



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

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN UN SECTOR DE LA ZONA 7, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

**Claudia Ondina Rivas Reyes
Elder Benjamín Vásquez Rubio**

Asesorado por el Ingeniero Omar Flores Beltetón

Guatemala, mayo de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN
UN SECTOR DE LA ZONA 7, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CLAUDIA ONDINA RIVAS REYES

ELDER BENJAMIN VASQUEZ RUBIO

ASESORADO POR EL INGENIERO OMAR FLORES BELTETÓN

AL CONFERÍRSELES EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Claudia Ondina Rivas Reyes

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Eduardo Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Carlos Augusto Pérez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN
UN SECTOR DE LA ZONA 7, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 26 de abril de 2006.

Elder Benjamín Vásquez Rubio

Claudia Ondina Rivas Reyes

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Elder Benjamín Vásquez Rubio

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Eduardo Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Gabriel Gabriel Ordóñez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Vargas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del asesor y del Visto Bueno del Jefe del Área o revisor al trabajo de los estudiantes Claudia Ondina Rivas Reyes y Elder Benjamín Vásquez Rubio, titulado Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 7, de la ciudad de Guatemala, procede a la autorización del mismo.

Ingeniero Fernando Amilcar Boiton

Guatemala, mayo de 2008.

El decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte de del director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 7, de la ciudad de Guatemala, de los estudiantes Claudia Ondina Rivas Reyes y Elder Benjamín Vásquez Rubio procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRÍMASE

Ingeniero Murphy Olympo Paiz Recinos

Guatemala, mayo de 2008.



CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE ENERGÍA Y MINAS
- CESEM -
Tel./fax: 24 76 04 23



Guatemala, 03 de Abril de 2008

Ing. Julio Luna
Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas
Facultad de Ingeniería
USAC

Señor Director:

Por este medio me permito informarle que los estudiantes Claudia Ondina Rivas Reyes con carné no. 97-13007 y Elder Benjamín Vásquez Rubio con carné no. 97-13292, de la licenciatura en Ingeniería Civil, fueron asesorados por mi persona en su trabajo de graduación **“Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 07 de la Ciudad de Guatemala”**.

Habiendo cumplido con los objetivos y metas propuestas para este trabajo, he procedido a la aprobación del mismo. Por lo que el contenido, conclusiones y recomendaciones de este trabajo son responsabilidad, tanto del actor como de su asesor.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Omar Gilberto Flores **Beltrán**
Profesor-Investigador

Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE ENERGÍA Y MINAS
- CESEM -
Tel./fax: 24 76 04 23



CESEM 034-2008

Guatemala, 14 de Abril de 2008.

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
USAC

Ingeniero Boiton:

Por medio de la presente le informo, que he revisado el trabajo de graduación *“Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 07 de la Ciudad de Guatemala”*, realizado por los estudiantes Claudia Ondina Rivas Reyes con carné no. 97-13007 y Elder Benjamín Vásquez Rubio con carné no. 97-13292 y asesorado por el ingeniero civil Omar Gilberto Flores Beltetón.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con lo establecido, el suscrito le da su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Julio Roberto Luna Aroche
Director

Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas
Facultad de Ingeniería





Guatemala,
29 de abril de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA ESTRUCTURAL EN UN SECTOR DE LA ZONA 7, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Civil Claudia Ondina Rivas Reyes y Elder Benjamín Vásquez Rubio, quienes contaron con la asesoría del Ing. Omar Flores Beltetón.

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,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Omar Flores Beltetón y del Jefe del Departamento de Estructuras, Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera, al trabajo de graduación de los estudiantes Claudia Ondina Rivas Reyes y Elder Benjamín Vásquez Rubio, titulado ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN UN SECTOR DE LA ZONA 7, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, mayo 2008.

/bbdeb.



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: **ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN UN SECTOR DE LA ZONA 7, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Ondina Rivas Reyes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, mayo de 2008

/gdech

AGRADECIMIENTOS

Gracias Padre Eterno por tu infinita misericordia, a ti sea toda la gloria; me has dado la vida, salud, sabiduría, fortaleza y muchas cosas mas; sin ti no hubiese logrado alcanzar esta meta.

Gracias a mis padres: Benjamín Vásquez y Patrocinia Rubio porque son ejemplares; quienes me han amado, apoyado y empujado a lo largo de toda mi vida, con todo mi corazón, muchas gracias a ellos por todo lo que me han enseñado y por la manera en que me han formado. A mis hermanas, hermanos, sobrinos, por su cariño y apoyo, a mi amada Jessica por su apoyo y compañía, muchas gracias por estar allí siempre.

A mis amigos de infancia, compañeros de estudio, compañeros de trabajo gracias por su apoyo y amistad.

A mis autoridades espirituales, quienes me brindaron su apoyo y me motivaron para alcanzar este sueño.

Al ingeniero Pedro Rocito Rosada, por su ayuda incondicional, apoyo, paciencia quien sembró en mí, una semilla de confianza y deseos de superación inspirándome para ser un profesional de la Ingeniería Civil.

Al ingeniero Omar Flores, mi asesor, por su apoyo, paciencia y generosidad para transmitir sus conocimientos y orientación en el desarrollo de este trabajo y otras áreas del conocimiento de la Ingeniería Civil.

A las autoridades de la Escuela de Ingeniería Civil y al Ingeniero Oswaldo Escobar, por su apoyo.

Elder Benjamín Vásquez

AGRADECIMIENTOS

Gracias Padre, por todo lo que me has dado, por permitirme estar aquí y alcanzar este triunfo, a ti toda la gloria.

A mi mamá, Ángela Ondina Reyes, gracias por su ayuda, apoyo y ejemplo de fortaleza, a mi papá, Luís Ernesto Rivas, porque se que desde el cielo, siempre a estado allí para protegerme y ayudarme, a mis abuelos Juan José y Andrea, seres fundamentales a lo largo de mi vida, gracias por su amor, su ejemplo, sus enseñanzas y apoyo en todos los aspectos de mi vida. A mis hermanos, gracias por su ejemplo, cariño y apoyo incondicional, A mi hermana, gracias por tu cariño. A mis cuñadas y sobrinos, por su cariño, muchas gracias por estar siempre allí.

A mi esposo Giovanni, por su amor, ayuda, apoyo y comprensión muchas gracias. A mi hijo, Diego, porque con sus travesuras y sonrisas me llenó de energía para seguir adelante.

A ti Elder, porque en muchos momentos estuve a punto de abandonar este proyecto y tu siempre estuviste allí, para apoyarme, gracias por tu comprensión.

A mis amigos, compañeros de estudio, compañeros de trabajo, gracias por su apoyo y amistad.

Al ingeniero Omar Flores, nuestro asesor, por su apoyo, paciencia y generosidad para transmitir sus conocimientos y orientación en el desarrollo de este trabajo y otras áreas del conocimiento de la ingeniería civil.

A las autoridades de la Escuela de Ingeniería Civil y al Ingeniero Oswaldo Escobar, por su apoyo.

Claudia Ondina Rivas

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios porque a sido mi fiel amigo a lo largo de toda mi vida; lo dedico a mis amados padres, pues sé que ellos al igual que yo se han gozado al verme alcanzar un título profesional, gracias por todo lo que han hecho por mí, espero poder corresponderles con esta y otras satisfacciones.

Dedico también este trabajo de graduación a las autoridades, sobre quienes está la responsabilidad de velar por la seguridad de la población guatemalteca, motivándolos para que actúen de forma correcta poniendo en práctica las propuestas descritas en este trabajo, asimismo para seguir llevando a cabo este tipo de estudios, y con ello se evite vivir el dolor de experiencias pasadas.

Elder Benjamín Vásquez

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios, porque sin Él no estaría aquí.

A mi familia, porque a ellos les debo lo que soy y lo que he logrado, este triunfo en muchas maneras es de ustedes, gracias infinitamente por todo lo que me han dado.

A mi esposo y mi hijo Dieguito, por ser parte valiosa e importante de mi vida.

A mi papa, mis abuelos y mi hermano Daniel, porque sé que desde el cielo han estado allí apoyándome, siempre ocuparan un lugar muy importante en mi corazón.

Dedicamos también este trabajo graduación a las autoridades, sobre quienes está la responsabilidad de velar por la seguridad de la población guatemalteca, motivándolos para que actúen de forma correcta poniendo en práctica las propuestas descritas en este trabajo, asimismo para seguir llevando a cabo este tipo de estudios, y con ello se evite vivir el dolor de experiencias pasadas.

Claudia Ondina Rivas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1. GENERALIDADES	1
1.1. Sismicidad en Guatemala	2
1.2. Riesgo amenaza y vulnerabilidad	8
1.3. Clasificación de Edificaciones (Según RN6)	10
1.3.1 Críticas	10
1.3.2 Esenciales	10
1.3.3 Importantes	11
1.3.4 Ordinarias	12
1.3.5 Utilitarias	12
1.4. Factores que propician la vulnerabilidad sísmica de las Estructura	12
1.5. Métodos de análisis de vulnerabilidad	19
1.6. Método de evaluación visual rápido	21
1.6.1 Descripción del método	23
1.6.2 Formulario de evaluación	24
1.6.3 Criterios de evaluación	25
1.6.4 Diagrama de flujo de procesos de evaluación	27

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA A EVALUAR	29
2.1. Localización y delimitación	30
2.2. Aspectos físicos de la zona	31
2.2.1 Geología	32
2.2.2 Hidrológica	33
2.2.3 Precipitación	34
2.2.3 Viento	36
2.2.4 Clima	37
2.2.5 Tipo y uso del suelo	38
2.3. Población	40
2.3.1 Desarrollo urbanístico y demográfico	42
2.3.2 Densidad de población	45
2.3.3 Densidad de vivienda	47
2.4. Ambiente económico y social	48
2.5. Infraestructura	50
2.5.1 Tipología estructural	51
2.5.1.1 Estructura de adobe	53
2.5.1.2 Estructura de madera	54
2.5.1.3 Estructura de mampostería	55
2.5.1.4 Estructura de concreto	56
2.5.1.5 Estructura de acero	59
2.6. Líneas de servicios básicos	62
2.6.1 Redes de distribución de electricidad	62
2.6.1.1 Fuentes de abastecimiento	63
2.6.1.2 Componentes del sistema	64
2.6.1.2.1 Subestación	64
2.6.1.2.2 Circuitos	65
2.6.2 Redes de distribución de agua potable	66
2.6.2.1 Fuentes de abastecimiento	66

2.6.2.2	Componentes del sistema	67
2.6.2.2.1	Hidrantes	68
2.6.2.2.1	Circuitos	69
2.6.3	Redes de alcantarillado sanitario y pluvial	69
2.6.3.1	Componentes del sistema	70
2.6.4	Telecomunicaciones	72
2.6.5	Vías de acceso	74
2.7.	Posible centros de albergue	76
2.7.1	Hospitales	79
2.7.1.1	Características	80
2.7.1.2	Seguridad mínima requerida	82
2.7.1.3	Servicios básicos	83
2.7.2	Edificios públicos	84
2.7.2.1	Características	86
2.7.2.2	Seguridad mínima requerida	89
2.7.2.3	Servicios básicos	89
2.7.3	Iglesias	89
2.7.3.1	Características	90
2.7.3.2	Seguridad mínima requerida	90
2.7.3.3	Servicios básicos	90
3.	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	93
3.1	Datos obtenidos	93
3.1.1	Cálculo de índice de vulnerabilidad estructural en viviendas	99
3.1.2	Breve descripción de la situación actual de las redes de servicio básicos	101
3.1.2.1	Agua potable	101
3.1.2.2	Drenajes	106
3.1.2.3	Electricidad	109

3.1.2.4	Vías de acceso	111
3.1.2.5	Telecomunicaciones	115
3.1.3	Vulnerabilidad en posibles centros de albergue	116
3.1.3.1	Hospitales	117
3.1.3.2	Edificios públicos	118
3.1.3.3	Iglesias	120
3.2	Cuantificación de daños potenciales	122
3.2.1	Viviendas	123
3.2.1.1	Estructuras de adobe	123
3.2.1.2	Estructuras de madera	124
3.2.1.3	Estructuras de mampostería	124
3.2.1.4	Estructuras de concreto	125
3.2.1.5	Estructuras de acero	127
3.3	Mapeo	128
3.3.1	Índice de vulnerabilidad en viviendas del sector	130
3.3.2	Centros de albergue	134
4.	PROPUESTA DE MÉTODOS DE MITIGACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	135
4.1.	Información para la mitigación	135
4.1.1	Índice de vulnerabilidad en viviendas del sector	136
4.1.2	Áreas propuestas de protección	138
4.1.3	Instituciones técnicas y de socorro	139
4.2.	Problemas estructurales típicos observados en el sector	144

4.3. Establecimientos de alternativas de rehabilitación estructural	145
4.4. Propuesta de un plan de mitigación	148
4.5. Discusión sobre códigos de construcción existentes en Guatemala y otras reglamentaciones	153
4.5.1 Códigos, reglamentos, normas de edificaciones.	154
CONCLUSIONES	161
RECOMENDACIONES	165
BIBLIOGRAFÍA	169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Placas tectónicas que afectan el territorio nacional	1
2. Mapa geológico con ubicación de epicentros de movimientos sísmicos Enjambre sísmico junio 2003.	5
3. Fotografía y esquema de una estructura evaluada	26
4. Mapa geográfico de la ciudad de Guatemala 1945	29
5. Mapa geográfico de la ciudad de Guatemala	32
6. Mapa de Isolineas, estudio de aguas subterráneas	34
7. Mapa de Inmuebles ubicados en zona con pendiente pronunciada	35
8. Uso del suelo sector de estudio	39
9. Gráfica uso del suelo del sector de estudio	40
10. Fotografía de torre telefónica	51
11. Fotografía de estructuras de adobe	54
12. Fotografía de estructura de mampostería media	56
13. Fotografía estructura de concreto	59
14. Fotografía estructura de acero	61
15. Ubicación de poste de EEGSA dentro del sector de estudio	63
16. Subestación la Castellana zona 8, ciudad de Guatemala	64
17. Circuito 41 colonia Landivar y Quinta Samayoa	65
18. Mapa distribución Agua Potable	68
19. Mapa de Colectores ubicados en la Col. Quinta Samayoa y Landivar	71
20. Distribución de tipos de estructuras del área evaluada	95
21. Mapa temático tipos de estructuras del sector de estudio	96

22. Uso de estructuras del área evaluada	98
23. Mapa temático uso del suelo del sector de estudio	98
24. Componentes de un sistema de Agua Potable.	103
25. Fractura de tubería ocasionada por derrumbe	104
26. Fractura de estructura de tanque elevado	105
27. Daños en componentes difícil de inspección, tubería del circuito	105
28. Subestación la Castellana, circuito 41 y circuitos que funcionarían en caso surja una emergencia	110
29. Grietas en red vial causadas por fenómeno sísmico.	111
30. Estado de la red vial del sector de estudio	112
31. Dirección del flujo vehicular del sector de estudio	114
32. Mapa del sector en estudio con ubicación de postes de TELGUA	116
33. Mapa de los índices de pérdidas potenciales en elementos humanos en el sector de estudio.	129
34. Mapa del sector estudiado que ilustra el grado de vulnerabilidad estructural de cada lote	131
35. Mapa de red de Agua Potable y ubicación de fracturas del suelo ocasionadas por terremoto de 1976.	133
36. Áreas propensas a derrumbes dentro del sector de estudio	133
37. Mapa temático vulnerabilidad estructural albergues	134
38. Ubicación de Sedes Regionales INSIVUMEH	141
39. Encamisado de muros de adobe	147
40. Ejemplo de descentralización de almacenamiento de Agua Potable	150
41. Almacenamiento de agua potable durante un desastres	151

TABLAS

I Vulnerabilidad de iglesias	92
II Características generales del área evaluada	94
III Cuantificación de los distintos tipos de estructuras existentes en el área evaluada	95
IV Uso de las estructuras en el área evaluada	97
V Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector en estudio	100
VI Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector en estudio	100
VII Escuela Oficial Urbana Mixta No 36 José Martí	118
VIII Escuela Oficial Urbana Mixta No 42 República de Belice	119
IX Escuela Nacional de Párvulos No 14 Vicente Laparra de la Cerda	119
X Escuela Oficial Urbana No 43 Doctor Pedro José Valenzuela	119
XI Escuela Mixta No 52 José María Bonilla Ruano	120
XII Iglesia Mormona, ubicada en la Colonia Landivar 6-50 zona 7	121
XIII Iglesia Católica Monte Basan ubicado en la 6 avenida 7-38 Colonia Landivar	121
XIV Estructuras de adobe	123
XV Estructuras de madera	124
XVI Estructuras de mampostería superior	124
XVII Estructuras de mampostería media	125
XVIII Estructuras de concreto	125
XIX Muros de corte de concreto	125
XX Marcos de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada	126
XXI Estructuras de concreto prefabricado	126
XXII Estructura de acero liviana	127

XXIII	.Marcos de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada	127
XXIV	Colores sugeridos asociados a la vulnerabilidad estructural.	130
XXV	Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector en estudio	137
XXVI	Índices de vulnerabilidad para el área evaluada dentro del sector en estudio	137
XXVII	Estaciones de bomberos municipales	142
XXVIII	Cuadro de clasificación de Reglamento del Sistema de Planificación y Gestión.	156

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
G	Aceleración de la gravedad
M	Metro
m²	Metros cuadrados
Mc	Magnitud coda
Ms	Magnitud de superficie
Mw	Magnitud de momento
MM	Intensidad Mercalli modificada
seg.	Segundo
%	Porcentaje

GLOSARIO

Amenaza	Probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período, en un sitio dado.
Amplitud de onda	Es la máxima altura de una cresta o del valle de una onda.
Área de construcción	Proyección horizontal del área que ocupa un edificio.
Área construida	Sumatoria de las áreas de construcción de todos los niveles de un edificio
Asentamiento diferencial	Cambio relativo en el nivel vertical de dos o más puntos en una estructura, debido a diferentes magnitudes de asentamiento del suelo en dichos puntos.
Autoconstrucción	Desarrollo de obras de construcción cuya responsabilidad, dirección y administración está a cargo del propietario, para lo cual es posible que haya existido, al menos, planificación y diseño profesional.
Construcción empírica	Obra de autoconstrucción que evidencia deficiencias en aspectos técnicos, desarrollada según el criterio de los albañiles y el propietario, sin que haya existido planificación, asesoría, criterio o supervisión profesional para su desarrollo.

Curvas de isoaceleración	Curvas que delimitan los sitios para los cuales se espera el mismo valor de aceleración máxima del suelo en determinado tiempo, debido a fenómenos sísmicos.
Desastre	Evento o suceso que ocurre en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada y que causa sobre los elementos sometidos, alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y daños severos al medio ambiente.
Escala de Mercalli modificada	Escala que sirve para designar la intensidad de un sismo en un sitio dado, la cual se asigna en forma subjetiva según el sismo sea sentido por las personas (grados I a VI), según los daños que ocasione a las edificaciones (grados VII a X), y según los cambios geológicos que este produce (grados XI a XII).
Escala de Richter	Llamada también Magnitud Local ML, es un escala que permite establecer una medida cuantitativa del tamaño de un sismo en su fuente, relacionada con la energía sísmica liberada durante el proceso de ruptura de la falla.
Fallas mayores	Fallas geológicas al borde de las placas tectónicas, pueden ser de tipo transcurrente, cuando los bloques adyacentes se mueven lateralmente en sentidos opuestos paralelos a la falla.
Falla secundaria	Zona de fracturas en el material de la corteza a lo largo de

la cual dos bloques adyacentes han sufrido una dislocación o un desplazamiento relativo paralelo a la falla, cuya dislocación total puede ser en centímetros o metros.

Graben

Bloque de corteza, generalmente largo y estrecho, que se ha hundido con respecto a los bloques adyacentes y se encuentra bordeado por fallas normales.

Horst

Bloque de corteza bordeado por fallas inversas que ha subido con respecto a los bloques adyacentes.

Georeferenciar

Incorporar un objeto dentro del área espacial que le corresponde.

Lote

Cada una de las parcelas en las que se divide un área de tierra.

Mampostería

Sistema constructivo de tipo cajón, que consiste en pegar piezas o bloques para formar muros y soportar cargas.

Mampostería media o confinada

Sistema constructivo de tipo cajón que consiste en prismas que se forman con piezas o bloques unidos con mortero confinados entre elementos horizontales y verticales de concreto reforzados.

Período de vibración

Intervalo entre las amplitudes máximas en una onda, se mide en segundos y es el inverso de la frecuencia.

Placas tectónicas	Segmento relativamente grande y rígido de la litosfera, que incluye la corteza y la parte superior del manto, que se desplaza sobre la astenósfera, moviéndose en relación a las placas adyacentes. La superficie de la Tierra está dividida en unas 17 placas mayores.
Propensión sísmica	Inclinación natural de una región a ser afectada por determinado tipo de sismos.
Riesgo	Grado de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular en función de la amenaza y la vulnerabilidad.
Resonancia	Cuando un sistema mecánico sufre una excitación periódica externa, cuya frecuencia de aplicación coincide con la frecuencia natural de oscilación libre del sistema, éste entra en vibración, y aumenta la amplitud de oscilación en cada ciclo mientras se aplique la fuerza externa.
Sismo	Evento físico causado por la liberación repentina de energía debido a una dislocación o desplazamiento en la corteza terrestre; parte de la energía es irradiada en todas direcciones en forma de ondas elásticas y ondas sísmicas, y es percibido en la superficie como una vibración del terreno denominada “temblor”, cuando no causa daños, y “terremoto”, cuando la sacudida es violenta y el evento es destructivo, causando daños severos y víctimas.

Suelo piro clástico	Suelo originado por erupciones volcánicas
Tipología estructural	Sistema de clasificación de estructuras en función de la forma en que transmiten y soportan las cargas que se les aplican.
Tipología Constructiva	Sistema de clasificación de Construcciones sin tomar en cuenta pormenores interiores únicamente en función de su muros, techo, entrepiso y número de niveles; de tal forma que una construcción debe poseer una clasificación de tipología constructiva .
Vulnerabilidad	Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos que corren riesgo, como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0, o sin daño, hasta 1, o pérdida total.
Vulnerabilidad estructural	Grado de pérdidas de un elemento o grupo de elementos que están en riesgo por la probable ocurrencia de un evento desastroso como resultado del daño al que es susceptible el sistema estructural que mantiene en pie a un edificio.
Vulnerabilidad no estructural	Grado de pérdidas de un elemento o grupo de elementos que corren riesgo por la probable ocurrencia de un evento

desastroso, como resultado del daño en los componentes que están dentro de un edificio y que no pertenecen al sistema estructural del mismo, tales como elementos arquitectónicos, instalaciones, equipos médicos, etcétera.

Zona de subducción

Zona en la que un segmento de placa oceánica se sumerge bajo una placa continental u oceánica a lo largo de la fosa marina.

Zonificación sísmica

Consiste en descifrar de manera multidisciplinaria el comportamiento del suelo ante fenómenos sísmicos, con el propósito de determinar la amenaza y peligrosidad sísmica de una región muy extensa (macro zonificación), o un área específica (micro zonificación).

