con un lado abierto (débil).....	27
10.	Estructura con dos lados abiertos (débiles) contiguos.....	28
11.	Edificación de falsa simetría, debido a un núcleo de muros de corte ...	29
12.	Abertura con forma y ubicación simétrica en un diafragma horizontal .....	30
13.	Abertura con forma simétrica y ubicación asimétrica en un diafragma horizontal.....	30
14.	Masas colocadas asimétricamente provocan excentricidad en la estructura .....	31
15.	Estructuras con cambios bruscos en elevación.....	32
16.	Edificación con menor número de columnas en el primer nivel o piso débil.....	33
17.	Edificación con columnas más largas en el primer nivel o piso débil ....	33

18.	Edificación construida en una ladera con columnas de diferente altura en el primer nivel .....	34
19.	Edificación con aberturas de diferente tamaño en el muro de corte .....	35
20.	Estructuras adyacentes .....	36
21.	Tipos de fallas del suelo .....	42
22.	Asentamiento diferencial.....	43
23.	Daño provocado por un asentamiento en una edificación.....	44
24.	Corrimiento en una montaña .....	45
25.	Grietas en el suelo.....	46
26.	Deslizamiento de una montaña.....	47
27.	Camino bloqueado por un derrumbe .....	48
28.	Muestra de indicio de licuefacción .....	49
29.	Planos de una edificación .....	111

## TABLAS

I.	Magnitud de sismos y terremotos .....	17
II.	Distribución geográfica de las máximas intensidades sísmicas en Guatemala .....	21
III.	Valores y clasificación del índice de seguridad .....	69
IV.	Cuantificación de una edificación.....	102
V.	Índice de seguridad .....	124

## GLOSARIO

<b>Agregados</b>	Comprenden las arenas, gravas naturales y la piedra triturada utilizadas para preparar morteros y concretos.
<b>Aguas residuales</b>	Son aquellas que han sido utilizadas en el servicio de una edificación determinada que fluyen a través de las tuberías de aguas negras.
<b>Arena cernida</b>	Agregado que se emplea para la elaboración de mortero.
<b>Arena lavada</b>	Agregado que se emplea para la elaboración de concreto.
<b>Armadura</b>	Barras de acero embebidas en el hormigón para incrementar su capacidad de resistencia a la flexión.
<b>Asentamiento</b>	En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo en el espacio cimbrado, se inicia un proceso donde los componentes más pesados de la mezcla tienden a descender. En tanto el agua, que es más densa, sube.

<b>Bloque cemento</b>	Son elementos prefabricados caracterizados por tener un tamaño más grande que el tradicional ladrillo cocido.
<b>Canto rodado</b>	Es un fragmento de roca suelto, susceptible por ser transportado por medios naturales como las corrientes de agua y los corrimientos de tierra.
<b>Carga permanente</b>	Carga vertical aplicada sobre una estructura, que incluye el peso de la misma estructura más la de los elementos permanentes. También llamada carga muerta.
<b>Carga variable</b>	Carga externa movible sobre una estructura que incluye el peso de la misma junto con el mobiliario, equipamiento y personas. Actúa verticalmente.
<b>Cemento blanco</b>	Es un tipo de cemento Portland de un color gris muy claro (blancura mayor del 85 %), empleado tanto en piezas prefabricadas como en acabados de suelos y albañilería en general.
<b>Cemento hidráulico</b>	Es capaz de fraguar y endurecer al reaccionar sus elementos con el agua.
<b>Cemento Portland</b>	Cemento hidráulico que se obtiene al calcinar una mezcla de arcillas y piedra caliza en un horno para pulverizar posteriormente la mezcla obtenida.

<b>Columna</b>	Elemento estructural vertical de soporte con sección circular o rectangular. Elemento vertical que recibe la carga según la dirección de sus ejes longitudinales.
<b>Concreto</b>	Mezcla de piedras, cemento y arena. Densidad 2 200, 2 400 Kg/m <sup>3</sup> .
<b>Concreto armado</b>	En su interior tiene armaduras de acero debidamente calculadas. Este concreto es apto para resistir esfuerzos de tracción y compresión.
<b>Corrosión</b>	Es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico, por su entorno.
<b>Corteza terrestre</b>	Capa más delgada y superficial de la Tierra. En los continentes tiene un grosor promedio de 35 kilómetros.
<b>Costo directo</b>	Representan los materiales, equipos y mano de obra a utilizar en la ejecución de una edificación, a su vez reflejada en el análisis de precio unitario.
<b>Costo indirecto</b>	Representan los gastos administrativos y generales que se generan en la obra.
<b>Cuantificar</b>	Expresar numéricamente una magnitud.
<b>Curado</b>	Es el mantenimiento en concreto de forma apropiada, contenido de humedad y temperatura a edades

tempranas. De manera que pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla.

**Deflexiones**

Es una deformación que hace referencia al grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza.

**Desastre**

La interacción entre un fenómeno geofísico extremo y una condición vulnerable, traducido en pérdidas económicas y humanas.

**Diseño de mezcla**

Proceso mediante el cual se proyecta el diseño de una determinada mezcla, para una resistencia determinada.

**Dosificación**

Medida de los ingredientes para una mezcla de hormigón o mortero por peso o por volumen y su introducción en la mezcladora.

**Drenaje**

Medio o utensilio que se emplea para drenar.

**Edificación**

Construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas.

**Electro malla**

Material construido en acero electrosoldado longitudinal y transversalmente utilizada en la construcción de pisos, aceras, losas.

<b>Epicentro</b>	Es la proyección vertical del foco o hipocentro sobre la superficie terrestre.
<b>Esbeltez</b>	Cociente de dividir su altura entre su menor dimensión en planta.
<b>Escombros</b>	Conjunto de desechos de una obra o un edificio.
<b>Falla</b>	Discontinuidad que a lo largo del proceso le han ocurrido movimiento en sentido paralelo a la superficie de fractura.
<b>Falla activa</b>	Falla geológica que con base en la información histórica, sismológica o evidencias geológicas, está asociada a una probabilidad de generar un sismo.
<b>Falla de rumbo</b>	Falla que consiste en movimiento horizontal, de modo que los bloques en lados opuestos del plano se deslizan uno al lado del otro.
<b>Falla geológica</b>	Una fractura o zona de fractura en rocas en donde los dos lados se han desplazado, el uno con relación al otro, paralelamente a la fractura.
<b>Falla inversa</b>	Falla de desplazamiento en la que el bloque techo se mueve hacia arriba en relación con el bloque piso.
<b>Falla normal</b>	Falla de desplazamiento donde el bloque techo ha descendido en relación con el bloque piso.

<b>Fisura</b>	Grieta que se produce en un objeto.
<b>Foco o hipocentro</b>	Idealización puntual del lugar en el interior de la tierra donde la ruptura se realiza dando lugar a un terremoto.
<b>Geología</b>	Ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que han experimentado desde su origen.
<b>Geología sísmica</b>	Ciencia que se ocupa de detectar estructuras generadoras de terremotos en el pasado y presente geológico.
<b>Granulometría</b>	Cantidad y tamaño de los agregados, los cuales son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.
<b>Grieta</b>	Aparecen en el hormigón debido a las contracciones irregulares.
<b>Infraestructura</b>	Es necesaria para soportar la superestructura de la edificación por debajo de la parte superior de la base losa de pavimento, o de la losa de fundación.

<b>Intensidad</b>	Medida subjetiva de los efectos o daños causados por un terremoto en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar en particular. La intensidad no solo depende de la fuerza del sismo (magnitud) sino también de la distancia epicentral.
<b>Licuefacción del suelo</b>	Describe el comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa (carga), en ciertas circunstancias pasan de un estado sólido a un estado líquido.
<b>Losa maciza</b>	Estructura monolítica de dimensiones preponderantes en la dirección longitudinal y transversal, armada en una sola dirección.
<b>Magnitud</b>	Valor adimensional que refleja la energía liberada en el foco o hipocentro del sismo.
<b>Mampostería</b>	Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados, unos con otros, sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.
<b>Mano de obra</b>	Forma parte del costo directo e implica todo el personal obrero o especializado contratado para la ejecución de una obra.
<b>Materiales</b>	Conjunto de la amplia gama de materiales que se utilizan en la construcción de un edificio.

<b>Muros de contención</b>	Se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales.
<b>Nivel freático</b>	Altura donde se encuentra una capa de agua subterránea.
<b>Onda sísmica</b>	Onda elástica, normalmente generada por un terremoto o una explosión.
<b>Período de una onda</b>	Intervalo de tiempo entre dos crestas sucesivas en un tren de ondas sinusoidales.
<b>Placa tectónica</b>	Porción individual de litosfera que se mueve sobre la astenósfera.
<b>PVC</b>	Tubo de cloruro de polivinilo utilizada generalmente en tuberías sanitarias.
<b>Richter</b>	Escala de extremo abierto que mide la cantidad de energía liberada durante un terremoto.
<b>Sismicidad</b>	Término que describe la actividad sísmica en una cierta área geográfica.
<b>Sismo</b>	Movimiento brusco de la corteza terrestre, capaz de cambiar por completo el paisaje de una región.

<b>Sismógrafo</b>	Instrumento por el cual se obtiene un registro continuo y permanente del movimiento de la tierra, en función del tiempo.
<b>Subducción</b>	Es el proceso donde el material de una placa oceánica reingresa al interior de la Tierra.
<b>Tectónica de placas</b>	Teoría del movimiento e interacción de placas. Un intento de explicar terremotos, volcanes y formación de montañas como consecuencia de movimientos superficiales horizontales.
<b>Terremoto</b>	Vibraciones de la Tierra causadas por el paso de ondas sísmicas irradiadas desde una fuente de energía elástica.
<b>Tubo</b>	Objeto cilíndrico, hueco y alargado que está abierto por sus dos extremos.
<b>Vida útil</b>	Duración económica probable de una edificación u objeto.
<b>Viga corona</b>	Elemento construido con concreto y acero. Es utilizada para amarrar y a la vez soportar peso. Está ubicada entre paredes y pisos.
<b>Viga de carga</b>	Elemento diseñado para soportar carga en una construcción determinada.

<b>Volcán</b>	Montaña cónica formada alrededor de un conducto, como resultado de la erupción de lava y materiales piro plásticos.
<b>Zanjas</b>	Excavación que se realiza en el suelo o terreno para asentamiento de vigas o canales.
<b>Zapata</b>	Es la base de un cuerpo puntual como un pilar; trabaja básicamente a compresión.
<b>Zona de subducción</b>	Zona larga y angosta en un límite de placas convergentes, donde una placa oceánica desciende insertándose debajo de otra placa.

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene la finalidad de hacer un estudio estructural superficial, mediante una evaluación, para determinar los daños en la estructura. Debe tomarse en cuenta que dicho trabajo de graduación, toma estrictamente aspectos de la estructura, como por ejemplo: paredes, columnas, soleras, revestimientos, instalaciones, y no aspectos fuera de ella, como son ventanas, puertas, electrodomésticos.

Para determinar dicha evaluación se elaboró un cuestionario con preguntas básicas, las cuales evalúan la estructura, y dependiendo de la calificación, se puede estimar el daño en la estructura, y así poderlo reflejar en una evaluación de costos a daños en la edificación.

Se pretende que dicho cuestionario sea una herramienta fácil de utilizar, para que cualquier persona pueda evaluar la edificación, y no necesariamente tenga conocimiento de detalles estructurales. También se pretende elaborar una evaluación rápida y aproximada de los daños causados por algún desastre natural, especialmente sismos, pues Guatemala es altamente sísmica.



# OBJETIVOS

## General

Establecer mediante un modelo matemático, la cuantificación de las pérdidas de materiales de una edificación, después de ocurrido un evento adverso como lo es un desastre natural.

## Específicos

1. Hacer una lista de verificación rápida para evaluar los daños estimados.
2. Orientar a las personas para aplicar la evaluación rápida, o la lista de verificación, con el fin de determinar que la edificación pueda ser útil, o para que pueda o no continuar funcionando debidamente.
3. Establecer criterios estándar de evaluación y de elementos que deben ser evaluados en los diferentes contextos.
4. Incentivar y apoyar la conformación, desarrollo y crecimiento de los grupos interdisciplinarios de expertos, que estén comprometidos con la reducción de riesgos y asistencia en casos de ocurrencia de un desastre.



## INTRODUCCIÓN

El trabajo propone una serie de aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para hacer una evaluación y estimar estructuralmente los daños en pérdidas. Esto se realiza luego del paso de un desastre natural provocado por sismos y la propuesta de una lista de verificación, posteriormente se debe tabular los resultados obtenidos y aplicar un modelo matemático para estimar daños y aproximar pérdidas materiales estructurales.

Los desastres naturales ocasionan daños intensos a las comunidades y requieren que los servicios básicos continúen operando. Una edificación no debe estar en mal estado pues puede colapsar.

Es importante tener un dato aproximado y saber a cuánto asciende la pérdida material estructural para determinar en cuanto se puede reparar dicha estructura y así volverla nuevamente funcional, segura y habitable. El fin es proteger la vida y bienestar de la familia de dicho lugar.

Esta es una guía rápida y de bajo costo, que puede ser aplicada fácilmente para la evaluación de la seguridad estructural en una edificación frente al impacto de un desastre natural. En la presente guía se explica cada uno de los pasos para la aplicación, satisfactoria, de la lista de verificación que conduce a la obtención del resultado; por lo cual es un documento de consulta básico y que evalúa la seguridad estructural frente a desastres. Con dicha guía también se puede estimar, el estado aproximado de la estructura y así confirmar o descartar la presencia de riesgos inminentes.



# **1. AMENAZAS NATURALES**

## **1.1. Generalidades**

Es inevitable, estar sujeto a amenazas producidas por fenómenos naturales que son adversos a la vida, la seguridad del hombre y a su edificación. Estos fenómenos, que conllevan peligro pueden ser atmosféricos; hidrológicos; volcánicos; geológicos y sísmicos.

Las amenazas producidas por los fenómenos atmosféricos incluyen: huracanes, tornados, tormentas tropicales, incendios y granizo. Todos ellos están caracterizados por masas de aire que se mueven a grandes velocidades y causan daño por el impacto en las estructuras, así como por objetos que vuelan como consecuencia del viento. A veces están acompañados por fuertes precipitaciones pluviales, que pueden durar varios días, provocando la saturación y la pérdida de cohesión de los suelos, inundaciones y derrumbes, entre otros.

Las amenazas producidas por los fenómenos hidrológicos incluyen inundaciones, que son causadas por el desbordamiento de ríos por una excesiva escorrentía. Estas son consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales, erosión, sedimentación, salinización, sequías y olas ciclónicas (elevación anormal del nivel del mar, asociado con huracanes y otras tormentas).

Las amenazas, producidas por fenómenos volcánicos, incluyen tefra (lanzamiento de cenizas), gases tóxicos, flujo de lava y fangos, explosiones y

flujos piro plásticos. Los fenómenos volcánicos se derivan de dos clases de erupciones: las explosivas, que se originan por la rápida disolución y expansión del gas desprendido por las rocas fundidas y que imponen una amenaza al desparramar bloques y fragmentos de roca y lava. La segunda son las erupciones efusivas cuya mayor amenaza es el flujo de materiales de diversa naturaleza (fango, ceniza, lava) y cuya acción está determinada por la gravedad, topografía y viscosidad del material.

Los fenómenos geológicos e hidrológicos incluyen avalanchas, suelos expansivos, deslizamientos, desprendimientos de roca, deslizamientos submarinos y hundimientos de tierra. Tales fenómenos pueden originarse por un incremento en la humedad del suelo, provocando pérdida de cohesión y mayor lubricación, aumentando el peso de material. Algunos de estos fenómenos también pueden ser activados por sismos y erupciones volcánicas.

Los fenómenos sísmicos, cuya ocurrencia está ligada a la conformación de la corteza terrestre y al movimiento de las placas tectónicas, son los que presentan mayor interés para el presente trabajo, por lo que son tratados detalladamente.

## **1.2. Fenómenos sísmicos**

Entre los fenómenos de origen sísmico están los temblores de tierra, los movimientos en las fallas, dispersiones laterales, licuefacción y los *tsunamis* (confundidos con maremotos). Estos fenómenos se caracterizan por un rápido inicio, impacto geográfico limitado, falta de predictibilidad y gran poder destructivo.

Los temblores de tierra son la vibración producida por la liberación de energía acumulada en las placas tectónicas o por la actividad volcánica.

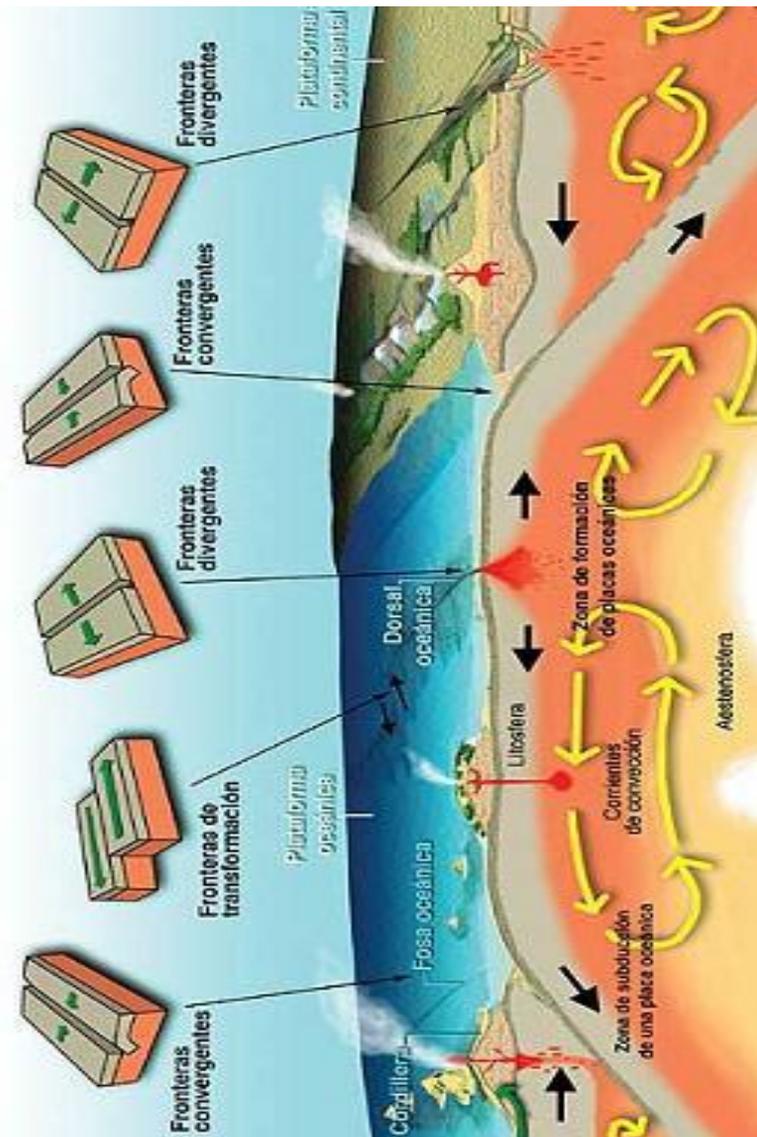
Las dispersiones laterales y la licuefacción son producidas por la saturación de suelos poco consolidados, en combinación con una vibración del suelo. Aún con topografías suaves pueden llegar a producirse a grandes distancias del origen de un sismo.

### **1.2.1. Causas de los sismos**

La teoría más confiable de las causas de los sismos es la de las placas tectónicas, esta señala que la tierra está cubierta por varias placas que interactúan unas con otras.

Las placas tectónicas duras (litósfera) se asientan en una relativamente suave (astenósfera) y se mueven como cuerpos rígidos (figura 1).

Figura 1. **Modelo de placas tectónicas**



Fuente: *Movimiento de placas tectónicas.*

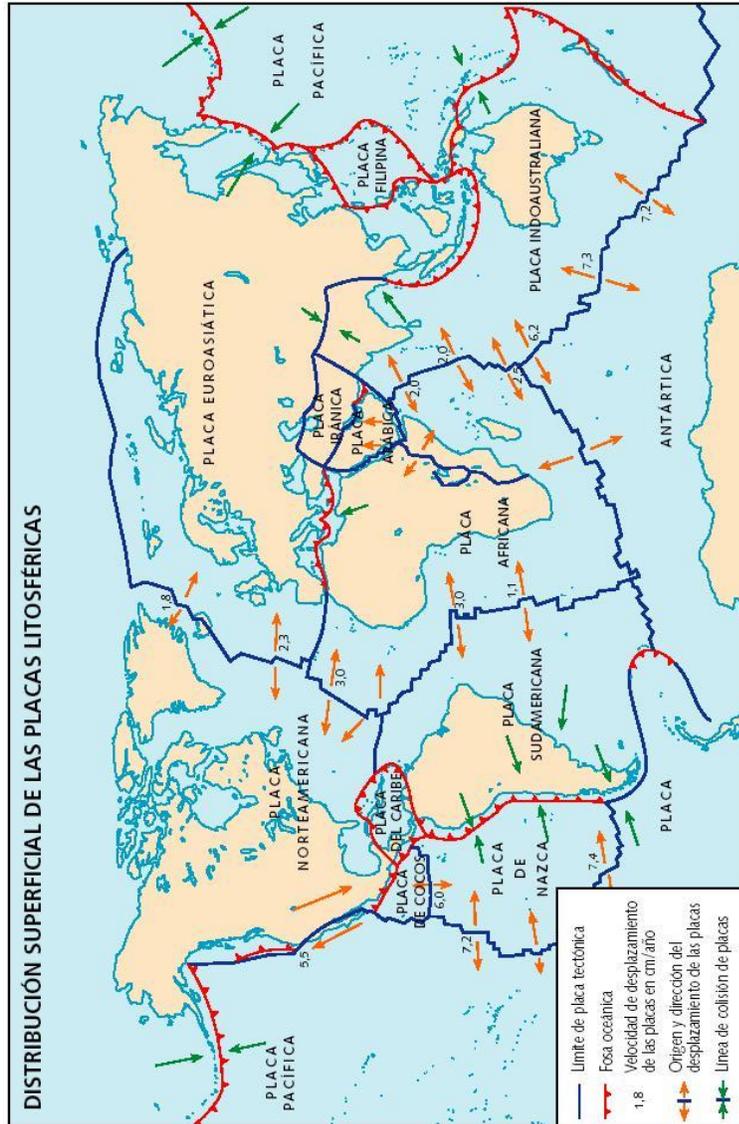
<http://www.blogodisea.com/geofisica-y-movimientos-de-las-placas-tectonicas.html>.

Consulta: 15 de agosto de 2014.

En los límites de las placas existen las cordilleras Mezoceánicas, donde aflora el magma hacia la superficie terrestre, que al enfriarse incrementa la placa, expandiéndose horizontalmente. Las placas tectónicas se cruzan en las fallas de transformación, donde se provoca el deslizamiento entre ellas o se absorben de regreso al manto interno. A menudo los sismos se generan en las zonas de transformación, provocados por el deslizamiento de una placa contra otra o por el deslizamiento por subducción.

Otro límite de las placas son los denominados arcos de islas (figura 2) es decir una cadena de islas formando un arco cercano a la unión de dos placas. Un arco de islas presenta un alto potencial de sismicidad e incluye uno o varios volcanes a lo largo de su eje.

Figura 2. Mapa de placas tectónicas del mundo



Fuente: *Distribución superficial de las placas litosféricas.*

[http://1.bp.blogspot.com/\\_1R9\\_V4gR08U/TTVdtFi9UfI/AAAAAAAAAHA/HNygx71bbOI/s1600/placas\\_tectonicas.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_1R9_V4gR08U/TTVdtFi9UfI/AAAAAAAAAHA/HNygx71bbOI/s1600/placas_tectonicas.jpg).