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación titulado Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un sector de la zona 7, de la ciudad de Guatemala, se determinara la vulnerabilidad estructural de las estructuras ubicadas dentro de dicho sector, aplicando el método visual rápido ATC-21; dicho sector se encuentra delimitado al norte por la colonia Castillo Lara, Al sur por la Calzada San Juan, Al este por el basurero de la Zona 3 y el Estadio el Trébol y al oeste por la colonia Kaminal Juyu I.

Previo al estudio del sector es importantes conocer el significado de conceptos básicos como: riesgo, amenaza y vulnerabilidad, a si también conocer los diferentes métodos aplicables para el análisis de vulnerabilidad, los factores que favorecen la vulnerabilidad de las estructuras y los criterios y procedimientos que se utilizan.

Con este estudio se está contribuyendo a que 14,000 habitantes; (población estimada en el área según fuentes de información citadas); conozcan la situación actual de las estructuras a si como su vulnerabilidad. Se proporciona una idea general de la situación económica y social del área de acuerdo a la percepción durante el levantamiento de datos de campo.

De manera general se hace mención de la infraestructura y las líneas de servicio básico con los que cuenta el área en estudio. En cuanto a lo segundo es de nuestro conocimiento que no solo una edificación suele ser afectada a la hora de un fenómeno sísmico si no también otras estructuras que juegan un papel importante en la salud física y social del ser humano.

Con respecto a los servicios se puede mencionar que se demuestra de forma general, a través de superposición de mapas ubicación de fracturas dentro del área de estudio las que en un momento podrían activarse y ocasionar serios daños a todo tipo de estructura sobre el suelo dentro de dicha área.

Las evaluaciones practicadas a las estructuras con base a criterios de la metodología ATC-21 dan como resultado indicadores de la vulnerabilidad de las estructuras y valores de los daños en elementos humanos y elementos materiales. Con lo anterior, se determinó que dentro del área evaluada es susceptible a daños severos aproximadamente 560,635.82 m² de área construida, lo que implicaría alrededor de Q 981,727,796.00 (novecientos ochenta y un millones setecientos veintisiete mil setecientos noventa y seis quetzales) en el costo de reposición de las pérdidas materiales; que el número potencial de muertes está alrededor de 5,606 personas y el número potencial de heridos alrededor de 8,395 personas, lo que equivale al 10.03% y 15.02%, respectivamente, del total de habitantes dentro del área evaluada.

Basados en los resultados del estudio, se realizó el mapeo de la vulnerabilidad para cada estructura incluyendo los centros de albergue, material que permite apreciar de forma fácil y clara la situación de vulnerabilidad que vive el sector analizado. Se finaliza con la propuesta de técnicas de mitigación de vulnerabilidad la que tiene por objeto ubicar problemas estructurales típicos observados en el sector, y el establecimiento de alternativas de reforzamiento estructural a través de recomendaciones.

OBJETIVOS

➤ **General**

Realizar un estudio, por medio de un análisis visual rápido, que permita cuantificar la vulnerabilidad estructural y la cantidad de daños potenciales en elementos materiales y humanos, que podría sufrir un sector de la zona 7, de la ciudad de Guatemala ante un fenómeno sísmico con aceleraciones del suelo de $0.3g = 2.94 \text{ m/seg}^2$, o mayores, en la componente horizontal, con una probabilidad de ocurrencia de, al menos, una vez en cincuenta años, equivalente a 0.02.

➤ **Específicos**

1. Determinar el grado de Vulnerabilidad Sísmica Estructural de las edificaciones ubicadas en un sector de la zona 7, de la ciudad de Guatemala.
2. Cuantificar los daños potenciales humanos y materiales que ocasionaría un movimiento sísmico de cierta magnitud.
3. Detectar los posibles centros de albergue dentro del sector de estudio.
4. Prevenir a las autoridades acerca del grado de vulnerabilidad del sector.
5. Ubicar y analizar brevemente las redes principales de los servicios básicos que funcionan dentro del sector.
6. Detectar problemas estructurales típicos.

7. Proponer un plan de mitigación que reduzca las pérdidas materiales y humanas ocasionadas por un movimiento sísmico, dentro del sector de estudio.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país altamente sísmico debido a varias razones, entre estas tenemos que, se encuentra geográficamente ubicada en los límites de tres placas tectónicas que forman la corteza terrestre, cuyos movimientos relativos y esfuerzos inducidos a la rígida corteza terrestre son las causantes de las actividades sísmicas, posee un suelo que en su gran parte es de origen volcánico. El último movimiento sísmico que ocurrió en Guatemala provocó daños potenciales en elementos materiales y humanos; estos lamentables hechos fueron causados por factores como la autoconstrucción y las construcciones empíricas los cuales se siguen dando en la actualidad poniendo en riesgo la vida de la población en caso de suceder un movimiento sísmico.

El objetivo principal del estudio es expresar la vulnerabilidad estructural de un sector de la zona 7, en función de la cantidad de daño potencial en elementos materiales y humanos debido a la ocurrencia de un fenómeno sísmico con aceleraciones del suelo de $0.3g = 2.94 \text{ m/seg}^2$, o mayores, en la componente horizontal, con una probabilidad de ocurrencia de, al menos, una vez en cincuenta años, equivalente a 0.02. El método a utilizar será el método de evaluación Visual Rápida de Edificios ante amenaza Sísmica, publicada por Applied Technology Council, el cual a dado buenos resultados en distintos países del mundo.

Es importante aclarar que el método a utilizar es un primer nivel de evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras y no puede ser concluyente en ningún caso en particular hasta que se practiquen evaluaciones detalladas de alto nivel en estructuras que así se requieran. Este estudio también pretende ubicar y proponer inmuebles dentro del sector, que reúnan las características suficientes para ser considerados como posibles albergues, así también un análisis general de los servicios públicos y otros aspectos importantes que serán descritos en el presente documento.

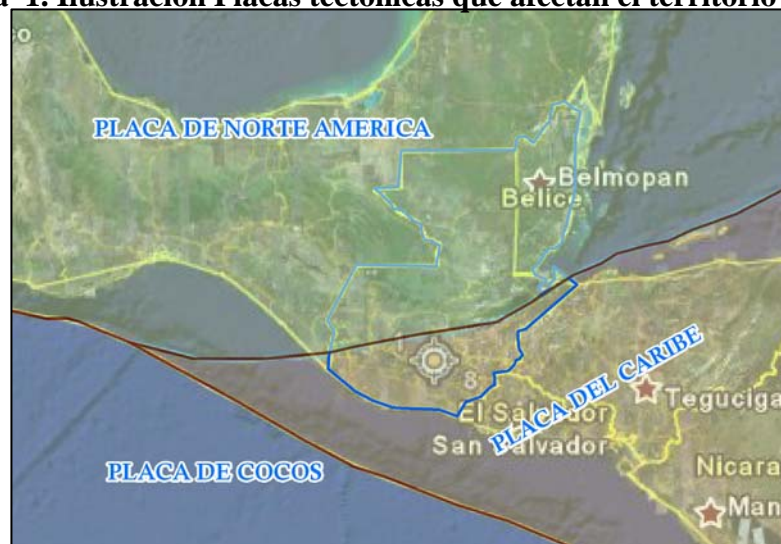
1. GENERALIDADES

El territorio nacional está repartido en tres placas tectónicas: Norte América, Caribe y Cocos, Los movimientos relativos entre estas determinan los principales rasgos topográficos del país y la distribución de los terremotos y volcanes.

El contacto entre las placas de Norteamérica y Caribe es de tipo transcurrente. Su manifestación en la superficie son las fallas de Chixoy Polochic y Motagua, el contacto entre las placas de Cocos y del Caribe es de tipo convergente, en el cual la Placa de Cocos se mete por debajo de la Placa del Caribe (fenómeno conocido como subducción). Este proceso da origen a una gran cantidad de temblores y formación de volcanes. El contacto entre estas dos placas está aproximadamente a 50 Km. frente a las costas del Océano Pacífico. Estos dos procesos generan deformaciones a la placa del Caribe, produciendo fallamientos secundarios como: Jalpatagua, Mixco, Santa Catarina Pinula,

12

Figura 1. Ilustración Placas tectónicas que afectan el territorio Nacional.



Fuente: <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica>

¹² <http://Insivumeh.gob.gt/geofisica>

Los sismos son el producto de la liberación de energía generada por el desplazamiento de placas tectónicas o por el desplazamiento de fallas, gran parte de esta energía sísmica se libera en forma de calor y una pequeña parte mediante la propagación de diversos tipos de ondas que hacen vibrar la corteza terrestre.¹²

1. 1 Historia de la sismicidad en Guatemala

En Guatemala por ser un país altamente sísmico surgió la necesidad de desarrollar la Sismología , esta ciencia es una de las ramas de la Geofísica que se encarga de estudiar la tierra y en especial el fenómeno de los terremotos. En el año de 1925 se instalaron los primeros sismógrafos mecánicos en el Observatorio Nacional, en la década de los 70' los primeros seis sismómetros electromagnéticos, como parte del servicio Geológico de los Estados Unidos, para vigilar los volcanes activos. Al inicio el centro de registro estuvo en el Instituto Geográfico Nacional y posteriormente fue trasladado al Observatorio Nacional, a consecuencia del terremoto del 4 de febrero de 1976 el gobierno decidió crear el Instituto Nacional del Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH y con el la red de sismográfica Nacional, la red fue diseñada para registrar la actividad micro sísmica (eventos con magnitud Richter < 5) dentro del territorio Nacional.¹

Entre los principales eventos sísmicos del siglo XX en Guatemala podemos mencionar:

- Abril 1902, ocasiono daños principalmente en Quetzaltenango y Sololá, el cual tuvo una magnitud de 7.5 grados

- 8 de marzo de 1913 “ tubo como principal acontecimiento la destrucción de Cuilapa Santa Rosa ”
- 1917 y 1918 “serie de movimientos sísmicos” posiblemente un enjambre.
- 6 de agosto de 1942 magnitud de 8.3, la mayor hasta la fecha.
- 1959, 20 de febrero, el evento presento estragos en la población de Ixcán Departamento del Quiché.
- 4 de febrero de 1976 Violento Terremoto, 25,000 muertos se considera como el mas destructor.¹³ (Espinoza,1976)
- 1985 movimiento con magnitud de Ms = 5.0 grados; posiblemente el evento de menor magnitud con efectos destructores en el Siglo XX, destrucción casi completa de una ciudad (Uspantàn)
- 1991 terremoto en Pochuta Chimaltenango
- 1995 tiembla en San Miguel Tucurú Alta Verapaz
- 1998 el sismo del 10 de enero de 1998, de magnitud 5.8 Mc en la escala de Richter¹²

El riesgo de sismicidad en Guatemala es alto y a falta de un ordenamiento territorial es de esperar que en sectores clasificados como de alto riesgo (laderas de barrancos) se ubiquen asentamientos humanos precarios; debido a la pendiente de las laderas sumado a las propiedades del suelo que la conforma (principalmente su resistencia) el suelo es susceptible a deslizamiento en un alto porcentaje. Habitar en estas áreas aumenta la probabilidad de pérdidas materiales y humanas, ya que puede ocurrir un derrumbe o un deslizamientos (el terremoto de 1976 produjo mas de 10,000 deslizamientos)¹³ provocado por cualquier fenómeno natural.

¹³ Espinoza 1976

El sistema de fallas de Mixco y el sistema de fallas de Pinula han causado en parte la Sismicidad local, en historias recientes la sismicidad local ha sido responsable de grupos de eventos sísmicos denominados enjambres.

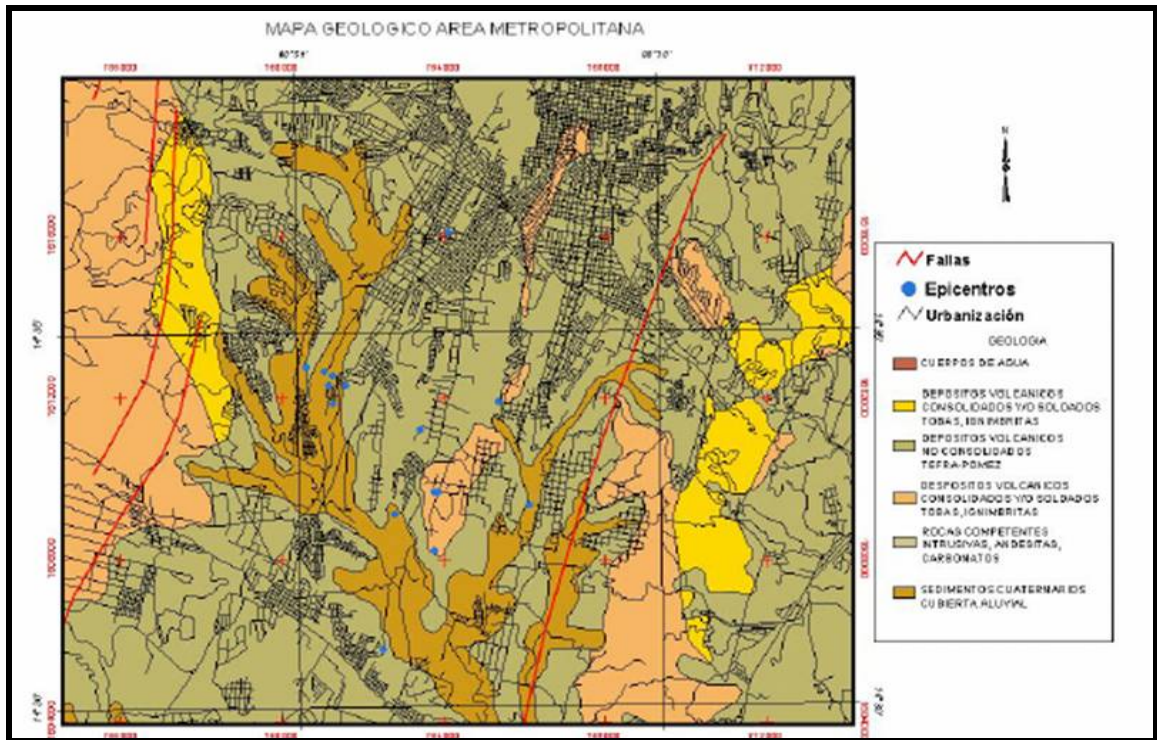
Uno de los aspectos principales de un enjambre es que no existe un evento principal, aun cuando se puedan dar varios eventos de magnitud mediana agrupados en un pico de magnitudes ¹⁴.

Un ejemplo de enjambre sísmico en la Ciudad de Guatemala es el ocurrido en mayo de 1988 en el cual se produjeron 2000 microsismos, en un periodo de menos de un mes. Desde que se instaló la Red Sísmica Nacional en el año de 1977, se han reportado al menos un microsismo por año, principalmente en el sector del Altiplano.

Como otro dato histórico importante es el enjambre sísmico de junio del año 2,003 que incluyó al menos 20 eventos de magnitud Richter entre 2.5 y 3.7 ¹²

¹⁴ Informe de Riesgo, Enjambre Sísmico Junio 2003 CONRED

Figura 2. Mapa Geológico con ubicación de Epicentros de Movimientos Sísmicos Enjambre Sísmico junio 2003.



Fuente: <http://www.conred.gob.gt/>, Informe de Enjambre Sísmico Junio 2003 Ciudad de Guatemala

Un país afectado por un fenómeno sísmico suele ser afectado tanto económicamente como en su desarrollo, este tipo de fenómeno no se puede evitar, pero si es posible disminuir las pérdidas materiales y humanas.

Las obras de ingeniería civil de gran tamaño, por lo general, son desarrolladas por profesionales, y aunque en el país aún se necesitan estudios, lineamientos y códigos de diseño sismo resistente que den mayor seguridad y respaldo al trabajo profesional y a los propietarios, la intervención de un ingeniero con buen criterio implica construcciones más seguras y eficientes.

Esto nos lleva a pensar que las construcciones pequeñas son las mejores candidatas a participar en un desastre de origen sísmico, las cuales en Guatemala más abundantes y desarrolladas con menos control, generalmente auto construidas por sus propietarios o construidas de manera empírica debido a factores económicos, legislativos y culturales de la sociedad.

Este estudio es complementario al efectuado en un sector de la zona 03 (Arrecis 2002) el estudio está enfocado principalmente a evaluar las áreas populares y antiguas de la ciudad de Guatemala, esto debido a que en ellos se encuentra la mayor cantidad de casos que coinciden con la autoconstrucción y malas técnicas de construcción como ejemplo, la combinación de mampostería no reforzado con mampostería reforzada.

El sector de la zona 7 en estudio, contiene estructuras muy antiguas que datan de los inicios de la década de los 40'¹⁵, siendo el objetivo primordial expresar la vulnerabilidad estructural del sector mencionado, en función de daño potencial de elementos materiales y humanos debido a la ocurrencia de un fenómeno sísmico esperado al menos una vez en cincuenta años.

Considerando que la construcción con mampostería reforzada empezó a tener más auge después del terremoto de 1976, es de imaginar la gran cantidad de edificaciones que se encuentran en el sector, compuestas por mampostería no reforzada las cuales si bien sufrieron daños durante el terremoto, se mantuvieron de pie, pero que en la actualidad representan riesgo, por factores que se detallarán en la sección 1.4 de este capítulo.

¹⁵ Mapa Geográfico de la ciudad de Guatemala 1945, capítulo 2 Descripción de la zona a evaluar de este trabajo.

Existe también una descripción de forma general de los componentes de las redes de servicios públicos dentro del sector como lo son: las líneas de conducción de agua, líneas de conducción de energía eléctrica, líneas telefónicas y sistema de drenajes.

Para el análisis de vulnerabilidad se toma como base el del sector de la zona 03 (Arrecis 2002) que utilizó Applied Technology Council- ATC-21 que utiliza metodologías y criterios de mucho prestigio a nivel internacional para la evaluación masiva de estructuras. Sin embargo, la certeza del estudio depende de varios factores, tales como el hecho de que el método utilizado es un primer nivel de evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras, y no puede ser concluyente para ningún caso en particular, hasta que se practiquen evaluaciones detalladas de más alto nivel estructural, la vulnerabilidad estructural puede ser variable a través del tiempo en la medida que se renueven o remodelen las estructuras, el tipo de fenómeno sísmico que se presente y la respuesta del suelo.

Es de suma importancia realizar la evaluación de vulnerabilidad estructural por amenaza sísmica a todas las edificaciones de la ciudad, principalmente aquellas asentadas sobre sectores clasificados como antiguos o de clase social baja, esto debido a las deficiencias que estos presentan en materia de construcción. Esto contribuirá a hacer conciencia en la población y en las autoridades, para desarrollar planes y medidas de mitigación, enfocadas no solo al campo estructural, si no también a la educación, cultural e institucional, para formar estado de preparación.

1. 2 Riesgo amenaza y vulnerabilidad

Riesgo:

Se define como riesgo, a la pérdida esperada a causa de una amenaza determinada en un elemento, durante un período específico en el futuro, se puede medir según la pérdida económica esperada o según el número de vidas perdidas o la extensión del daño físico a la propiedad. Se define también como la amenaza sísmica relativa o comparativa de un sitio a otro.

Matemáticamente se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y un cierto período de tiempo; se determina por la siguiente expresión:

$$\mathbf{R=A*V}$$

Donde:

R = Riesgo

A = Amenaza

V = Vulnerabilidad

Para evaluar el riesgo deben seguirse tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en si mismo.¹⁶ (OPS 1991)

Amenaza:

Se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

En este estudio, se ha establecido este parámetro por el valor representativo de la máxima aceleración del suelo esperada, al menos, una vez en 50 años, equivalente a una probabilidad de ocurrencia de 0.002¹⁷ (Arrecis 2002)

La diferencia entre amenaza y riesgo radica en que la amenaza está relacionada con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras el riesgo esta relacionado, con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales están íntimamente relacionadas no solo con el grado de exposición de los elementos sometidos si no con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento.¹⁸

¹⁶ Vulnerabilidad y evaluación de riesgo , Programa para entrenamiento 1991

¹⁷ Tesis Ing. Francisco Arresis Vulnerabilidad Sísmica estructural en un sector de la zona 3.

¹⁸ LA RED Evaluación de la amenaza, La vulnerabilidad y el riesgo

Vulnerabilidad:

Se define como el grado de pérdida de elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

En términos generales la vulnerabilidad puede entenderse, como la predisposición de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles razones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante las interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.¹⁸

1. 3 Clasificación de edificaciones, según la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural Sísmica AGIES(RN6)

1. 3. 1 Estructuras críticas:

Son aquellas edificaciones que de fallar pondrían en peligro directo o indirectamente a gran número de personas.

Ejemplo:

- Edificios.

1.3. 2 Estructuras esenciales:

Son aquellas que deben permanecer operantes durante y después de un sismo.

Ejemplo de ellas son:

- Hospitales con instalaciones de emergencia, de cuidado intensivo y/o Quirófanos, instalaciones de defensa civil, de bomberos, de policía y de comunicaciones asociadas con la atención de desastres.

1. 3. 3 Estructuras importantes:

Son aquellas que albergan o pueden albergar a gran número de personas, aquellas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse, aquellas donde se prestan servicios importantes a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos o equipo de alto costo, ejemplo:

- a. Todos los edificios educativos y guarderías públicos y privados, todos los hospitales, sanatorios, centros y puestos de salud públicos y privados que no clasifiquen como esenciales: garajes de vehículos, prisiones, museos y similares.
- b. Todos los edificios de 5 pisos o más; todos los edificios de mas de 3,000 m² de área interior (excluyendo estacionamientos).
- c. Teatros, cines, templos, auditorios, mercados, restaurantes y similares que alojen mas de 300 personas simultáneamente.
- d. Estructuras en las que hay fabricación y / o almacenamiento de materiales tóxicos, explosivos o inflamables.

1.3. 4 Estructuras ordinarias

Son aquellas edificaciones para vivienda, comercio, industria, uso agrícola que por su volumen, tamaño, importancia o características no tengan que asignarse a otra clasificación. También se incluye en esta clasificación las obras menores consideradas en las normas NR-4¹⁹ (AGIES; 2001)

1.3. 5 Utilitarias

Son aquellas estructuras que albergan personas de manera incidental, y que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o habitables, ejemplos: Estructuras agrícolas o industriales de ocupación incidental y bodegas que no contengan materiales tóxicos, explosivos o inflamables.

1. 4 Factores que propician la vulnerabilidad sísmica de las estructuras

Existe un número de factores distintos que afectan la vulnerabilidad general de una estructura.