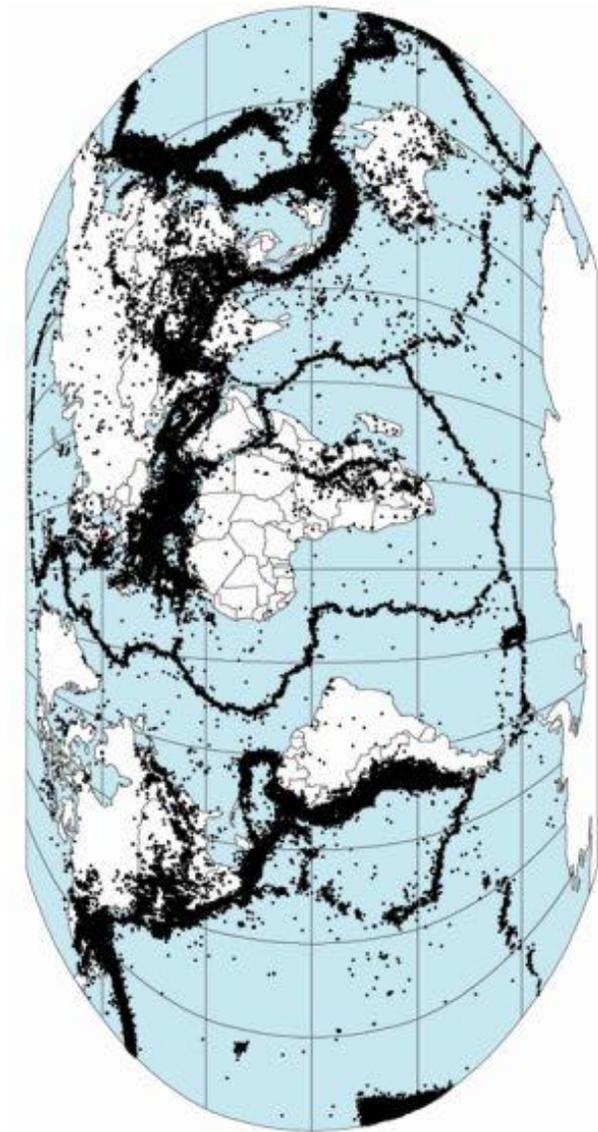
Consulta: 15 de agosto de 2014.

En los arcos de islas, los sismos se generan por el deslizamiento de una placa hacia debajo de otra (subducción). En los costados del océano Pacífico, en Centroamérica y Suramérica no se presentan islas, sin embargo, se tratan como arcos de islas debido a que todas sus características son iguales a estos.

Los límites, de las diferentes placas tectónicas de la corteza terrestre, así como las zonas de subducción y de diseminación, se ven ilustradas en la figura 2. Los sismos, con grandes magnitudes ocurridos en el presente siglo, se han localizado en los alrededores de las zonas de contacto entre placas, según se aprecia en la figura 3.

En la figura 4, se ilustra un esquema de las placas tectónicas, la dirección del movimiento relativo entre ellas y la sismicidad en las áreas de contacto de placas, para la región de Centroamérica y el Caribe.

Figura 3. **Mapa sísmico del mundo**

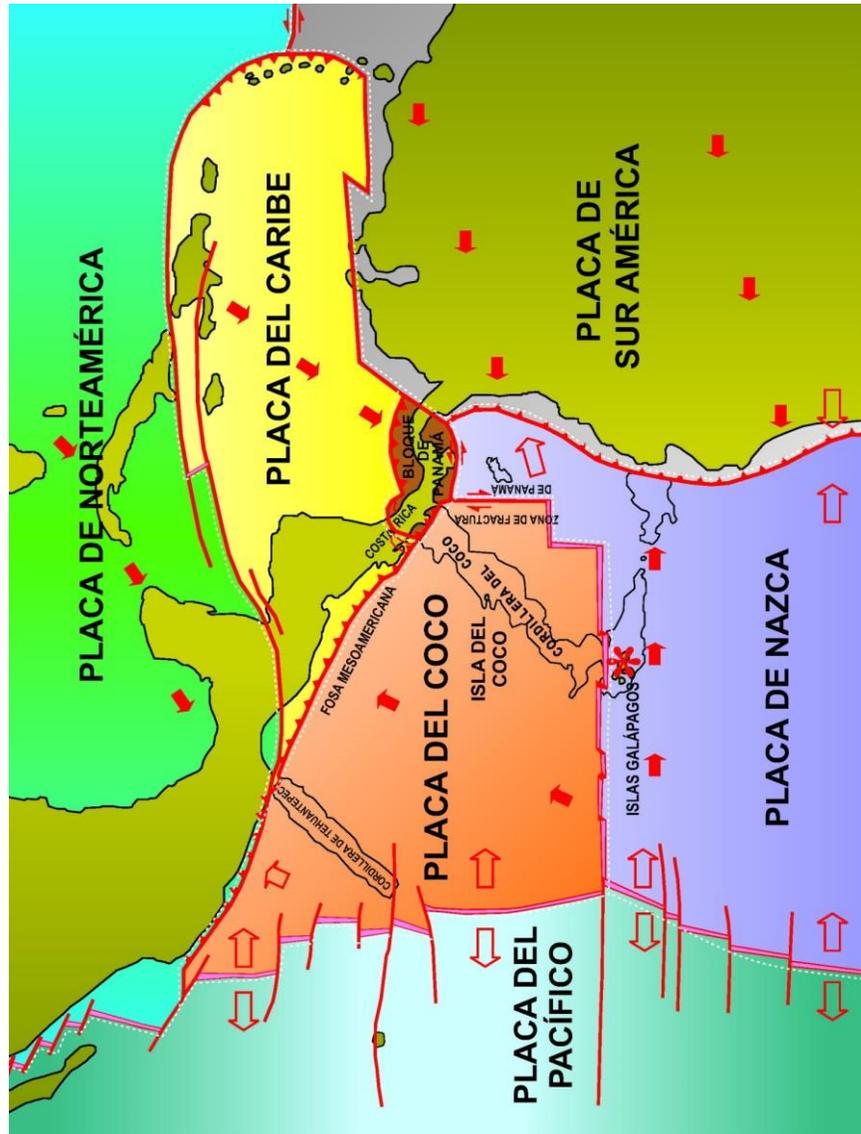


Fuente: *Distribución de terremotos en el mundo.*

<http://jblueplanet.blogspot.com/2012/03/mapas-de-riesgo-sismico.html#.VDw7k2ddWjY>.

Consulta: 18 de agosto de 2014.

Figura 4. Conjunto de placas tectónicas en Centroamérica



Fuente: DIAZ, Iliana. *Sabes que causas o factores producen sismos en nuestro país.*  
<http://universidaddepanama.info/noticias/reportajes/5328-sabes-que-causas-o-factores-producen-sismos-en-nuestro-pais.html>.

Consulta: 20 de agosto de 2014.

### **1.2.2. Epicentro e hipocentro**

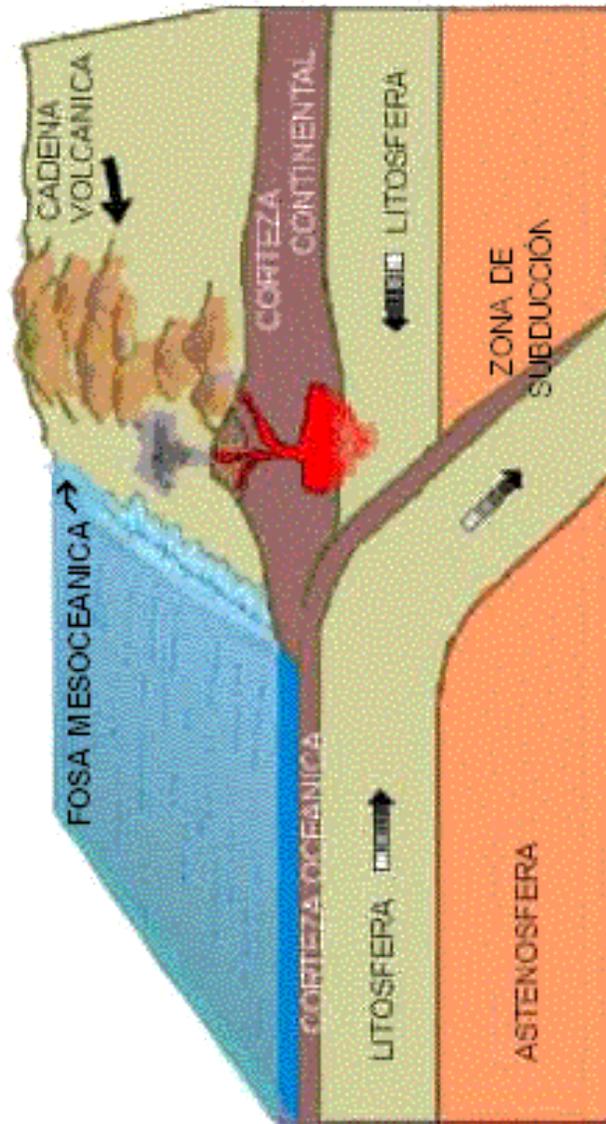
El punto de origen de un sismo, donde se inicia la ruptura y se originan las ondas sísmicas, es el hipocentro; se le conoce también como foco o centro.

El epicentro es el punto sobre la superficie de la tierra proyectado verticalmente desde el hipocentro.

La acción sísmica se propaga desde el foco, a través de una región del cuerpo terrestre circunvecino, llamada región focal. Mientras mayor es el sismo, más grande es la región focal.

Dependiendo de la profundidad del foco, los sismos se clasifican como poco profundos (menos de 70 km); intermedios (de 70 a 300 km) y profundos (de 300 km en adelante). Ver figura 5.

Figura 5. Focos en zonas de subducción



Fuente: *Origen del vulcanismo en El Salvador.*

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/paginas/origen.htm>.

Consulta: 10 de septiembre de 2014.

### **1.2.3. Ondas sísmicas**

Existen dos clases de ondas sísmicas: la onda de cuerpo y la onda de superficie, las cuales viajan en el cuerpo terrestre desde el hipocentro o foco.

La onda de cuerpo se propaga de manera continua es a la vez una onda P y una onda S. La onda P, llamada onda longitudinal o compresiva, se propaga en la misma dirección que su propia vibración, viajando más rápido que la onda S. La onda S, llamada onda transversal o de corte, se propaga en dirección perpendicular a su vibración.

La onda de superficie se propaga en la superficie de la tierra y se manifiesta en sismos poco profundos. Se clasifica en: las ondas L (ondas Love) y las ondas R (ondas de Rayleigh). Las ondas L ocurren en formaciones estratificadas y tienen una vibración en un plano paralelo a la superficie de la tierra y perpendicular a la dirección de propagación de la onda. La onda R vibra en un plano perpendicular a la superficie de la tierra y presenta un movimiento elíptico.

La diferencia de velocidad de las ondas mencionadas se utilizan para determinar la ubicación del epicentro y la profundidad del foco.

### **1.3. Medición de los sismos**

El registro de un sismo intenso consta de dos componentes horizontales: norte-sur, este-oeste y una componente vertical.

La forma y tamaño de una onda sísmica depende no solo del mecanismo del temblor, sino también de la geología, la trayectoria de propagación, las condiciones locales y otros factores.

La experiencia muestra que la amplitud de la onda se ve modificada por las características del subsuelo, que a su vez tiene un período de vibración. Este periodo afecta en mayor grado a estructuras, con períodos de vibración similares, debido a la posibilidad de entrar en resonancia. Las características de las ondas y la vibración del suelo se pueden determinar mediante el uso de equipos especiales, entre los que están el sismógrafo y el acelerógrafo.

El principio en el cual se basa el sismógrafo es que el movimiento del terreno, se mide por el registro de las vibraciones, de un péndulo simple suspendido a un punto fijo. Los sismógrafos pueden ser de desplazamiento, velocidad y aceleración.

El acelerógrafo contiene un registrador de movimientos, que normalmente está en reposo con el suelo, hasta que la aceleración del terreno excede un valor preestablecido, es allí cuando se activa el medidor obteniendo el registro del sismo.

### **1.3.1. Escalas de los sismos**

Para dimensionar los sismos se utilizan los conceptos de intensidad y magnitud.

La intensidad indica la violencia del movimiento terrestre. La escala de intensidad se basa en los efectos observados en personas u objetos

inanimados. La intensidad varía según el tipo de terreno, distancia al epicentro y el tipo de construcción en el área.

La magnitud se refiere a la energía total liberada en la fuente de la perturbación sísmica. Para cada sismo solo hay una magnitud.

Actualmente las escalas más empleadas son: la de Mercalli Modificada (MM), que se basa en la intensidad de los sismos; y la de Richter basada en la magnitud del sismo.

La escala de Mercalli Modificada, fue, originalmente, planteada por Mercalli y después modificada por Harry O. Wood y Frank Newman. Los grados de intensidad se representan por los números romanos de I a XII, que se asignan de la siguiente forma:

- Grado I: detectado, solo por instrumentos o por muy pocas personas, en condiciones especialmente favorables.
- Grado II: sentido por muy pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de las edificaciones.
- Grado III: percibido claramente dentro de una edificación, especialmente en los pisos altos, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente como en la vibración originada por el paso de un vehículo pesado. Duración estimable.
- Grado IV: sismo ocurrido durante el día en donde muchas personas lo perciben en interiores y muy pocas personas en exteriores. Por la noche

algunas personas despiertan por la vibración en vajillas, vidrios de ventanas y puertas, los muros crujen. Además de la sensación como de un vehículo pesado chocando contra una edificación, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.

- Grado V: detectado por la mayoría de personas, muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, entre otros, se rompen. Pocos casos de agrietamiento en recubrimiento, objetos inestables caen. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Los relojes de péndulo se detienen.
- Grado VI: alcanzado por las personas, se atemorizan y muchas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio. Ocurren pocos ejemplos de caída de recubrimiento o daños en chimeneas. Los daños son ligeros.
- Grado VII: advertido por todos. La gente huye hacia el exterior. El daño moderado, sin importancia, ocurre en estructuras de buen diseño y construcción. Los daños ligeros son en estructuras ordinarias bien construidas, los daños considerables están en las débiles y mal planeadas incluso hay ruptura de algunas chimeneas. Es también apreciado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
- Grado VIII: daños ligeros en estructuras de diseño especialmente favorable. Hay daños considerables en edificaciones ordinarias con derrumbe parcial, daños notorios en estructuras débilmente construidas. Los muros se salen de sus marcos y produce caída de chimeneas, productos apilados en los almacenes, columnas, monumentos y muros.

Los muebles pesados se vuelcan. Ocasiona cambio en el nivel del agua de los pozos y las personas pierden el control de los vehículos de motor.

- Grado IX: daño considerable en estructuras adecuadas, los marcos de dichas estructuras se desploman y produce grandes daños en las edificaciones sólidas, con derrumbe parcial. Las edificaciones salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen. El pánico general se hace presente.
- Grado X: destrucción de algunas estructuras de madera construidas sólidamente. La mayor parte de las estructuras de mampostería y marcos se destruyen incluyendo los cimientos, y agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se desvían. Se advierten considerables deslizamientos en los márgenes de los ríos y pendientes fuertes, incluso invade el agua de los ríos sobre sus márgenes.
- Grado XI: casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Los puentes acaban destruidos, aparecen anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Emergen hundimientos y derrumbes en los terrenos suaves. Gran torsión de vías férreas.
- Grado XII: destrucción total de edificaciones, ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Los objetos son lanzados al aire causando daños, brota la catástrofe.
- La escala de Richter indica la magnitud del sismo y es instrumental. Esta se basa en amplitudes máximas medidas; en una escala abierta, lo que significa que no tiene límites en sus medidas. El sismo más grande que

se ha registrado con esta escala es el terremoto de Alaska en 1975, con magnitud de 9,1 grados Richter.

Los grados de magnitud se asignan dependiendo de la cantidad de energía liberada, como la medida en millones de ergios, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla I. **Magnitud de sismos y terremotos**

Magnitud	Energía liberada (millones de ergios)	Equivalencia
1	$2,0 \times 10^8$	No se advierten.
2	$6,0 \times 10^9$	Sentido por algunas personas.
3	$2,0 \times 10^{11}$	Son los más pequeños, comúnmente sentidos.
4	$6,0 \times 10^{12}$	Ondas sísmicas provocadas por 1 000 toneladas de explosivos.
5	$2,0 \times 10^{14}$	Terremoto de Pochuta en 1991 de magnitud 5,3.
6	$6,0 \times 10^{15}$	Terremoto de gran magnitud.
7	$2,0 \times 10^{17}$	Terremoto de Guatemala de 1976 magnitud 7,5.
8	$6,0 \times 10^{18}$	Terremoto de Guatemala de 1942 de magnitud 8,3.
9	$2,0 \times 10^{20}$	Terremoto de Alaska en 1975 de magnitud 9,1.

Fuente: *Medición de los sismos.*

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril-Mayo2005/CD1/pdf/spa/doc13077/doc13077-a2.pdf>.

Consulta: 25 de septiembre de 2014.

#### **1.4. Zonas geológicas y principales fallas en Guatemala**

El país está ubicado en una zona considerada altamente sísmica, debido a que se deforma por desplazamientos relativos de las placas del Caribe, de Norteamérica y de Cocos.

El desplazamiento de la placa del Caribe y la placa de Norteamérica es una de las principales fuentes de sismicidad en el país, de igual manera en el área del Pacífico. Esto debido al desplazamiento de la corteza oceánica del Pacífico y el área continental que forman la fosa mesoamericana, paralela a la costa. Debido a ello, Guatemala tiene en su historia una gran cantidad de eventos sísmicos de gran magnitud y frecuencia, así como actividad volcánica.

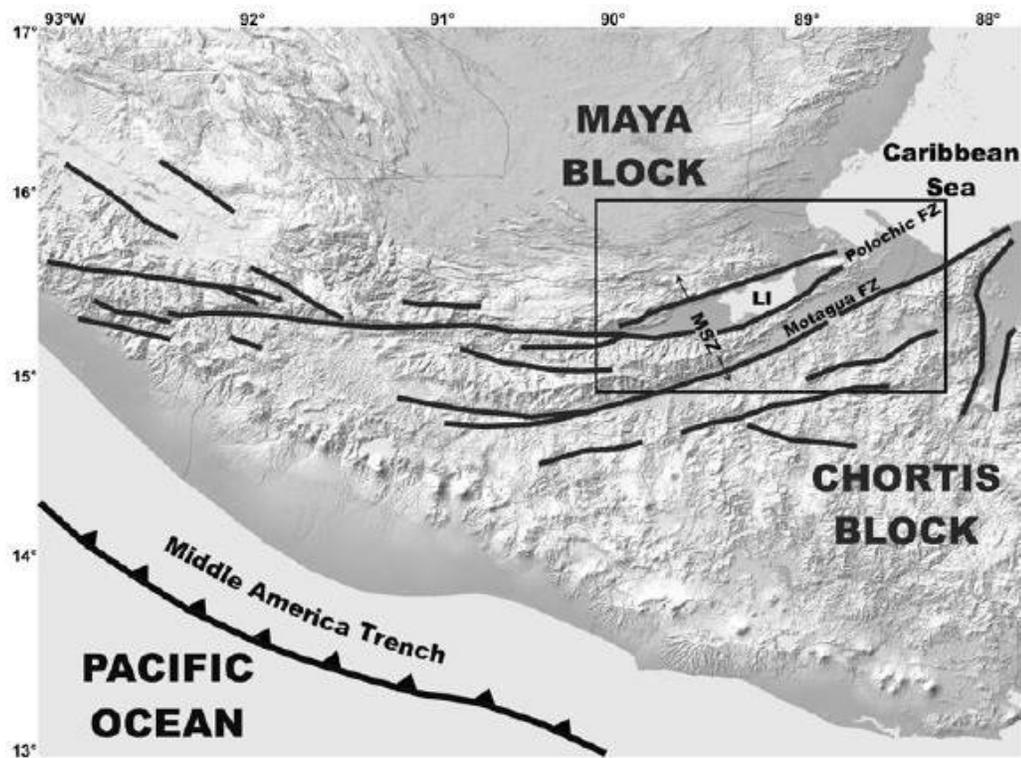
Una falla activa importante es la falla del río Motagua, con desplazamiento lateral izquierdo, que presentó ruptura durante el terremoto del 4 de febrero de 1976. Otra falla activa importante es la del río Chixoy-Polochic, con aspectos similares a la falla del río Motagua. Ambas fallas comprenden el límite entre las placas del Caribe y de Norteamérica. En el límite de las placas de Cocos y del Caribe existe otra falla debido al movimiento de subducción entre ellas.

Actualmente existen varios mapas que presentan información geológica incluyendo tipos de suelo, con ubicación de las fallas principales y secundarias conocidas. Uno de ellos es el elaborado por el Instituto Geográfico Militar.

También contiene planos, donde se indica la distribución de intensidades e isosistas del terremoto del 4 de febrero de 1976, que dan una clara idea de la distribución de intensidades en áreas cercanas a las fallas donde se produjo el sismo.

En la figura 6 se muestra el tipo de suelo en la región del río Motagua. En la figura 7 se observan las fallas principales y secundarias conocidas entre las placas de Norteamérica, Caribe y Cocos, en Guatemala.

Figura 6. **Mapa simplificado de la geología del valle del río Motagua y áreas adyacentes**



Fuente: *Geofísica internacional*.

<http://www.scielo.org.mx/img/revistas/geoint/v48n3/a2f1.jpg>.

Consulta: 25 de septiembre de 2014.

Figura 7. Fallas en los límites de las placas



Fuente: *Geofísica internacional*.

<http://www.scielo.org.mx/img/revistas/geoint/v51n2/a6f2.jpg>.

Consulta: 28 de septiembre de 2014.

En Guatemala han ocurrido numerosos terremotos destructores, pero no se han obtenido registros significativos de movimientos fuertes. El más destructor desde 1917 ocurrió el 4 de febrero de 1976. No se obtuvo ningún registro gráfico del terremoto de 7,5 grados escala Richter, ya que el escaso equipo existente falló en los momentos en que ocurrió el evento.

Un continuado refinamiento de la localización de los terremotos ocurridos en el pasado, la identificación de las fallas activas y estudios geológicos y sismológicos detallados en estas fallas, nos proporcionan una información más precisa con relación a las fuentes e intervalos de ocurrencia de terremotos destructivos.

Con base en la historia sísmica del país se presenta la tabla II, la probabilidad de que ocurra un evento de intensidad definida, en cada departamento.

Tabla II. **Distribución geográfica de las máximas intensidades sísmicas en Guatemala**

Departamento	Máxima intensidad sísmica*				
	VI	VII	VIII	IX	X
Alta Verapaz	X	X	X		
Baja Verapaz		X	X		
Chimaltenango		X	X		
Chiquimula		X	X		
El Petén	X				
El Progreso		X	X	X	
El Quiché	X	X	X		
Escuintla		X	X		
Guatemala			X	X	X
Huehuetenango			X	X	X
Izabal		X	X		
Jalapa	X	X			
Jutiapa		X	X		
Quetzaltenango			X	X	X
Retalhuleu			X	X	
Sacatepéquez			X		
San Marcos				X	X
Santa Rosa			X	X	X
Sololá		X	X		
Suchitepéquez		X	X		
Totonicapán			X	X	
Zacapa		X	X		

\* Escala de intensidad de Mercalli Modificada.

Fuente: *Zonas geológicas y principales fallas en Guatemala.*

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril-Mayo2005/CD1/pdf/spa/doc13077/doc13077-a2.pdf>.

Consulta: 28 de septiembre de 2014.



## **2. PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD Y DAÑOS EN ESTRUCTURAS**

### **2.1. Aspectos conceptuales de la reducción de riesgos**

Casi todas las comunidades son vulnerables a una amplia variedad de fenómenos adversos, tanto de origen natural como provocados por la actividad humana. Algunos de ellos son huracanes, inundaciones, terremotos, incendios forestales, sequías, erupciones volcánicas, accidentes químicos, atentados terroristas y brotes epidémicos, entre otros.

Todos estos eventos adversos causan una interrupción de la vida cotidiana de una comunidad y producen una serie de efectos humanos y materiales: edificaciones destruidas, aislamiento de la comunidad, pérdida de servicios básicos, desaparecidos, heridos y muertos.

Los desastres no son naturales. El riesgo de desastre, que es la probabilidad de que se presenten daños que superan la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, está en función de la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza, la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, interactúa con la vulnerabilidad que, a su vez corresponde al grado de predisposición o susceptibilidad que tiene la comunidad de ser dañada por la amenaza. La amenaza puede ser de origen natural o de la actividad humana, a través de la planificación, construcción y desarrollo de asentamientos humanos con mayor o menor resistencia frente a las amenazas que se presentan en el área geográfica, donde se encuentra ubicada la comunidad.

La extensión y gravedad de los daños de un evento adverso es inversamente proporcional al grado de resistencia de una comunidad. Mientras mayor sea la resistencia, menores daños habría y viceversa. Finalmente, la capacidad de respuesta para enfrentar dichos daños determina si un evento adverso constituye una emergencia o un desastre.

Por lo tanto, la probabilidad de daños y la capacidad de respuesta están determinadas por la actividad humana. Entre los principales factores que influyen el riesgo de emergencias y desastres se encuentran: la vulnerabilidad humana, expresada principalmente en los niveles de pobreza y desigualdad social, por ejemplo: el rápido crecimiento de la población, principalmente quienes no tienen condiciones adecuadas que se ubican en zonas con variadas amenazas naturales; como lechos y riveras de ríos y laderas, entre otros. La creciente degradación ambiental, en particular, la relacionada con el mal uso de la tierra y su impacto en el cambio climático, y la falta de planificación y alerta temprana son otros factores.

Los desastres, por lo tanto, sí “respetan” fronteras y condiciones sociales. Los desastres ocasionan proporcionalmente más daño a los países en vías de desarrollo y a las comunidades con menos recursos. Los huracanes podrían impactar dos países o comunidades con la misma magnitud de vientos y generar lluvias torrenciales de las mismas características; sin embargo, los daños a la vida, infraestructura, servicios de salud y otros, suelen ser muy diferentes, pues son directamente proporcionales al grado de vulnerabilidad de las poblaciones.

## **2.2. Factores que hacen vulnerable una estructura**

La resistencia de las estructuras sujetas a sismos está influida por su diseño arquitectónico y su configuración, es decir, el tamaño, naturaleza y localización de sus elementos resistentes y de aquellos no estructurales, que afectarán directamente su respuesta ante un sismo.

Diseños asimétricos, o con discontinuidades de rigidez tanto en planta como en elevación, pueden hacer que la estructura se comporte de un modo inadecuado, ocasionando fallas e incremento de la vulnerabilidad de esas edificación. A continuación se presentan algunas de las configuraciones más comunes con relación a las irregularidades mencionadas anteriormente.

### **2.2.1. Irregularidades en planta**

- Estructuras con esquinas interiores

Edificaciones con planta en forma de L, C, H, T o una combinación de estas, (ver figura 8), plantean dos problemas: tienden a producir variaciones de rigidez, provocando concentración local de esfuerzos en la esquina entrante y al mismo tiempo, provocan torsión al no coincidir el centro de masa de la edificación con el centro de rigidez. Los daños se producen, generalmente, en las proximidades de la arista interior (unión de las alas).

Figura 8. **Ejemplos de plantas de edificación con esquinas interiores**

The image displays four distinct 3D wireframe models of building floor plans, each featuring internal corners. The models are arranged in a 2x2 grid. The top-left model is a simple U-shaped structure. The top-right model is a more complex U-shape with a smaller rectangular protrusion on the inner side of the top arm. The bottom-left model is a Z-shaped structure with a protrusion on the left side and a notch on the right side. The bottom-right model is a T-shaped structure with a protrusion on the right side of the top arm.

Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 1. p. 20.

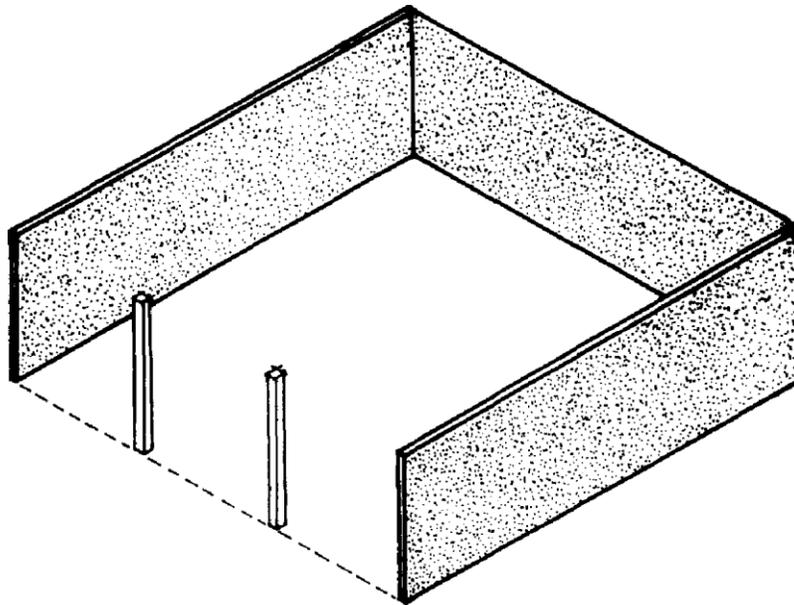
26

- Estructuras con fachadas abiertas

Estas construcciones son usuales en almacenes, bodegas y estaciones de bomberos. La variación de resistencia y rigidez en el perímetro produce torsión y la estructura tiende a rotar, con posibilidad de causar daños en la parte débil de la estructura.

La figura 9, muestra una estructura con muros en tres de los cuatro lados y columnas (espacio libre y ventanerías) en el lado restante, las cuales posiblemente serán castigadas en mayor grado por un sismo, por lo que se recomienda observarlas.

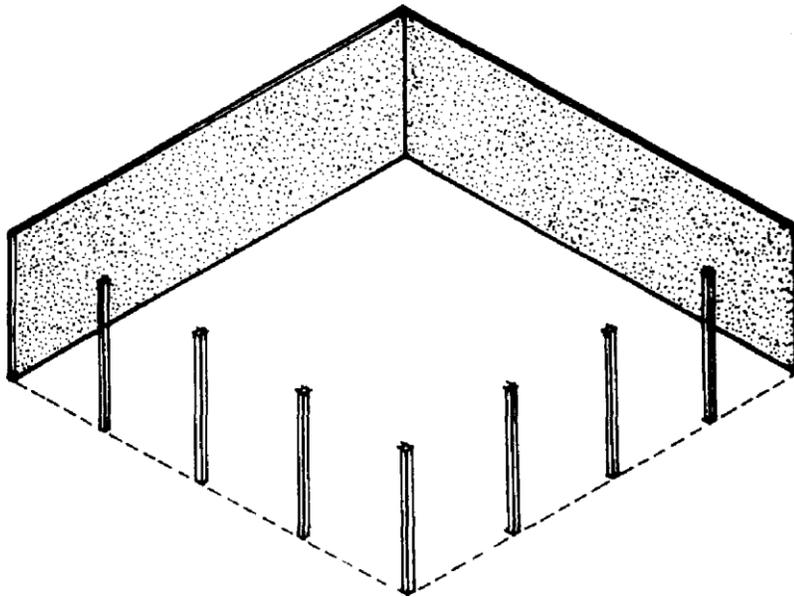
Figura 9. **Estructura con un lado abierto (débil)**



Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 210.

La figura 10 muestra una estructura con muros en dos lados contiguos y los otros dos con columnas (espacio libre y ventanerías), por lo que también es recomendable observarlos.

Figura 10. **Estructura con dos lados abiertos (débiles) contiguos**

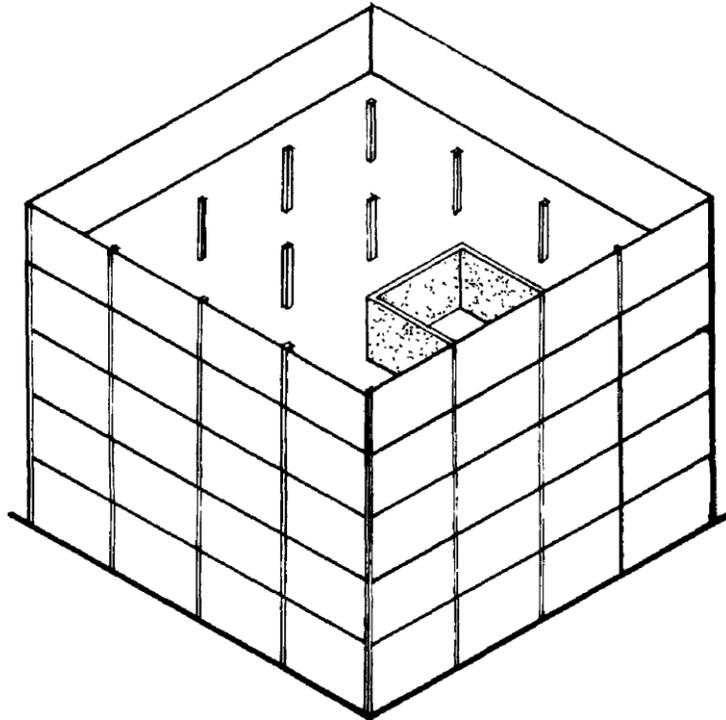


Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 210.

- Estructuras de marcos con muros cortantes y falsa simetría

Núcleos de gradas y elevadores construidos en puntos asimétricos, en relación con la simetría de la estructura, producen grandes fuerzas de torsión las cuales pueden causar daños en la unión del diafragma con el núcleo y en las partes más lejanas al núcleo (ver figura 11).

Figura 11. **Edificación de falsa simetría, debido a un núcleo de muros de corte**



Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 210.

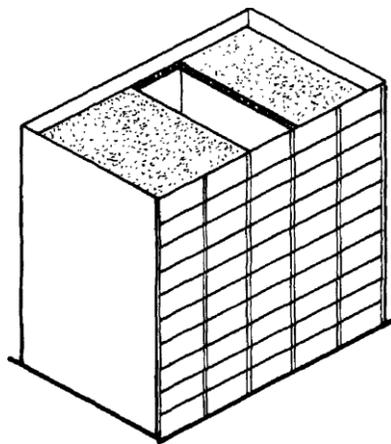
- Diafragmas con aberturas

En los diafragmas que poseen grandes aberturas se debilita la capacidad del diafragma e interrumpen la distribución de carga a elementos resistentes verticales (ver figuras 12 y 13).

Las aberturas reducen la capacidad no solo por el cambio de sección, menor cantidad de material resistente, sino por la torsión que se pueda producir por la excentricidad, debido a la asimetría en la posición o forma de las aberturas.

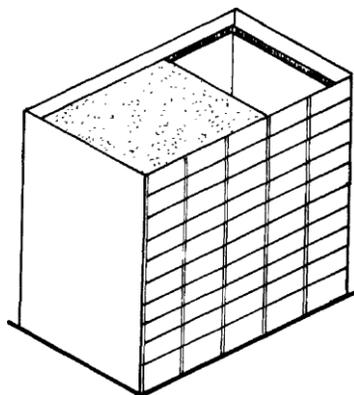
Por la menor sección se pueden manifestar los daños en los puntos adyacentes al cambio de sección. Por la excentricidad, los daños se manifiestan en sectores opuestos y más lejanos a los elementos que la producen.

Figura 12. **Abertura con forma y ubicación simétrica en un diafragma horizontal**



Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 214.

Figura 13. **Abertura con forma simétrica y ubicación asimétrica en un diafragma horizontal**

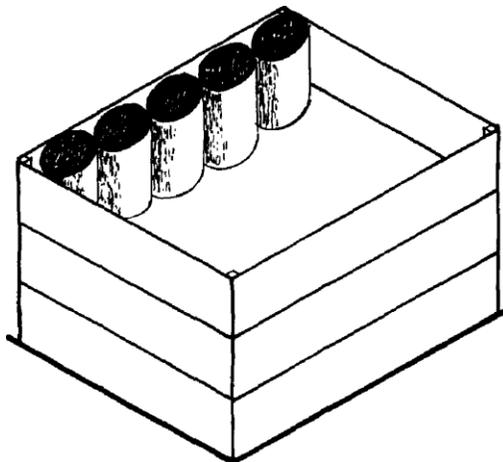


Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 214.

- Falsa simetría en la distribución de masas

Las masas excéntricas situadas en algún lugar de la edificación, tales como tanques de agua o cualquier material pesado colocado sobre la estructura asimétricamente. Esto puede provocar problemas de torsión, que frecuentemente se manifiesta en los elementos perimetrales de la estructura (ver figura 14).

Figura 14. **Masas colocadas asimétricamente provocan excentricidad en la estructura**



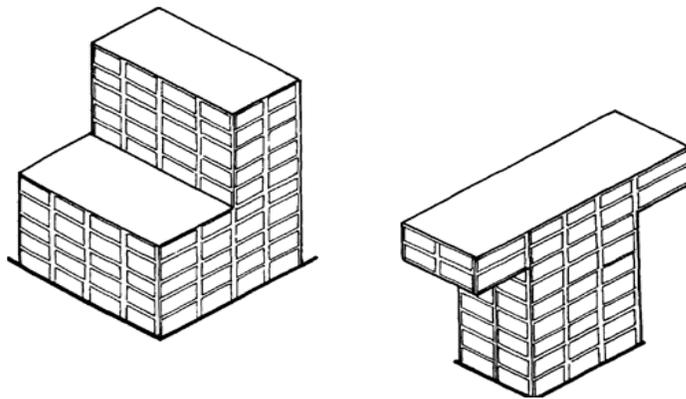
Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 210.

### **2.2.2. Irregularidades en elevación**

Estas estructuras presentan algunos problemas, tales como el cambio abrupto de resistencia y rigidez, produciendo concentración de esfuerzos y grandes fuerzas en el diafragma superior. Además, presentan diferentes periodos de vibración para distintas partes de la edificación. Todo lo anterior se

manifiesta con posibles daños en los puntos donde se da el cambio brusco de sección vertical (ver figura 15).

Figura 15. **Estructuras con cambios bruscos en elevación**

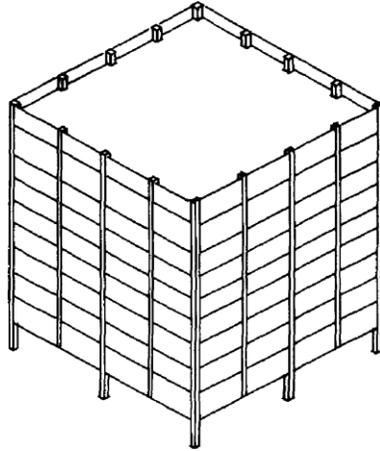


Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 212.

- Estructuras con planta baja abierta o grandes espacios en cualquier piso

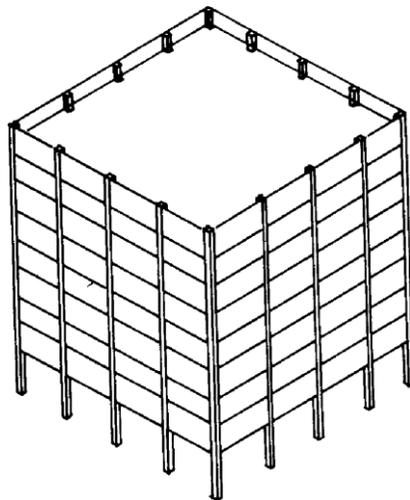
El llamado piso débil causa problemas de discontinuidad de resistencia y rigidez. Las deformaciones tienden a concentrarse en el punto de discontinuidad y el piso experimentará altos esfuerzos y posibles daños mayores (ver figuras 16 y 17).

Figura 16. **Edificación con menor número de columnas en el primer nivel o piso débil**



Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 212.

Figura 17. **Edificación con columnas más largas en el primer nivel o piso débil**

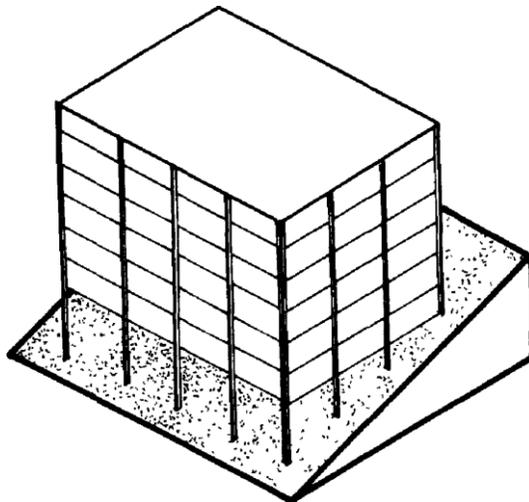


Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 212.

- Estructura con columnas de rigidez variable en un mismo nivel

Cuando se tienen edificaciones de marcos construidos en laderas, rellenos o edificaciones con cielo, a diferentes alturas en un mismo piso, por ejemplo un entrepiso discontinuo, puede variar la rigidez relativa de las columnas, ocasionando que las columnas más cortas tengan más carga y sea donde se localice posiblemente un mayor daño (ver figura 18).

Figura 18. **Edificación construida en una ladera con columnas de diferente altura en el primer nivel**



Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 212.

- Estructuras con muros de cortante con grandes aberturas

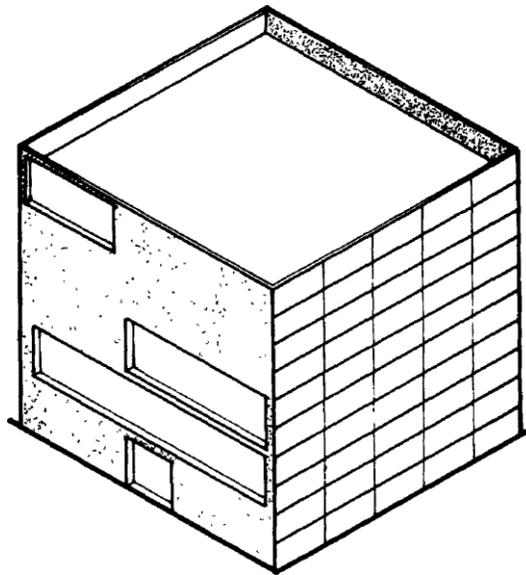
Estas pueden comportarse como marcos produciendo áreas localizadas de debilidad y posible falla en las partes más esbeltas.

Los muros de cortante acoplados son otro ejemplo de configuraciones vulnerables. Los problemas que presentarán serán por flexión en las vigas de

acoplamiento, especialmente si los muros son altos y esbeltos, en cuyo caso la falla ocurriría en la viga.

En la figura 19 se puede apreciar el esquema de una edificación con un muro de corte, tiene varias aberturas de diferentes tamaños.

Figura 19. **Edificación con aberturas de diferente tamaño en el muro de corte**

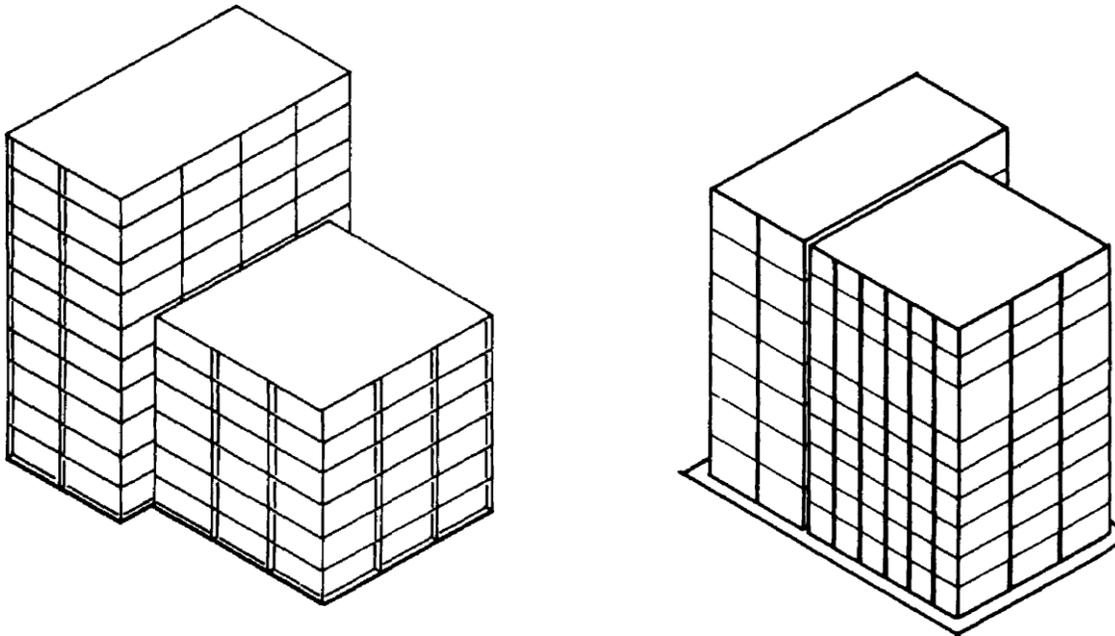


Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 214.

- Estructuras colindantes

El problema de edificaciones adyacentes, o de dos partes de una misma edificación, es que puedan golpearse entre sí durante un sismo. Los daños dependerán del periodo de vibración, altura, desplazamiento lateral y distancia entre las edificaciones. Los daños se manifiestan en los puntos de contacto (ver figura 20).

Figura 20. **Estructuras adyacentes**



Fuente: *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*, volumen 2. p. 214.

### **2.3. Tipos de daños**

Toda estructura debe asegurar un comportamiento adecuado bajo las cargas que serán impuestas a ella, tanto gravitacionales como sísmicas, también debe poseer una resistencia adecuada para soportar las cargas, rigidez para exhibir deformaciones tolerables y estabilidad al ser sometida a fuerzas verticales y horizontales.

Las estructuras sujetas a movimientos sísmicos pueden sufrir daños en los elementos que las componen conocidos como daños estructurales, o bien ocasionar daños en elementos no estructurales, tales como elementos arquitectónicos, sistemas eléctricos y mecánicos e instalaciones sanitarias, entre otras.

Una evaluación después del sismo, pretende determinar el grado de seguridad que la estructura presenta ante la posibilidad de nuevos eventos sísmicos. Toma en cuenta el riesgo que representan posibles daños en elementos no estructurales o en el sistema estructural propiamente dicho.

Toda edificación debe tener un sistema estructural que soporte las cargas verticales incluyendo cargas de operación y funcionamiento, y un sistema de soporte para cargas laterales. Para considerar que una estructura es segura, ambos sistemas deben funcionar de manera correcta, es decir, que no presenten daños que presenten peligro el funcionamiento adecuado de la edificación.

### **2.3.1. Daños estructurales**

Son los que afectan la estabilidad y la resistencia de la estructura; pueden ser menores, moderados y mayores.

- Daños menores

Son daños que no implican debilitamiento significativo del elemento; generalmente no necesitan reparación. Por ejemplo: pequeñas fisuras, cortas y muy delgadas.

- Daños moderados

Son daños, significativos que han afectado la resistencia y/o la estabilidad del elemento si se dan en forma aislada en algún elemento la estructura total puede no ser peligrosa en cambio sí ocurre en forma generalizada, la estructura debe repararse globalmente.

- Daños mayores o severos

Si el sistema estructural de una edificación ha sufrido daños mayores, la estructura se debe clasificar como insegura. Entre los daños mayores se pueden mencionar el colapso parcial o total de la estructura, edificaciones inclinadas o con asentamientos, paredes severamente agrietadas o desplomadas, vigas o columnas falladas, pisos separados de su soporte vertical, juntas y conexiones que muestren fallas significativas, cimientos fracturados y cosas semejantes.

### **2.3.2. Daños no estructurales**

Son daños que sufren los elementos que no forman parte del sistema estructural de la edificación, pero que si representan un riesgo para los ocupantes y áreas aledañas. La edificación puede ser clasificada como insegura.

Los daños no estructurales se pueden dar en elementos arquitectónicos, sistemas eléctricos y sistemas mecánicos, entre otros.

Dentro de los daños a elementos arquitectónicos, se pueden encontrar daños en muros no estructurales, interiores (tabiques) y exteriores, severamente agrietados o colapsados parcialmente, cubos de escaleras y ascensores separados o agrietados, cielos falsos con peligro de caerse, tableros de concreto desplomados o agrietados, elemento que se ha corrido en su soporte vertical o se ha caído totalmente.

En los sistemas eléctricos, se pueden encontrar daños en la fijación de ductos y sistemas de iluminación, que presenten riesgo de caerse, sistemas eléctricos de emergencia y comunicación dañados, entre otros.

En los sistemas mecánicos se pueden encontrar ascensores dañados o atrapados entre dos pisos, calderas y hornos dañados, tuberías caídas o separadas de su soporte, entre otros.