¹⁹ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural Sísmica AGIES NR-4

Todas las estructuras se comportan de diferente forma bajo la acción de los sismos debido a los materiales empleados en su construcción, la disposición de los elementos estructurales, el sistema estructural, la forma, geometría y configuración del edificio, la calidad de la construcción, los criterios o códigos de diseño, el mantenimiento que recibe el edificio y otros factores, lo que hace de cada edificación un caso en particular

a) Calidad y mano de obra

Debe ser obvio decir que un edificio que está bien construido será más fuerte que uno que está mal construido, se presenta la dificultad de definir lo que constituye "bueno" y "malo". El dejar una discriminación para estas condiciones de una manera subjetiva es mejor que el no incorporarlas del todo. El uso de materiales de buena calidad y buenas técnicas de construcción resultará en un edificio que resistirá en mejor forma la vibración que uno donde se usan materiales de baja calidad, así como mano de obra deficiente. En el caso de los materiales, la calidad del mortero es de particular importancia al igual que la mampostería dando como resultado un edificio fuerte, por el contrario si el mortero es alta calidad pero la mano de obra de mala calidad agregando recortes de presupuestos, tal como el error de no anclar adecuadamente los segmentos de la estructura dará como resultado una estructura final no satisfactoria.²² (Arrecis 2002)

b) Estado de preservación

Un edificio que se le ha dado el mantenimiento en forma adecuada funcionará de acuerdo a la resistencia esperada que generan los otros factores. Un edificio que se le ha permitido decaer puede estar significativamente más débil. Esto se puede observar en los casos de edificios abandonados así como en los que existe una falta evidente de mantenimiento. Un caso particular a ser mencionado es el caso de edificios previamente dañados (por un terremoto previo, donde se han manifestado series de grietas). Dichos edificios pueden responder muy pobremente, a un sismo de poca magnitud el cual puede causar daños desproporcionados (incluyendo colapso). Tenemos que tener claro que la aplicación de repello reciente y capas de pintura bonita no necesariamente conllevan a una reparación adecuada del sistema estructural del edificio.²² (Arrecis 2002)

c) Regularidad

Desde el punto de vista de la sismo resistencia, el edificio ideal sería un cubo en el cual todas las variaciones en la rigidez (como las gradas) están dispuestas en forma simétrica. Lamentablemente estos no funcionarían adecuadamente y serían rechazados estéticamente, se puede esperar variaciones más o menos significativas en la mayoría de edificios con respecto a este plan perfecto. Entre mayor sea la discrepancia en simetría y regularidad, mayor será la vulnerabilidad del edificio con relación a la vibración sísmica, es posible observar el daño a edificios en los cuales la irregularidad ha contribuido claramente al daño. La regularidad estructural se refiere específicamente a dimensiones y relaciones geométricas.

Las irregularidades graves se pueden identificar fácilmente; por ejemplo, edificios diseñados en los planos con formas de L son comunes y están sujetos a efectos torsionales que pueden aumentar dramáticamente los daños sufridos. No sería inteligente asumir que un edificio acata las normas de regularidad solamente debido a que posee una simetría en sus dimensiones exteriores. Aun si la planta es regular, pueden surgir problemas en edificios que poseen una asimetría marcada en el arreglo interno de componentes de rigidez variable. Un aspecto notable en este caso es la posición de cavidades para elevadores y gradas.

Se encuentra frecuentemente casos de edificios en los cuales un piso (usualmente el más bajo) es significativamente más débil que los otros; algunas veces será muy abierto (sin muros) solo con columnas que soportan los pisos superiores. Tales casos se conocen como pisos débiles y son susceptibles a colapsar. De igual forma los ventanales amplios a lo largo de un edificio pueden introducir efectos similares.

En algunos casos las modificaciones subsecuentes pueden afectar adversamente edificios que tenían un buen nivel de regularidad. Por ejemplo, la conversión del primer piso de un edificio en una cochera o almacén puede debilitarlo (creando un piso débil); la construcción de una extensión de un edificio puede introducir irregularidades en la planta e introducir irregularidades de rigidez y período sobre toda la estructura.

Edificios antiguos de mampostería pueden haber sido modificados extensivamente a lo largo de varios años, resultando en desniveles en los pisos, así como losas en distintos niveles de pendientes y casos similares.

d) Ductilidad

La ductilidad representa una medida de la capacidad de un edificio para tolerar cargas laterales en el rango post-elástico, disipando la energía del terremoto y creando daños controlados en forma dispersa o en forma localmente concentrada, dependiendo del tipo de construcción y del tipo de sistema estructural.

La ductilidad puede estar en función directa del tipo de construcción; viviendas bien construidas de acero tienen una alta ductilidad y por lo tanto resisten la vibración en forma adecuada, en comparación a los edificios más quebradizos tales como las viviendas de mampostería no reforzada.

En los edificios diseñados en forma sismorresistente, los parámetros que determinan las características dinámicas del edificio (rigidez y distribución de masas) se controlan y la calidad de transformación y disipación de energía se aseguran en los acoplamientos entre el piso, los cimientos y los elementos estructurales.

e) Localización

La localización de un edificio con respecto a otros edificios en la vecindad puede afectar su comportamiento durante un terremoto. En el caso de una fila de viviendas en una cuadra, por lo general son las viviendas situadas en los extremos de la fila o las situadas en la esquina las que se ven más afectadas, Esto debido a que un extremo de la vivienda está anclado a la vivienda vecina, mientras que el otro lado no, generando irregularidad en la rigidez general de la estructura, lo que conlleva a un daño mayor.

Se pueden ocasionar daños severos cuando dos edificios altos con períodos naturales distintos están situados muy cerca el uno del otro. Durante el terremoto, ambos pueden mecerse a frecuencias distintas y chocarse el uno contra el otro, causando un efecto conocido como "golpeteo".

f) Suelos no favorables:

Los peligros geológicos pueden afectar grandemente a una estructura. Es importante resaltar que la interacción entre el suelo y la estructura puede ocasionar que ésta entre en resonancia si los períodos naturales de vibración del suelo y la estructura son similares. Las estructuras bajas poseen períodos de vibración rápidos, similares a los suelos rígidos; las estructuras altas, son de período de vibración lento, similares a los suelos blandos, en los cuales se producen mayores amplitudes de movimiento, por lo que estructuras asentadas en suelos que favorezcan la condición de resonancia son más vulnerables.

Otra condición crítica podría producirse por suelos mal compactados o distintos tipos de suelo en el área del edificio, lo que podría ocasionar asentamientos diferenciales o diferentes tipos de vibración. Arenas sueltas no cohesivas, con grandes contenidos de humedad favorecen el fenómeno de licuación, el cual consiste en que el suelo se comporta momentáneamente como “arena movediza”, es decir prácticamente como un líquido, debido a las presiones y movimientos del sismo, lo cual desencadena asentamientos permanentes en las estructuras que se encuentran sobre este tipo de suelo.

La existencia de estos factores no implica, necesariamente, que la estructura sea vulnerable, ya que un buen análisis y diseño de la estructura sustentante del edificio, permitiría un comportamiento sísmico adecuado.

g) Cambio de uso

Es común encontrar edificios que se han diseñado para tener usos residenciales o de oficinas, por ejemplo, en los cuales se ha cambiado el uso de uno, de varios niveles, o de algunas partes de algún nivel, para ser utilizado como archivo o bodega, lo que cambia la magnitud de las cargas vivas y muertas que actúan en estos pisos. En casos críticos, cuando el incremento y la concentración de las cargas es considerable éstas pueden, incluso, afectar el período natural de vibración de la estructura, lo cual afecta la respuesta sísmica de la estructura.²²

1.5 Métodos de análisis de vulnerabilidad

Los procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica se clasifican en:

- Métodos cuantitativo o experimentales
- Métodos analítico
- Métodos cualitativo

- **Métodos cuantitativos o experimentales**

Los métodos cuantitativos deben determinar la resistencia de la estructura principal. Sus procedimientos en términos generales son muy parecidos a los expuestos anteriormente para el diseño de estructuras nuevas sismo-resistentes. La diferencia con respecto a los métodos de diseño radica en que en el diseño de estructuras nuevas el diseñador provee un nivel de ductilidad a la estructura, en cambio, en el análisis de vulnerabilidad la ductilidad es un valor propio de la estructura y en muchas ocasiones es incierto.

Los métodos cuantitativos requieren de la mayor recopilación de información posible, por lo tanto son más precisos que los cualitativos para predecir el tipo de falla y el lugar donde se producirán. Son métodos más confiables al momento de estimar la seguridad de una edificación frente a sismos.

Si la estructura no cumple los requisitos de resistencia, flexibilidad y ductilidad debe ser objeto de refuerzo para elevar su nivel de seguridad sísmica estructural.

Métodos analíticos

Se basan en recalcular la resistencia de una estructura y el análisis de su comportamiento dinámico a través de análisis no lineal. Para este se pueden utilizar nuevos métodos de análisis estructural y programas de computadora.

Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos tienen como objetivo evaluar de forma rápida y sencilla las condiciones de seguridad estructural de la obra. Con estos métodos la estructura recibe una clasificación de acuerdo a la evaluación de parámetros tales como la edad de la edificación, el estado de conservación, la característica de los materiales, el número de pisos, la configuración geométrica arquitectónica y la estimación de la resistencia al cortante en base al área de los elementos verticales resistentes en cada piso y dirección. También reciben clasificación las condiciones geológicas y la amenaza sísmica en el sitio de la obra.

La calificación de los métodos cualitativos sirve para realizar un tamizado y reafirmar la seguridad de la estructura. Si con este diagnóstico alguna edificación resulta ser insegura, se requerirá de análisis cuantitativos más detallados para conocer su vulnerabilidad sísmica.

Los métodos cualitativos son utilizados en evaluaciones masivas, con objeto de expresar de manera general el grado de vulnerabilidad que tiene el sector, y como se mencionó en el párrafo anterior es un tamizado para reafirmar la seguridad estructural. Un método cualitativo que ha dado buenos resultados en otros países es el Método Rápido Visual Screening Of Buildings for Potencial Seismic Hazards, ATC-21, propuesto por Applied Technology Council. (ATC-21)

Los métodos cualitativos deben ser aplicados por profesionales preparados, ya que consideran una serie de factores que determinan la vulnerabilidad de una edificación y requieren de un buen criterio para su definición.²⁰ (Jerez 2001)

1. 6 Método visual rápido

1.6.1 Descripción del método

En el documento de soporte ATC-21-1 en el Apéndice B, muestra cómo determinar las calificaciones iniciales para los diversos tipos estructurales, según la sismicidad y condiciones del área.

De acuerdo a lo anterior se determinan los valores utilizados en este estudio y se ha adaptado el formulario de evaluación para una zona altamente sísmica con una aceleración máxima esperada del suelo de 0.3g o mayor, al menos una vez en cincuenta años, con un criterio similar al que utilizó la Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia a través de la Unidad de Riesgo Sísmico para evaluar los edificios del estado ²⁰

Cada una de las edificaciones se evalúa mediante un formulario, el cual se muestra en la sección 1.6.2 de este capítulo, posteriormente se desarrolló una base de datos de las evaluaciones, se digitalizaron los esquemas y resultados anotados en cada formulario, con el propósito de presentar reportes de forma más clara y eficiente, de manera que las consultas se puedan realizar en una computadora y se evite la incomodidad que implicaría tener más de dos mil hojas de papel entre las cuales buscar una evaluación específica.

Además, esto permitirá la agilización del desarrollo de informes, ordenar los datos por diferentes criterios, priorizar planes, localizar específicamente las estructuras por sus distintos grados de vulnerabilidad o hacer que en el futuro este tipo de estudios se realice de una manera más rápida, eficiente y sencilla.

La base de datos, aplicación desarrollada en ACCES, elaborado por el Ing. Isaias España, el archivo de texto titulado Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un sector de la Zona 7, de la ciudad de Guatemala y las imágenes del presente documento que son capturas de los proyectos que se han representado en un SIG, serán entregadas en un medio informático (disco compacto) a las siguientes instituciones:

²⁰ Jerez, 2001; Applied Technology Council, 1988

- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Centro de Información para la Construcción (CICON), adscrito al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas de la Universidad de San Carlos de Guatemala CESEM
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED
- Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES
- Departamento de Catastro de la Municipalidad de Guatemala

1.6.2 Formulario de evaluación

MÉTODO DE EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDO																
Dirección:																
Identificación:										Código postal:						
Número de pisos:										Area en m²:						
Uso original:										Año de construcción:						
Inspector:										Fecha de inspección:						
Número de ocupantes																
0-10																
11-100																
>100																
TIPO																
Residencial																
Comercial																
Oficinas																
Industrial																
Reunion pública																
Esc./Inst.																
Edif. de Gob.																
Serv. emergencia																
Edificio histórico																
Peligro en colindancias	ESQUEMA															
SI NO	CALIFICACIÓN ESTRUCTURAL Y FACTORES DE MODIFICACIÓN															
Otros peligros	Tipo de estructura	M	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	CC	CP	MS	MM	MNR	
	Calificación básica	4.5	4.5	3.0	5.5	3.5	1.5	2.0	3.0	1.5	2.0	1.5	3.0	2.5	1.0	
	Gran altura	N/A	-2.0	-1.0	N/A	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	N/A	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	
	Mal mantenimiento	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	Irregularidad vertical >40%	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	Irregularidad vertical 20%-40%	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
	Irregularidad vertical 10%-20%	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	
	Nivel suave	-1.0	-2.5	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	
	Torsión	-0.8	-1.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
	Irregularidad en planta >40%	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	Irregularidad en planta 20%-40%	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
	Irregularidad en planta 10%-20%	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	
	Colisión entre edificios	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	Paneles pesados en fachada	N/A	-1.5	-1.5	-1.5	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	
	Columnas cortas alta rigidez	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
Peligro no estructural	Columnas aisladas < 0.30*0.30 cm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	N/A	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
SI NO	Codigo de diseño sísmico															
	Otro modificador aplicable															
Confiability de los datos	Suelo rigido (edificios altos)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	Suelo rigido (edificios bajos)	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	Suelo firme y estable	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Alta	Suelos blandos	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	
Media	Suelos blandos (edificios altos)	N/A	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
Baja	Calificación final															
Observaciones:										Se sugiere evaluación detallada						
										SI NO						

1.6.3 Criterios de evaluación

Para proceder a la evaluación de una edificación es necesario conocer las distintas categorías de estructuras,²¹ ya que dependiendo del tipo de estructura, se le asigna una calificación básica de amenaza estructural a la edificación en cuestión, esta oscila entre 1.0 a 5.0, estos valores se han determinado de tal forma que una estructura sísmicamente buena tiene un valor alto, y una estructura débil o amenazante tiene una calificación baja.

Existen otros factores a tomar en consideración:

Irregularidad en el sistema estructural, materiales deteriorados, condiciones de suelo adversas, exceso de ventanas en los muros, etc. Para tomar en cuenta estos factores, se ha determinado una serie de factores modificadores de la capacidad sísmica (FMCS), los cuales se sustraen de la calificación básica de amenaza estructural, dando como resultado la calificación estructural final (C).²² (Arrecis 2002)

La información que se obtiene con el método visual rápido debe documentarse con fotografías y bosquejos de la edificación para:

21 Capítulo 1 manual de evaluación visual rápida

22 Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un Sector de la Zona 03, de la ciudad de Guatemala).

Identificar el sistema estructural, y los posibles factores a restar de la calificación básica establecida con el tipo de estructura, en la figura 3 se puede apreciar el tipo de fotografía y esquema que complementa cada estudio.

Figura 3. Fotografía y esquema de una estructura evaluada

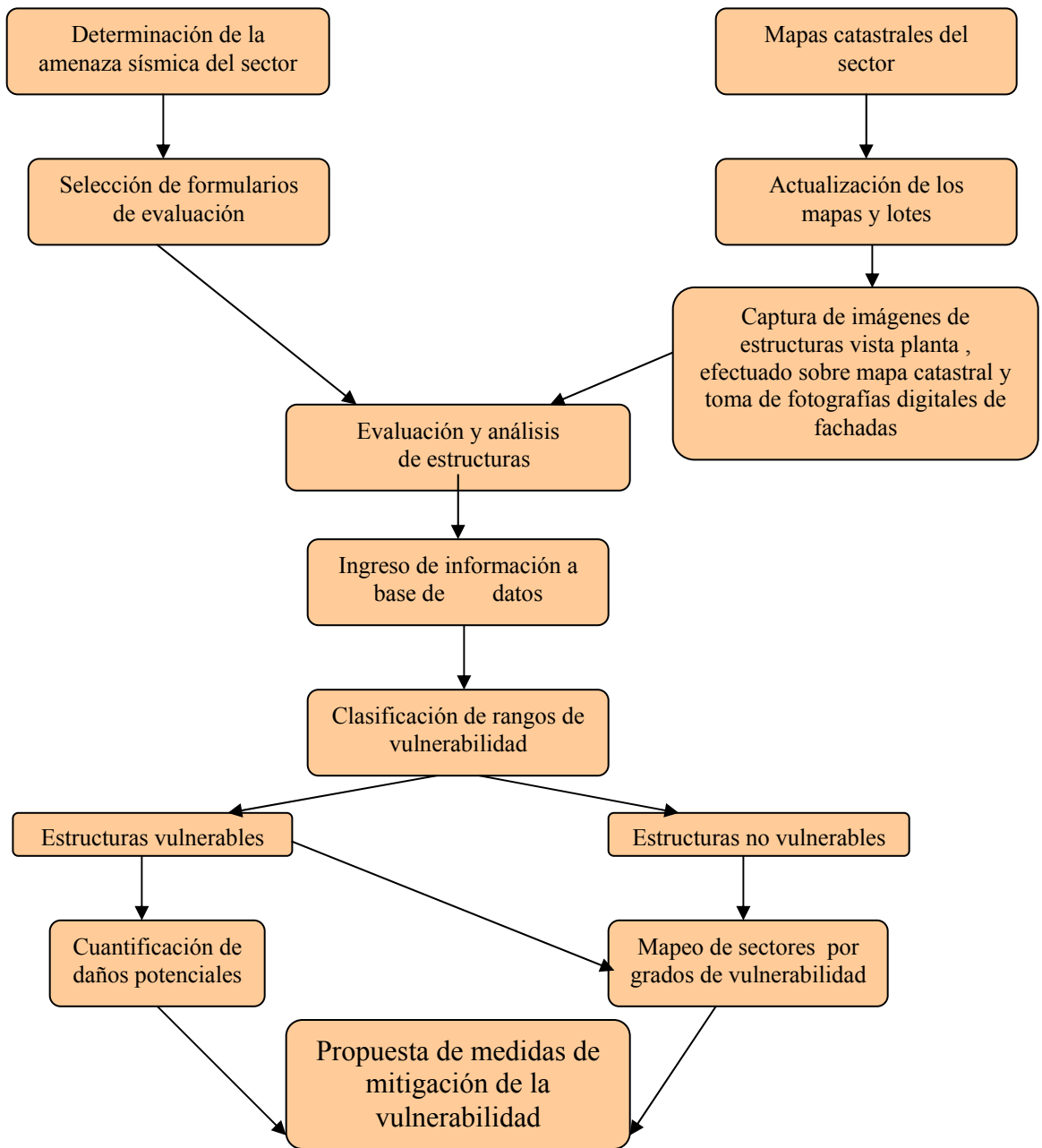


Fuente: Trabajo de Campo para Trabajo de graduación y Dirección de Catastro de la Municipalidad de Guatemala

Dependiendo del edificio se debe tomar la decisión de ingresar o no a la edificación con la finalidad de evaluar a mayor detalle la estructura y de obtener un esquema en planta con el detalle que proporcionaría el plano de vivienda; esto dependerá de la colaboración del propietario de la residencia.

1.6.4 Diagrama de Flujo de Evaluación

Este diagrama describe el flujo que conlleva el estudio de vulnerabilidad sísmica estructural efectuado en el sector de la zona 7, el mismo sería el aplicado a cualquier sector que se pretenda evaluar en un futuro.



2. DESCRIPCIÓN DE ZONA A EVALUAR

La zona a evaluar esta conformada por las colonias Landivar y Quinta Samayoa ubicadas en la zona 07, de la Ciudad de Guatemala, dichas colonias surgen alrededor de la década de los '40' (ver figura 4). En este capítulo se describirán características generales: clima, geología, tipo y uso del suelo, etc. a si como también su comportamiento de crecimiento urbano y demográfico, esto con la finalidad de conocer los aspectos técnicos que de una u otra forma han influido en el estado actual de vulnerabilidad de las estructuras.

Figura 4. Mapa Geográfico de la Ciudad de Guatemala 1945 (Sector estudiado)



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas USAC

Mapa elaborado por Alfredo Niederheitmann y Arturo de León. Año 1945

2. 1 Localización y delimitación

El sector en estudio esta localizado en el área central del municipio de Guatemala y departamento del mismo nombre, esta conformado por las colonias Quinta Samayoa y Landívar ubicadas en el extremo sureste de la zona 7, las mismas conforman un área total de 650,101.195530 m2.

La colonia Quinta Samayoa esta limitada de la siguiente manera: norte con la colonia Castillo Lara, 9ª calle de por medio; sur, con 3ª calle zona 7 (calzada San Juan); este con la 7a avenida; oeste con la 12 avenida, de la zona 7. La colonia Rafael Landivar esta limitada de la siguiente manera: norte con el relleno sanitario de la zona 3; sur, con la calzada San Juan; este con la colonia San Vicente, al oeste con la colonia Castillo Lara y colonia Quinta Samayoa , 7ª avenida.²³

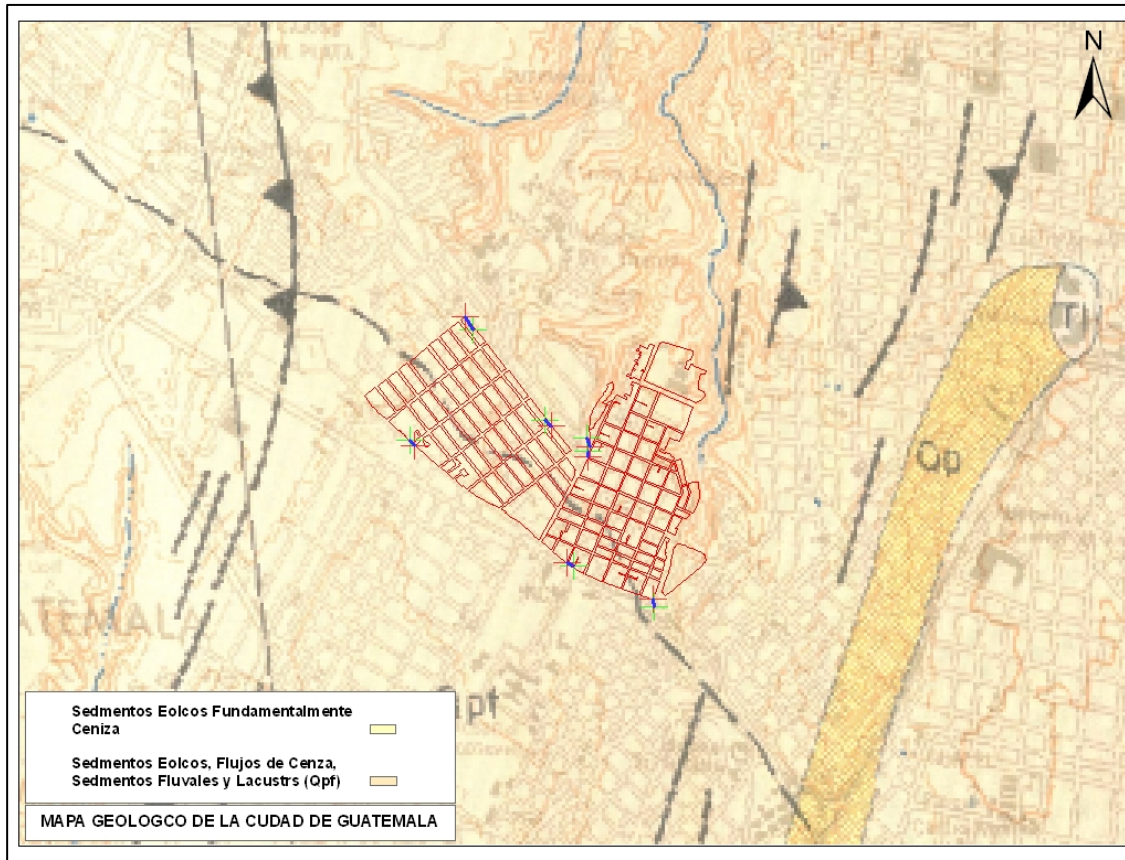
²³ Municipalidad de Guatemala, Dirección de Catastro, Mapa Catastral de la ciudad de Guatemala)

2 Aspectos físicos de la zona

2.2.1 Geología

A través de estudios realizados se ha demostrado que el valle dentro del cual se encuentra asentada la Ciudad de Guatemala y sus alrededores, esta formada en su gran mayoría por depósitos volcánicos no consolidados y en menor cantidad por otros tipos de litología (caliza, granitos al norte, depósitos aluviales al sur y lavas terciarias en los bordes este y oeste).