### **3. DAÑOS GEOTÉCNICOS**

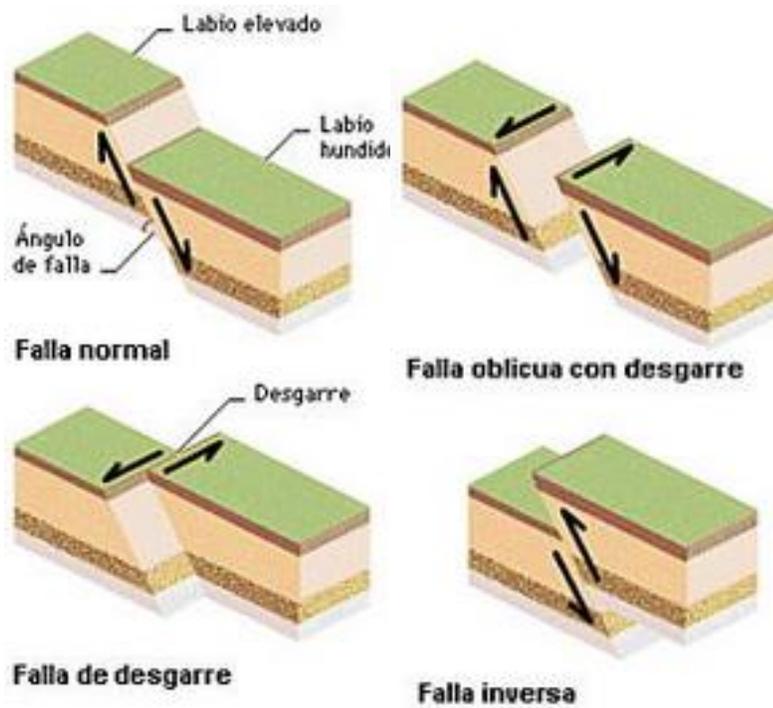
#### **3.1. Generalidades**

Los fenómenos geotécnicos pueden causar daños y aumentar la seguridad de las estructuras. Por ejemplo, un sismo puede inducir fallas en el suelo debajo de una construcción, poniendo en peligro la integridad física de la edificación y de los ocupantes de la misma.

Las masas de suelo pueden moverse por una de las causas siguientes: caídas, volcaduras, deslizamientos, ensanchamientos, corrimientos, o por una combinación de ellas. Puede darse una gran variedad de procesos que resultan de movimientos hacia abajo, arriba o afuera de materiales como rocas, tierra, rellenos artificiales o bien una mezcla de estos, los mismos son los que forman el suelo.

Algunos de estos movimientos son grandes y ocurren muy rápido causando muchas víctimas; otros son lentos, pero muy destructivos. Los movimientos en el suelo provocan grietas en la superficie, estas son comúnmente llamadas fallas del suelo, que pueden ser normales, inversas, deslizamientos o desgarre, corrimientos u oblicua con desgarre, tal como se ilustra en la figura 21.

Figura 21. Tipos de fallas del suelo



Fuente: *Tipos de fallas de la corteza terrestre.*

<http://www.astromia.com/tierraluna/fallas.htm>.

Consulta: 29 de septiembre de 2014.

Las fallas en el suelo se pueden manifestar como asentamientos, corrimientos, grietas, deslizamientos, derrumbes o licuefacción. Entre las principales causas de fallas en el suelo se mencionan: las fallas geológicas (zonas de contacto entre placas tectónicas), colapso de cavernas o cavidades en el subsuelo, derrumbes, deslizamientos y licuefacción del suelo.

Como otras causas de fallas en el suelo se menciona la consolidación, la cual se da en suelos poco compactados, propensos a asentarse por el peso

propio o el de estratos superiores y la saturación del suelo, que ocurre cuando se incrementa la humedad del suelo sobrepasando su capacidad de absorción.

### 3.2. Asentamientos

Un asentamiento es el cambio relativo de nivel entre dos porciones de suelo adyacentes. Este tiene como causa la combinación de un sismo, con una falla geológica, con una caverna, con licuefacción, con dispersión lateral o con consolidación. Ver figuras 22 y 23.

Figura 22. **Asentamiento diferencial**



Fuente: *Asentamiento diferencial*.

<http://dc233.4shared-china.com/doc/nmKCcKgW/preview.html>.

Consulta: 29 de septiembre de 2014.

Figura 23. **Daño provocado por un asentamiento en una edificación**



Fuente: *Falla geológica afecta casas en Nuevo Jocotán.*

<http://noticiasdebomberosgua.blogspot.com/2011/06/falla-geologica-afecta-casas-en-nuevo.html>.

Consulta: 30 de septiembre de 2014.

### **3.3. Corrimientos**

Son desplazamientos horizontales los cuales lleva suelo, rocas, árboles y casas, hace perder la continuidad del terreno a lo largo del corrimiento. Generalmente se manifiestan en fallas geológicas, debido a sismos y pueden ser corrimientos pequeños o de grandes dimensiones, a través de grandes distancias. Ver figura 24.

Figura 24. **Corrimiento en una montaña**



Fuente: *Inundaciones y corrimientos de tierra en Brasil.*

<http://www.laregion.es/album/unknown/inundaciones-y-corrimientos-tierra-brasil/20110124161846262145.html>.

Consulta: 5 de octubre de 2014.

### **3.4. Grietas**

Son aberturas que se forman en la superficie de la tierra, debido a fallas geológicas, sismos, o cambios volumétricos por pérdida de humedad en el suelo. Ver figura 25.

Figura 25. **Grietas en el suelo**



Fuente: *Grietas en el suelo*.

<http://weblogs.clarin.com/itinerarte/category/principales/page/9/>.

<http://www.iu-ubrique.org/2013/11/18/las-olvidadas-carreteras-de-ubrique.html>.

Consulta: 6 de octubre de 2014.

### **3.5. Deslizamientos**

Un deslizamiento es el movimiento de un bloque de tierra hacia afuera y hacia abajo (debido a fallas de corte en el suelo). Se manifiesta principalmente en laderas cuyos taludes pierden la estabilidad de agua, el clima, condiciones de uso o bien una combinación de estas. Ver figura 26.

Figura 26. **Deslizamiento de una montaña**



Fuente: *Inundaciones y corrimientos de tierra en Brasil.*

<http://www.laregion.es/album/unknown/inundaciones-y-corrimientos-tierra-brasil/20110124161846262145.html>.

Consulta: 6 de octubre de 2014.

### **3.6. Derrumbes**

Son desprendimientos bruscos de materiales que ruedan cuesta abajo, debido a pérdida de estabilidad causada por vibraciones del suelo (provocadas por sismos, erupciones volcánicas, explosiones, tránsito de automotores) saturación, socavamiento y aguas subterráneas. Ver figura 27.

El material desprendido se acumula en la base del talud o ladera.

Figura 27. **Camino bloqueado por un derrumbe**



Fuente: *Derrumbe de una montaña.*

<http://hoysanrafael.com/debido-a-que-el-camino-del-canon-del-atuel-esta-interrumpido-hace-20-dias-concejal-pide-que-vialidad-lo-despeje/>.

Consulta: 10 de octubre de 2014.

### **3.7. Licuefacción**

La licuefacción, un fenómeno asociado con los terremotos, se debe al aumento, de la presión intersticial, en los depósitos de arena comparado con la pérdida de resistencia. Grandes masas del suelo se pueden volver movedizas y actúan como un líquido. Ver figura 28.

Figura 28. **Muestra de indicio de licuefacción**



Fuente: *Eyección de arena por licuefacción de suelo.*

[http://www.funvisis.gob.ve/riesgos\\_geologicos.php](http://www.funvisis.gob.ve/riesgos_geologicos.php).

Consulta: 10 de octubre de 2014.



## **4. PROCEDIMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN**

### **4.1. Coordinación general del proceso**

Es la encargada de seleccionar y capacitar a los evaluadores, así como también de conformar los equipos y apoyar el primer contacto del equipo evaluador (a través del coordinador).

Es responsabilidad de las personas designadas en la práctica de los procesos de evaluación en cada edificación. Además del cálculo del indicador de seguridad en la edificación, la recolección de datos, el desarrollo y mantenimiento de bases de datos, entre otras funciones.

También tiene la responsabilidad de realizar el seguimiento de la seguridad de la edificación después de la evaluación, en cuanto a las mejoras realizadas. Debe tener una visión estratégica de la situación de seguridad ante desastres de la red de servicios de manera general, la participación en la toma de decisiones estratégicas y la intervención, en la formulación de planes, programas y políticas para el bienestar del conjunto en materia de desastres.

### **4.2. Selección y perfil del evaluador**

Las personas necesarias para la evaluación deben ser profesionales, relacionados con el sector de la construcción, administración o de actividades de apoyo, tales como mantenimiento y otros. Es preferible que los evaluadores cuenten con experiencia mínima de cinco años en diseño estructural, en

construcción o en gestión de desastres. En caso de no contar con profesionales con el perfil indicado se puede recurrir a profesionales de menor experiencia o estudiantes avanzados de las carreras correspondientes, en cuyo caso se recomienda que sean supervisados por expertos en la materia. Se pretende una visión experta en los elementos evaluados que permita un mejor diagnóstico.

La evaluación debe ser llevada a cabo por un equipo multidisciplinario, compuesto por:

- Ingenieros con formación en estructuras
- Arquitectos con formación en diseño de edificaciones
- Especialistas en mantenimiento eléctrico y mecánico, o en ambos
- Especialistas en planificación o administración y logística
- Otros (asesores en seguridad, inspectores municipales, entre otros).

Los equipos evaluadores se deben conformar de acuerdo con los requisitos de la edificación evaluada. Por ejemplo, cuando se trate de una edificación ubicada en zonas de alta amenaza sísmica se requiere la presencia de un experto en geotecnia o un ingeniero especialista en sismo resistencia.

El tamaño y el número de equipos pueden variar de acuerdo con la complejidad de la edificación. El equipo puede contar con consultas o asesoramiento de otros especialistas o expertos, en caso de que el equipo evaluador así lo indique.

Todos los profesionales o estudiantes avanzados, involucrados en el proceso de evaluación, deben ser capacitados en los propósitos, objetivos y metodología de evaluación de edificaciones y entrenados en el diligenciamiento de la lista de verificación, interpretación de resultados y elaboración del informe.

- Organización del grupo de evaluadores

Una vez identificada la zona y la edificación por evaluar se debe conformar el equipo de evaluadores de acuerdo con las características de la edificación y su entorno. Cada equipo debe contar con un coordinador. Además de su identificación personal oficial o documento de identidad, cada evaluador debe contar con una identificación oficial que lo acredite como tal.

- Coordinador: es el miembro del grupo evaluador que ha sido designado responsable de la evaluación de la edificación, por la autoridad competente. Se espera que el coordinador tenga experiencia adicional en reducción de riesgos y atención en desastres, así como en la realización de evaluaciones ante desastres, preferentemente con esta metodología.

El coordinador es responsable de la realización de las entrevistas antes de la evaluación, con la finalidad de confirmar la evaluación y establecer el día y la hora de la misma. En caso necesario estaría a cargo de la supervisión de todo lo relativo a transporte, alojamiento y seguridad del equipo evaluador y la coordinación de la provisión de todo el material de apoyo necesario. También es responsable de realizar la búsqueda de documentación pertinente a la evaluación, en caso de que la misma no la tenga en su poder.

En lo operativo, el coordinador es responsable de entregar copias de la lista de verificación a los otros evaluadores y de recibirlos una vez que se hayan llenado, revisado, ajustado y completado, con los comentarios y recomendaciones generales. Es el responsable del seguimiento del proceso del informe hasta su presentación formal ante las autoridades competentes. En caso de que el equipo evaluador requiera el asesoramiento de expertos, el coordinador será el contacto directo.

- Evaluadores: son los responsables de realizar la evaluación, inspección de la edificación, recolección y análisis de la documentación relevante, de colaborar con los formularios con sus aportes y de brindar conocimientos técnicos a las recomendaciones finales y al cálculo del índice de seguridad. Cada evaluador tiene la responsabilidad de llenar el formulario de evaluación y, en caso de que se hayan conformado subgrupos se debe completar el formulario sólo en la sección correspondiente al área que se haya evaluado. Además son los responsables de consolidar la información recolectada y de ajustarla de acuerdo con los resultados de la reunión plenaria posterior a la evaluación del terreno.

De los evaluadores se espera el máximo nivel de comportamiento ético y cordial. Los resultados que se presenten en el informe de la evaluación han de considerarse confidenciales y, bajo ningún concepto, el evaluador podrá comentar el contenido del informe con terceros.

Se espera que el evaluador sea un buen ejemplo de comportamiento respecto a la seguridad durante la evaluación. El evaluador debe seguir los procedimientos de seguridad y usar el equipo de protección personal cuando sea necesario.

Se espera que el evaluador dedique toda su atención personal a la evaluación durante el tiempo que esta dure.

### **4.3. Elementos necesarios para la evaluación**

Para el proceso de evaluación se recomienda contar con los siguientes elementos:

- Guía del evaluador.
- Mapa de la zona en la que se encuentra la edificación.
- Mapas de amenazas naturales.
- Planos de la edificación.
- Formulario 1: información general sobre la edificación.
- Lista de verificación.
- Libreta de notas, bolígrafo o lápiz.
- Radio o teléfono celular.
- Directorio de los actores clave involucrados en el proceso de evaluación.
- Linternas con baterías cargadas.
- Cámara fotográfica, cámara grabadora o grabadora (opcional).
- Herramientas ligeras como: metros, cinceles, otros; (opcional).
- Calculadora (opcional).
- Otros (elementos que cada profesional considere indispensables para su apreciación técnica).

Los participantes en la evaluación deben tener en su poder:

- Identificación personal.
- Identificación de evaluador.
- Vestimenta cómoda y adecuada para la evaluación.
- Elementos de seguridad necesarios (casco, anteojos de protección y otros).

#### **4.4. Inspección preliminar del entorno**

Antes de evaluar la edificación se debe llevar a cabo una inspección preliminar de la ciudad o zona donde está ubicado. La función principal de este reconocimiento es proveer información rápida sobre el diseño arquitectónico y el tipo de construcción de la ciudad, el impacto general que podrían causar las amenazas y las zonas de probable mayor afectación. Se deben apreciar, también, las vías de acceso principales y alternas al lugar afectado.

El reconocimiento preliminar debe recolectar también documentación pertinente y aprovechar diferentes fuentes de información (bomberos, policía, otros). Toda esta información será unificada en el reporte final.

Luego se debe examinar el exterior de la edificación, llenar los formularios con la identificación de la edificación y la estructura, evaluar la calidad de construcción, las irregularidades y otros aspectos preexistentes. Antes de entrar a la edificación se debe observar el estado general, así como también fachadas, balcones, salientes, entre otros. Se debe observar, también, el estado de las edificaciones vecinas y establecer si las áreas para evacuación son seguras.

Se debe observar el terreno alrededor de la edificación con la finalidad de identificar fallas o anomalías del terreno, o taludes cercanos. Se debe identificar si existen espejos de agua (mar, ríos, lagunas o lagos, entre otros) cercanos a la instalación, que puedan elevar el nivel freático.

#### **4.5. Aplicación de la lista de verificación**

Debe desarrollarse dentro de una agenda organizativa, que tenga en cuenta los tiempos requeridos para la evaluación y la disponibilidad de todos los

actores interesados (equipo evaluador, integrantes del Comité de Emergencia, otros interesados). Se pretende que la evaluación sea interactiva y dinámica, participando en ella: los miembros del comité para emergencias y desastres, los integrantes del equipo evaluador y las personas interesadas (autoridad municipal, autoridad de salud, otros) si así lo requirieran.

La evaluación de elementos agrupados por módulos permite una visión general de la edificación respecto de su nivel de seguridad, en caso de desastres, además del cálculo del índice ponderado, con base en la importancia de los módulos evaluados en el total. Por ende, alguna deficiencia en el módulo estructural, no es igual (en peso relativo), a una deficiencia en el módulo no estructural o en el funcional.

Cada módulo puede evaluarse por separado o de manera conjunta, teniendo en cuenta que un factor clave: la integración de los módulos para la obtención de una medición única.

La organización de la evaluación debe tener en cuenta los aspectos estratégicos de la edificación evaluada y el entorno de la misma, con base en los cuales deben conformarse, los equipos evaluadores, tanto en número de grupos como en conformación de especialistas.

Se espera, que la evaluación, dentro de la edificación, tenga una duración máxima de tres horas. Sin embargo, dentro de la agenda debe preverse tiempo adicional, para los encuentros de coordinación del equipo de evaluadores con las autoridades del sector.

Se recomienda la subdivisión de los equipos, con la finalidad de hacer más dinámico el proceso de evaluación. Los subgrupos deben estar

compuestos por dos personas, como mínimo, y cada uno debe estar compuesto por especialistas en los temas de evaluación.

Se espera obtener, de la evaluación, la máxima cantidad de información posible, por lo que se recomienda utilizar cámaras fotográficas con previa autorización de las autoridades de la institución, video cámaras y grabadoras de audio. Debe tenerse en cuenta que la medida no deteriore la confianza del entrevistado durante la evaluación o lo intimide de alguna manera, en ese caso debe descartarse la utilización de este tipo de recursos.

Es obligatorio que se responda a todas las preguntas. Solo pueden quedar en blanco las preguntas que lo permitan como respuesta. No se permite hacer un muestreo de las preguntas. Se sugiere responder a todas las preguntas teniendo presente que, ante la duda, es preferible anotar un nivel menor de seguridad, pues cualquier categoría descrita como nivel de seguridad bajo requerirá acción prioritaria y tendrá menos prioridad de mejora.

Durante la aplicación de la lista de verificación se recomienda evitar la emisión de sugerencias operativas de cualquier naturaleza, excepto las especificadas dentro de la evaluación. Cualquier juicio de valor emitido de manera individual o grupal por los evaluadores no debiera considerarse como parte del proceso.

Se recomienda que el evaluador tome notas de sus observaciones en los espacios correspondientes, ya que pueden ser de utilidad en el momento de la elaboración del informe. Se toma en cuenta que esos comentarios no formarán parte del índice numérico de seguridad calculado, con base en las respuestas de la evaluación, pero sí formarán parte de las recomendaciones de los expertos o del grupo evaluador a la edificación visitada. En estos comentarios el

evaluador puede exponer una justificación de su decisión (por ejemplo: para explicar por qué se dio una respuesta positiva o negativa), dudas o preguntas que se discutieron, con base en alguna respuesta obtenida desde la edificación evaluada, medidas que deben tomarse en forma urgente o cualquier comentario referente a la institución en general que no esté incluida dentro de los módulos de evaluación o requiera ser consultado por otros expertos.

Los propietarios de la edificación evaluada tienen también la oportunidad de añadir comentarios generales a la terminación de la evaluación respecto de proceso de evaluación y al grupo evaluador. Los mismos serán utilizados como retroalimentación y mejora al sistema general.

Las recomendaciones están a cargo de la coordinación general del proceso quien debe presentar por escrito el reporte final.

#### **4.6. Análisis y conclusiones de la evaluación**

Una vez finalizada la evaluación *in situ* se realiza una reunión del grupo de evaluadores para compartir, consolidar y discutir los hallazgos de la evaluación.

Luego, se organiza una reunión plenaria con la participación de todos los grupos interesados en la evaluación y que hayan participado. En la misma se hace una presentación general de los datos recolectados por parte de los subgrupos. De la discusión y sugerencias, que resulten de la misma, se hacen los ajustes necesarios en los documentos de la evaluación o se agregan observaciones según corresponda.

De surgir contradicciones o desavenencias de cualquier tipo entre el equipo evaluador, el Comité de Emergencia o el director de la coordinación general del proceso debe registrarse dentro de las observaciones de la evaluación.

De este último documento ajustado, firmado y fechado por el equipo evaluador se hace una copia y se le entrega al propietario de la edificación. En tanto que el original con toda la documentación y medios de verificación adicional recolectada se adjuntan al reporte final.

Se archiva copia del informe final, en una carpeta identificada con el nombre y la dirección de la edificación y subdividida por fechas de inspección. Se actualizan las bases de datos y se acuerdan las fechas para el proceso de seguimiento.

#### **4.7. Descripción del formulario de evaluación**

A continuación se presenta una descripción del formulario que se debe de completar, como llenarlo, y que aspectos se deben de tomar en cuenta para que el resultado sea objetivo.

##### **4.7.1. Formulario 1: Información general sobre la edificación**

Es el formulario donde constan los datos generales y la capacidad de la edificación evaluada.

- Datos generales: nombre, dirección, datos de contacto, croquis del establecimiento y de su entorno, cantidad de habitantes y otros.

- Capacidad de expansión en casos de desastre.

Este formulario debe ser completado, previamente, por el Comité Evaluador. En lo posible debe ir acompañado de un croquis del entorno de la edificación y de la distribución de ambientes y servicios, con su respectiva leyenda.

#### **4.7.2. Lista de verificación**

Es el documento usado para determinar el diagnóstico preliminar de seguridad frente a desastres. Contiene varios aspectos o variables de evaluación, cada uno con tres niveles de seguridad: alto, medio y bajo.

Está dividida en cuatro componentes o módulos:

- Ubicación geográfica de la edificación
- Seguridad estructural
- Seguridad no estructural
- Seguridad con base en funcionalidad de la estructura

#### **4.7.3. Los criterios básicos para el uso de la lista de verificación**

- El contenido de la lista de verificación y los elementos están formulados para su aplicación en edificaciones.
- El componente de ubicación geográfica es evaluado para determinar las amenazas que están presentes en la zona donde se encuentra la edificación y no tiene efecto sobre el índice de seguridad.

- Los otros tres componentes tienen distintos valores ponderados de acuerdo con su importancia para la seguridad frente a desastres. Es así que al componente estructural le corresponde un valor igual al 50 % del índice, el no estructural a 30 % y el funcional a 20 %.
- Cada uno de los aspectos evaluados tiene diferente importancia en relación con los otros aspectos del mismo componente. Los aspectos de mayor relevancia se encuentran sombreados o resaltados y les corresponde mayor valor relativo que a los otros.
- La asignación de valores para el objeto de evaluación, están en concordancia con estándares establecidos, por ejemplo: código de construcción local, normas y reglamentos institucionales.
- Los criterios de evaluación se aplican de manera más estricta en las áreas críticas de la edificación, ya que son las que se requerirán en primera instancia, más atención para ser revisados en caso de una emergencia.
- Para que el proceso de evaluación se considere completo es indispensable que todos los aspectos sean analizados y tomados en cuenta.

#### **4.7.4. Descripción general de la lista de verificación**

- Ubicación geográfica:

Este componente permite la caracterización rápida de las amenazas o peligros del suelo, el área geográfica donde se encuentra la edificación.

La información se registra como referencia del entorno de la edificación y debe ser tomada en cuenta, al momento de establecer el grado de seguridad de los aspectos evaluados.

- Seguridad estructural:

Comprende aspectos para evaluar la seguridad de la edificación, en función al tipo de estructura, material y antecedente de exposición a amenazas naturales y de otro tipo. El objetivo es definir si la estructura física cumple con las normas que le permitan seguir prestando servicios a la familia que lo habita; aun en caso de desastres de gran magnitud, o bien, puede ser potencialmente afectada alterando su seguridad estructural y comprometiendo, por lo tanto, su capacidad funcional.

Seguridad, debido a antecedentes en la edificación: con este punto se intentan analizar dos elementos. En primer lugar, la exposición de la edificación a amenazas naturales de acuerdo con la historia de la misma, o a su posición relativa en un contexto vulnerable. En segundo término, el impacto y las consecuencias que los desastres han tenido sobre la edificación y cómo fueron resueltas.

Seguridad relacionada al sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación: se intenta identificar los riesgos potenciales y evaluar la seguridad relativa con variables relacionadas con el tipo de diseño, estructura, materiales de construcción y elementos de la estructura considerados críticos.

Los sistemas estructurales tienen una gran importancia en el contexto de un desastre para la estabilidad y resistencia de la edificación. Los materiales de construcción están directamente vinculados a los anteriores e influyen en los

mismos, tanto en la calidad, como en cantidad utilizada. La adecuación estructural a un fenómeno dado es fundamental, ya que una solución estructural puede ser válida ante huracanes y desacertada ante sismos.

- Aspectos relacionados con la seguridad no estructural:

Los elementos relacionados con la seguridad no estructural, por lo general, no implican peligro para la estabilidad de la edificación, pero sí pueden poner en peligro la vida o la integridad de las personas dentro de la edificación. El riesgo de los elementos se evalúa, teniendo en cuenta, si están desprendidos, si tienen la posibilidad de caerse o volcarse y afectar zonas estructurales estratégicas, verificando su estabilidad física (soportes, anclajes y depósito seguro) y la capacidad de los servicios de continuar funcionando durante y después de un desastre (agua potable, luz eléctrica, conexiones alternas, otros). Así, en este punto se analiza la seguridad relativa a las líneas vitales, los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en áreas críticas.