Figura 5 . Mapa Geológico de la ciudad de Guatemala



Fuente : Instituto Geográfico Nacional IGN (Mapa elaborado por IGN, UN e INSIVUMEH)

2.2.2 Hidrológica

El antiguo acueducto Colonial conforma el límite de la divisoria de aguas superficiales.

La escorrentía del sector en estudio tiene su dirección hacia la parte norte de la divisora de aguas (figura 6) por lo tanto esta desemboca en el río La Barraca que colinda con la colonia Verbena y este a su vez desemboca en el río Zapote.²⁴

Entre otros datos hidrológicos no menos importantes podemos mencionar que la divisora de aguas subterráneas para la ciudad capital se encuentra ubicada al sur del sector en estudio, la escorrentía de la misma tiene su dirección hacia el norte y el manto freático para dicho sector se ubica en la cota 1,400 (Isolinea) sobre el nivel del mar. figura 6

²⁴ INSIVUMEH Mapa de Estudio de aguas subterráneas en la cuenca del valle de Guatemala
Elaborado en el año 1978

Figura 6 Mapa de Isolineas, estudio de Aguas Subterráneas



Fuente: INSIVUMEH Departamento de Hidrológica

2.2.3 Precipitación

La cantidad de lluvia que cae sobre el valle de Guatemala, da origen a deslizamientos, especialmente en laderas de barrancos, donde la estabilidad del talud se ve influenciada por el contenido de agua y del material que lo compone: a mayor contenido de agua menor es la estabilidad del talud. Este contenido de agua varía de acuerdo con la época, llegando a un máximo en la época de lluvia.

El promedio de precipitación que se ha presentado en el valle de Guatemala durante los últimos 15 años es de 1,200 mm.²⁵, este parámetro es aceptable para la zona de estudio, debido a que la topografía de dicho sector en su mayoría es plana las estructuras no se verían afectadas por inundaciones o deslaves, a excepción del área que forma la manzana identificada con el código 7_7_46 y 7_7_57 del presente estudio (ver figura No 6.), por presentar una topografía con pendiente pronunciada, debido a estas características las estructuras de dicho sector presentan una mayor vulnerabilidad.

Figura 7 Ubicación de inmuebles en área con topografía de pendiente pronunciada.



Fuente: Mapa digital estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un Sector de la Zona 07

²⁵ Departamento de investigación y servicios meteorológicos de INSIVUMEH

2.2.4 Viento

El viento es causado por las diferencias de temperatura existentes al producirse un desigual calentamiento de las diversas zonas de la Tierra y de la atmósfera. Las masas de aire más caliente tienden a ascender, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante, más frío y, por tanto, más denso. Se denomina propiamente "viento" a la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal, reservándose la denominación de "corriente de convección" para los movimientos de aire en sentido vertical.²⁶

La velocidad de viento promedio anual para la ciudad capital es de 4.6 Km./H²⁵. Dentro del área de estudio se encuentran un 80 % de viviendas con techo de lámina,²⁴ las mismas presentan una mayor vulnerabilidad ante fuertes vientos y tormentas tropicales.

²⁶ www.insivumeh.gob.gt/metereologia/estaciones/Guatemala

2.2.5 Clima

Las condiciones climáticas en el sector de estudio ubicado en la zona 7 al igual que toda la ciudad de Guatemala, están regidas por tres factores:

- **Latitud** determina un régimen climático subtropical; caracterizado principalmente por una época seca de noviembre a abril y una época lluviosa de mayo a octubre. La época lluviosa presenta dos máximos de lluvia, uno en el mes de junio y otro en el mes de septiembre y un régimen de temperatura de mayor variación diaria que anual.
- **Altitud:** determina principalmente el régimen térmico con temperatura promedio de 18° C máxima de 33° C y mínima de 02°.

Posición fisiográfica y continental: estos factores controlan las características de la época lluviosa. Fundamentalmente el valle de la ciudad capital, esta protegida del influjo de masas de humedad desde el océano pacifico, por la región montañosa que se extiende hacia el sur de la misma. Este es un control orografico de las lluvias que origina un comportamiento de la lluvia de sur a norte con valores de lluvia media anual de aproximadamente 1200 mm.²⁵

La mayor catástrofe vivida en Guatemala a consecuencia de fuertes variaciones climáticas fue la ocurrida en el año 1998 (Mitch)²⁵ siendo las áreas afectadas en la ciudad Capital aquellas ubicadas en laderas de barranco. Dentro de las áreas que fueron afectadas no se encuentra el sector de estudio por lo cual las condiciones climáticas no representan mayor riesgo para las estructuras evaluadas.

Tipo y uso del suelo

Es importante conocer las condiciones geológicas del terreno sobre el cual se encuentra asentada la ciudad de Guatemala, el mapa geológico.²⁷ Nos muestra la siguiente clasificación:

- Cuerpos de Agua
- Depósitos Volcánicos Consolidados y/o Soldados: Tobas, Ingnimbritas
- Depósitos Volcánicos no Consolidados: Tefra-Pómez
- Rocas Competentes: Intrusivas, Andesitas, Carbonatos
- Sedimentos Cuaternarios: Cubierta Aluvial

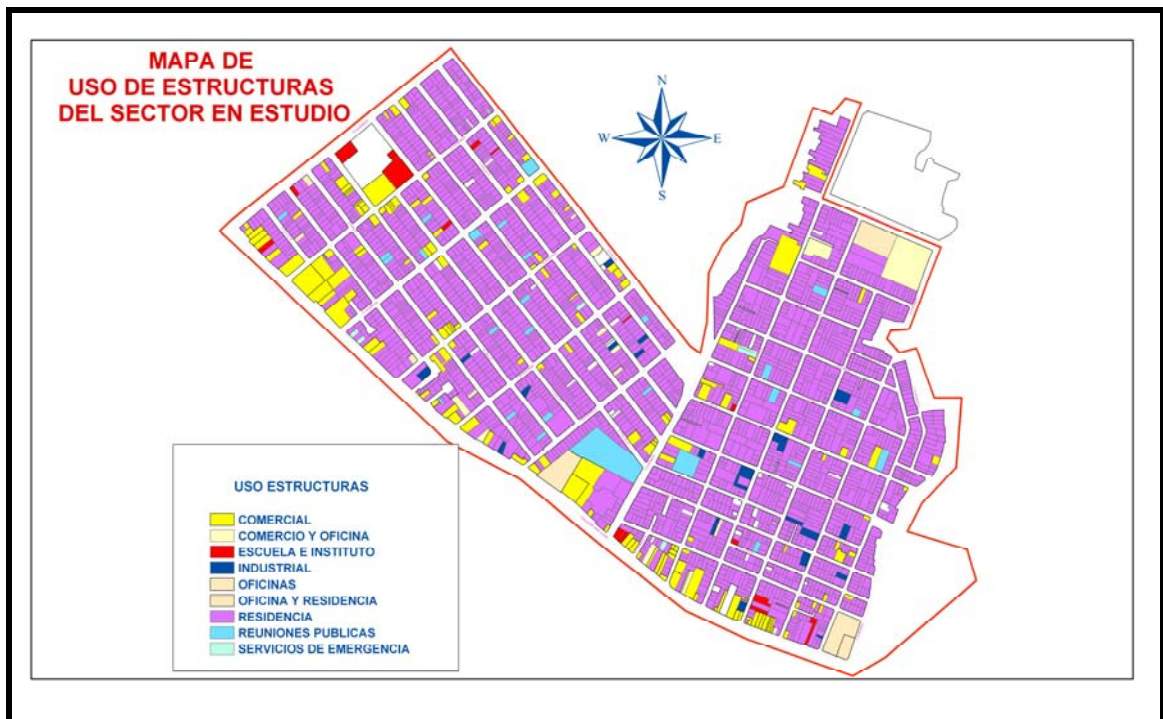
El sector de interés de acuerdo a la clasificación del mapa geológico se ubica sobre suelo compuesto por partículas volcánicas no consolidadas, tierra pómez, etc. Como fue descrito en inciso 2.2.1.

²⁷ IGN Mapa Geológico del área metropolitana año 1978)

Según criterios de la ATC (Applied Technology Council, 1985) un suelo compuesto por rocas volcánicas no consolidadas (Lavas y depósitos piroclastos fuertemente alterados con una velocidad de onda cortante de 800-1200 m/s) se clasifica como un suelo tipo S3(Blando) equivalente a un suelo Clase “D” según la tabla 1613.5.2 del IBC 2,006.

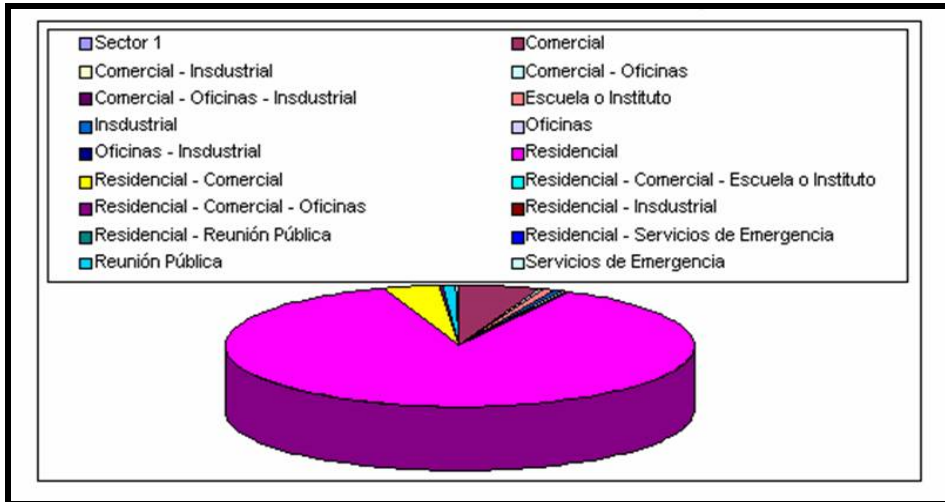
En cuanto al uso del suelo es lamentable el descontrol que existe en el país, no se respetan normas, o no se aplican correctamente. Guatemala no ha ejecutado un ordenamiento territorial, es por eso que observamos industrias, comercios dispersos en distintos sectores de la ciudad, el sector en estudio presenta estas características. Hasta el año 2007 el uso del suelo del sector estaba distribuido como se muestra gráficamente en el siguiente mapa.

Figura 8. Uso del suelo sector de estudio



Fuente: Estudio de Vulnerabilidad sísmica estructural sector Zona 7 de la ciudad de Guatemala

Grafica 9. Uso del suelo sector de estudio



Fuente: Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural sector zona 7 de la ciudad de Guatemala

Los datos de uso del suelo descrito en la figura y grafica anterior, es el resultado del levantamiento de datos de campo del presente estudio.

2.3 Población

La historia censal de Guatemala señala que el primer censo de población fue realizado por las autoridades eclesiásticas en 1778, hasta la fecha se han efectuado 11 censos de población y seis de habitación; los primeros cinco censos de población fueron una combinación de recuentos poblacionales y estimaciones²⁹

A partir de 1950, la ejecución de los censos se ha realizado con criterio técnico y conforme a las recomendaciones de Organización de las Naciones Unidas.

El tipo de censo levantado en el 2002, se enmarca en lo que conocemos como censo de Derecho o “de jure”, lo que significa que cada persona se le empadrona o adjudica el lugar geográfico en el que tenía residencia habitual al momento del censo. De acuerdo a los Censos Nacionales XI de Población y VI de habitación, la población censada, residente en el territorio nacional es de 11,237,195 habitantes y los locales de habitación particulares (vivienda) censados son 2,578,265.

Entre las recomendaciones técnicas de la ONU para la ejecución de censos se encuentra la delimitación del área a censar por medio de cuadrantes y no por colonia; este criterio no nos ha permitido obtener un dato de población por parte del INE para las colonias Quinta Samayoa y Landívar que comprenden el área evaluada; debido a esto otras dependencias Municipales se han tomado la tarea de realizar estos censos para poder tener datos exactos de su jurisdicción; la alcaldía auxiliar ubicada en la colonia Quinta Samayoa en el año del 2005 realizó el censo de población por colonias siendo para este sector la cantidad de 14,000 habitantes²⁸; derivado del levantamiento de campo la base de datos utilizada en el presente estudio refleja una población de 29,596 Habitantes; la diferencia entre estos dos datos de población se radica en:

- La población utilizada en el estudio es asumida en base a parámetros establecidos en el formulario de campo. (Inciso 1.6.2 Formulario de Evaluación)

²⁸ Alcaldía Auxiliar zona 7 Colonia Quinta Samayoa Sra. Edna Aguirre.

- La población en ciertas evaluaciones es repetitiva, tales casos son las tomadas en escuelas, iglesias, mercado, comercios, debido a que estas personas fueron incluidas para las evaluaciones de sus residencias.

2.3.1 Crecimiento urbanístico y demográfico

- **Crecimiento urbanístico**

El crecimiento urbanístico es la expansión de ciudades y la difusión de lo urbano por el territorio, también se puede definir como la consolidación y aumento en las áreas urbanas, este es un proceso dinámico, de expansión y de cambio.

Este fenómeno puede ser producto de muchos factores entre ellos:

- Aumento de la población que reside en otros lugares (aumento demográfico).
- La expansión del espacio urbanizado.
- El crecimiento de los sectores de actividad laboral o económica.
- Flujos migratorios que implican modificaciones en las estructuras sociales y en formas de vida.
- La reorganización del sistema de asentamientos, adquiriendo las ciudades un mayor protagonismo en la estructura territorial.

A fines del siglo XX, Guatemala tenía uno de los procesos de crecimiento urbanístico más lento a nivel latinoamericano, este proceso se vió acelerado durante el período de 1988-2000 de acuerdo a datos manejados por el Plan de Desarrollo Metropolitano “Metropolis 2,010”, el ritmo de expansión proyectado para el año 2,010 del área urbanizada es de 3.6% anual.²⁹

El crecimiento urbanístico se ve reflejado en todas las zonas de la ciudad de Guatemala, no siendo la excepción la zona 7. No se tiene fecha exacta de los inicios de desarrollo urbanístico de dicha zona, pero según entrevistas a residentes; durante el levantamiento de datos de campo, se conoció que las Colonias Rafael Landívar y Quinta Samayoa empezaron a urbanizarse alrededor del año 1940, información que se confirmó mediante mapa geográfico elaborado en 1945 (ver figura 4)

Como dato importante podemos mencionar que durante el periodo de 1,973 -81 la zona 7 presento un notable crecimiento tanto de habitantes como de área urbanizada.²⁹

- **Crecimiento demográfico**

El crecimiento demográfico se puede definir como el incremento de población en una región o lugar determinado.

²⁹ El proceso de crecimiento metropolitano de la ciudad de Guatemala, cuaderno de investigaciones No. 18 Avancso.

Desde su fundación el Valle Central o de la Ermita en 1,776, La ciudad de Guatemala, se constituyó en el centro urbano que concentraba los poderes político, económico y administrativo, hacia el año 1782 tenía una población de 13,000 habitantes, al inicio se tuvo un lento desarrollo urbano, pero en el momento en que se da la transformación en el sistema económico –productivo del país por medio del cultivo del café, este presenta una transformación con impacto económico, social, político y territorial, a consecuencia de esto, la ciudad de Guatemala adquiere un importante crecimiento desde finales del siglo XIX tanto en desarrollo urbano como en concentración de población.

Esta primera expansión notable de la ciudad se dirigió principalmente hacia el sector sur y oeste de la ciudad, debido a que hacia el norte se ve limitada por la existencia de barrancos de fuerte pendiente.

A partir de los años '50 el crecimiento demográfico se presentó de forma explosiva explicándose por fuertes flujos migratorios del interior del país hacia la capital, así como por un aumento de la dinámica de crecimiento vegetativo, pasando de la población antes mencionada a una de 700,504 habitantes según censo de 1,950.

Las zonas que presentan un alto crecimiento demográfico se puede mencionar la zona 7, la cual se ve incrementada de 14,459 habitantes, según censo de 1950 a una población de 74,340 habitantes, según censo de 1964, teniendo una tasa de crecimiento del 12.4% al año.³⁰ A la presente fecha la zona 7 tiene 139,269 habitantes según censo de año 2,002., con una tasa de crecimiento del 1.67% al año.

³⁰ El proceso de crecimiento metropolitano de la ciudad de Guatemala, cuaderno de investigaciones No. 18 Avancso, "Expansión y metropolización de la ciudad de Guatemala"

Enfocándonos en el sector de estudio. El crecimiento demográfico que ha experimentado este se puede definir, considerando lo siguiente:

- 1) Los datos obtenidos de censos son generales para la zona 7
- 2) El sector de estudio data del año 1940, por lo tanto ya formaba parte de la zona 7, para el período de 1950 a 1964, período durante el cual dicha zona experimentó un incremento fuerte de población.

Con esto se puede establecer que la tasa de crecimiento que ha experimentado dicho sector es de 12.4% durante los años 1950 a 1964 y del 1.64% durante los años 1964 al 2002, año del último censo de población para Guatemala.³¹

2.3.2 Densidad de Población

La densidad de población se define como el número de personas o habitantes que viven en la zona (superficie). Se expresa generalmente en habitantes por km²

La densidad de población es el resultado de la división entre número de habitantes de un sector y el área del sector.

³¹ INE, Instituto Nacional de Estadística, censo 1964 y 2002

La densidad de población (población total entre la superficie en kilómetros cuadrados) del país ha presentado importantes cambios en los últimos 52 años, la república de Guatemala presenta, según censo de 1950, una densidad de 26 habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que el censo de año 2002 una densidad de población de 103 habitantes por kilómetro cuadrado.

A nivel departamental, la mayor densidad de población se presenta en el departamento de Guatemala con 1,196 habitantes por kilómetro cuadrado.³¹

El sector de estudio posee una superficie de 0.650101195 kilómetros cuadrados equivalente a 65.01 Ha. y una población la cual no fue posible obtener del INE , debido a que dicha institución únicamente publica a nivel de zona, por lo que se tomo como dato el resultado del censo efectuado por la alcaldía auxiliar para la zona 7, ubicada en la colonia Quinta Samayoa quienes determinaron una población de 14,000 habitantes. Con el dato de superficie en hectáreas y el dato de población proporcionada por la Alcaldía Auxiliar de la zona 07, se calcula una densidad de población para el sector de 215 habitantes por hectárea.

³¹ Guatemala INE XI censo de población y VI de habitación 2002

2.3.2 Densidad de vivienda

La densidad de vivienda al igual que la densidad de población es la cantidad de viviendas se define como el número de viviendas en la zona (superficie) y se calcula de la siguiente manera: La densidad de vivienda es el resultado de la división entre número de viviendas de un sector y el área del sector.

El número total de edificaciones evaluadas en el sector de estudio es de 3,015 y el área del sector evaluado es de (65.01 Ha.) por lo que se determinó que la densidad de vivienda en el sector evaluado es de 46 viviendas por hectárea.

2.4 Ambiente económico y social

Es difícil delimitar los diferentes sectores dentro de cualquier área de la ciudad de Guatemala, para este sector en particular se hace de manera general una breve descripción de su ambiente económico y social.

Ambiente económico: las áreas comerciales del sector analizado se ubican a un costado de dos vías principales de la ciudad de Guatemala, siendo estas: Calzada San Juan y Calzada Roosevelt; las edificaciones colindantes a estas vías desempeñan actividades comerciales, tales como agencias bancarias, restaurantes, farmacias, centros comerciales, comedores etc. Otra área comercial del sector en estudio es la 7ª avenida, la 9ª avenida, la 10ª avenida y la 9 calle de la zona 7. Como se ha mencionado el sector evaluado se conforma por 3015 predios o lotes de los cuales un total de 98 son de uso exclusivamente comercial, constituyendo el 4.29%, un total de 10 edificaciones presentan combinaciones comerciales, residenciales y oficinas estas constituyen el 0.44% del total de unidades.

El uso industrial es muy escaso en el sector, según el estudio se tiene un total de 20 inmuebles ocupados netamente como industrias, equivalente al 0.88% del total de unidades, entre estas industrias tenemos: industrias farmacéuticas (laboratorios farmacéuticos), industrias de productos lácteos, otras industrias como talleres, fabricas de muebles, así también existen edificaciones que combinan su uso industrial con otros usos como oficina, comercio y residencia, estas suman un total de 7 unidades, equivalentes al 0.31%.

Del total de predios en el área evaluada, alrededor de 2,127, equivalentes a un 88.25%, son de uso netamente residencial; 113 lotes, equivalentes al 4.95%, manifiestan usos residenciales y comerciales, y unos 6 lotes, correspondientes al 0.26%, usos residenciales en combinación con otras actividades.

Los habitantes del sector pertenecen a diversos sectores económico-sociales, que van desde clase media, que viven en casa propias, hasta sectores de clase baja que viven alquilando (percibido durante la evaluación de campo).

El sector cuenta con todos los servicios básicos necesarios como agua potable, energía eléctrica, teléfono y en un porcentaje muy alto también con servicio de cable, Otro aspecto muy importante son sus vías de acceso, las cuales en su mayoría son asfaltadas y actualmente presentan un regular estado según lo observado durante la evaluación.

Además de los servicios básicos el sector evaluado cuenta con servicios de emergencia privados de pequeña capacidad, tales como: clínica medica de niños ubicada en Calzada San Juan 10-88 colonia Quinta Samayoa (Evaluación No 7_7_79_27). Colindante al sector se encuentra el Hospital Roosevelt de la zona 11, Edificio de Infectología del IGSS, ubicado en la 11 avenida 12-45 Colonia La Verbena zona 7 y el Hospital privado San Vicente ubicado en la 11 avenida y 12 calle Colonia La Verbena zona 7.