También se evalúan los elementos arquitectónicos, a fin de verificar la vulnerabilidad del revestimiento de la edificación, incluyendo las puertas, ventanas y voladizos, a la penetración de agua y el impacto de objetos volantes. Las condiciones de seguridad, de las vías de acceso y las circulaciones internas y externas de la instalación sanitaria, se toman en cuenta conjuntamente con los sistemas de iluminación, protección contra incendios, cielos falsos y otros.

#### **4.8. Instructivo para completar la lista de verificación**

Antes de aplicar la lista de verificación se comprueba que se han completado los pasos previos descritos en los procedimientos y recomendaciones para la evaluación de la edificación.

En esta sección se describen los aspectos o variables a evaluar y se brindan orientaciones sobre cómo establecer mejor el grado de seguridad correspondiente: alto (A), medio (M) o bajo (B). Todas las variables deben ser evaluadas y valoradas y el resultado de la evaluación debe ser anotado en la lista de verificación.

El grado de seguridad se evaluará de acuerdo a los estándares establecidos para cada variable y a la experiencia individual y colectiva del grupo de evaluadores. Se recomienda anotar información adicional o comentarios sobre la variable evaluada en la columna de observaciones. Tomar en cuenta, que algunas variables tienen una anotación en letras mayúsculas, indicando que esa variable, no se evalúa y por tanto, se podría dejar en blanco, sin contestar. Aún en esos casos, se recomienda analizar con detenimiento para reconfirmar que la condición descrita en mayúsculas y se cumple antes de dejar en blanco y evaluar la siguiente variable.

Al completar cada componente de la lista de verificación: ubicación geográfica, seguridad estructural, seguridad no estructural y capacidad funcional, se anotan los comentarios u observaciones generales y el nombre y firma de los evaluadores.

#### **4.8.1. Orientación sobre el cálculo del modelo matemático**

El primer paso para obtener el índice de seguridad en la edificación es evaluar la edificación, aplicando la lista de verificación, considerando la ubicación geográfica, la seguridad de la estructura de la edificación y de los componentes no estructurales.

Dado que el grado de seguridad es evaluado específicamente en cada una de las variables evitando distorsión en los resultados, e incluyendo el grado de amenaza y las características del suelo. No se contabilizan para el cálculo del índice de seguridad.

El segundo paso es ingresar los hallazgos encontrados en la lista de verificación en una hoja de cálculo que contiene una serie de fórmulas que asignan valores específicos a cada aspecto evaluado, de acuerdo con el rango de seguridad asignado y su importancia relativa respecto a la seguridad integral de la edificación frente a desastres. Esta hoja de cálculo se denomina modelo matemático del índice de seguridad.

- Pesos relativos de las variables, secciones y componentes

Las variables se agrupan en secciones y un grupo de secciones constituye un componente. El valor de cada variable se multiplica por su peso relativo dentro de la sección. La suma de los valores resultantes, en una sección da el 100 % de la sección.

Cada sección tiene un peso ponderado asignado en relación con las demás secciones del mismo componente, de tal forma, que la suma del peso ponderado de las secciones da el 100 % del componente respectivo.

Mediante este procedimiento se logran resultados individuales por sección y por componente, para facilitar la identificación de las áreas críticas.

El componente de seguridad estructural tiene un peso correspondiente al 50 % del índice, el componente no estructural tiene un peso del 30 % y el componente de capacidad funcional, el 20 % restante.

La suma de los resultados ponderados de los tres módulos da como resultado el valor total de la seguridad de la edificación, expresada en función del porcentaje de probabilidad de funcionamiento en casos de desastre.

Dado que cada variable tiene tres niveles de seguridad: alto, medio y bajo, y con el fin de reducir la distorsión al momento de evaluar, se asignan valores constantes a cada nivel de seguridad y mediante fórmulas adicionales se establece el índice de seguridad cuyo valor máximo es 1 y mínimo 0.

Los cálculos y ponderaciones se realizan teniendo en cuenta que es muy difícil que una edificación quede perfectamente operativa, por lo que una edificación raramente puede recibir un resultado de 1 en el índice de seguridad.

- Ingreso de datos en el modelo matemático

La lista de verificación se incorpora en una hoja de cálculo que contiene fórmulas, y permiten aplicar los valores asignados a cada respuesta otorgando pesos ponderados relativos a cada sección y a cada componente. Con ello se logra obtener automáticamente, el índice de seguridad total y específico para los componentes: estructural y no estructural.

Los resultados, de la lista de verificación, son ingresados como valor numérico (1) en las celdas correspondientes y la hoja de cálculo aplica automáticamente una serie de fórmulas para realizar los siguientes pasos:

- Revisión automática de errores en el ingreso de la información.
- Asignación de valores ponderados, para cada variable y para cada sección.
- Asignación de valores ponderados de seguridad para cada componente: estructural, no estructural y funcional.
- Cálculo de seguridad porcentual relativa para cada componente.
- Generación de gráficos de seguridad, proporcional para cada componente.
- Cálculo automático del índice de seguridad en la edificación.
- Generación del gráfico del índice de seguridad en la edificación.
- Clasificación automática de la edificación en categoría a, b o c.
- De acuerdo con la categoría de seguridad de la edificación se establecen recomendaciones generales de intervención.

- Recomendaciones generales de intervención

Tabla III. **Valores y clasificación del índice de seguridad**

Índice de Seguridad	Clasificación	¿Qué medidas deben tomarse?
0 – 0,35	C	Se requieren medidas urgentes de manera inmediata, ya que los niveles actuales de seguridad de la edificación, no son suficientes para proteger la vida de los habitantes durante y después de un desastre.
0,36 – 0,65	B	Se requieren medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento, pueden potencialmente poner en riesgo a los habitantes durante y después de un desastre.
0,66 - 1	A	Aunque es probable que la edificación continúe funcional en caso de un desastre, se recomienda continuar con medidas para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

Fuente: *Organización Panamericana de la Salud. Índice de seguridad hospitalaria: guía del evaluador de hospitales seguros. p. 30.*

El evaluador debe interpretar estos resultados dentro de un contexto que incluya a otras edificaciones, que forman parte de la comunidad de la zona y el contexto general en el que se encuentra.

#### **4.8.2. Aspectos relacionados con la ubicación geográfica**

En esta sección se describe cada uno de los aspectos o variables a evaluar y se brindan orientaciones sobre cómo establecer mejor el grado de seguridad correspondiente: alto (A); medio (M) o bajo (B). Todas las variables, deben ser evaluadas, valoradas y el resultado de la evaluación debe ser anotado en la lista de verificación.

El grado de seguridad se evaluará de acuerdo a los estándares establecidos para cada variable y a la experiencia individual y colectiva del grupo de evaluadores. Se recomienda anotar información adicional o comentarios sobre la variable evaluada, en la columna de observaciones. Tomar en cuenta que algunas variables tienen una anotación en letras mayúsculas, indicando la posibilidad de que esa variable no sea posible evaluar y por tanto, no se contestaría. Aún en esos casos se recomienda analizar con detenimiento, para reconfirmar que la condición descrita en mayúsculas se cumple, antes de dejar en blanco y evaluar la siguiente variable.

Al completar cada componente de la lista de verificación: ubicación geográfica, seguridad estructural, seguridad no estructural y capacidad funcional, se deben anotar comentarios u observaciones generales y el nombre y firma de los evaluadores.

El análisis de la ubicación geográfica de la edificación permite estimar las amenazas en función de los antecedentes de emergencias y desastres, que han ocurrido en la zona, sitio y tipo de terreno, donde se ha construido la edificación. Se deben tener en cuenta tanto las amenazas de origen natural y antropogénico, los cuales se dividen en dos grupos: amenazas y propiedades geotécnicas del suelo.

Se debe solicitar al comité de desastres que provea con anticipación el o los mapas que especifiquen las amenazas presentes en la zona. En caso que no existan mapas se deberá recurrir a otras entidades locales, como los organismos multisectoriales de gestión de riesgo, como protección o defensa civil, comisión de emergencias, Conred, bomberos, entre otros.

Es necesario analizar esta información para evaluar la seguridad de la edificación en su entorno de amenazas. Esto es fundamental para el equipo evaluador, ya que se establecerán los límites de la evaluación de los siguientes puntos, instaurando a qué factores debe ser segura la edificación dada la frecuencia, magnitud e intensidad de los fenómenos destructivos (amenazas) y a las propiedades geotécnicas del suelo.

Este punto de la evaluación no es susceptible a medición, ni forma parte del cálculo del índice de seguridad de la edificación. Sin embargo, sirve para valorar adecuadamente cada una de las variables, considerando el entorno y contexto del área donde está ubicada la edificación.

#### **4.8.3. Amenazas**

En este punto se analizan los diferentes tipos de amenazas (geológicas, hidrometeorológicas, socioorganizativas, sanitarioecológicas y las químicotecnológicas), relacionadas con el lugar donde está situada la edificación. El grado de amenaza al que se encuentra sometida la edificación se considera directamente proporcional a la probabilidad de que ocurra y a la magnitud de la amenaza.

Así se pueden clasificar debido a la probabilidad de una amenaza o amenazas de gran magnitud como: alto, medio y bajo respectivamente.

Consultar mapas de amenazas. Solicitar al comité el o los mapas que especifiquen las amenazas sobre seguridad del inmueble.

- Fenómenos geológicos.

- Sismos:

De acuerdo al análisis geológico del suelo se marca el grado de amenaza en que se encuentra en la edificación.

- Erupciones volcánicas:

Considerando al mapa de amenazas de la región, cercanía y actividad volcánica identificar el nivel de amenaza al que está expuesta la edificación con relación a las rutas de flujo de lava, piro clastos y ceniza.

- Deslizamientos:

Referirse al mapa de amenazas para identificar el nivel de amenaza para la edificación por deslizamientos ocasionados por suelos inestables (entre otras causas).

- Tsunamis:

Con base en el mapa de amenazas se identifica el nivel de amenaza para la edificación, con relación a antecedentes de tsunamis originados por actividad sísmica o volcánica de origen submarino.

- Otros (especificar).

De acuerdo al mapa de amenazas identifique si existe alguna no incluida en las anteriores, señalado el nivel de amenaza para la edificación.

#### **4.8.4. Propiedades geotécnicas del suelo**

En este punto se pretende tener una idea general de la mecánica de los suelos y de los parámetros geotécnicos, así, como de los niveles de cimentación inherente al tipo de suelo.

- Licuefacción: de acuerdo a dicho análisis se especifica el nivel de amenaza en el que se encuentra expuesta la edificación ante riesgos de subsuelos lodosos, frágiles, entre otros.
- Suelo arcilloso: con base en el mapa de suelo se señala el nivel de amenaza al que se encuentra expuesta la edificación ante suelo arcilloso.
- Talud inestable: tomando en cuenta al mapa geológico se detalla el nivel de amenaza al que se encuentra expuesta la edificación, por la presencia de taludes.

#### **4.8.5. Evaluación de los aspectos relacionados con la estructura**

Se dispone a valorar los aspectos relacionados con el primero de los tres módulos o componentes que son tomados en cuenta. Esto para el cálculo del índice de seguridad: la seguridad estructural.

Las columnas, vigas, muros, losas, cimientos y otros son los elementos estructurales que forman parte del sistema de soporte de la edificación. De tal forma, que la lista de verificación, está diseñada para evaluar edificaciones de concreto armado. Los aspectos que se abordan en este módulo estructural deben ser evaluados por ingenieros estructurales partiendo de ello el subgrupo que aborde la evaluación de este módulo, debe ser coordinado preferiblemente por un ingeniero estructural.

Aquí se evalúan los dos submódulos estructurales:

- Seguridad debida a antecedentes de la edificación.
- Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.

Se valora el grado de seguridad, como ya se mencionó, en: B, bajo; M, medio; y A, alto; marcando la celda correspondiente.

- Seguridad debido a antecedentes de la edificación
  - ¿La edificación, ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales?

Verificar si existe algún dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido anteriormente por algún fenómeno natural.

Pocos aspectos por evaluar se consideran en la posibilidad de no ser contestadas. En estos casos es posible que la pregunta no sea aplicable a la edificación, debido a que no existe el elemento o situación que se desea

valorar. Por ello, con el fin de no alterar el índice de seguridad, se puede dejar en blanco, si la condición expresada en mayúsculas se cumple.

Estos aspectos tienen una fórmula especial, en el modelo matemático, de esta forma, al ingresar los resultados de la lista de verificación en la celda de la hoja correspondiente, se calcula el valor de seguridad, considerando solamente los aspectos evaluados.

Si no han ocurrido fenómenos naturales en la zona donde está la edificación, no marque nada. Deje esta línea en blanco, sin contestar.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, daños mayores; M, daños moderados; A, daños menores.

- ¿La edificación, ha sido reparada o construida utilizando estándares actuales apropiados?

Corroborar, si el inmueble ha sido reparado, en qué fecha y si se realizó con base en alguna normativa.

Al considerar la fecha se puede establecer qué normas de construcción estaban vigentes en esos momentos. Este es el aspecto que más peso tiene en este submódulo; por ende, que el evaluador debe profundizar en su valoración, consultando a las personas de la edificación y, de ser posible, a los ejecutores de la obra.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, no se aplicaron los estándares; M, estándares parcialmente aplicados; A, estándares aplicados completamente.

- ¿La edificación, ha sido remodelada o adaptada afectando el comportamiento de la estructura?

Verificar si se han realizado modificaciones usando normativas para la edificación.

Muchas veces las edificaciones sufren modificaciones, producto de necesidades de los servicios, y estas se hacen sin tomar en cuenta las afectaciones que puedan crear las mismas ante una determinada amenaza o peligro en el futuro, haciendo, sufrir a la edificación y a sus ocupantes, debido a las nuevas vulnerabilidades generadas. Por ejemplo, cuando se rellena un espacio libre entre dos columnas, con un muro de mampostería, se crean las condiciones para una futura falla de las columnas, debido a la nueva redistribución de fuerzas en la estructura.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, remodelaciones o adaptaciones mayores; M, remodelaciones o adaptaciones moderadas; A, remodelaciones o adaptaciones menores o no han sido necesarias.

- Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación
  - Estado de la edificación

Verificar si en la edificación se observan deterioros, tales como desconchados de los repellos, grietas o hundimientos de elementos estructurales. El evaluador debe determinar las causas de los mismos,

inspeccionando cuidadosamente los elementos estructurales dañados y precisando qué papel juegan en la estabilidad general de la estructura.

Se debe recordar que no es lo mismo una columna dañada en la planta baja, que en el último nivel de la edificación. Este aspecto está íntimamente relacionado con el tipo de material de construcción que se ha empleado en los elementos estructurales de la edificación. Una grieta o fisura puede tener varias causas, algunas graves (diseño, sobrecargas) y otras menos importantes (cambios volumétricos). También es importante evaluar dónde se ubican las grietas y su inclinación, para determinar el nivel de conservación o seguridad de la edificación.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, deteriorada por descomposición o exposición al ambiente, grietas en el primer nivel y elementos discontinuos de altura; M, deteriorada solamente por descomposición o exposición al ambiente; A, sana, no se observan deterioro ni grietas.

- Materiales de construcción de la estructura

Este aspecto está íntimamente relacionado con el anterior, pues en una edificación en la que predomine el hormigón armado o mampostería, generando excelentes materiales de construcción, pero teniendo de grietas y señales de óxido en sus elementos estructurales, pueden ser síntomas de que no se utilizó una adecuada dosificación de sus materiales componentes (cemento, piedra, arena y agua). Por tal motivo, la permeabilidad puede ser alta y las resistencias bajas, lo cual aumenta la vulnerabilidad de dichos elementos estructurales y, por lo tanto, arriesga la estructura en general. El evaluador debe precisar si los elementos cuyos materiales se encuentran en mal estado son elementos estructurales, es decir, que cumplen funciones de carácter estructural en la

edificación. Respecto al óxido del hierro y la fisura del concreto o la mampostería puede presentarse solo uno de ellos o los dos. Por ejemplo, la armadura puede estar oxidada, pero las fisuras pueden presentarse con o sin oxidación.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, oxidada con escamas o grietas mayores de 3 mm; M, grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo; A, grietas menores a 1 mm y no hay óxido.

- Interacción de los elementos no estructurales con la estructura

Esta es una cuestión que el evaluador debe verificar cuidadosamente, ya que en ocasiones, los elementos no estructurales en condiciones extremas pueden por su peso y rigidez, afectar el desempeño de algunos elementos estructurales, poniendo en peligro la estabilidad estructural de la edificación. Se debe evaluar si los elementos no estructurales están completamente unidos a la estructura, si ocasionan columna corta, si tienen juntas flexibles y si se respetan las juntas de dilatación. Por otro lado, un muro divisorio no estructural puede caer por un mal anclaje ante un sismo sobre una viga de la escalera y llegar a obstruirla y, en el peor de los casos, destruirla.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, separación menor de 0,5 % de la altura de la partición/junta; M, separación entre 0,5 y 1,5 % de la altura de la partición/junta; A, separación mayor de 1,5% de la partición/junta.

- Proximidad de las edificaciones (martilleo, túnel de viento, incendios, entre otros)

La proximidad de las edificaciones puede acarrear diversos problemas dependiendo del fenómeno natural que los pueda afectar. Por ejemplo, durante un sismo dos edificaciones que se encuentren a una distancia menor que el límite, según su altura, pueden llegar a chocar una contra la otra, martillándose entre sí, hasta el colapso de una de ellas o de ambas. Otro fenómeno que puede surgir, cuando un huracán embate la edificación, es el efecto de túnel de viento, el cual aparece cuando el viento se encajona entre dos edificaciones y presiona sobre alguna porción de ellas, con una fuerza muy superior a la que le correspondería normalmente por su altura. Los evaluadores deben en su recorrido por el exterior de la edificación, e ir en busca de estos posibles problemas.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, separación menor de 0,5 % de la altura de la edificación de menor altura; M, separación entre 0,5 y 1,5 % de la altura de la edificación de menor altura; A, separación mayor de 1,5 % de la edificación de menor altura.

- Redundancia estructural

La redundancia, normalmente buscada en los sistemas estructurales, se hace necesaria en este tipo de edificación, pues debe ser segura resistente y estable ante las fuerzas laterales generadas por los sismos y grandes huracanes en las dos direcciones ortogonales principales de la edificación. El evaluador debe revisar los planos estructurales y verificar *in situ*, si realmente se garantizó el trabajo conjunto de los sistemas estructurales definidos por proyecto en las dos direcciones ortogonales principales. Una edificación con

menos de tres líneas o ejes de resistencia, en cualquiera de las direcciones principales, es una estructura con alto nivel de vulnerabilidad, ante grandes demandas de resistencia y rigidez. Aunque no forma parte de las alternativas de evaluación, también se debe tener en cuenta que las tres líneas de resistencia, no garantizan redundancia estructural, en estructuras con pórticos, con vigas con peralte o con muros, con buena conexión viga-columna. En algunos casos será necesario evaluar la seguridad estructural de otros diseños, como losa plana, con vigas chatas, y anotar el nivel de seguridad.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, menos de tres líneas de resistencia en cada dirección; M, 3 líneas de resistencia en cada dirección o líneas con orientación no ortogonal; A, más de 3 líneas de resistencia en cada dirección ortogonal de la edificación.

- Detalle de la estructura incluyendo conexiones

Las uniones o juntas de los componentes estructurales están entre los elementos más críticos del diseño ante cargas laterales, especialmente las provocadas por los sismos. Independientemente de la fecha de construcción de la edificación, el evaluador debe tratar de verificar en el inmueble mediante la observación *in situ* y la revisión de los planos estructurales, las características de las conexiones estructurales, para establecer un criterio más preciso sobre las mismas, principalmente en zonas sísmicas. En caso de construcciones prefabricadas, el evaluador debe revisar con más cuidado las uniones, pues éstas serían mucho más numerosas y, además, ya no serían monolíticas y dependerían en su mayoría de soldaduras o de juntas húmedas.

Se debe revisar que no tengan fisura ni estén agrietadas, ya que esto pondría en riesgo los elementos de unión y con ello la estructura.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, edificación anterior a 1970; M, edificación construida entre los años 1970 y 1990; A, edificación construida luego de 1990 y de acuerdo con la norma.

- Seguridad de cimientos

Los cimientos son los elementos estructurales más difíciles de diagnosticar por parte de los evaluadores, puesto que, no son accesibles ni visibles. En muchas ocasiones, se le suma el hecho de que no se cuenta en la edificación con los planos correspondientes. A veces, porque la edificación es muy antigua y no aparecen los planos. Otras veces, en el mejor de los casos, los planos de los cimientos están en poder de la empresa de proyectos que ha hecho los estudios más recientes por motivos de ampliaciones, remodelaciones o reparaciones, si son ampliaciones o remodelaciones mayores. Si este fuera el caso, siempre es muy importante llegar a estos y revisarlos, para tener criterios más precisos de la situación de la base de la edificación, como lo es el tipo de solución de los cimientos (superficiales, aislados, combinados entre otros), y verificar si están unidos o aislados entre sí, pues lo que hace más vulnerables a los sismos, cuando no poseen sistemas de arriostre (sujeción o fijación) ortogonales, mediante vigas de enlaces de cimentación.

El nivel del manto freático y el tipo de suelo sobre el que se encuentra ubicada la edificación juegan un papel destacado, ya que pueden brindar una idea de cuán vulnerable puede ser la edificación a inundaciones y asentamientos diferenciales (hundimientos de los cimientos), con las posibles situaciones de los elementos estructurales verticales. El fenómeno de la licuefacción puede estar presente si la obra está asentada sobre suelos no cohesivos saturados, como pudieran ser estratos de las arenas y suelos saturados o rellenos no compactados, entre otros. El fenómeno de licuefacción,

de suelos ha causado daños muy graves en obras de ingeniería e infraestructura, por lo que el evaluador debe verificar con la mayor precisión posible que no exista la probabilidad que esté presente en el lugar de ubicación de la edificación.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, no hay información o la profundidad es menor de 0,9 m; M, no cuenta con planos ni estudio de suelos, pero la profundidad es mayor de 0,90 m; A, cuenta con planos y estudio de suelos, con profundidades mayores de 0,90 m.

- Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia)

La irregularidad de una edificación puede estar expresada en términos de su forma, configuración y la excentricidad de torsión. Esto hace que el evaluador, durante sus recorridos por el exterior y el interior de la edificación, tenga que observar si se presentan anomalías de este tipo, en relación con la vista en planta de la edificación, tanto desde el punto de vista de su rigidez (conformación estructural y tipo de materiales de los elementos resistentes verticales), como de la distribución de sus masas (concentradas y distribuidas). El evaluador debe tratar de identificar *in situ*; y mediante los planos de la planta de la edificación, si existen juntas sísmicas o de temperatura, que dividan la estructura en partes regulares o si no las hay y prevalecen configuraciones irregulares, como formas en L, T, C, cruz u otras más complejas.

Otro aspecto, que el evaluador debe examinar en este punto, es la posición relativa de los pórticos (reticulados de vigas y columnas) y de los muros de corte, pues esta determina la respuesta de los diafragmas horizontales (losas o forjados), desde el punto de vista de sus traslaciones y rotaciones. Aquí los evaluadores deben revisar la presencia de grandes

aberturas en los diafragmas horizontales, debido a la presencia de patios interiores o para darle paso al módulo de gradas, lo que los debilita y hace más vulnerables ante las cargas laterales generadas por los sismos e intensos huracanes. El peso mal distribuido en la planta hace que sus correspondientes masas, ante fenómenos extremos, generen fuerzas de gran magnitud en algunas zonas de la edificación, que pudieran hacerla colapsar si no fueron tomadas en cuenta y no se previeron soluciones para canalizar las mismas, hacia elementos estructurales, diseñados para resistirlas, por lo que el evaluador debe revisar este aspecto también.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, formas no regulares y estructura no uniforme; M, formas no regulares pero con estructura uniforme; A, formas regulares y estructura uniforme en la planta y ausencia de elementos que podrían causar torsión.

- Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia)

En la elevación, al igual que en la planta, la irregularidad de una edificación puede estar expresada en términos de su forma, configuración y la excentricidad de torsión. Al igual que en el ítem anterior, en su inspección de la instalación de la edificación desde el punto de vista estructural, el evaluador debe observar si se producen cambios abruptos en su configuración (forma). La esbeltez de la edificación (relación altura/ancho) en las direcciones ortogonales principales, puede dar una idea de su capacidad de respuesta ante las vibraciones generadas, por los componentes dinámicos de las cargas laterales provocadas por fenómenos naturales como sismos, huracanes y otros.