Dentro del sector se ubican dos establecimientos públicos: la Escuela Oficial Urbana Mixta No 36 José Martí (Evaluación No 7_7_107_1). y Escuela Mixta No 52 José Maria Bonilla Ruano (Evaluación No 7_7_101_3); aunque dentro de la colonia Castillo Lara que colinda con el sector de estudio se ubican otros establecimientos educativos: Escuela Oficial Urbana No 43 Doctor Pedro José Valenzuela, Escuela Oficial Urbana Mixta No 42 Republica de Belice, Escuela Nacional de Párvulos No 14 Vicente Laparra de la Cerda, todas ubicadas sobre la 7 avenida A entre 9ª y 13 calle colonia Castillo Lara zona 7.

2.5 Infraestructura

Se denomina infraestructura la realización profesional (Arquitectura, Economía, Ingeniería Civil, etc), que es conjunto básico y de soporte para el desarrollo de cualquier realización de actividad o funcionamiento necesario en la organización estructural de la ciudad, el vocablo, utilizado habitualmente para este tipo de estructuras es como sinónimo de Obra Pública por haber sido el estado el encargado de su construcción y mantenimiento, aunque no necesariamente sea solo el estado el que la realice.

Otro concepto de Infraestructura es: conjunto bienes y servicios que hacen posible el funcionamiento de una sociedad, entre estos bienes y servicios podemos mencionar: Energía Eléctrica, servicio de telefonía, pavimento, agua/saneamiento, equipamiento/obras de contención, obras civiles.

Para prestar el servicio de energía eléctrica, dentro del sector se ubican un total de 609 unidades de postes de concreto de la Empresa Eléctrica de Guatemala, en cuanto al servicio telefónico dentro del sector se ubican 412 postes, además 3 torres de TELGUA, la primera en la 5 calle 8-54, zona 07 la segunda en la Calzada San Juan 7-76, zona 07 y la tercera sobre la 13 avenida y 7ª calle, zona 7; las tres en la Colonia Quinta Samayoa. El sector cuenta también con servicio de agua potable y drenajes.

En cuanto a pavimentación, el sector cuenta con el total de calles y avenidas asfaltadas, actualmente se encuentran en un estado regular. Dentro del sector no se ubican obras civiles de gran envergadura como los son pasos a desnivel, pasos elevados, pasarelas, tanques elevados de distribución de agua potable etc.

Figura 10. Torre de telefonía



Fuente: Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural Sector Zona 7

2.5.1 Tipología estructural

En su mayoría, las construcciones son de mampostería media o mampostería confinada, conocida como “mixto” principalmente las estructuras de mediana envergadura; las más antiguas ubicadas dentro del sector, estructuras que datan desde los inicios de la urbanización, utilizan el sistema de mampostería no reforzada.

El 80% de las construcciones evidencia autoconstrucción, que influyen notablemente en su vulnerabilidad. Aunque la técnica de la mampostería media es bastante simple, al grado que un maestro de obra con pocos años de experiencia en edificaciones puede desarrollar este tipo de construcción cumpliendo satisfactoriamente muchos de los requisitos técnicos como los propuestos por las Normas de Planificación y Construcción para casos proyectados de la división técnica del FHA (Fomento de Hipotecas Aseguradas, 1994), hay muchos factores que se escapan del control de estos constructores y de los propietarios, se omiten por facilitar el trabajo, por negligencia o por economía, lo que comúnmente origina malas prácticas, como el uso de materiales económicos de baja calidad ¹³ malas cimentaciones, rellenos mal compactados o con malos materiales para relleno , el agregar niveles desmedidamente a los edificios, etcétera.

Las construcciones de gran envergadura utilizadas para industrias y comercios grandes, evidencian rasgos de planificación y construcción profesional, y las hay de mampostería, acero, concreto reforzado o combinaciones de estos materiales.

Las construcciones que aún son de adobe, son las más preocupantes y peligrosas, es común encontrar casas en las que el adobe ya no tiene ningún recubrimiento que le proteja de la intemperie, otras con refuerzos de madera podridos, otras con muros altamente dañados, agrietados o parcialmente derrumbados.

¹³ Quiñónez, 1996

Es preocupante también, que mucha gente refuerza estas construcciones con técnicas no adecuadas; lo más común es fundir columnas de concreto reforzado entre los muros, y una solera o viga de corona, sin tomar en cuenta que la adherencia entre el concreto y el adobe no es satisfactoria, que el adobe es deleznable y que pueden desprenderse los lienzos de muro con movimientos sísmicos, los cuales por su peso podrían causar la muerte de los habitantes de la vivienda. La situación se ve agravada al construir uno o más niveles sobre un primero de adobe que ha sido “reforzado”.

2.5.1.1 Estructuras de adobe

Este tipo de estructuras se pueden encontrar en un 27.958 % del total de las construcciones evaluadas. Los métodos de construcción de adobe varían ampliamente y esto introduce algunas variaciones en la resistencia de las viviendas de adobe contra las vibraciones sísmicas. Los muros construidos de capas de adobe sin el uso de ladrillos son rígidos y débiles. El peso del techo es uno de los factores más importantes en el rendimiento de tales viviendas, de tal forma que los techos pesados son más peligrosos. Las viviendas de adobe con marcos de madera poseen una resistencia mayor y tienen un mejor rendimiento.

Tales edificios pueden sufrir daños en los muros fácilmente, mientras el marco de madera permanece intacto debido a su mayor ductilidad. Uno también encuentra casos donde se usan las vigas y columnas de madera no unidas en viviendas de adobe; estas proveen una rigidez horizontal y por lo tanto mejoran el rendimiento, pero no tanto como en el caso de un marco conectado.

Figura 11. Fotografía de estructuras de adobe



Fuente: Fotografía evaluación 7_7_29_2

2.5.1.2 Estructuras de madera

Dentro del área evaluada se ubican en una menor cantidad estructuras de madera equivalentes al 1.584158416% del total de estructuras evaluadas dentro del sector. Tomando en consideración la flexibilidad innata de la madera esta es mayor resistente a los daños, aunque esto puede variar considerablemente en función de la condición. La madera podrida o las uniones flojas pueden hacer una vivienda de madera altamente vulnerable al colapso.

En este tipo de estructuras es de vital importancia el tipo de uniones utilizadas en el amarre de las piezas, si estas conexiones son débiles, la estructura colapsará.

Las construcciones de madera y lámina son por lo general de autoconstrucción y poco vulnerables a los sismos, aunque pueden estar expuestas a otros peligros, como incendios, inseguridad, estar ubicadas en laderas o junto a muros de adobe que las aplastarían.

2.5.1.3 Estructuras de mampostería

Bajo esta clasificación se encuentran varios sistemas, en los cuales se ha hecho un esfuerzo significativo por mejorar el rendimiento y la ductilidad de la construcción de mampostería, dentro del sector evaluado este tipo de estructura predomina y constituyen el 69.01% del total de estructuras evaluadas.

En la mampostería reforzada se insertan barras o mallas de acero (en el mortero en huecos o entre capas de ladrillos de mampostería, creando un material compuesto que actúa como un muro o un sistema de muros altamente resistente y dúctil. Tal refuerzo se presenta en direcciones horizontales y verticales. La mampostería confinada se caracteriza como mampostería construida rígidamente entre columnas estructurales y vigas en los cuatro lados y provee un nivel similar de resistencia. En tales casos no se pretende que los elementos de conexión respondan como un marco resistente a momentos, donde la mampostería actuaría como un relleno no estructural en la mayoría de los casos.

Figura 12. Fotografía de estructura de mampostería media



Fuente: Fotografías evaluación No 7_7_27_11

2.5.1.4 Estructuras de concreto

El sistema estructural de marcos de concreto reforzado consiste de vigas y columnas que forman un marco y que están acopladas mediante uniones de vigas y columnas monolíticas resistentes a momentos y esfuerzos de corte, dentro del sector evaluado este tipo de estructuras constituyen el 0.89 % del total de las estructuras dentro de dicho sector.

Las estructuras de marcos de concreto resisten cargas verticales y laterales a la vez, el comportamiento de los marcos se determina con base a la razón entre la altura de las columnas y la longitud de las vigas, así como por la resistencia (secciones transversales) de las vigas y columnas. Columnas débiles y vigas fuertes son indicativas de sistemas vulnerables a cargas laterales.

En los casos más prácticos los sistemas estructurales se pueden clasificar como marcos de concreto con rellenos de mampostería. La interacción posible entre el marco de concreto y los rellenos quebradizos puede contribuir a un sistema más vulnerable. Debido a esta interacción, las columnas y enlaces tienen que reaccionar a las cargas adicionales que generan en sí mismas, algo para lo cual no están diseñadas en general.

Para marcos de concreto (pero también para marcos de acero y de madera) el diseño sismorresistente se conecta con un patrón de daño particular. Se debe proveer de zonas de daños en las uniones de las vigas finales. No se debe permitir daños en las columnas o en las uniones entre vigas y columnas. Sin embargo, el daño se sigue concentrando por lo general en las columnas.

Si la cubierta de concreto se despega, uno debe chequear el refuerzo con respecto al espaciamiento de estribos, el cual debería ser limitado en todas las zonas críticas. Tales detalles de reforzamiento proveen una impresión de las características inherentes de diseño.

La vulnerabilidad sísmica de los marcos de concreto se ve afectada por todos los factores mencionados previamente, tales como la regularidad, la calidad y la mano de obra o la ductilidad. Los marcos de concreto son particularmente vulnerables a las interrupciones de rigidez lateral con relación a toda la altura del edificio.

Un primer piso débil puede provocar el colapso de todo el edificio. Tales tipos de edificios son muy vulnerables a cargas laterales. Si los edificios tienen irregularidades en la planta, el daño se concentrará en los lugares más alejados del centro de rigidez, i. e. si algunas columnas exteriores se dañan, esto se debe interpretar como la indicación de efectos torsionales y un marco vulnerable. Todos estos efectos y patrones de daños descritos no deben ser descartados cuando se asigne la clase de vulnerabilidad más apropiada.

Las estructuras de muros de concreto reforzado se caracterizan generalmente por elementos verticales soportando otros elementos y teniendo secciones transversales alargadas con una relación entre longitud y grosor mayor de 4 y/o un confinamiento seccional parcial. La vulnerabilidad se ve afectada por grandes aperturas o discontinuidades en los muros y su forma geométrica sobre toda la altura del edificio, como también las interrupciones en el nivel del suelo (creando un piso o planta débil). Un ejemplo de estructuras de concreto es el Edificio de la Municipalidad de Guatemala.

Figura 13. Fotografía de estructura de concreto



Fuente: Fotografías evaluación No 7_7_7_2.

2.5.1.5 Estructuras de acero

Bajo esta categoría se clasifican los edificios en los cuales el sistema estructural principal está hechos de marcos de acero, el 0.56 % dentro del sector de estudio son estructuras de acero.

Hasta ahora se cuenta con muy pocos datos para estructuras de marcos de acero basadas en evaluaciones macrosísmicas, pero estas indican un alto nivel de sismo resistencia. El daño estructural puede, sin embargo, estar enmascarado por elementos no estructurales tales como el repello, o paredes de tabiques o añadidos de concreto (provistos para aumentar la resistencia en caso de incendios) en sistemas compuestos. En tales casos, el daño a las uniones será visible solamente después que se ha removido la cubierta de concreto.

La decisión en torno al nivel de sismo resistencia y por lo tanto, la clase de vulnerabilidad más apropiada, debería tomar en consideración el sistema de rigidez, así como el tipo de uniones. La ductilidad del sistema entero está determinada por el sistema de resistencia lateral. (Ver figura 14 ejemplo de estructura de acero)

Figura 14. Estructura de acero.



Fuente: Edificio de Finanzas zona 1

2.6 Líneas de servicio básico

2.6.1 Redes de distribución Eléctrica

La Energía Eléctrica es un servicio de suma importancia para un país; la infraestructura de la red esta compuesta por:

Fuente de abastecimiento

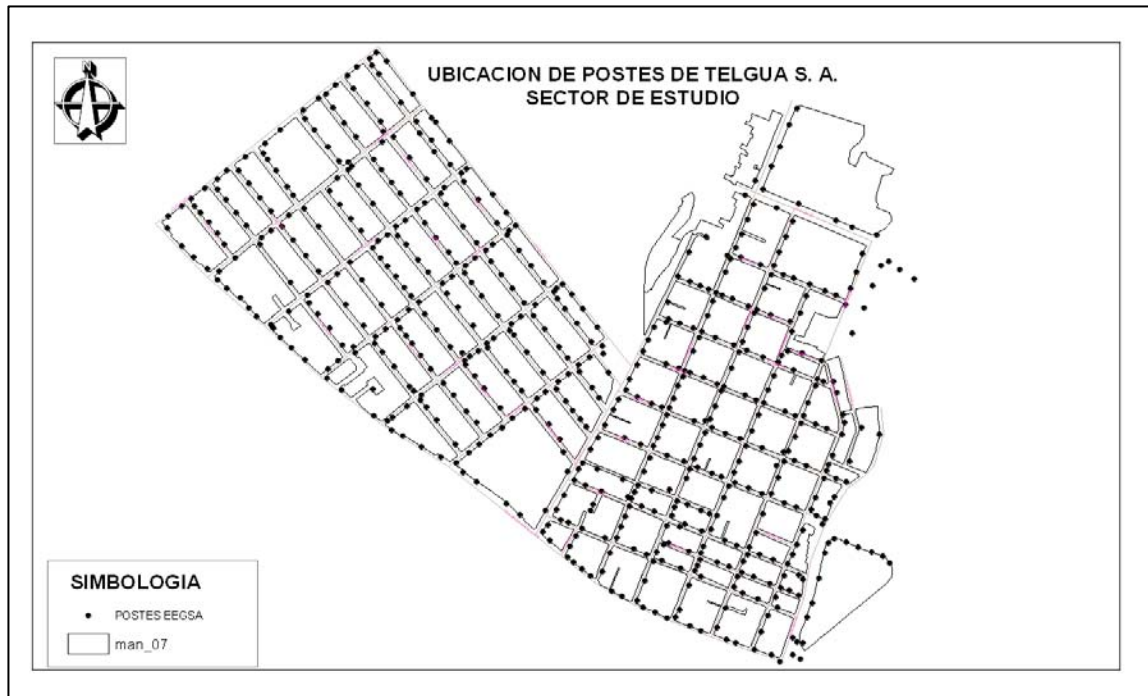
Subestación

Circuito

Es importante conocer como está conformada la red de distribución de Energía Eléctrica dentro del sector analizado, con ello se evitarían pérdidas de tiempo luego de un fenómeno sísmico, donde dicho sector podría presentar problemas con el suministro del servicio, así también estos componentes podrían ser sometidos a un análisis de vulnerabilidad sísmica estructural profundo y tomar las medidas que se consideren necesarias.

Dentro del sector de estudio se ubican un total de 609 unidades de poste de concreto, ver gráfica 15 ubicación de postes de Energía Eléctrica (Proyecto Poste Único Departamento de Control de la Construcción Urbana, Municipalidad de Guatemala).

Figura 15. Ubicación de poste de EEGSA dentro del sector de estudio



Fuente: Departamento de Control de la Construcción Urbana, Municipalidad de Guatemala

2.6.1.1 Fuentes de abastecimiento

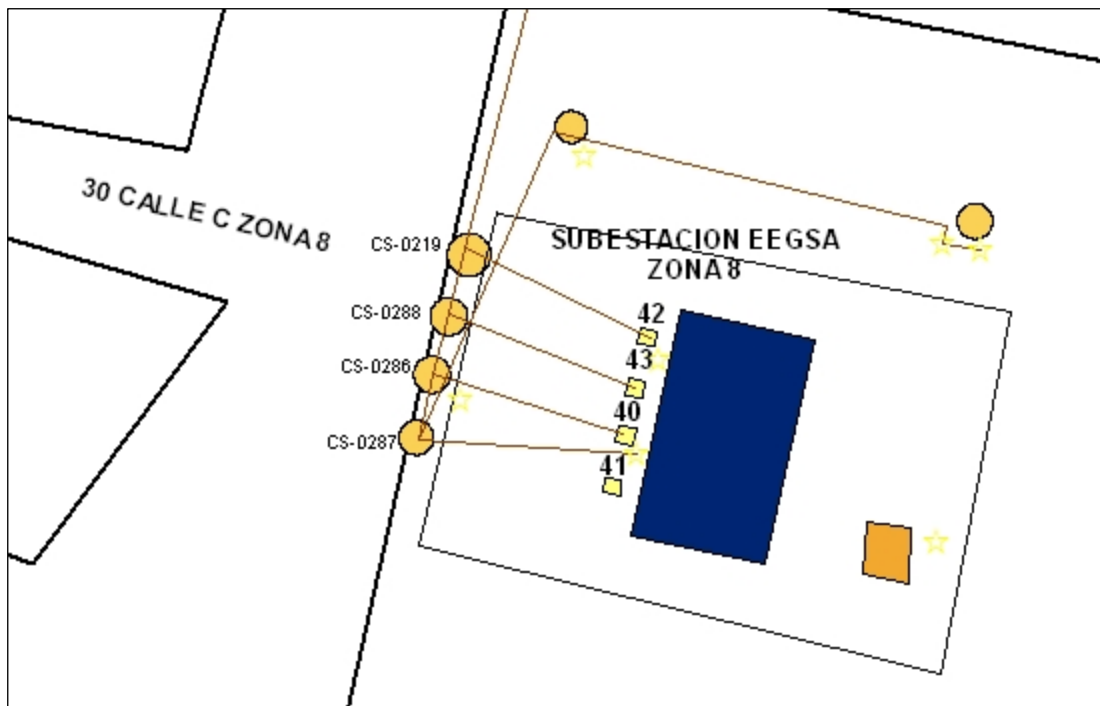
La fuente de abastecimiento de Energía Eléctrica para el sector en estudio se encuentra ubicada en la zona 08, de la ciudad de Guatemala Subestación La Castellana.

2.5.1.2 Componentes del Sistema

2.5.1.2.1 Subestación

Como se menciona anteriormente, la Subestación la Castellana Ubicada en la Zona 8 es la que abastece de Energía Eléctrica al sector analizado, de esta sale el circuito 41 el cual alimenta al sector analizado, ver figura 15 Subestación La Castellana.

Figura 16. Subestación La Castellana zona 8, ciudad de Guatemala.



Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA).

2.5.1.2.2 Circuitos

El circuito 41 es el encargado de alimentar el sector de estudio, pero en caso de emergencias los circuitos 42 y 43 reciben la carga del 41 y la distribuyen, ver figura 16 circuito que suministra energía ³².

Figura 17. Circuito 41 Colonia Landivar y Quinta Samayoa



Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA)

³² Departamento de información Empresa Eléctrica de Guatemala

2.6.2 Redes de distribución de Agua Potable

En este tema se pretende describir de manera general la red de distribución de agua potable que funciona para el sector en estudio, cómo esta conformada, y otras características importantes que se deben analizar.

2.5.2.2 Componentes del Sistema

Los componentes que conforman el sistema principal de distribución de agua potable para el sector en estudio (Plantas de Distribución, Tanque de Distribución y Líneas de Conducción) han sido diseñados para soportar movimientos sísmicos a la vez han sido objeto de estudio, con el fin de proponer medidas de mitigación, debido a la importancia que tiene este servicio dentro de la sociedad.

Tanque de distribución

El agua potable que se consume en el sector de estudio, es proveniente de la Planta Lo de Coy; el tanque que distribuye el agua para las colonias es el TP9 ubicado en la 35 avenida colonia el Rodeo zona 07, de la ciudad de Guatemala.

Tuberías de conducción

Cualquier tipo de tubería de distribución de agua potable puede sufrir graves daños a la hora de ocurrencia de una amenaza sísmica, un movimiento sísmico puede ocasionar que estas colapsen. El sector analizado contiene tuberías principales, secundarias y terciarias.

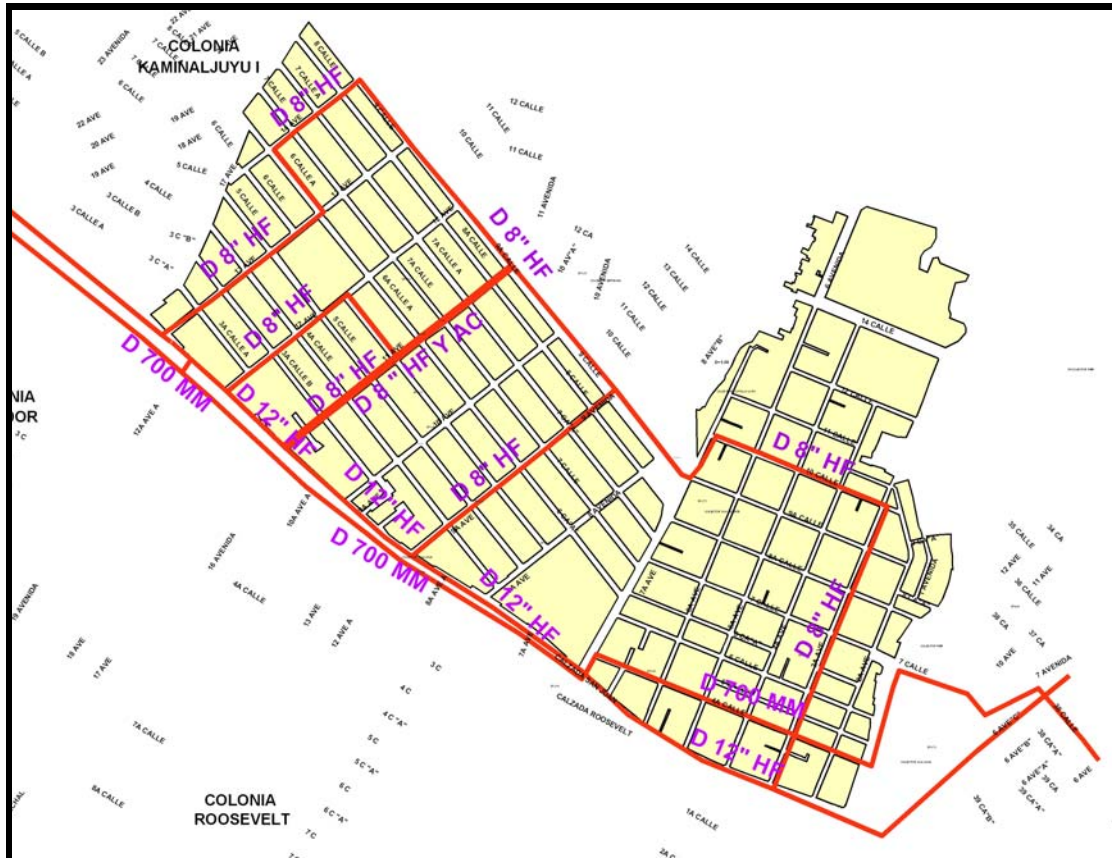
La tubería principal se entiende como aquella encargada de transportar el agua desde el tanque de distribución hasta el punto donde inicia el circuito para distribución del agua de las colonias Landivar y Quinta Samayoa, la trayectoria de esta es la siguiente: parte del TP9 a lo largo de toda la Calzada San Juan zona 7 hasta llegar a las dos colonias, estas están fabricadas de Hierro Fundido y poseen un diámetro de 700 milímetros.

Se entiende como tubería secundaria a aquella tubería que cierra el circuito dentro de las colonias antes mencionadas, el material del cual están hechas es de hierro fundido o Asbesto Cemento, con un diámetro de 8 plg.

La tubería terciaria será aquella que parte de la tubería secundaria que forma es circuito hacia las acometidas domiciliarias, están hechas de PVC y sus diámetro suelen ser desde 6 pulgadas hasta 2 plg.³³ En la figura siguiente se puede apreciar la trayectoria de las tuberías.

³³ Empresa Municipal de Agua EMPAGUA, Departamento de Distribución.

Figura 18. Mapa distribución Agua Potable



Fuente: Municipalidad de Guatemala, EMPAGUA, Depto. de Distribución

2.5.2.2.1 Hidrantes

Los hidrantes son dispositivos ubicados en distintos puntos de interés dentro del perímetro urbano, principalmente cerca de edificaciones que albergan a muchas personas como edificios Públicos, del Estado, Hospitales etc., con el objeto de utilizarlos en caso de incendios y evitar graves daños materiales y humanos.

Dentro del sector en estudio se encuentran únicamente un hidrante, el cual se ubica sobre la Calzada San Juan y 4ª avenida colonia Landívar, lo cual deja de manera clara la escasez de dispositivos que auxilien a la población del sector en caso de incendios u otras actividades que haga el uso necesario del vital líquido.

2.5.2.2.2 Circuitos

El sector en estudio está conformado por únicamente un circuito cerrado para distribución del agua a los distintos domicilios.³⁴

2.6.3 Redes de alcantarillado Sanitario y Pluvial

Dentro de este capítulo también se pretende describir de una manera general la red de alcantarillado Sanitario y Pluvial que funciona dentro del sector, para lo cual es necesario conocer lo siguiente.

³⁴ Ing. Ramiro Merida Jefe de Departamento de Distribución de Agua Potable EMPAGUA.

2.5.3.1 Componentes del Sistema

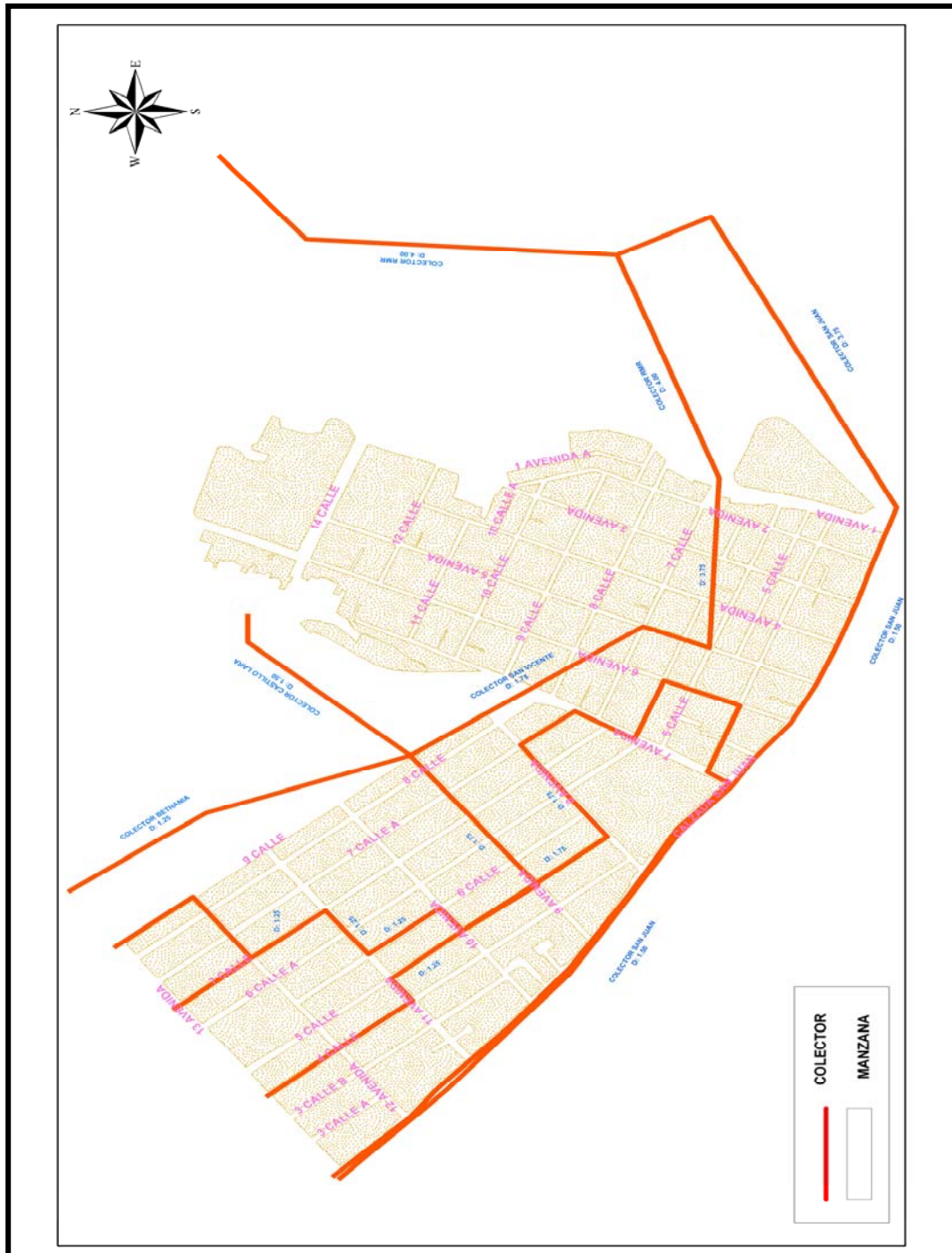
El sistema de alcantarillado que funciona para el sector en estudio es del tipo combinado, es decir agua pluvial y sanitaria evacuada en una misma tubería, los componentes que lo conforman son:

- Colector
- Conexiones domiciliarias
- Pozos de visita
- Tragantes

Los colectores son los que evacuan las aguas procedentes de procedentes de las candelas domiciliarias a través de los ramales secundarios; los colectores ubicados dentro del sector son:

Colector San Juan de 1.50 y 3.75 mt. de Ø ubicado a lo largo de la Calzada San Juan, a un costado del sector en estudio, Colector Verbena de 1.25 mt. de Ø que atraviesa la colonia Castillo Lara para unirse con el colector San Vicente en la 9ª calle y 8ª avenida, este último tiene un Ø de 1.75 y 3.75 mt.. a lo largo de su trayectoria que es dentro de la Colonia Landivar entre la 6ª y 7ª calle, luego en la 1ª avenida y 7ª calle este colector se une al Colector RMR de 4.00 mt. de Ø, el cual evacua las aguas servidas del sector.(EMPAGUA, Depto. Alcantarillados). En la figura 18 se muestra el mapa con la ubicación de los colectores que evacuan las aguas negras y pluviales del sector.

Figura 19. Mapa de Colectores ubicados en la zona 7 colonias Quinta Samayoa y Landivar



Fuente: Depto. de Alcantarillados de EMPAGUA.

Las candelas domiciliarias descargan las aguas servidas en tuberías de asbesto cemento de diámetro que varía entre 15” y 1.25 mts. Estas a la vez se conectan finalmente a los Colectores que tiene diámetros entre 1.50 a 4.00 metros en el sector de estudio.

2.6.4 Telecomunicaciones

Como ya se mencionó los servicios básicos en el área de estudio se mencionaran de forma general, esto con la finalidad de tener un conocimiento básico de la situación actual de los mismos, así como sus componentes, los cuales nos pueden ser de utilidad en el momento que ocurra un desastre.

2.6.4.1 Redes de distribución

En el caso de la red telefónica y cable para nuestra zona de estudio la distribución es aérea en un 98% al decir aérea se entiende por postes conectados unos a otros mediante cable expuesto, el cual puede ser compuesto de fibra óptica en alguno de los casos. La red de distribución telefónica cuenta con una planta interna y una externa.

La planta interna es la central telefónica o matriz ubicada en la 7ma. Avenida y 12 calle zona 1, de la cual se distribuyen redes tanto aéreas como subterráneas para las sub-estaciones o plantas externas.

2.6.4.2 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para la zona de estudio, la constituye la planta externa o subestación denominada GUARDA VIEJO ubicada sobre la 40 calle de la zona 3; de la cual se distribuye toda la señal telefónica para el sector de la zona 7; dicha planta se encuentra dentro de un edificio de cuatro niveles construido con marcos estructurales y con todos los requerimientos sísmicos establecidos en Guatemala cuenta también con un sistema controlado contra incendio, sabotaje y seguridad física esto con la finalidad de evitar y proteger contra cualquier tipo de desastre natural o provocado el equipo que alberga dichas instalaciones.

2.6.4.3 Componentes del Sistema

El sistema esta compuesto por:

- **Planta Interna y Externa**

Estas ya mencionadas en el párrafo anterior: no esta de más mencionar que en el instante que la planta externa por algún motivo dejara de funcionar, La planta interna automáticamente entra a cumplir con las funciones de la externa.

- **Postes**

En el lugar de estudio podemos encontrar postes de madera y metal, los primeros tiene una vida útil de 10 años y los segundos de 20 años. Los cuales según la persona entrevistada por parte de Telgua son cambiados al final del periodo de vida útil. Estos varían en sus dimensiones dependiendo del material.

- **Cableado**

Este puede ser subterráneo y aéreo en el sector de estudio predomina el cableado aéreo. El cableado esta compuesto de anillos de protección y fibra óptica por la velocidad requerida para su funcionamiento.

Cabe mencionar que Telgua cuenta con un seguro de Responsabilidades civiles el cual se encarga de indemnizar a los damnificados en el momento que se sufriera algún daño ocasionado por alguno de los componentes del sistema.

2.6.5 Vías de Acceso

En el sector de estudio existen vías principales como la Calzada San Juan y Roosevelt, ubicadas al sur, vías secundarias tenemos la 7ª avenida y la 9ª calle que conduce al monumento a la Madre estas son vías auxiliares que ayudan a aliviar el congestionamiento ocasionado en las vías principales. El tercer tipo son el conjunto de calles y avenidas que conforman el sector.

Es importante realizar un análisis para determinar las rutas posibles para trasladar heridos del sector en estudio hacia los servicios de emergencia más cercanos.

- La 13 calle de la colonia Landivar, la cual se conecta con la 7 avenida y 27 calle de la zona 03, siendo esta una alternativa para trasladar heridos ubicados dentro del área de estudio hacia el Hospital General de la zona 3.
- El traslado de heridos de la Colonia Quinta Samayoa hacia el Hospital Roosevelt se puede hacer a través de la 11ª avenida, la cual se intercepta con la Calzada Roosevelt y esta con el Hospital.
- El traslado de heridos de la Colonia Landivar hacia el Hospital Roosevelt se puede hacer a través de la 9 calle que se intercepta con la 11 avenida y esta con la Calzada Roosevelt, que finalmente se conecta con la entrada principal del hospital Roosevelt.
- El traslado de heridos de la Colonia Quinta Samayoa hacia el hospital San Vicente, de la Colonia La Verbena se puede hacer a través de la 10 avenida que se comunica con la 9ª calle y esta con la 11 avenida sobre la cual se ubica dicho hospital. Los heridos de la Colonia Landivar pueden ser trasladados por la 7ª avenida siguiendo por la 9ª calle la cual se intercepta con la 11 avenida sobre la cual se ubica el hospital San Vicente.

2.7 Posibles centros de albergue

Previo a describir los posibles centros de albergue ubicados dentro del sector de estudio es importante conocer la experiencia vivida por un país luego de un fenómeno sísmico, esto con el objeto de considerar aquellos factores relacionados con los albergues y que afectaron negativamente y positivamente; El Salvador es un ejemplo cercano en cuanto al sufrimiento recientes de desastres, lo cual da lugar a que se pueda analizar la experiencia vivida³⁵.

A nivel de Organización y administración luego del desastre se tuvieron debilidades y fortalezas

- **Debilidades**

1. No existió planificación adecuada y coordinación con todos los actores sociales antes, durante y después de la instalación de albergues.
2. Improvisación en el establecimiento y apertura de los albergues.
3. Hubo deficiencias en la organización y administración de albergues, lo que se evidenció cuando se tuvo problemas en el espacio físico de instalación, censo de Población variable, duplicidad de esfuerzos, roles no definidos para la entidad Responsable en la administración y evaluaciones del proceso de operación de albergues.

³⁵ Documento pdf “Lecciones aprendidas de los Terremotos del 2001 en El Salvador”

4. No se definió a quién compete la responsabilidad de los albergues, ni la institución responsable de su administración.
5. No se socializaron los planes de atención en los albergues
6. Duplicidad de información poblacional sobre los albergues.
7. Deficiencias en el control de alimentos donados a los albergues
8. Escasa participación de la comunidad en acciones de saneamiento ambiental en los albergues.
9. No existe adecuada coordinación entre los actores institucionales que trabajan en saneamiento ambiental.
Dificultad para proveer agua y letrinas de manera oportuna en algunos albergues.
10. Falta de recursos humanos suficientemente capacitados en la vigilancia epidemiológica.
11. Escaso registro de problemas psicosociales en el sistema de vigilancia epidemiológica.
12. No se definió con exactitud la población de albergados en un momento dado.
13. En los albergues prevaleció el enfoque tradicional (curativo/biologicista) sobre el Preventivo (biopsicosocial).
14. Escaso recurso material y humano para el trabajo en salud mental para personas albergadas

15. Sobre-utilización de servicios médicos por parte de la población de los albergues y la comunidad.

▪ **Fortalezas**

1. Existencia de algunos planes de emergencia que consideraba la ubicación de albergues.
2. Movilización y presencia de recursos materiales y humanos de diferentes Instancias en los albergues.
3. Realización de simulacros previos de evacuación e instalación de albergues
Lo que corresponde a Saneamiento Ambiental en Albergues
se tuvieron debilidades y fortalezas
4. Existió apoyo de organismos cooperantes nacionales e internacionales para la operación de acciones en agua y letrinas.
5. Algunos miembros de los albergues se incorporaron en actividades de control, supervisión y mantenimiento de acueductos, letrinas de acuerdo a su nivel de organización.
6. Existió experiencia previa de los recursos institucionales y comunitarios en el manejo y control de enfermedades como dengue, cólera y otras transmitidas por vectores.
7. Hubo rectoría del MSPAS en la vigilancia epidemiológica en los albergues.

8. Cooperación de organismos internacionales y nacionales para operar el sistema de Vigilancia epidemiológica en los albergues.
9. Se contó con un sistema de registro para el control y notificación de enfermedades en los albergues.
10. Algunos líderes comunitarios estaban capacitados en el control sanitario de los albergues.

Los puntos anteriores deben formar los objetivos, a realizar por partes de instituciones gubernamentales encargadas de velar por la salud ciudadana, y lo que se debe evaluar en los centros de albergue ubicados dentro y fuera del perímetro de la zona de estudio.

2.7.1 Hospitales

Los hospitales y los establecimientos de la salud en general son sistemas expuestos que pueden sufrir graves daños como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos naturales intensos. Dentro del sector evaluado no se ubican Hospitales necesarios para prestar servicios de emergencia.

Colindantes al sector se encuentra el Hospital San Vicente ubicado en la Colonia La Verbena y el Hospital Roosevelt, ubicado entre la 6ª avenida y 9ª avenida de la zona 11 aproximadamente a unos 500 metros del sector evaluado exactamente en la Colonia Roosevelt.

2.7.1.1 Características

El Hospital Roosevelt cuenta con instalaciones construidas por profesionales a partir del año de 1952 inauradas en el año de 1955 dentro de su diseño fue considerada la fuerza sísmica; experimentados su primera prueba durante el terremoto de 1976.

Entre las características más importantes del hospital Roosevelt tenemos:

Área de terreno: 229329.57 m²

Superficie Construida: 34548.29 m²

Área Libre: 194781.28 m²

Altura máxima 5 niveles

Capacidad: 800 personas (800 camas)

Helipuerto: 1

Entre otras características importantes se puede mencionar que cuentan con 18 camas en área de reserva, además se han considerado áreas utilizadas en caso de emergencia: Lobby de Piedrahita y maternidad.

Existe un Comité contra Desastres del Hospital Roosevelt dicho comité recibe una capacitación anual., además contemplan tres planes de desastres ³⁶

Plan “A” < 50 pacientes

Plan “B” > 50 pacientes

Plan “C” > 100 pacientes

El Hospital San Vicente sus instalaciones fueron construidas en el año de 1948 durante el gobierno de Miguel Idígoras Fuentes; entre las características más importantes tenemos:

Área de terreno: 229329.57 m²

Superficie Construida: 34548.29 m²

Área Libre: 194781.28 m²

Altura máxima 1 nivel

Capacidad: 600 personas (600 camas)

Existe un Comité contra Desastres del Hospital San Vicente conformado por nueve integrantes, quienes hasta la fecha no han tenido apoyo de capacitación en casos de emergencia Nacional³⁷.

³⁶ Dr. Guillermo Enrique Echeverría, Coordinador de Emergencia Adultos, Hospital Roosevelt)

³⁷ Ángel Chang, Jefe de Seguridad Hospital San Vicente.

El estudio de vulnerabilidad sísmica estructural realizado en el sector de la zona 7 ha estimado una cantidad de heridos de aproximadamente 7,354 personas; sabemos que actualmente los dos hospitales mencionados poseen la capacidad de atender a 1,400 pacientes, con el equipo actual, esto equivale el 19 % del total de pacientes que necesitarían asistencia médica según el estudio efectuado en el sector.

2.7.1.2 Seguridad mínima requerida

Un ordenamiento sistemático y una fácil movilización del personal, de equipos y suministros dentro de un ambiente seguro es el requisito mínimo y fundamental para ofrecer una respuesta rápida y efectiva al desastre.

Los hospitales requieren consideraciones especiales en relación con la mitigación de riesgos debido a la función que desempeñan en el medio en donde se encuentran, a sus características de ocupación y a su papel durante situaciones de desastre.³⁸

³⁸ (Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud (Pan American Health Organization (PAHO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1999, 136 p.

2.7.1.3 Servicios básicos

Como se menciono anteriormente, para que un hospital funcione como un Centro de albergue, debe ofrecer seguridad estructural y eficiente atención médica en caso de emergencias.

Un hospital esta compuesto entre otros por: servicios clínicos, servicios de apoyo al diagnóstico y servicios generales, los cuales tienen funciones determinadas y propias, pero a su vez interrelacionadas para el buen funcionamiento del hospital.

La relación entre dichas áreas o sectores (Administración, Servicios Intermedios o Ambulatorios, Servicios Generales, Consulta Externa, Urgencias y Hospitalización) puede resultar crítica si en el diseño no se consideró su funcionamiento y distribución en el caso de atención masiva de pacientes (Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud³⁹).

³⁹ Pan American Health Organization (PAHO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1999, 136 p.

2.7.2 Edificios Públicos

Son edificaciones que juegan un papel muy importante a la hora de un fenómeno sísmico, su extensión, servicios con que cuentan (agua, Luz, Teléfono) y otros, son las características principales que hacen que estas instalaciones sean tomadas en cuenta como albergues luego de un fenómeno sísmico.

Dentro del sector evaluado, se ubican dos edificios públicos para ser utilizado como centro de Albergue: Escuela José Martí y la Escuela Luz del Valle.

Colindante al sector en estudio se ubican cuatro posibles centros de albergue los cuales poseen una extensión muy adecuada para albergar a un buen número de personas.

Es necesario determinar las estructuras dañadas a manera de estimar la cantidad de personas que quedarían sin vivienda, dentro del sector analizado y con ello hacer el cálculo del total de personas que harían uso de los edificios de albergue.

El estudio de vulnerabilidad efectuado en las colonias Landivar y Quinta Samayoa a ubicado 788 estructuras con calificación final igual a “4” que significa pérdida total de la estructura; 838 estructuras con calificación final igual a “3”, significa un daño considerable a la estructura, convirtiéndola inhabitable; recordemos que calificación final es el resultado de la diferencia entre la calificación inicial que se le otorga a cada estructura en función de su seguridad, comportamiento sísmico y amenaza sísmica⁴⁰ se restan o suman los factores asignados a cada modificador del comportamiento sísmico que presente la estructura en evaluación , estructuras menos vulnerables presentan calificaciones más altas y viceversa (Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un sector de la zona 03, de la ciudad de Guatemala).

La suma de las dos cantidades antes mencionadas da un total de 1626 edificaciones que quedarían fuera de uso por destrucción total o por daños críticos en sus componentes estructurales luego de un fenómeno sísmico.

En el inciso 2.3.2 Densidad de Población se citan datos de densidad de vivienda: el reflejado por el presente estudio y el resultado de la encuesta realizada por la alcaldía auxiliar de la zona 7 ubicada en la colonia Castillo Lara; la segunda se considera mas acerca a la realidad y estima 5 habitantes por vivienda.

El producto del dato de densidad de población con el dato de estructuras dañadas da un total de 8,130 personas que quedarían sin techo lo que implicaría el uso de los albergues ubicados dentro del sector.

⁴⁰ (Applied Technology Council, 1988)

2.7.2.1 Características

Escuela Oficial Urbana Mixta No 36 José Martí

La escuela José Martí se ubica en la 7ª calle 1 avenida zona 7 posee las Características siguientes:

Área de terreno: 2264.52 m²

Superficie construida: 734.86 m²

Área libre: 1529.66 m²

Altura máxima 2 niveles

Colindancias: 7ª calle zona 7, sur con escuela, este con escuela y oeste con 1ª avenida zona 7.

Acceso: Ingreso principal por 7 calle zona 7 o 1ª avenida zona 7

Capacidad máxima de: 500 personas 6.15% del total de las personas que se quedarían sin techo.

Escuela Mixta No 52 José María Bonilla Ruano

Superficie construida: 2000 m²

2 niveles

Colindancias: Norte 6 Calle, Sur con 5 calle, este mercado San José Mercantil y oeste 13 avenida zona 7.

Acceso: Ingreso principal por 5 calle zona 7 ó 13 avenida zona 7

Capacidad máxima de: 500 personas 6.15% del total de las personas que se quedarían sin techo.

Escuela Oficial Urbana Mixta No 42 República de Belice

Área de terreno: 1561.4 m²

Superficie construida: 504.1 m²

Área libre: 1057.4 m²

2 niveles

Colindancias: norte escuela 5, sur con escuela 3, este con escuela 3 y oeste con 8^a avenida zona 7.

Acceso: Ingreso por 7 calle, 1^a avenida y 8^a avenida zona 7.

Capacidad máxima: 300 personas 3.69 % del total de las personas que se quedarían sin techo.

Escuela Nacional de Párvulos No 14 Vicente Laparra de la Cerda

Área de terreno: 1889. m2

Superficie construida: 1050 m2

Área libre: 839 m2

2 niveles

Colindancias: norte viviendas Castillo Lara, sur con Escuela 4, este con 8ª avenida y oeste con barranco.