El llamado piso blando, tan desfavorable en zonas sísmicas, puede estar presente debido a esta irregularidad por cambios significativos de su rigidez en

altura. El evaluador debe buscar la presencia o ausencia de las tristemente célebres “columnas cortas”, que tantas veces han hecho colapsar a edificaciónes que se suponían resistentes. Aquí el evaluador debe recordar que un muro de relleno puede transformar una columna diseñada para trabajar en toda su altura, en una columna corta. Las masas concentradas en los niveles superiores de la edificación, debido a la presencia de motores y tanques de agua entre otras cosas, pueden generar elevadas fuerzas inerciales y desplazamientos excesivos, lo cual debe ser tomado en cuenta por los evaluadores.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, los pisos difieren más del 20 % en altura y existen elementos discontinuos o irregulares significativos; M, los pisos son de similar altura (difieren menos de 20 %, pero más de 5 %) y hay pocos elementos discontinuos o irregulares; A, los pisos son de similar altura (difieren menos de 5 %) y no existen elementos discontinuos o irregulares.

- Adecuación estructural a fenómenos naturales (meteorológicos y geológicos, entre otros)

En este punto se deben tomar como referencia los resultados de la evaluación del componente de ubicación geográfica en cuanto al nivel de las amenazas que se presentan en la zona. Se requiere de la mayor experiencia y conocimiento de los evaluadores, pues deben ser capaces de valorar si la edificación en su conjunto está en condiciones para desempeñarse de una forma adecuada ante los fenómenos que las pueden afectar por su lugar de ubicación geográfica.

El evaluador debe valorar por separado y en conjunto, el posible comportamiento de la edificación desde el punto de vista estructural ante las

diferentes amenazas o peligros. Por ejemplo, una edificación puede estar adecuadamente diseñada para resistir sismos, pero puede ser muy vulnerable ante huracanes, y viceversa. Es precisamente en este ítem en el que el evaluador le da un mayor peso a la parte cualitativa del análisis del índice de seguridad, pues el nivel de exposición ante cada amenaza le dará, en mayor o menor medida, la respuesta de si la edificación está o no esta adecuadamente diseñada para soportar los fenómenos a los que puede verse sometido.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, baja resiliencia estructural a las amenazas naturales presentes en la zona donde está ubicada la edificación; M, resiliencia estructural moderada; H, excelente resiliencia estructural.

- Aspectos relacionados con la seguridad no estructural

Se consideran, como no estructurales, los elementos que no forman parte del sistema de soporte de la edificación o edificación. En este caso corresponden a las líneas vitales, como son las redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias, entre otros; el mobiliario fijos o móviles, además de los elementos arquitectónicos de la edificación, entre otros.

Aquí se deben evaluar, a su vez, los tres submódulos no estructurales:

- Líneas vitales
- Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, almacenes (incluye computadoras, impresoras, entre otros)
- Elementos arquitectónicos

- Sistema eléctrico
  - Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos

El evaluador debe verificar el estado en que se encuentran las redes eléctricas en general en la edificación. La red eléctrica debe quedar perfectamente anclada y protegida de los fuertes vientos e inundaciones, viajando canalizada mediante tuberías que la protejan de enredarse, partirse o de sufrir deterioros en general.

Otro elemento importante es la separación de estas redes de otros sistemas que eventualmente las puedan afectar, como son los sistemas de abastecimiento de agua o evacuación de aguas residuales o los sistemas de protección ante descargas eléctricas atmosféricas, en cuyo caso, de estar cercanas, debe tenerse en cuenta la cubierta protectora con metal.

El grado de seguridad se evalúa como: B, no; M, parcialmente; A, sí.

- Sistema con tablero de control e interruptor de sobrecarga y cableado debidamente protegido

El evaluador debe verificar la accesibilidad al tablero general de distribución donde se encuentra el sistema central, así como a todos los paneles que se encuentran distribuidos por las diferentes áreas alimentados por la general. Su entrada, entonces no puede ser fácilmente bloqueada, así como el buen estado del lugar de ubicación donde se evalúa su vulnerabilidad ante diferentes eventos, es decir, las puertas y ventanas, el drenaje del local, que no debe permitir que se inunde y, de ocurrir entrada brusca de agua, debe ser drenada de forma que no alcance al equipamiento.

Se verifica el funcionamiento del tablero general de distribución de electricidad, la capacidad del interruptor y su conexión al sistema general. Se comprueba si la sujeción de todos los paneles y su equipamiento es adecuada. Se revisa la debida señalización en el mismo de los dispositivos de control de los diferentes circuitos de las diferentes áreas.

El grado de seguridad se evalúa como: B, no; M, parcialmente; A, sí.

- Sistema de telecomunicaciones
  - Estado técnico de las antenas y sus soportes

Se requiere verificar el estado de las antenas, de sus abrazaderas y soportes. Hay que tener en cuenta que las antenas son elementos que se encuentran expuestos, por lo general, en la parte más elevada de la edificación, y son muy vulnerables a los fuertes vientos. Por lo tanto, el evaluador debe verificar que se encuentren adecuadamente riostrados, como mínimo en tres direcciones. Si se utilizan tres riostras deben estar separadas, aproximadamente, en un ángulo de 120° y, si son cuatro, a 90°.

El grado de seguridad se evalúa como: B, mal estado o no existen; M, regular; A, bueno.

- Estado técnico de los sistemas de baja corriente (conexiones telefónicas/cables de internet).

Se debe verificar en áreas estratégicas que los cables estén conectados para evitar la sobrecarga. Se verifica que los cables de las redes de computadoras y telefónicas estén correctamente protegidas contra fenómenos

naturales, con énfasis en el caso de fuertes vientos e inundaciones, para permitir su continua utilización en condiciones de emergencia. Los componentes principales de estos sistemas de corrientes débiles como pizarras, servidores y *hubs*, entre otros, deben estar en lugares accesibles sin posibilidades de bloqueo u obstrucciones y protegidos adecuadamente.

Los canales telefónicos deben ser independientes de los de fuerza, para evitar cualquier posibilidad de sobrecarga de los primeros. Dichas redes deben estar protegidas mediante tuberías, preferiblemente de polietileno, y las salidas deben ser a través de cajas eléctricas plásticas a 0,5 m sobre el nivel del piso.

El grado de seguridad se evalúa como: B, mal estado o no existen; M, regular; A, bueno.

- Sistema de agua potable
  - Tanque de agua con reserva suficiente para proveer al menos 125 litros por habitante/día durante 3 días

El evaluador debe verificar que exista una reserva de agua en la edificación con una capacidad suficiente para satisfacer su demanda, como mínimo durante tres días. Los sistemas de abastecimiento en estas instalaciones están formados, por cisternas o depósitos de reserva en la planta baja y tanques elevados.

El grado de seguridad se evalúa como: B, cubre la demanda de 24 horas o menos; M, cubre la demanda de más de 24 horas pero menos de 72 horas; A, garantizado para cubrir la demanda por 72 horas o más.

- Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido

El evaluador debe visitar el sitio de las cisternas con la finalidad de corroborar el área donde están instaladas (internas o externas) y su grado de seguridad, así como la de los tanques, en el caso de sistemas presurizados o hidroneumáticos. Las cisternas no deben encontrarse en áreas susceptibles a inundaciones, que provoquen la contaminación del agua, deben tener registros con brocal y tapas con seguridad contra intrusos. También deben existir posibilidades de deslizamiento del terreno ni taludes importantes cercanos. Es importante que el depósito no debe presentar rajaduras, grietas ni crecimiento vegetal.

Los tanques deben cumplir también estas especificaciones, además de encontrarse apoyados sobre elementos estructurales en la cubierta, en el caso de los tanques poliméricos (plásticos), que presentan bajo peso, es necesario prestar especial atención a su forma de sujeción, pues pueden encontrarse vacíos frente a fuertes vientos y provocar su derribo, afectando las tuberías a las que se encuentren conectados. Es necesaria la verificación las tapas de los tanques y su seguridad.

El grado de seguridad se evalúa como: B, si el espacio es susceptible de falla estructural o no estructural; M, cuando la falla no representa posibilidad de colapso; A, cuando tiene poca posibilidad de dejar de funcionar.

- Seguridad del sistema de distribución

Es necesario verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de distribución incluyendo la cisterna, válvula, tuberías y uniones. El sistema de distribución parte de los depósitos y se deben considerar todas las tuberías y

accesorios, hasta llegar a los diferentes grifos o puntos de toma. No obstante, es importante considerar en este abarque todos los accesorios de la red, desde las acometidas o entrada del servicio local a la cisterna o tanques elevados. Es fundamental el buen estado de la válvula de entrada a los tanques (válvula de flotador), por cuanto es la que regula la cantidad de agua que entra y el momento en que debe parar el suministro. Si la válvula presenta desperfectos como rotura y filtración de agua en ella o no es capaz de cerrar el sistema cuando llega a su máxima capacidad, produce un desperdicio de agua sin abastecer a los depósitos y, además, erosión en el material de apoyo de la cisterna si no existe canalización. Esto puede llevar al deterioro estructural del depósito si se mantiene por un tiempo prolongado.

Es importante revisar el estado general de las redes en la edificación verificando que el agua llegue a todos los puntos necesarios, insistiendo que no existan tuberías rotas que provoquen filtraciones y afecten otros elementos y áreas, independientemente del lugar por donde estén trazadas, como falsos techos, empotradas en muros o soterradas, entre otros. Las conexiones o uniones en las tuberías son puntos vulnerables al deterioro, por lo que es necesario su examen. Es importante revisar las redes al atravesar juntas estructurales de la edificación. Estas deben realizarse mediante uniones flexibles, por ejemplo: las uniones de los tanques externos cuando entran a la edificación, las uniones entre las bombas y las tuberías de impulso, entre otras.

El grado de seguridad se evalúa como: B, si menos de 60 % se encuentra en buenas condiciones de operación; M, entre 60 % y 80 %; A, más de 80 %.

- Sistema de calentadores de agua y aire acondicionado

- Condiciones de los anclajes de los calentadores de agua:

Generalmente, los equipos de producción de agua caliente son calderas o calentadores, que son muy vulnerables y pueden presentar un gran peligro. Son pesados, de manera que si un temblor los sacude están a merced de la inercia. Durante los movimientos sísmicos tienden a volcarse fácilmente. Al caer quiebran las tuberías de agua causando inundaciones y bloqueando los esfuerzos por combatir incendios. A su vez, pueden causar incendios, si cortan cables, tuberías de gas o de combustibles líquidos, de acuerdo con el sistema de funcionamiento. Para evitar esto, el evaluador debe verificar que la caldera se encuentre perfectamente anclada a los cimientos o base y que los anclajes se encuentren en perfecto estado físico.

En el caso de los calentadores locales se verifica que estén sujetos a una pared sólida y firme. Es necesario sujetarlos por encima y por debajo, con la fuerza de un terremoto, puede soltarse el amarre superior y deslizarse. En el caso de los calentadores solares, generalmente ubicados sobre las cubiertas, es necesario verificar los agarres de forma que brinden una adecuada sujeción, tanto ante los fuertes vientos como en los sismos. El grado de seguridad se evalúa como: B, malo; M, regular; A, bueno.

- Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado

Los equipos de aire acondicionado pueden ser locales o centralizados, compactos o no; los centralizados pueden ser compactos son de gran peso, pueden encontrarse ubicados en cubiertas, pisos superiores de la edificación, en lugares de gran ventilación. Estos, pueden modificar significativamente, el comportamiento de la estructura, tal como fue calculada y desplazarse o

voltearse, ante la ausencia de anclajes, generando colapsos parciales o totales de la edificación.

Los equipos de menor tamaño o locales van ubicados en la habitación, a la que sirven cuando son del tipo ventana o compactos. Estos equipos son pequeños y por tanto, vulnerables en áreas exteriores, a fuertes vientos e inundaciones; por ello, tienen que encontrarse adecuadamente anclados y ubicados para evitar lugares de acumulación de agua, que dañen su sistema eléctrico. Todos los equipos colocados dentro de los recintos deben ubicarse perfectamente anclados a elementos estructurales y cuidando que, ante posibles caídas, no dañen a personas u otros equipos.

El grado de seguridad se evalúa como: B, malo; M, regular; A, bueno.

- Muebles de todo tipo y equipo de oficina fijo y móvil, (incluye computadoras, impresoras, entre otros

Se consideran los aspectos relativos al mobiliario, a los equipos de oficinas y a la seguridad de la edificación, tanto aquellos elementos que son fijos, como los móviles.

- Anclajes de la estantería o muebles altos y seguridad de sus contenidos

Hay que verificar que los estantes o muebles se encuentren fijos a las paredes o con soportes de seguridad, y que cuenten con rebordes o barandas que eviten la caída de los objetos. Donde existan varias hileras de estanterías altas o muebles alejados de las paredes deben encontrarse ancladas al piso en la base y amarradas en conjunto por la parte superior a tirantes que atraviesen

la habitación. Deben estar sujetos a paredes en ambos extremos, esto solo se usará en casos especiales, al interconectarlas se incrementa la estabilidad lateral y se disminuye el riesgo de caída. También es necesario que el evaluador analice la posible caída de los estantes o muebles y la obstrucción de las salidas.

El grado de seguridad se evalúa como: B, la estantería no está fijada a las paredes; M, la estantería está fijada, pero el contenido no está asegurado; A, la estantería está fijada y el contenido asegurado.

- Condición del demás mobiliario y otros equipos

En las habitaciones se pueden encontrar relojes, cuadros, carteles o televisores, entre otros objetos, colgados de las paredes o sobre estantes. Debe verificarse que se encuentren perfectamente anclados y que no se encuentren en ningún lugar peligroso, ni sobre las puertas. Las gavetas o archivadores que tengan ruedas, deben tener trabas para evitar el deslizamiento y estar sujetos a las paredes. Otro aspecto importante por valorar es la vulnerabilidad de las habitaciones ante fuertes vientos, como los que tienen grandes ventanales o cristales fijos, que al romperse pueden provocar lesiones a las personas.

El grado de seguridad se evalúa como: B, malo; M, regular; A, bueno o no necesita anclaje.

- Elementos arquitectónicos
  - Condición y seguridad de puertas o entradas

El evaluador debe examinar el estado técnico de las puertas o entradas de las diferentes áreas de la edificación. Debe observar si están en condiciones de resistir las amenazas, a las que pueden estar sometidas. También revisar que estén perfectamente ancladas a los marcos y estos a los muros o paneles perimetrales. Las puertas y entradas deben ser amplias y estar libres de obstáculos para facilitar la rápida circulación de las personas en condiciones de emergencia.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento de otros componentes; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de ventanales

Como ya se mencionó, las ventanas deben estar en condiciones técnicas de soportar las presiones que pueden generar vientos huracanados, principalmente en las áreas críticas, como habitaciones dentro de la edificación, entre otras. El evaluador debe verificar el espesor y el tipo de los vidrios de las ventanas, pues estos dos parámetros, junto con el área proyectada de cristal frente al viento, definen la capacidad de resistencia de las ventanas de este tipo de material. Los marcos, en caso de que sean de madera, se revisa que no estén deterioradas por la humedad o las termitas. Debido a fenómenos climáticos, el viento y la lluvia, pueden dañarlos.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas o funciones; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento de otros componentes; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de otros elementos como muros externos, fachada, entre otros

Los muros de cierre de la edificación pueden ser de diferentes materiales como mampostería, vidrio, madera o aluminio, entre otros, e incluso en ocasiones suelen ser mixtos. Se recomienda, que en zonas sísmicas, las fachadas no sean enchapadas, sino que el revestimiento esté integrado al muro. El evaluador debe revisar el estado técnico y de construcción de dichos elementos. Debe revisar que estos elementos no estén agrietados, deformados, ni sueltos. Dichos muros deben estar adecuadamente riostrados a los elementos estructurales, de forma tal que puedan resistir las sacudidas sísmicas o las presiones generadas por los fuertes vientos huracanados, entre otras cosas. En el caso de cierres, con entrepaños fijos de vidrio o de madera, el evaluador aplica las mismas restricciones que en el caso de los ventanales de dichos materiales.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de techos y cubiertas

El evaluador debe subir, si fuera posible, a la cubierta de la edificación para revisarla con la profundidad requerida para la evaluación. Se debe comenzar por las cubiertas más elevadas de la edificación, pues se evalúan rápidamente. Sin embargo las más bajas al diagnóstico es detallado y donde se ven problemas. El estado técnico de la impermeabilización, si existiera, de las instalaciones ubicadas en las cubiertas y de sus sistemas de drenaje son algunos de los aspectos que el evaluador debe valorar.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de baranda que se pone para evitar caídas en escaleras, cubiertas, entre otros

En este caso debe tenerse en cuenta la importancia adicional que pueden tener estos elementos, si se encuentran protegiendo escaleras. Se revisa, si el fallo de uno de estos elementos, puede poner en peligro la vida de las personas. Se observa, con detenimiento, lo encontrado en zonas de mayor concentración y fluidez de la edificación.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de paredes o cercos perimetrales

La seguridad de la edificación, en relación con el entorno, puede verse afectada por las malas condiciones de los cercados que delimitan el área en la edificación. En condiciones de desastres, la integridad de los límites de la edificación puede decidir la eficiencia de los servicios sanitarios por la tubería y seguridad del mismo. En su recorrido por las áreas exteriores de la edificación, el evaluador debe revisar este aspecto detalladamente. Se recomienda que cuando el evaluador esté en los niveles superiores de la edificación, observe el cercado y las áreas aledañas a la edificación, realizar hacer una mejor valoración de la situación.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de otros elementos afuera de la edificación por ejemplo cornisas, ornamentos y otros

Se evalúa detalladamente el estado técnico del anclaje de dichos elementos perimetrales, pues con frecuencia, ante la acción de sacudidas sísmicas, suelen caerse las cornisas y los elementos ornamentales causando daños de consideración e, incluso, la muerte de personas. No se recomienda usar jardineras en las fachadas, ya que pueden aumentar las cargas sísmicas.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña

pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad en las vías de acceso

Las áreas de circulación externa tienen que garantizar el fácil acceso y la locomoción, para que los peatones, y las ambulancias, lleguen con la rapidez requerida en condiciones de desastres. El evaluador debe observar si árboles y postes de alumbrado están cercanos al área de la edificación, ya que pueden caer debido a algún fenómeno y obstruir las vías de circulación, generando grandes dificultades.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, los daños a la vía o las calles que impiden el acceso a la edificación o ponen en riesgo a los peatones; M, los daños a la vía o las calles que no impiden el acceso a la edificación o ponen en riesgo a los peatones, pero sí el acceso vehicular; A, no existen daños o su daño es menor y no impiden el acceso de peatones ni de vehículos.

- Condición y seguridad de áreas de circulación interna, pasillos, escaleras, salidas y otros

El evaluador debe valorar las condiciones y la seguridad de áreas como pasillos y de circulación interna. Los pasillos interiores de la edificación deben tener el suficiente espacio y estar libres de obstáculos, para que no dificulten la circulación dentro de la misma. Se brinda especial atención a las escaleras y salidas, por la evacuación durante un sismo u otras amenazas.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, los daños en pasillos que impiden la circulación dentro de la edificación o ponen en riesgo a las

personas; M, los daños en los pasillos no impiden la circulación de las personas; A, no existen daños o su daño es menor y no impiden la circulación de personas.

- Condición y seguridad de muros tabique o divisiones internas

Los muros tabique o divisiones de las edificaciones suelen ser de diferentes materiales como mampostería, vidrio, madera o aluminio, entre otros, e incluso en ocasiones pueden ser mixtos. El evaluador debe revisar el estado técnico y de construcción de dichos elementos divisorios. Debe revisar que no estén agrietadas, deformadas, ni sueltas. Dichas divisiones internas deben estar adecuadamente ancladas a los elementos estructurales, de forma tal que puedan resistir las sacudidas sísmicas o las presiones generadas por los fuertes vientos huracanados, si estuvieran expuestas a ellos.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de cielos falsos o cielos suspendidos

Hay una amplia variedad de estos elementos no estructurales; los metálicos y los más pesados son los que mayor riesgo pueden generar cuando se desprenden debido a algún tipo de amenaza. El evaluador debe verificar los elementos de fijación de los cielos falsos o cielos suspendidos, para pedir al personal de su equipo que desmonte algunos de dichos elementos, y comprobar el estado de sus anclajes, que por lo general, suelen no estar visibles. En los casos de zonas sísmicas deben tener colocados riostras

inclinadas, además, de las verticales, para tomar las componentes de las fuerzas horizontales. Si estos elementos están en áreas expuestas, cuando haya fuertes vientos, pueden fallar y desprenderse como proyectiles e impactar contra objetos y, en el peor de los casos, contra personas, produciéndoles lesiones en ocasiones graves. En el caso de los sismos llegan a caerse si están mal fijados obstruyendo áreas, con lo que se afecta su capacidad funcional.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de las escaleras

El evaluador debe de evaluar las escaleras cuidadosamente. Deben estar libres de obstáculos, pues dificultan su utilización o durante los sismos. Las mismas deben tener barandas para que puedan ser utilizadas como es debido y con toda la seguridad requerida, considerando que por lo general, se bajan corriendo las escaleras.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Condición y seguridad de los pisos

Las terminaciones de los pisos pueden ser de diferentes materiales como, concreto, de cerámica, azulejos, madera, entre otras. Según su forma de

colocación pueden estar adheridos, flotantes o sobre elevados. El evaluador debe revisar que los pisos sean impermeables, antideslizantes y estén libres de grietas, fisuras y desprendimientos de materiales, sobre todo en las áreas críticas y de amplia circulación de personas. Además, que no tengan saltos, ni abombamientos ni depresiones que puedan ocasionar caídas.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

- Otros elementos arquitectónicos

Se revisa cualquier otro elemento arquitectónico, que no hubiera sido considerado en las preguntas anteriores.

Por ejemplo, las chimeneas deben estar estructuralmente en buen estado técnico, es decir, ser resistentes a las cargas; y a su vez, tener la estabilidad requerida según su altura, ya sean de tipo auto soportado o arriostrado. El evaluador también debe considerar si existen carteles o cuadros, que al caer puedan afectar la instalación o al personal que se encuentra dentro de la edificación.

El grado de seguridad se puede evaluar como: B, cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M, cuando se daña pero permite el funcionamiento; A, cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.

#### 4.9. Cuantificación de una edificación

Se presenta a continuación una cuantificación, la cual es una de las más comunes en Guatemala. Una edificación de 2 niveles ubicada en un terreno de 7 metros de frente por 15 metros de fondo. La tipología de la edificación es:

Tabla IV. **Cuantificación de una edificación**

Núm.	PARTIDAS	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	<b>Excavación</b>	26,72	M <sup>3</sup>	Q 25,00	Q 668,00
	Longitud TOTAL de cimentación	71,00	ML		
	Volumen TOTAL de excavación	26,72	M <sup>3</sup>		
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 668,00</b>
2	<b>Cimentación</b>	56,40	ML		
	Sacos de cemento gris	91,90	U	Q 72,65	Q 6 676,54
	Arena de río	11,41	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 1 426,78
	Piedrín	7,60	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 1 641,58
	Block	296,00	U	Q 2,96	Q 876,16
	Hierro diámetro de 1/4"	29,00	VAR	Q 8,43	Q 244,47
	Hierro diámetro de 3/8"	31,00	VAR	Q 23,29	Q 721,99
	Madera	220,00	PT	Q 3,50	Q 770,00
	Alambre	23,00	LBS	Q 7,00	Q 161,00
	Clavo	5,00	LBS	Q 7,00	Q 35,00
	Mano de obra	56,40	ML	Q 72,50	Q 4 089,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 16 642,51</b>
3	<b>Muros de carga interiores y exteriores</b>				
	<b>Estructura</b>	198,75	M <sup>2</sup>		
	Sacos de cemento gris	147,50	U	Q 72,65	Q 10 715,88
	Arena de río	13,13	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 1 640,63
	Piedrín	7,33	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 1 583,23

Continuación de la tabla IV.