Acceso: Ingreso por 8ª avenida y 12 calle zona 7.

Diseño con capacidad máxima de: 300 Personas 3.69 % del total de personas que se quedarían sin techo.

Escuela Oficial Urbana No 43 Doctor Pedro José Valenzuela

Área predio: 751.62 m²

Superficie construida: 542.24m²

Área libre: 209.38 m²

Vías de acceso: 14 calle y 8ª avenida zona 7

Altura máxima: 1 nivel

Capacidad máxima: 250 personas 3.07 % del total de personas que se quedarían sin techo.

Los establecimientos públicos ubicados dentro y fuera del sector en estudio albergarían un total de 1,850 personas el 22.75% de la población que quedaría sin techo o con daños severos en sus edificaciones luego de un fenómeno sísmico.

2.7.2.2 Seguridad mínima requerida

Un edificio que funcione como albergue la concentración de la población representa un riesgo de transmisión de enfermedades luego del desastre³⁵, para evitar esto se debe de dar mucha atención a componentes importantes especialmente los del agua potable: cisternas, lavaderos, tubería etc. ya que la mayoría de enfermedades post-desastre tienen su origen por contaminación de tan vital líquido. En resumen los edificios de Albergue deben ofrecer seguridad Estructural y Salud.

2.7.2.3 Servicios básicos

Para que un edificio funcione como albergue debe asegurar a la población un nivel de vida adecuada a la población afectada, a través del establecimiento de sistemas de abastos de alimentos, agua, vestuario, vivienda y servicio medico

Estos establecimientos cuentan con servicio de agua teléfono y energía eléctrica; el sistema de abastos de alimento y vestuario en estos momentos quedan en un segundo plano, pero deben ser puestos en acción al ocurrir un desastre.

2.7.3 Iglesias

Las Iglesias son edificaciones muy grandes que pueden prestar servicio de albergue a la hora de un fenómeno sísmico.

Las iglesias ubicadas dentro del sector en estudio han sido evaluadas al igual que todas las demás estructuras por el método Visual, es importante aclarar, que una edificación considerada como posible albergue, debe ser evaluada detalladamente ya que en ella se hospedara un número grande de población. Durante la evaluación efectuada en el sector, se ubicaron pocas Iglesias como posibles centros de albergue, estas fueron tomadas en cuenta por su tamaño y por los servicios con los que cuentan, entre estas podemos citar:

16. Iglesia Mormona, ubicada en la Colonia Landivar 6-50 zona 7, Código de identificación 7_7_19_12.
17. Iglesia Católica Monte Basan ubicado en la 6 avenida 7-38 Colonia Landivar, Código de identificación 7_7_32_22.

2.7.3.1 Características

Por sus dimensiones y calificación de vulnerabilidad estructural las siguientes estructuras son consideradas como sitios apropiados para albergar a los damnificados de cualquier tipo de catástrofe.

Iglesia Mormona

Ubicada en la Colonia Landivar 6-50 zona 7 de la Ciudad de Guatemala

Número de niveles: 1

Superficie construida: 537.10 m²

Superficie de terreno: 2468.54 m²

Servicios básicos: Agua, luz, teléfono y cable

Tipo de Estructura: Mampostería media

Área Libre: 1,931 m²

Acceso: Ingreso principal por 6 avenida zona 7.

Capacidad: 200 personas 2.46 % del total de personas que se quedarían sin techo.

Iglesia Católica Monte Basan

Ubicada en la Colonia Landivar 6 avenida 7-38 Colonia Landivar zona 7 de la Ciudad de Guatemala

Número de niveles: 3

Superficie construida: 429.7 m²

Superficie de terreno: 668.20 m²

Servicios básicos: Agua, luz, teléfono y cable

Tipo de estructura: Mampostería media

Área libre: 238.5 m²

Acceso: Ingreso principal por 6 avenida zona 7.

Año de construcción:

Capacidad: 300 personas, 3.69 % del total de personas que se quedarían sin techo

Las iglesias antes descritas fueron sometidas a la evaluación por el método visual rápido y tiene una calificación la cual se detalla en el cuadro siguiente; los valores resultantes son de considerar por lo tanto, se sugiere evaluación más detallada para garantizar la seguridad.

Tabla I. Vulnerabilidad de Iglesias

IGLESIA	CALIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD
IGLESIA MORMONA	1.5	Mínima
IGLESIA CATÓLICA MONTE BASAN	1.00	Significativa

Las iglesias ubicadas dentro y fuera del sector en estudio albergarían un total de 500 personas, el 6.25% de la población que quedaría sin techo o con daños severos en sus edificaciones luego de un fenómeno sísmico.

Finalmente, las iglesias y edificios públicos ubicados dentro del sector de estudio albergarían el 29% de la población que quedaría sin techo luego de un fenómeno sísmico.

3. ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÌSMICA

A continuación se describen los resultados del estudio efectuado en el sector de la zona 07, clasificados de la siguiente forma: tipos de estructuras, uso actual a si como cálculos y resultados sobre el grado de vulnerabilidad de las estructuras evaluadas, daños materiales, humanos entre otros.

3.1 Datos Obtenidos

La utilización del método Visual Rápido ATC-21 a reflejado los datos descritos en las siguientes tablas.

Tabla II. Características generales del área evaluada.

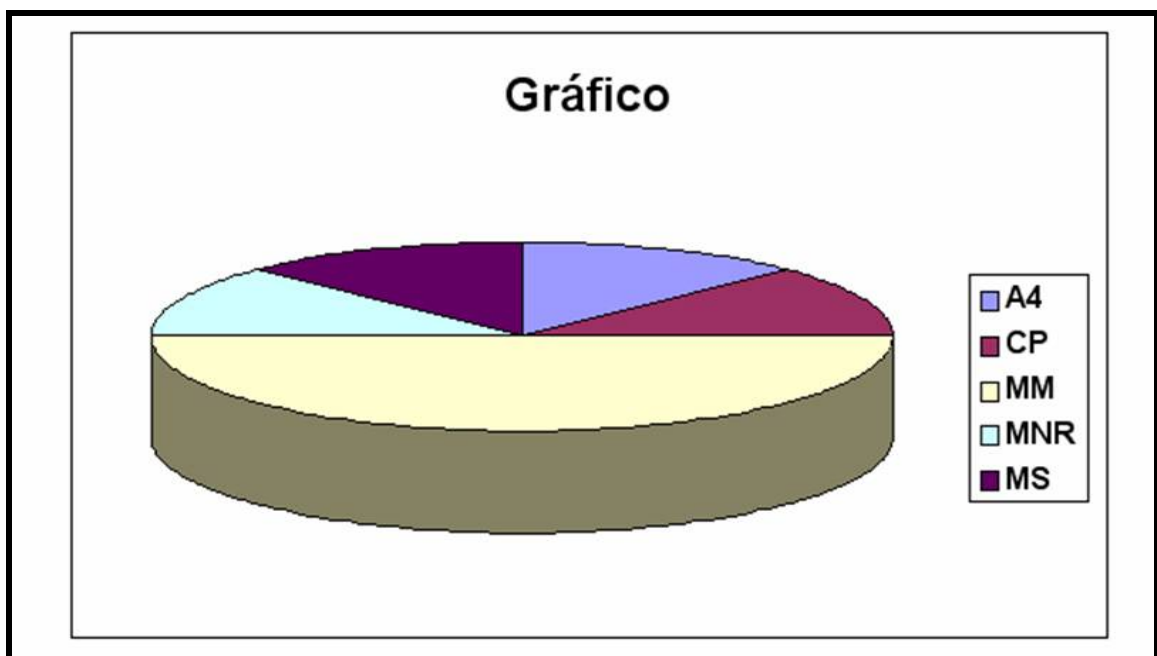
<i>CARACTERISTICAS GENERALES</i>		
<i>Características</i>	<i>Unidades</i>	<i>Cantidades</i>
Área evaluada	m ²	695897.09
Número de habitantes	Personas	29,596
Número de estructuras	Unidades	3,019
Área de construcción	m ²	783,660.93
Área construida	m ²	1,531,810.87
Área libre	m ²	451104.09
Índice de ocupación	%	35.78
Índice de construcción	%	51.76
Área por habitante	m ² / persona	35.78
Área de construcción por habitante	m ² / persona	26.48
Área construida por habitante	m ² / persona	51.76
Área promedio por estructura	m ² / estructura	259.58

Los tipos estructurales existentes dentro del área evaluada son variados, como lo muestra la tabla X y la figura 21.

Tabla III. Cuantificación de los distintos tipos de estructuras existentes en el área evaluada.

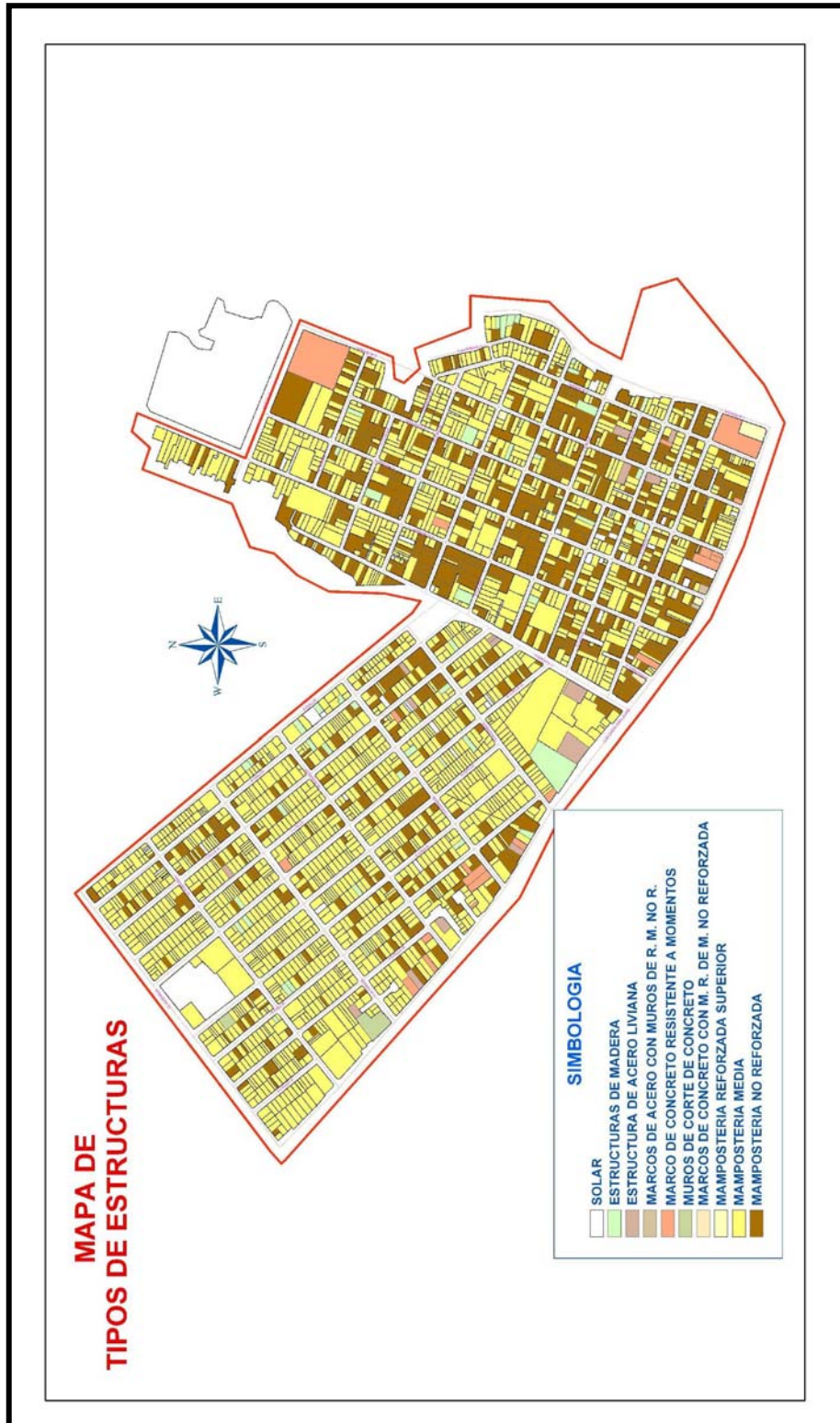
TIPOS DE ESTRUCTURAS EN EL SECTOR DE ESTUDIO			
ESTUDIO	NOMBRE	DESCRIPCION	CANTIDAD
7	M	Madera	48
7	A3	Estructuras de acero livianas	15
7	A5	Marcos de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada	2
7	C1	Marcos de concreto resistentes a momento	22
7	C2	Muros de corte de concreto	2
7	C3	Marcos de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada	3
7	MS	Mampostería reforzada superior	4
7	MM	Mampostería media	2087
7	MNR	Mampostería no reforzada	847

Figura 20. Gráfica de los distintos tipos de estructuras en el área evaluada



Fuente: Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un Sector de la Zona 7 de la ciudad de Guatemala

Figura 21. Mapa temático tipos de estructuras del sector de estudio



La tabla III describe tipos y cantidades de estructuras dentro del sector de estudio; entre estas: estructuras de mampostería no reforzada, comúnmente llamadas estructuras de adobe, de estas existe una cantidad de 847 unidades equivalente al 28 % del total de las estructuras evaluadas, en un mayor número las estructuras de mampostería media que constituyen el 69% del total de las estructuras las mismas evidencian haber sido realizada por autoconstrucción.

Los usos de las estructuras son también de diversa índole como lo muestra la tabla IV y la figura 22, los principales son el uso residencial y el residencial-comercial.

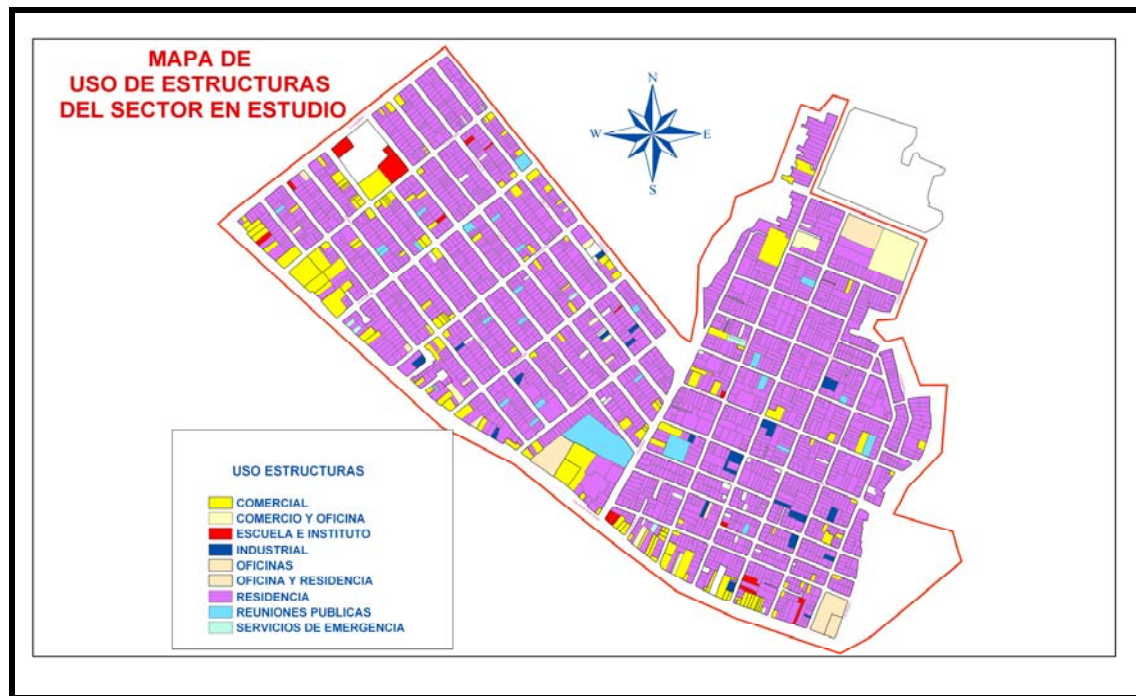
Tabla IV. Uso de las estructuras en el área evaluada.

ZONA	USO DE LA ESTRUCTURA	CANTIDAD
7	Comercial	151
7	Comercial – Industrial	2
7	Comercial – Oficinas	8
7	Comercial – Oficinas – Industrial	1
7	Escuela o Instituto	19
7	Industrial	22
7	Oficinas	6
7	Oficinas – Industrial	5
7	Residencial	2660
7	Residencial – Comercial	116
7	Residencial - Comercial - Escuela o Instituto	2
7	Residencial - Comercial – Oficinas	1
7	Residencial – Industrial	1
7	Residencial - Reunión Pública	3
7	Reunión Pública	25
7	Servicios de Emergencia	6

Figura 22. Usos de las estructuras en el área evaluada



Figura 23. Mapa Temático uso del suelo del sector de estudio



Fuente: Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un Sector de la Zona 7

3.1.1 Cálculo de índice de vulnerabilidad estructural en viviendas

Los índices de vulnerabilidad son porcentajes que representan el daño potencial en elemento material y humano respecto al total de elementos bajo riesgo en un sector; estos permiten la clasificación y comparación de los distintos sectores evaluados dentro de una ciudad o país, con el objetivo de poder tomar medidas de mitigación con mayor énfasis en aquellos que muestren mayor vulnerabilidad, es decir un mayor grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos a la hora de ocurrencia de un fenómeno sísmico.

Los índices de vulnerabilidad deben ser calculados para representar distintos parámetros, esto permite entender de forma clara la vulnerabilidad de un sector, con respecto a otro sector, por ejemplo: dos sectores pueden presentar el mismo índice de vulnerabilidad, calculado por la cantidad de unidades estructurales que presentan vulnerabilidad muy alta respecto al total de estructuras existentes dentro de cada sector, se tiene una idea de que por cada 100 estructuras se necesitara evaluar con mas detalle la misma cantidad en ambos sectores. Sin embargo, si en uno de los sectores existen en un mayor porcentaje estructuras de dos niveles, el índice de vulnerabilidad que representa los daños materiales será mayor que el que contienen en menor cantidad estructuras de dos niveles, esto debido a que los daños materiales dependen de la cantidad de m² de construcciones existentes.

La tabla siguiente muestra los Índices de Vulnerabilidad del sector en estudio calculado para distintos parámetros.

Tabla V. Índices de Vulnerabilidad Estructural para el área evaluada dentro del sector en Estudio

ÍNDICES DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA EL ÁREA EVALUADA DENTRO DEL SECTOR EN ESTUDIO					
VULNERABILIDAD	MUY ALTA	ALTA	SIGNIFICATIVA	MÍNIMA	TOTAL
CRITERIO					
UNIDADES ESTRUCTURALES	822 27.23%	869 28.78 %	1238 41.01 %	90 2.98 %	3019 100.00 %
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m²)	195,501.24 24.95%	258,040.13 32.93 %	286,163.89 36.52 %	43,955.68 5.61%	783,660.93 100.00 %
ÁREA CONSTRUIDA (m²)	331,794.48 21.66 %	529,191.20 34.55 %	468,487.93 30.58 %	202,337.27 13.21 %	1,531,810.87 100.00 %

La tabla siguiente muestra los índices de vulnerabilidad del sector en estudio calculado para distintos parámetros.

Tabla V I. Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector en estudio

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE DAÑO	ELEMENTOS BAJO RIESGO	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Muertos (personas)	4,973	29,596	16.80 %
Heridos (personas)	7,354	29,596	24.85%
Daños Materiales	Q 1,030,432,866.39	Q 737,371,447.73	139.74%

3.1.2 Breve descripción de la situación actual de las redes de servicios básicos

Las redes de servicio básico involucradas en este estudio son: agua potable drenajes, energía eléctrica y redes de telefonía. Existen dos tipos de amenazas para estos servicios: Amenazas Geológicas: deslizamientos, volcanes, sismos y Amenazas Climáticas: huracanes, inundaciones.⁴¹

Es importante conocer la situación actual de las redes de servicio básico, con la finalidad de conocer la respuesta que puedan tener estos durante y luego de una amenaza sísmica.

3.1.2.1 Agua

El agua juega un papel muy importante durante una crisis sísmica.

- a) Protege la salud de la población
- b) Asegura el desarrollo y actividades económicas
- c) Protege la inversión en la infraestructura de agua.

⁴¹ www.cepis.ops-oms.org, www.paho.org/desastres, Material de Capacitación “Mitigación de desastres en Sistemas de agua y saneamiento, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.

Los factores que inciden en el impacto de los terremotos sobre los sistemas de agua potable son:

- Magnitud máxima probable
- Intensidad
- Probabilidad de ocurrencia
- Antecedentes y Sismicidad de la Región
- Calidad y tipos de Suelo.

Cuando no se toman medidas preventivas se corre el riesgo de experimentar pérdidas económicas grandes; del terremoto ocurrido el 22/04/1991 en Limón Costa Rica ⁴² se tienen los datos siguientes:

- El costo de medidas de emergencia y rehabilitación en los sistemas de abastecimiento de agua fueron de US \$ 9 millones
- Con medidas previas de mitigación estos costos se hubieran reducido a: US \$ 5 millones.

Pero las pérdidas no deben verse únicamente del lado económico; cuando un desastre daña seriamente los sistemas de abastecimiento de agua se ve claramente cómo se deteriora la salud de la población, como por ejemplo a través del drástico incremento de enfermedades diarreicas agudas y de otras enfermedades de origen hídrico. Previo a tomar medidas de mitigación para los componentes de un sistema de agua, es necesario

⁴² Material de Capacitación “Mitigación de desastres en Sistemas de agua y saneamiento, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.

comentar que no todos los componentes de los sistemas están expuestos a las mismas amenazas, como lo podemos apreciar en la figura siguiente:

Figura 24. Componentes de un sistema de Agua Potable.



Fuente: Mitigación de desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento OPS/OMS

La figura 24 muestra las diferentes amenazas a las que están expuestos los componentes de un sistema de agua potable por su ubicación; pero es importante recalcar que cuando un sismo ocurre, este puede dañar cualquiera de estos no importando su ubicación, simplemente porque se encuentran dentro del mismo suelo y este puede presentar grietas a si también suelen ocurrir otras amenazas como derrumbes, que pueden provocar daños.

Los principales daños que pueden causar los sismos en los sistemas de agua potable son:

- Destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- Rotura de tubería y daños a las uniones.
- Alteración de la calidad de agua por deslizamientos.
- Variación del caudal en captaciones subterráneas o superficiales.
- Cambio del sitio de salida del agua en manantiales.