	Hierro diámetro de 1/4"	228,75	VAR	Q	8,43	Q	1 928,36
	Hierro diámetro de 3/8"	212,50	VAR	Q	23,29	Q	4 949,13
	Hierro diámetro de 1/2"	72,50	VAR	Q	41,35	Q	2 997,88
	Madera	415,00	PT	Q	3,50	Q	1 452,50
	Alambre	235,46	LBS	Q	7,00	Q	1 648,25
	Clavo	29,05	LBS	Q	7,00	Q	203,35
	<b>Material de relleno</b>						
	Block	2584,00	U	Q	2,96	Q	7 648,64
	Mano de obra	198,75	global	Q	58,00	Q	11 527,50
				<b>Subtotal</b>		<b>Q</b>	<b>46 295,33</b>
4	<b>Muros interiores o tabiques</b>	2,00	M <sup>2</sup>				
	Block de 0.10	26,00	U	Q	3,60	Q	93,60
	Sacos de cemento gris	2,00	U	Q	72,65	Q	145,30
	Arena de río	0,25	M <sup>3</sup>	Q	125,00	Q	31,25
	Piedrín	0,20	M <sup>3</sup>	Q	216,14	Q	43,23
	Hierro diámetro de 1/4"	2,00	VAR	Q	8,43	Q	16,86
	Hierro diámetro de 3/8"	3,00	VAR	Q	23,29	Q	69,87
	Madera	5,00	PT	Q	3,50	Q	17,50
	Alambre	2,00	LBS	Q	7,00	Q	14,00
	Clavo	1,00	LBS	Q	7,00	Q	7,00
	Mano de obra	2,00	M <sup>3</sup>	Q	56,00	Q	112,00
				<b>Subtotal</b>		<b>Q</b>	<b>550,61</b>
5	<b>Estructura de entrepiso</b>	55,30	M <sup>2</sup>				
	Vigueta S2-15 de 1.30 ml.	4,00	U	Q	29,69	Q	118,76
	Vigueta S2-15 de 1.50 ml.	4,00	U	Q	33,62	Q	134,48
	Vigueta S2-15 de 1.90 ml.	3,00	U	Q	41,65	Q	124,95
	Vigueta S2-15 de 2.50 ml.	7,00	U	Q	56,04	Q	392,30
	Vigueta S2-15 de 2.90 ml.	22,00	U	Q	67,82	Q	1 492,04
	Varilla de acero G-70 6.20 mm x 6.00 m.	8,00	VAR	Q	6,63	Q	53,04
	Varilla de acero G-70 4.50 mm x 6.00 m.	2,00	VAR	Q	3,50	Q	7,00

Continuación de la tabla IV.

	Bovedilla de 0.10 mts	400,00	U	Q	3,22	Q	1 288,80
	Electro malla 6x6 9/9 de 2.35 * 6.00 m	4,00	U	Q	83,52	Q	334,08
	Sacos de cemento	39,20	U	Q	72,65	Q	2 847,88
	Piedrín	4,00	M <sup>3</sup>	Q	216,14	Q	864,56
	Arena de río	4,76	M <sup>3</sup>	Q	125,00	Q	595,00
	Madera	292,00	PT	Q	3,50	Q	1 022,00
	Alambre	15,00	LBS	Q	7,00	Q	105,00
	Clavo	25,00	LBS	Q	7,00	Q	175,00
	Mano de obra	55,30	M <sup>2</sup>	Q	87,00	Q	4 811,10
					<b>Subtotal</b>	<b>Q</b>	<b>14 365,99</b>
5-A	<b>Estructura de techos</b>	60,38	M <sup>2</sup>				
	Vigueta S2-15 de 1.90 ml.	9,00	U	Q	41,65	Q	374,85
	Vigueta S2-15 de 2.30 ml.	4,00	U	Q	49,64	Q	198,54
	Vigueta S2-15 de 2.90 ml.	16,00	U	Q	67,82	Q	1 085,12
	Acero alta resistencia 6.20 mm x 6.00 m.	9,00	VAR	Q	6,63	Q	59,67
	Acero alta resistencia 4.50 mm x 6.00 m.	2,00	VAR	Q	3,50	Q	7,00
	Bovedilla de 0.10 mts	390,00	U	Q	3,22	Q	1 256,58
	Electro malla 6x6 9/9 de 2.35 * 6.00 m	5,00	U	Q	83,52	Q	417,60
	Sacos de cemento	40,44	U	Q	72,65	Q	2 938,29
	Piedrín	4,00	M <sup>3</sup>	Q	216,14	Q	864,56
	Arena de río	5,00	M <sup>3</sup>	Q	125,00	Q	625,00
	Madera	292,00	PT	Q	3,50	Q	1 022,00
	Alambre	15,00	LBS	Q	7,00	Q	105,00
	Clavo	25,00	LBS	Q	7,00	Q	175,00
	Mano de obra	60,38	M <sup>2</sup>	Q	87,00	Q	5 253,06
					<b>Subtotal</b>	<b>Q</b>	<b>14 382,27</b>
5-B	<b>Cenefa y Teja</b>						
	<b>Área</b>	6,00	M <sup>2</sup>				
	Sacos de cemento gris	5,94	U	Q	72,65	Q	431,54
	Arena de río	0,56	M <sup>3</sup>	Q	125,00	Q	70,13

Continuación de la tabla IV.

	Piedrín	0,43	M <sup>3</sup>	Q	216,14	Q	92,72
	Hierro diámetro de 3/8"	11,00	VAR	Q	23,29	Q	256,19
	Madera	44,00	PT	Q	3,50	Q	154,00
	Alambre	6,00	LBS	Q	7,00	Q	42,00
	Clavo	3,00	LBS	Q	7,00	Q	21,00
	Teja	133,00	U	Q	3,00	Q	399,00
	Mano de obra	6,00	M <sup>2</sup>	Q	55,00	Q	330,00
					<b>Subtotal</b>	<b>Q</b>	<b>1 796,58</b>
6	<b>Drenaje negro y pluviales</b>		ML				
	Tubería PVC de 3" de diámetro	2,00	U	Q	100,00	Q	200,00
	Tubería PVC de 4" de diámetro	1,50	U	Q	104,10	Q	156,15
	Tubería PVC de 2" de diámetro	0,50	U	Q	37,45	Q	18,73
	Tubería PVC de 1 1/2" de diámetro	0,50	U	Q	56,00	Q	28,00
	Codos PVC de 3"	4,00	U	Q	10,40	Q	41,60
	Codos PVC de 1 1/2"	3,00	ML	Q	3,80	Q	11,40
	Codos PVC de 4"	1,00	U	Q	19,20	Q	19,20
	Bote de 1/4 de galón de pegamento PVC tangit	1,00	U	Q	174,99	Q	174,99
	Mano de obra	1,00	global	Q	1 957,50	Q	1 957,50
					<b>Subtotal</b>	<b>Q</b>	<b>2 607,57</b>
7	<b>Plomería y servicio de agua</b>		ML				
	Tubería PVC de 1/2" de diámetro	10,00	U	Q	16,00	Q	160,00
	Codos PVC de 1/2"	28,00	U	Q	0,65	Q	18,20
	Tee PVC de 1/2"	12,00	U	Q	0,90	Q	10,80
	Chorros para manguera de 1/2"	3,00	U	Q	32,49	Q	97,47
	Bote de 1/4 de galón de pegamento PVC tangit	2,00	U	Q	174,99	Q	349,98
	Llave de globo de 1/2"	2,00	U	Q	33,99	Q	67,98
	Adaptador hembra	1,00	U	Q	1,00	Q	1,00
	Adaptador macho	16,00	U	Q	1,50	Q	24,00

Continuación de la tabla IV.

	Codo HG 90 de 1/2"	16,00	U	Q 6,00	Q 96,00
	Niple HG de 1/2" x 2"	16,00	U	Q 3,75	Q 60,00
	Reducidor PVC 3/4" a 1/2"	11,00	U	Q 1,75	Q 19,25
	Ducha pichacha	2,00	U	Q 35,00	Q 70,00
	Mano de obra agua fría	1,00	global	Q 1 740,00	Q 1 740,00
	Tubería CPVC de 1/2" de diámetro	4,00	U	Q 12,00	Q 48,00
	Codos de CPVC de 1/2"	5,00	U	Q 5,50	Q 27,50
	Tees CPVC de 1/2"	5,00	U	Q 6,00	Q 30,00
	Niple galvanizado de 1/2" x 30 cm	1,00	U	Q 14,25	Q 14,25
	Adaptador hembra de CPVC de 1/2"	1,00	U	Q 12,00	Q 12,00
	Llave de control de paso	1,00	U	Q 33,99	Q 33,99
	Llave para ducha con mezcladora	2,00	U	Q 225,00	Q 450,00
	Mano de obra agua caliente	1,00	global	Q 750,00	Q 750,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 4 080,42</b>
<b>8</b>	<b>Pisos y relleno de pisos</b>	93,08	M <sup>2</sup>		
	Cemento	47,00	U	Q 72,65	Q 3 414,55
	Arena de río	1,50	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 187,50
	Piedrín	1,30	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 280,98
	Piso cerámico	98,00	M <sup>2</sup>	Q 50,00	Q 4 900,00
	Cemix	25,00	U	Q 30,00	Q 750,00
	Mano de obra	93,08	M <sup>2</sup>	Q 34,00	Q 3 164,72
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 12 697,75</b>
<b>9</b>	<b>Enlucidos</b>				
	Repello y cernido plástico	470,00	M <sup>2</sup>	Q 27,00	Q 12 690,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 12 690,00</b>
<b>10</b>	<b>Puertas</b>				
	Puertas de madera	6,00	U	Q 275,00	Q 1 650,00
	Puertas de metal	2,00	U	Q 350,00	Q 700,00
	Puerta de vidrio instalada	1,00	U	Q 1 103,00	Q 1 103,00
	Instalación puerta de madera	6,00	U	Q 50,00	Q 300,00

Continuación de la tabla IV.

	Instalación puerta de metal	2,00	U	Q 50,00	Q 100,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 3 853,00</b>
<b>11</b>	<b>Ventanas</b>				
	Ventana de aluminio mill finish	10,44	M <sup>2</sup>	Q 335,00	Q 3 497,40
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 9 664,65</b>
<b>12</b>	<b>Instalación Eléctrica</b>				
	Poliducto de 3/4"	625,00	PIES	Q 1,85	Q 1 156,25
	Poliducto de 1"	50,00	PIES	Q 2,85	Q 142,50
	Alambre TW 12	174,00	ML	Q 3,35	Q 582,90
	Alambre TW 14	187,00	ML	Q 2,40	Q 448,80
	Cable THHN # 8	19,00	ML	Q 8,15	Q 154,85
	Cajas rectangulares	30,00	U	Q 2,60	Q 78,00
	Cajas octogonales	19,00	U	Q 3,05	Q 57,95
	Tablero de 8 circuitos	1,00	U	Q 379,99	Q 379,99
	Caja para contador	1,00	U	Q 129,99	Q 129,99
	Interruptor simple	6,00	U	Q 20,00	Q 120,00
	Interruptor doble	2,00	U	Q 35,49	Q 70,98
	Interruptor triple 10A 125 V dominó bticino	1,00	U	Q 25,00	Q 25,00
	Tomacorriente 110 V.	21,00	U	Q 20,00	Q 420,00
	Plafoneras	17,00	U	Q 5,50	Q 93,50
	Timbre din don	1,00	U	Q 20,00	Q 20,00
	Placa para teléfono	1,00	U	Q 20,00	Q 20,00
	Mano de obra	40,00	U	Q 25,00	Q 1 000,00
	<b>Acometida</b>				
	Tubo conduit galvanizado de 1 y 1/2 x 3.00	1,00	U	Q 140,00	Q 140,00
	Calavera	1,00	U	Q 25,00	Q 25,00
	Soporte p/acometida	1,00	U	Q 35,00	Q 35,00
	Tablero monofásico 2 circuitos 70A G.E.	1,00	U	Q 94,99	Q 94,99
	Varilla de cobre 5/9" x 8'	1,00	U	Q 59,99	Q 59,99

Continuación de la tabla IV.

	Mordaza de bronce	1,00	U	Q 12,99	Q 12,99
	Mano de obra acometida	1,00	U	Q 350,00	Q 350,00
	<b>Poste de contador</b>				
	Sacos de cemento gris	2,00	U	Q 72,65	Q 145,30
	Arena de río	0,17	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 21,25
	Piedrín	0,14	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 30,26
	Hierro diámetro de 1/4"	2,00	U	Q 8,43	Q 16,86
	Hierro diámetro de 3/8"	4,00	U	Q 23,29	Q 93,16
	Madera	10,00	PT	Q 3,50	Q 35,00
	Alambre, clavo	1,00	global	Q 15,00	Q 15,00
	Mano de obra	1,00	global	Q 300,00	Q 300,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 6 275,51</b>
13	<b>Aparatos y equipo</b>				
	Inodoro hidra económico color	3,00	U	Q 615,00	Q 1 845,00
	Lavamanos Saturno color	3,00	U	Q 375,00	Q 1 125,00
	Instalación	6,00	u	Q 100,00	Q 600,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 3 570,00</b>
14	<b>Acabados especiales</b>				
	<b>Azulejo</b>				
	Azulejo de 0.11	11,20	M <sup>2</sup>	Q 50,00	Q 560,00
	Cemix	2,80	U	Q 26,00	Q 72,80
	Mano de obra	11,20	M <sup>2</sup>	Q 35,00	Q 392,00
	Arena de río	1,87	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 233,75
	Piedrín	1,54	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 332,86
	Hierro diámetro de 1/4"	7,00	VAR	Q 8,43	Q 59,01
	Hierro diámetro de 1/2"	11,00	VAR	Q 41,35	Q 454,85
	Madera	116,00	PT	Q 3,50	Q 406,00
	Alambre	10,00	LBS	Q 7,00	Q 70,00
	Clavo	10,00	LBS	Q 7,00	Q 70,00
	Mano de obra	1,00	U	Q 1 200,00	Q 1 200,00
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 4 279,47</b>

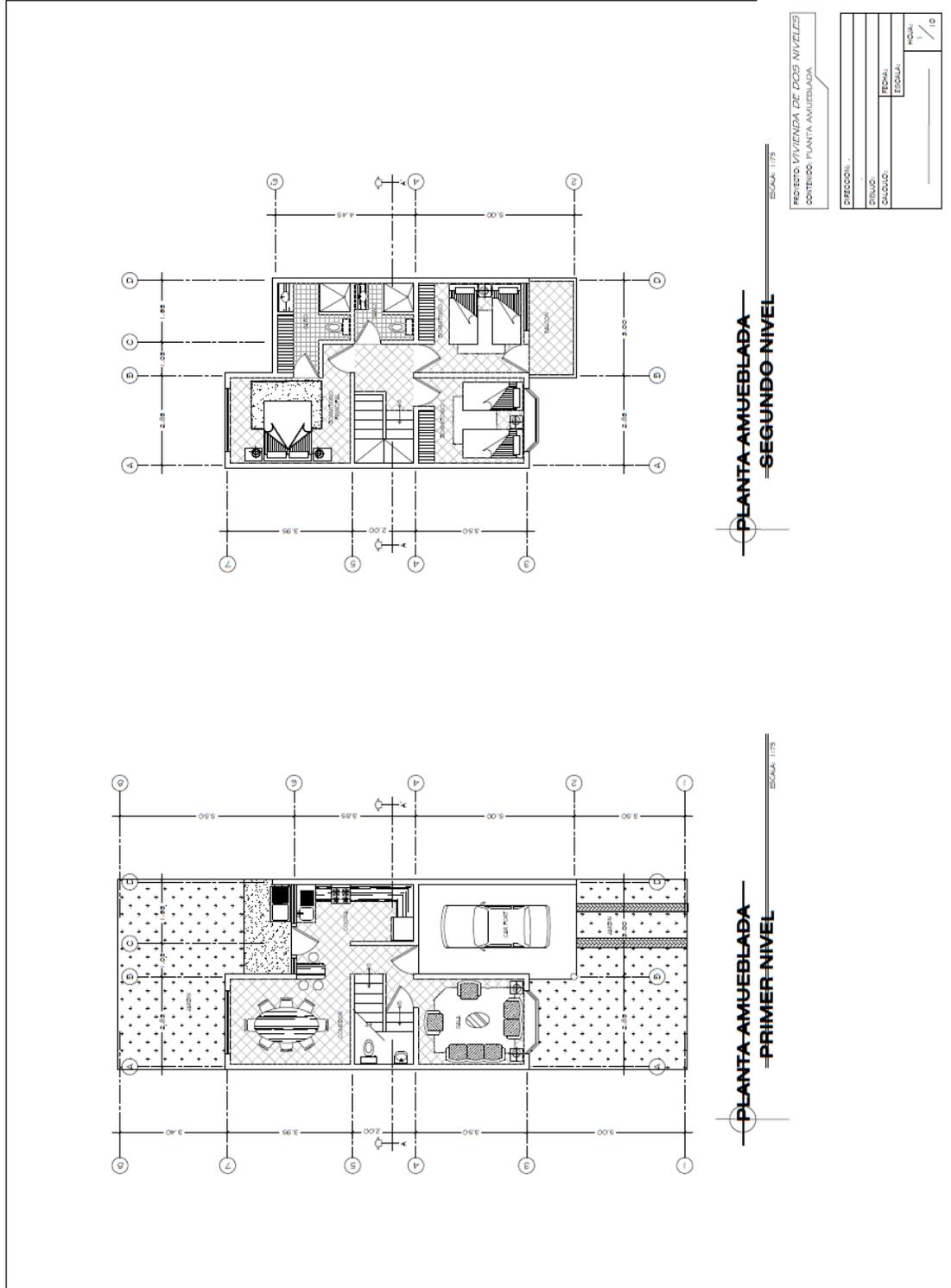
Continuación de la tabla IV.

16	<b>Aceras, patios y carrileras</b>	14,90	M <sup>2</sup>			
	Sacos de cemento gris	10,33	U	Q 72,65	Q 750,16	
	Arena de río	0,75	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 93,22	
	Piedrín	0,98	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 210,78	
	Mano de obra	14,90	M <sup>2</sup>	Q 30,00	Q 447,00	
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 1 501,16</b>	
17	<b>Verjas y muros linderos</b>	31,68	M <sup>2</sup>			
	Block de 0.10	412,00	U	Q 3,60	Q 1 483,20	
	Sacos de cemento gris	4,50	U	Q 72,65	Q 326,93	
	Arena de río	0,65	M <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 81,25	
	Piedrín	0,40	M <sup>3</sup>	Q 216,14	Q 86,46	
	Hierro diámetro de 1/4"	6,00	VAR	Q 8,43	Q 50,58	
	Hierro diámetro de 3/8"	12,00	VAR	Q 23,29	Q 279,48	
	Madera	10,00	PT	Q 3,50	Q 35,00	
	Alambre	5,00	LBS	Q 7,00	Q 35,00	
	Clavo	5,00	LBS	Q 7,00	Q 35,00	
	Mano de obra	31,68	M <sup>2</sup>	Q 56,00	Q 1 774,08	
				<b>Subtotal</b>	<b>Q 4 186,97</b>	
	<b>COSTOS PARCIALES Y TOTALES</b>					
	Costos del edificio principal				Q 155 444,45	
	Costo de aceras patios y carrileras				Q 1 501,16	
	Costo de verjas y muros linderos				Q 4 186,97	
	<b>COSTO DIRECTO DE TODOS LOS RENGLONES DE CONSTRUCCIÓN</b>				<b>Q 161 132,59</b>	
	<b>Metros cuadrados de construcción</b>	<b>111,60</b>	<b>M<sup>2</sup></b>			
	<b>Costo del M<sup>2</sup> de construcción</b>			<b>Q 1 443,84</b>		

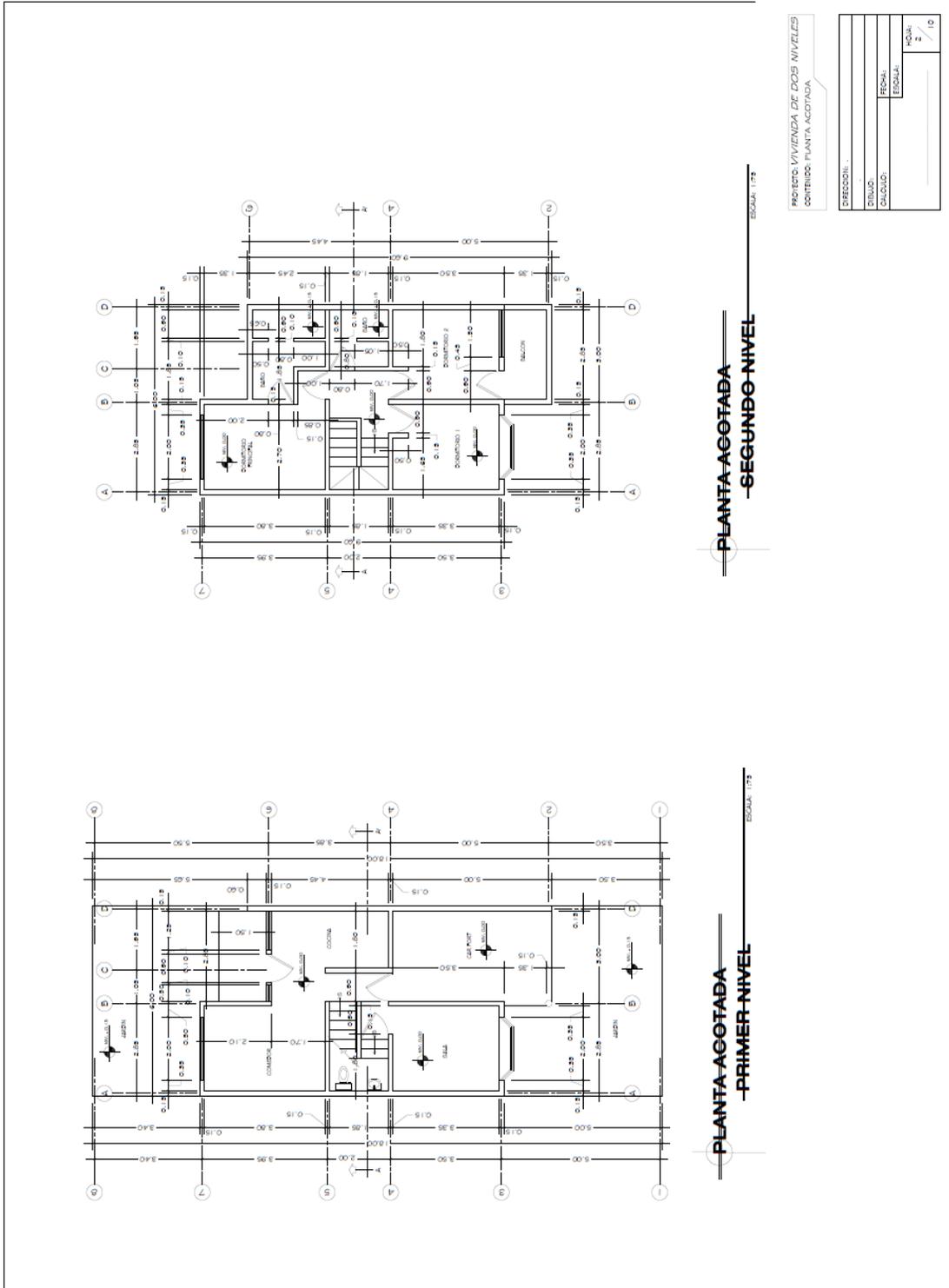
Fuente: elaboración propia.

El costo de la vivienda que se presenta es un ejemplo de cuánto fue el monto de construcción antes del acontecimiento y en condiciones óptimas, por medio de la cuantificación de los planos. Se puede aproximar de cuanto es el valor de reparación de la edificación teniendo una certeza de un 95 % al realizar la guía de evaluación.

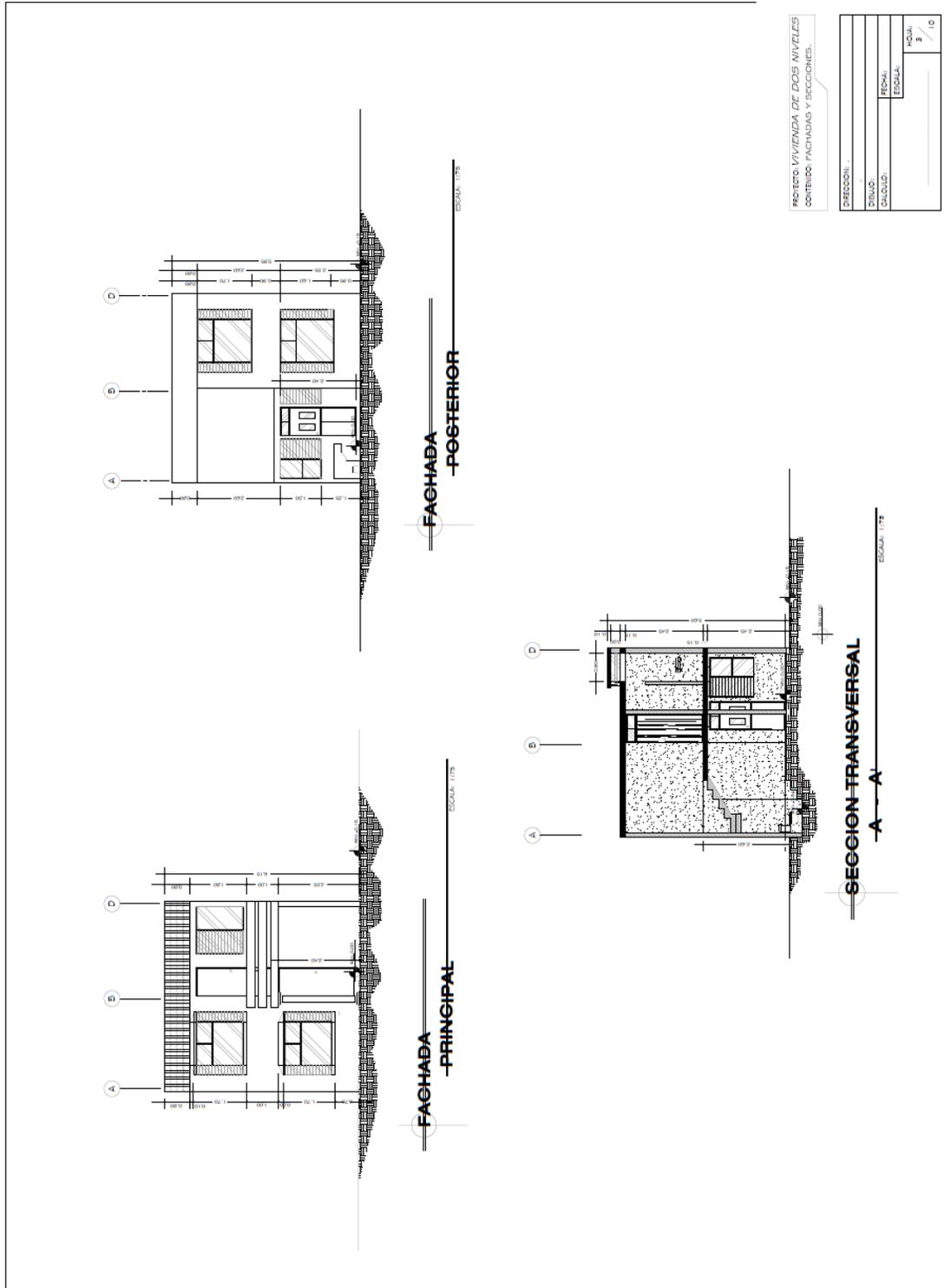
Figura 29. Planos de una edificación



Continuación de la figura 29.



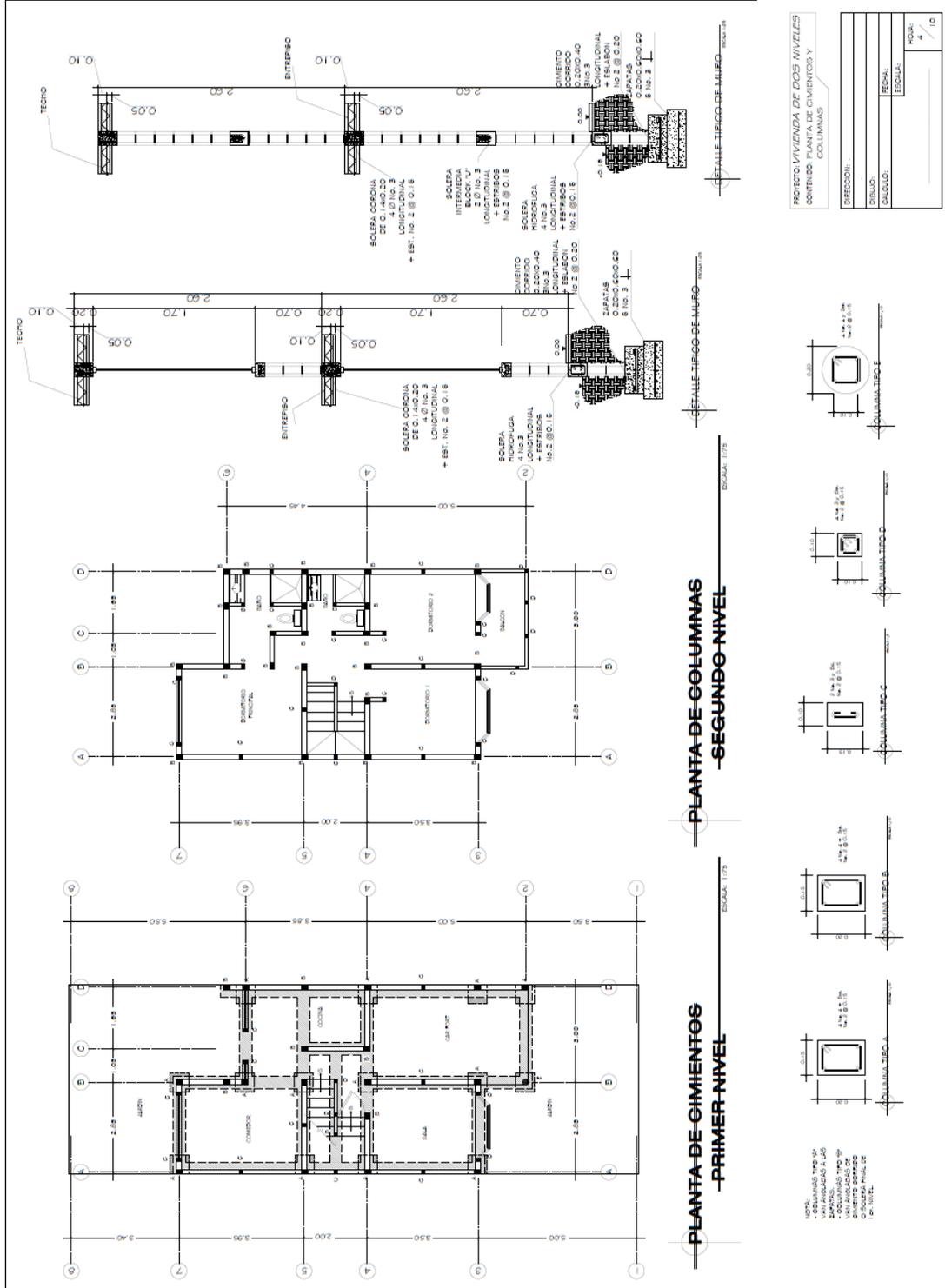
Continuación de la figura 29.



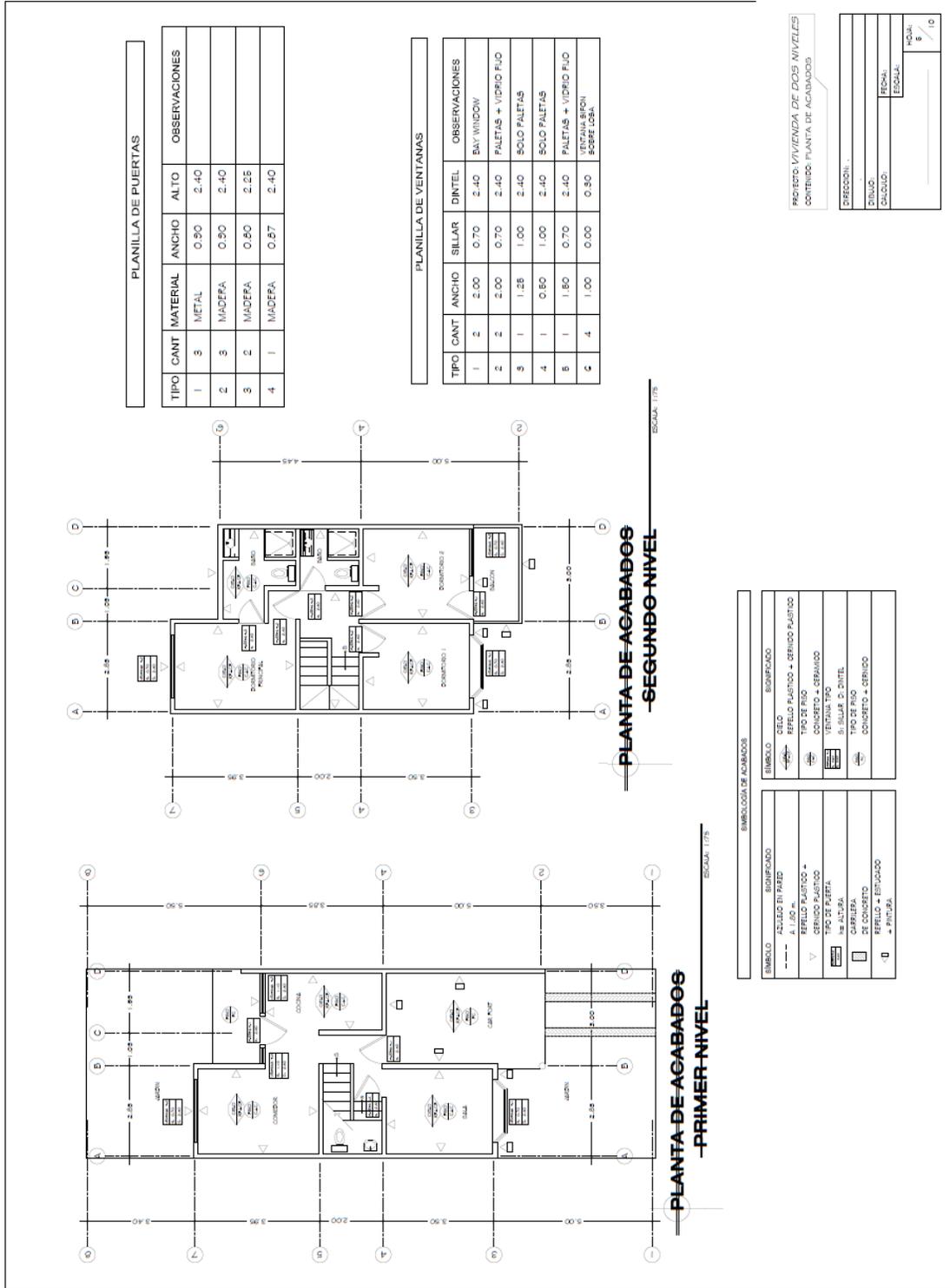
PROYECTO VIVIENDA DE DOS NIVELES  
CENTRO: FACHADAS Y SECCIONES.

DIRECCIÓN:	
ZONAS:	
CIUDAD:	
ESCALA:	
HOJA:	3 / 10

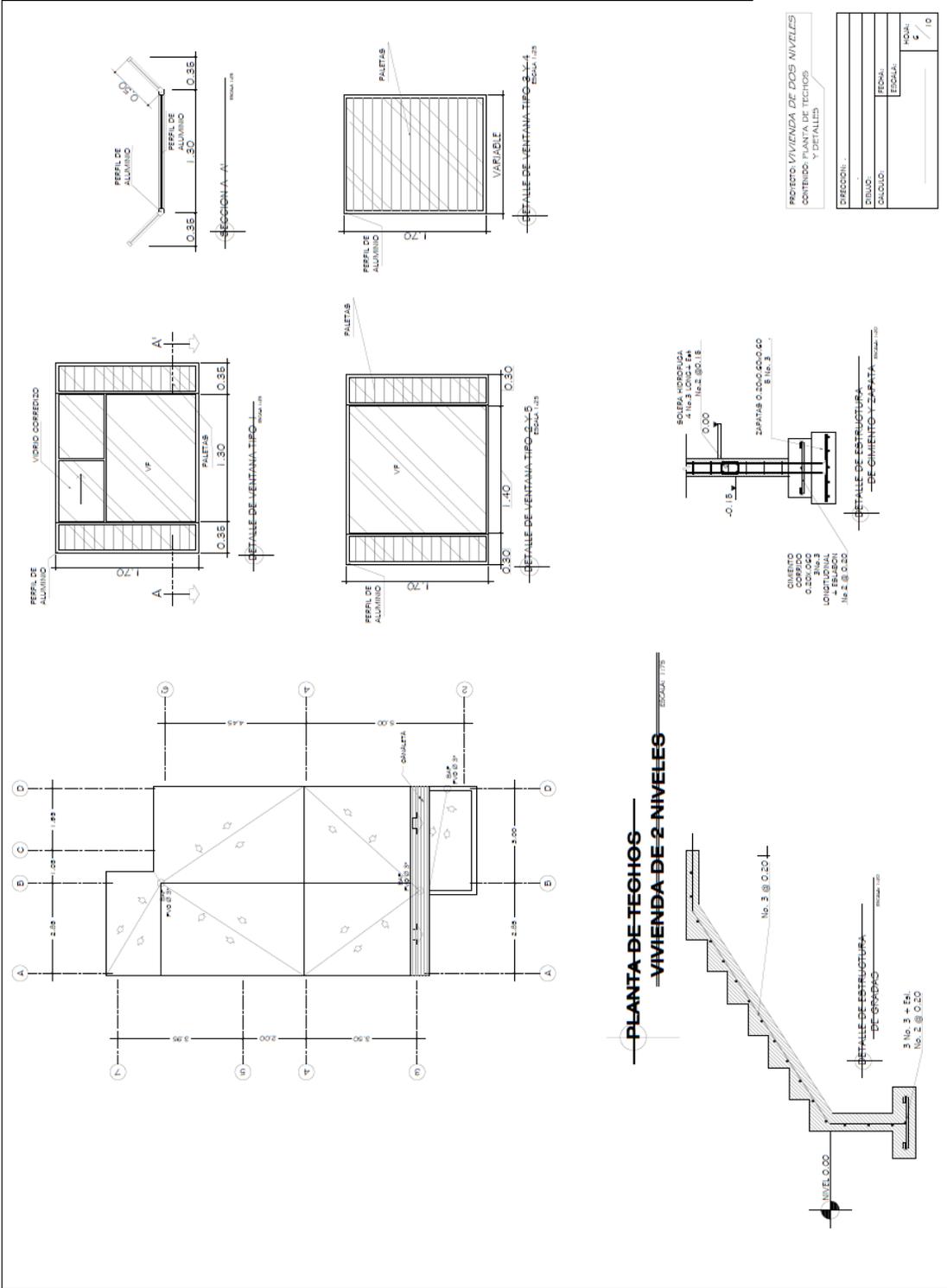
Continuación de la figura 29.



Continuación de la figura 29.



Continuación de la figura 29.



PROYECTO VIVIENDA DE DOS NIVELES  
CONTENIDO: PLANTA DE TECHOS Y DETALLES

DISEÑO:	REVISIÓN:	HOJA:	10
ELABORADO:	REVISADO:	ESCALA:	5
CALCULO:	REVISADO:	ESCALA:	









## **5. APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO**

### **5.1. Modelo matemático**

El primer paso, para obtener el índice de seguridad, es evaluar el establecimiento o edificación aplicando la lista de verificación. Se considera la ubicación geográfica de la edificación, la seguridad de la estructura y de los componentes no estructurales.

Dado que el grado de seguridad es evaluado en cada una de las 38 variables, no se contabilizan para el cálculo del índice de seguridad para evitar distorsión en los resultados, por ejemplo en la ubicación geográfica de la edificación, incluyendo el grado de amenaza y las características del suelo.

El segundo paso es ingresar los hallazgos encontrados en la lista de verificación en una hoja de cálculo, que contiene una serie de fórmulas que asignan valores específicos. A cada aspecto evaluado. De acuerdo con el rango de seguridad asignado y su importancia relativa respecto a la seguridad integral de la edificación frente a desastres en esta hoja de cálculo se denomina, modelo matemático del índice de seguridad.

### **5.2. Pesos relativos de las variables, secciones y componentes**

Las variables se agrupan en secciones y un grupo de secciones constituye un componente.

El valor de cada variable se multiplica por su peso relativo, dentro de la sección. La suma de los valores resultantes de todas las variables de una sección da el 100 % de la sección.

Cada sección tiene un peso ponderado asignado, en relación con las demás secciones del mismo componente, de tal forma que la suma del peso ponderado de las secciones da el 100 % del componente respectivo.

Mediante este procedimiento se logran resultados individuales por sección y por componente, para facilitar la identificación de las áreas críticas.

El componente de seguridad estructural tiene un peso correspondiente al 50 % del índice. El componente no estructural tiene un peso del 30 % y el componente de capacidad funcional el 20 % restante.

La suma de los resultados ponderados de los tres módulos da como resultado el valor total de la seguridad de la edificación expresada Esto en función del porcentaje de probabilidad de funcionamiento en casos de desastre.

Dado, que cada variable tiene tres niveles de seguridad: alto, medio y bajo, con el fin de reducir la distorsión, al momento de evaluar se asignan valores constantes a cada nivel de seguridad y mediante fórmulas adicionales, se establece el índice de seguridad, cuyo valor máximo es 1 y mínimo 0.

### **5.3. Ingreso de datos en el modelo matemático**

La lista de verificación se incorpora en una hoja de cálculo que contiene fórmulas y permiten aplicar los valores asignados a cada respuesta otorgando pesos ponderados, relativos a cada sección y a cada componente. Con ello se

logra obtener automáticamente el índice de seguridad total y específico para los componentes: estructural, no estructural y funcional.

Los resultados de la lista de verificación son ingresados como valor numérico (1), en las celdas correspondientes y la hoja de cálculo se aplican automáticamente una serie de fórmulas para realizar los siguientes pasos:

- Revisión automática de errores en el ingreso de la información.
- Asignación de valores ponderados para cada variable y para cada sección.
- Asignación de valores ponderados de seguridad para cada componente: estructural, no estructural y funcional.
- Cálculo de seguridad porcentual relativa para cada componente.
- Generación de gráficos de seguridad proporcional para cada componente.
- Cálculo automático del índice de seguridad.
- Generación del gráfico del índice de seguridad.
- Clasificación automática de la edificación en categoría A, B o C.
- De acuerdo con la categoría de seguridad se establecen recomendaciones generales de intervención.

#### 5.4. Recomendaciones generales de intervención

El evaluador debe interpretar los resultados dentro de un contexto que incluya a otras edificaciones que forman parte de la comunidad de la zona y el contexto general en el que se encuentra.

Tabla V. Índice de seguridad

Índice de seguridad	Clasificación	¿Qué medidas deben tomarse?
0 – 0,35	C	Se requieren medidas urgentes de manera inmediata, ya que los niveles actuales de seguridad de la edificación no son suficientes para proteger la vida de los que allí habitan durante y después de un desastre.
0,36 – 0,65	B	Se requieren medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad de la edificación pueden potencialmente poner en riesgo a los que allí habitan, su funcionamiento durante y después de un desastre.
0,66 - 1	A	Aunque es probable que la edificación continúe funcionando, en caso de desastres, se recomienda continuar con medidas para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. *Índice de seguridad hospitalaria: guía del evaluador de hospitales seguros*. p. 30.

## **6. RESULTADOS ESPERADOS**

### **6.1. Reducción de recursos**

Al tener una planificación bien estructurada, de cómo se va a trabajar este sistema de una evaluación estructural para una edificación, se reducen considerablemente los recursos a utilizar; logrando un resultado más certero en dicha evaluación, y así la objetividad requerida. La evaluación tiene la finalidad de que sea sencilla, para que cualquier persona pueda evaluar una edificación.

#### **6.1.1. Monetarios**

Con la presente evaluación se da un costo aproximado de reparación de la estructura, tomando en cuenta el costo de un metro cuadrado de construcción terminada, se calcula pasando la evaluación y revisando la estructura, para determinar el daño causado por el siniestro. Con la evaluación se pueden cuantificar y evaluar los daños causados.

#### **6.1.2. Humanos**

Uno de los fines primordiales de dicha evaluación es para resguardar la vida de los habitantes de dicha edificación, y determinar si la edificación puede ser habitada o no, mediante la evaluación rápida visual que aquí se presenta.

### **6.1.3. Físicos**

Se debe de tomar en cuenta que esta es una evaluación física; y superficial, hasta cierto punto, ya que no se toman en cuenta la calidad de la estructura, sino que solo su daño físico. Es importante determinar su estado físico y concluir si se puede reparar o si definitivamente ya no es funcional.

### **6.1.4. Materiales**

Al obtener el resultado de la evaluación se puede calcular un aproximado de material para a utilizar, y reparar el daño causado.

## CONCLUSIONES

1. Mediante el modelo matemático se puede determinar el estado de la estructura, y evaluar de manera concreta los daños causados por el sismo u otro desastre natural.
2. Por su posición geográfica Guatemala está ubicada en un lugar altamente sísmico. La posibilidad de que ocurra un sismo es grande, hay que tener en cuenta que el país también posee diferentes tipos de suelo, por lo cual la ocurrencia de asentamientos, corrimientos, deslizamientos y derrumbes son mayores.
3. Por lo anterior descrito, la evaluación de costos de daños estructurales en viviendas populares es de vital importancia, pues permite evaluar el daño causado en una vivienda por los diferentes desastres naturales que puedan afectarla.
4. Se determina que el uso de la guía de evaluación y modelo matemático, logra una considerable reducción de recursos utilizados para la elaboración del estudio como por ejemplo, económico, humano, físico y material.
5. El diseño estructural en los materiales y la irregularidad de la construcción juega un papel muy importante, ya que de esto depende el daño que pueda causarse a ella.

6. La evaluación de costos de daños estructurales en viviendas populares permite determinar si una vivienda puede ser reparada o no, y el monto aproximado de la reparación.
7. La lista de verificación es objetiva y visual, la cual no entra en detalle en el daño estructural de la edificación.
8. La determinada evaluación y cuantificación de daños se puede obtener por medio de una multiplicación del índice de seguridad de la guía de evaluación y el costo de la edificación.
9. Se busca primordialmente beneficiar a la vivienda popular, ya que existen muchos asentamientos en barrancos, lo cual pone en riesgo la vida de las personas.

## RECOMENDACIONES

1. Guatemala es un país altamente sísmico por ello es necesario hacer una evaluación para no poner en riesgo la vida de los habitantes, ni del grupo de evaluación.
2. El entorno y ubicación de la vivienda, afecta directamente en la estructura, y puede no estar en un lugar adecuado. Si es así el daño puede ser mayor que si estuviera en un lugar en mejores condiciones de suelo.
3. Al existir réplicas de un sismo puede causar más daño a la estructura, previamente dañada, por lo cual puede dejar inhabitable la vivienda.
4. Mientras se realiza la evaluación se debe contar con el debido equipo de seguridad para resguardar la vida del evaluador, ya que se desconoce el estado de la edificación.
5. Tener a mano todo el material que se va a utilizar en la evaluación, como el instructivo y el formulario a completar, cámara fotográfica, un cuaderno para hacer apuntes. Todo lo necesario para hacer una buena evaluación.
6. Evitar los asentamientos humanos en barrancos y en zonas de riesgo.
7. Concientizar a constructores y supervisores de obra, para que estén comprometidos con su trabajo, y utilicen diseños y materiales

adecuados y no sobrevalorados para que la evaluación de costos de la vivienda analizada no se eleve demasiado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARNOLD, Christopher, REITHERMAN Robert. *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*. México: Limusa, 1987. p. 298. ISBN 9681819888. Volumen 1 y 2.
2. Organización de Estados Americanos, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, *Desastres, planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los daños*. Washington DC: Secretaria Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. 1991. p 80.
3. Organización Panamericana de la Salud. *Guía del evaluador de hospitales seguros*. Washington, D.C: OPS, 2008. p. 114. ISBN 978-92-75-33256-6.
4. AGIES NR-6. *Normas estructurales de diseño recomendadas para la República de Guatemala*, Guatemala: AGIES, 2001. p. 138.
5. United States Government Printing Office. *The Guatemalan earthquake of February 4, 1976, a preliminary report*. 1976. p. 90.
6. Gobierno de Italia. *Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres*. México: CEPAL, Banco Mundial. 2003. [en línea] <<http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/7/12707/P12707.xml&xsl>

=/mexico/tpl/p9f.xsl&base=/mexico/tpl/top-bottom.xslt> [Consulta:  
05 de agosto de 2014].