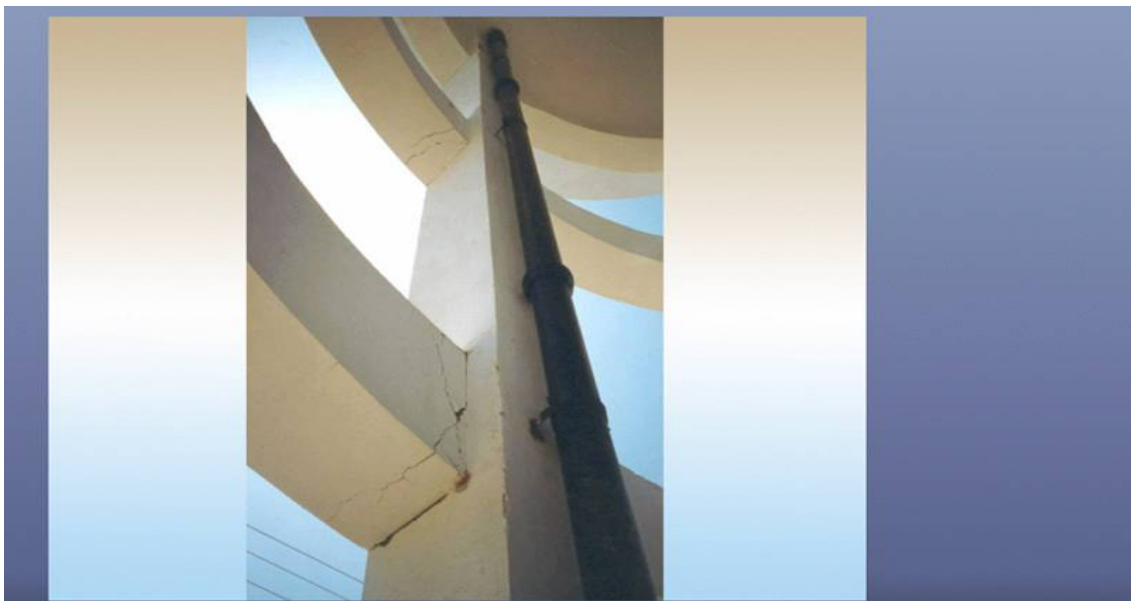
Se debe tomar en cuenta que los sismos pueden producir efectos insospechados, especialmente en aquellos componentes que son de difícil inspección ocular.⁴²

Figura 25. Rotura de tubería por derrumbes.



Fuente. Mitigación de Desastres en Sistemas de Agua y Saneamiento

Figura 26. Fractura de estructura de tanque elevado.



Fuente. Mitigación de Desastres en sistemas de Agua y Saneamiento OPS/OMS

Figura 27. Daños en componentes difíciles de inspección, tuberías del circuito.



Fuente. Mitigación de Desastres en Sistemas de Agua y Saneamiento OPS/OMS

Respecto a los componentes principales, que conforman las redes de servicio de agua: Tanque de Distribución etc. son de suma importancia dentro del tema de vulnerabilidad, debido a esto la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) a tomado ciertas medidas de mitigación. Una de ellas es que cuentan con tanques sustitutos como ejemplo: Actualmente el tanque que distribuye el agua a las colonias evaluadas es el Tanque de Distribución TP9 (ubicado en colonia el Rodeo zona 7). Si el TP9 fallase entraría en funcionamiento el Tanque “Ojo de Agua” el cual abastecería el sector afectado.⁴³

3.1.2.2 Drenajes

Según su magnitud, los terremotos pueden producir fallas en las rocas. En el subsuelo hundimientos de la superficie del terreno, derrumbes, deslizamiento de tierras y avalanchas de lodo, pueden asimismo reblandecer suelos saturados (debido a la vibración) reduciendo la capacidad de sustentación de fenómenos, combinados con la ondulación del suelo, puede producir destrucción y otros daños directos en cualquier parte de los sistemas de alcantarillado sanitario o desagües de aguas de lluvias, ubicados dentro del área afectada por el sismo. La magnitud y las características de los daños estará usualmente relacionada con:

- La magnitud del terremoto
- El diseño antisísmico de las obras, su calidad constructiva, su tecnología, su mantenimiento y estado real a la fecha del desastre.
- La calidad del terreno donde se ubica la red y también el de las zonas adyacentes.

⁴³ Ingeniero Ramiro Mérida, Jefe de Departamento de Distribución de EMPAGUA, Ruta 1 zona 4

La mayor parte de estas obras se construyen bajo el nivel del suelo; luego se rellenan las excavaciones, por lo que no están usualmente a la vista. Estas estructuras enterradas reaccionan, frente a un sismo, de manera distinta que los edificios o estructuras sobre el nivel del suelo. Las roturas de las tuberías de alcantarillado sanitario pueden implicar afloramiento de aguas servidas a la superficie del terreno lo que puede ser indicativo de una zona de daños. Sin embargo debido a que estas tuberías funcionan normalmente en escurrimiento abierto, sin presión, puede haber menos fugas visibles, en las que la presión puede facilitar que se evidencien.

Por otra parte, la existencia de cámaras de inspección puede facilitar la estimación visual del caudal en cámaras sucesivas, lo que puede ayudar tanto a ubicar los tramos con fugas (por comparación del caudal en cámaras sucesivas), tuberías (por comparación de los niveles de aguas servidas en cámaras vecinas). Esas obstrucciones, sino existían antes del sismo, pueden ser producto de roturas en las tuberías debido al terremoto. Por otro lado, en las áreas que no dispongan de suministro de agua potable (debido a los efectos del desastre) tampoco habrá aguas servidas de retorno, de modo que una inspección final de la situación del alcantarillado requiere la previa regularización del servicio de agua potable.

Si se rompen simultáneamente las cañerías de las redes de agua potable y las de alcantarillado sanitario, es posible que algo de aguas servidas se mezcle o penetre a la red de agua potable, ello se debe a que usualmente las cañerías de alcantarillado sanitario se construyen en forma paralela, por la mismas calles y a pocos metros entre sus ejes. Así puede haber roturas cercanas en ambas cañerías que posibiliten la entrada de aguas servidas a la red de agua potable.

En algunas oportunidades existen aguas subterráneas superficiales que cubren las redes de agua potable y de alcantarillado. Si el sismo produce rotura y fugas en la red de alcantarillado se contaminara la napa freática.

Los factores que inciden en el impacto de los terremotos sobre los sistemas de de alcantarillado son:

- Magnitud máxima probable
- Intensidad
- Probabilidad de ocurrencia
- Antecedentes y Sismicidad de la Región
- Calidad y Tipos de Suelo.

Como se mencionó en el capítulo 2.6.3 el sistema de drenajes que funciona dentro del sector de estudio, es de tipo combinado, compuesto por: tuberías de asbesto cemento, Colectores, con diámetro de 1.40 mt. Hasta 4.00 mt, tragantes y pozos de visita.

A si también se mencionó en el capítulo 1 la mayor parte del suelo sobre el cual se encuentra asentada la ciudad de Guatemala, incluyendo el sector de estudio, está conformado por depósitos de cenizas volcánicas lo que podría contribuir a que ocurran asentamientos y deformaciones en el suelo a causa de las Ondas sísmicas. Un ejemplo claro es el caso particular ocurrido en el terremoto de San Salvador, El Salvador el 10/10/1,986, reportándose una estimación de 65 Km. Dañados en la red de alcantarillado es decir el 22% de la tubería instalada.

Las siguientes graficas son mapas temáticos de riesgo sísmico que permiten analizar rápidamente el sector en estudio, se ha plasmando sobre estas la red de alcantarillado que funciona en el sector, como ejemplo en este se puede observar que el terremoto de 1976 ocasiono una cantidad grande de fracturas en el suelo (figura No 29) fisuras que representan riesgo para el sistema de drenaje.

Los puntos críticos de los sistema de alcantarillado son las uniones de los colectores con los pozos de visita, un movimiento sísmico pueden causar grietas en estos puntos, ocasionando fugas de las aguas servidas las cuales causarían contaminación de las aguas subterráneas, a la vez podrían causar erosión del suelo y como consecuencia asentamientos grandes de este. Según vecinos del sector el sistema de drenajes fue construido aproximadamente en el año 1,968 y hasta la fecha es el que funciona en el sector.

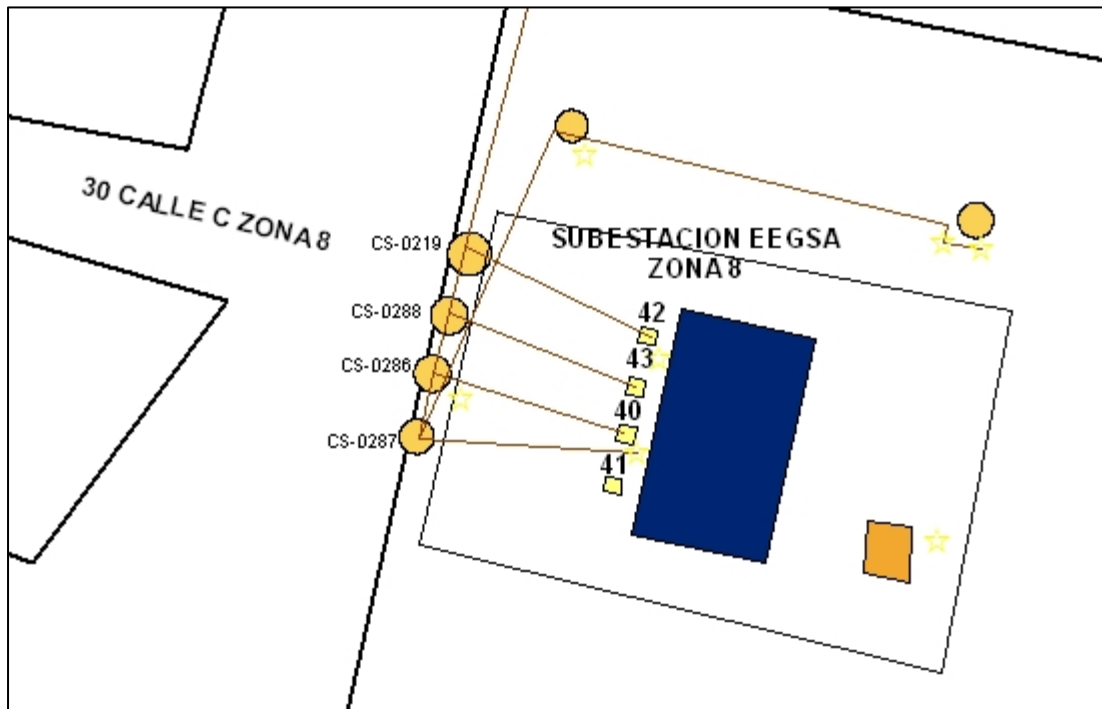
Existen muchas razones para confirmar que el sistema de drenajes que funciona dentro del sector de estudio debe ser evaluado muy detenidamente de tal manera que se reduzca la probabilidad de ser dañado a la hora de un movimiento sísmico.

3.1.2.3 Electricidad

Como se comentó en el capítulo 2.6.1 actualmente La Colonia Landivar y Quinta Samayoa están alimentadas por el circuito 41 desde la subestación La Castellana ubicada en la zona 8.

Si surge una emergencia provocada por desperfectos, la carga del circuito 41 puede ser transferida a otros circuitos, lo cual se puede apreciar en la siguiente gráfica, donde se muestran el circuito 41 y circuitos de emergencia.

Figura 28. Subestación la Castellana, circuito 41 y circuitos que funcionarían en caso surja una emergencia



Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala.

Los postes ubicados dentro del sector son las unidades que representan riesgo para la población, como se puede saber lo único que sostiene la red en caso de sismos es el empotramiento de las estructuras, jugando el terreno también un papel muy importante para que la estructura resista cualquier tipo de movimientos.

No se tiene seguro para los consumidores lo que hay son penalizaciones por suspensión del servicio pero los mismos no aplican cuando se trata de fuerza mayor (Empresa Eléctrica de Guatemala).⁴⁴

3.1.2.4 Vías de acceso

Analizar la red vial ubicada dentro del sector de estudio es de mucha importancia, con frecuencia los daños que ocasionan los desastres a la red vial se encuentran entre los más serios. Es muy importante realizar un adecuado mantenimiento a la red e infraestructura vial previa a un evento catastrófico, se sabe que estos son impredecibles, pero dada la historia sísmica del país, no estaría de más considerarlo.

Figura 29. Grietas en red vial causadas por fenómeno sísmico

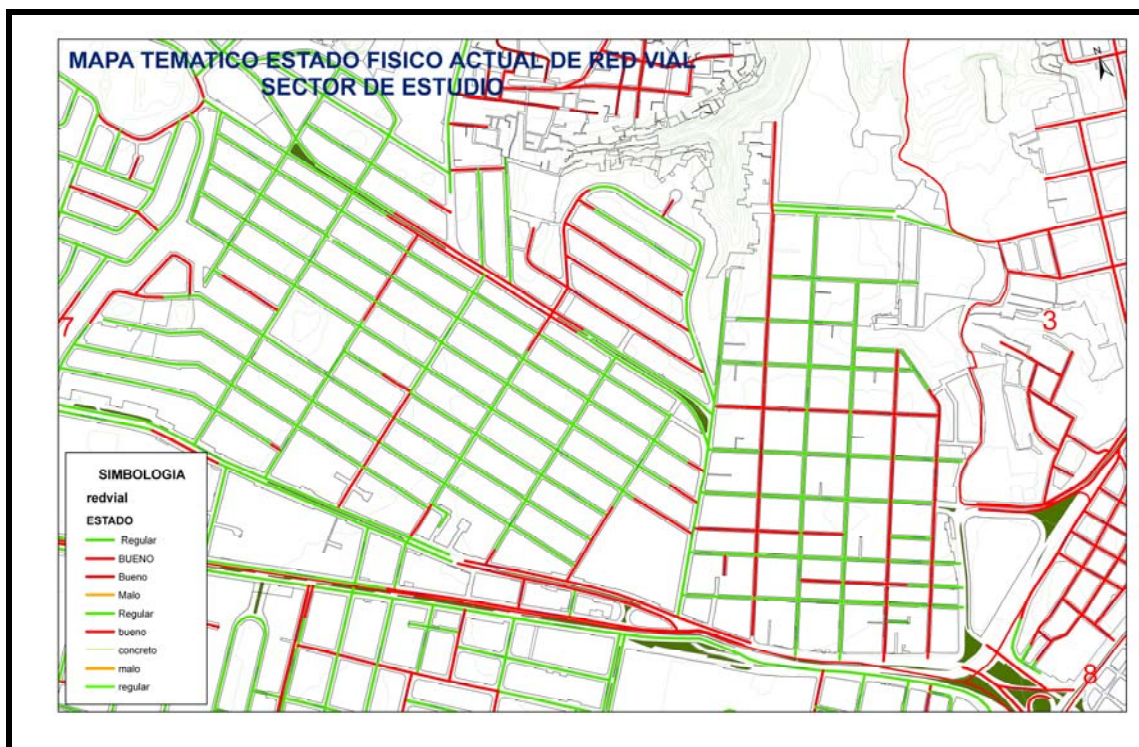


Fuente: Experiencia de terremoto ocurrido en el Perú 2007.

⁴⁴ Departamento de información, Empresa Eléctrica de Guatemala, Ing. Edwin Castillo.

Al realizar un recorrido dentro del sector de estudio se pudo apreciar que el revestimiento de las calles ubicadas dentro de este ; esta compuesto en un 60% de asfalto, un 35% de Concreto y un 5% de terrecería, las condiciones de dichas calles son catalogadas como regular en un 70% y bueno en un 30%, como se puede ver en la gráfica 30, las calles color rojo son catalogadas como de buen estado y las verdes de regular estado, estas ultimas presentan baches, según inspección visual efectuado en el sector.

Figura 30. Estado de la red vial del sector de estudio.



Fuente: Dirección de Catastro Municipalidad de Guatemala.

En el instante en que ocurre un movimiento sísmico entran en acción las unidades de transporte de heridos, ambulancias u otras unidades voluntarias. Cerca del sector de estudio se encuentran dos centros de asistencia medica uno de ellos es el hospital Roosevelt el otro es el hospital San Vicente; a una distancia no muy considerable se ubican otros dos: el hospital IGSS de Accidentes y el Hospital General.

En cuanto a las vías de acceso que funcionan dentro del sector se pueden mencionar:

VIA HACIA EL HOSPITAL SAN VICENTE: La ruta que se debe seguir para evacuar los heridos hacia este centro de emergencia es la 9ª calle sur luego de esta la 11 avenida esta conduce hacia el hospital ubicado en la 11 avenida y 12 calle de la zona 7.

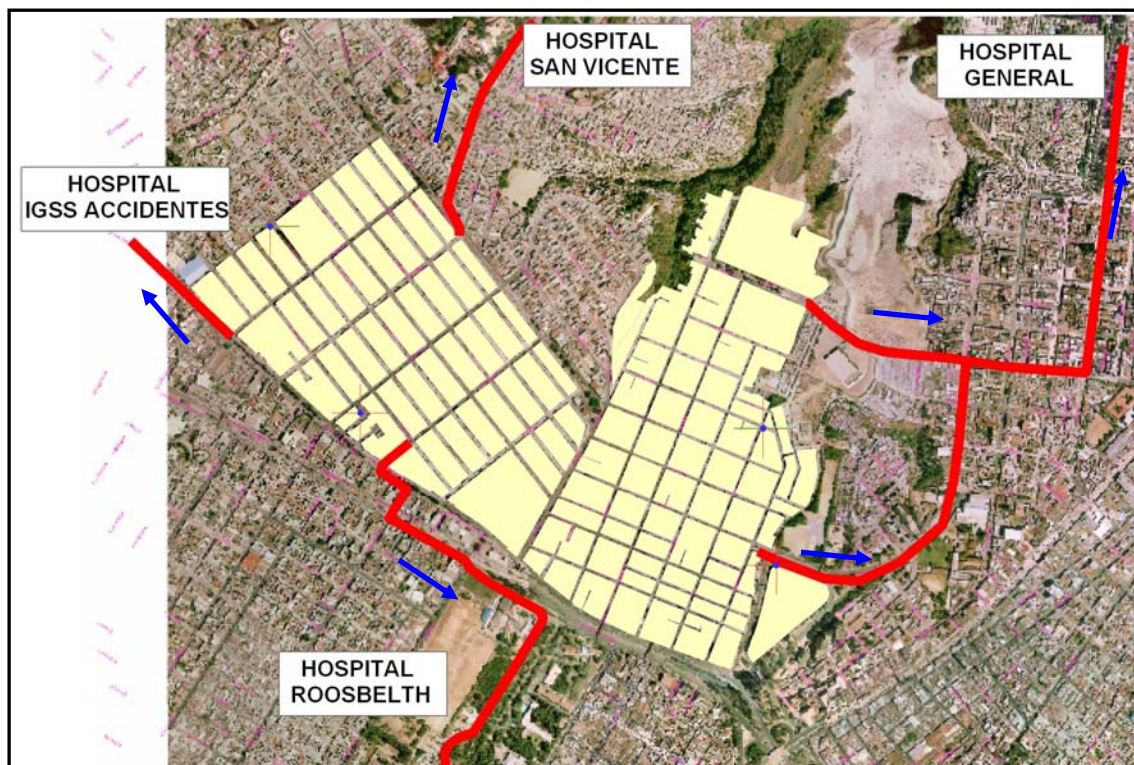
VIA HACIA EL HOSPITAL ROOSEVELTH: La ruta que se debe seguir para evacuar los heridos hacia este centro de emergencia es: de la 9ª avenida hacia Calzada San Juan luego se sigue la 8ª avenida que comunica con la Calzada Roosevelt y finalmente se llega al hospital del mismo nombre.

HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS: La ruta que se debe seguir para evacuar los heridos hacia este centro de emergencia es la 13 calle de la zona 7 que se conecta con la 30 calle de la zona 3, se sigue esta hasta la intersección con la 4ª avenida, pasando por la avenida Cementerio que se conecta con la avenida Elena que finalmente conduce hacia dicho Hospital

HOSPITAL IGSS DE ACCIDENTES: La ruta que se debe seguir para evacuar los heridos hacia este centro de emergencia es la 3a calle Calzada San Juan zona 7 a través de esta hasta la colonia Montserrat II Jurisdicción de Mixco en donde se ubica el mencionado centro.

Para tener un panorama más claro de lo que se describió anteriormente se elaboró sobre la ortofoto de la ciudad de Guatemala, la ubicación de los centros de Emergencia señalando las vías que comunican el área evaluada con los centros de Emergencia (ver Figura 31)

Figura 31. Flujo vehicular para los centros de emergencia.



Fuente: Dirección de Catastro Municipalidad De Guatemala.

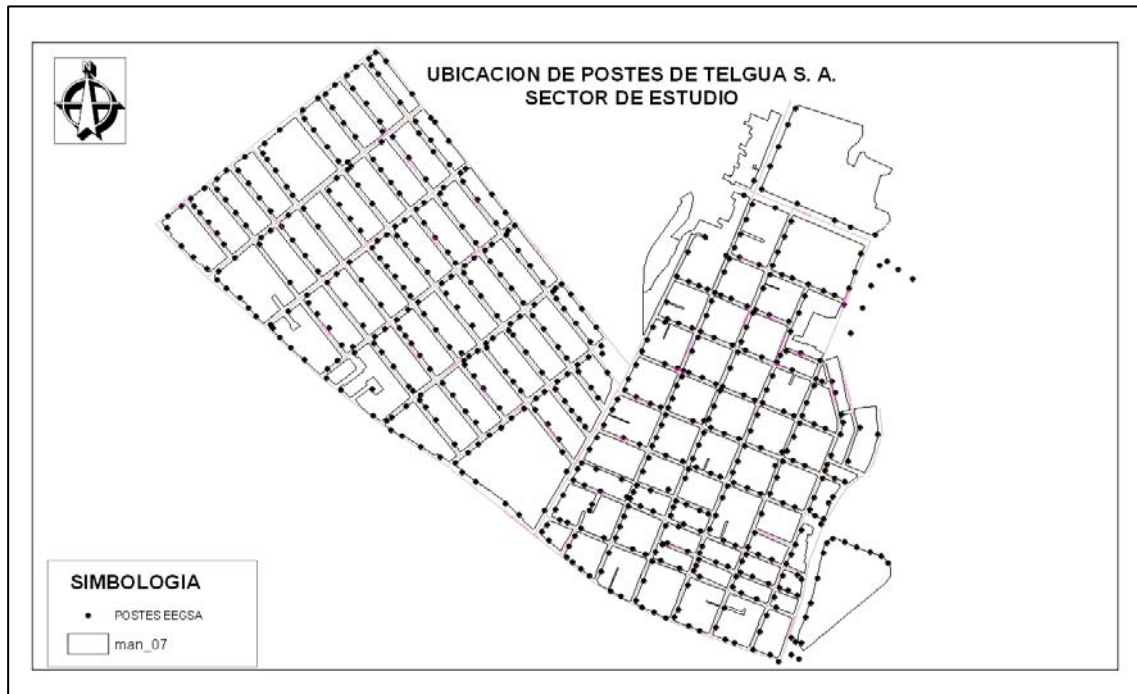
3.1.2.5 Telecomunicaciones

Dentro de la red de telecomunicaciones uno de los elementos más importantes son los postes, los cuales tienen un periodo de vida útil que depende del material del que están fabricados, este es de 10 años para postes de madera y 20 años en el caso de postes de metal, estos son reemplazados al final del periodo de vida útil⁴⁵.

Según la evaluación efectuada sobre el sector en estudio el sistema de telecomunicaciones esta conformado por un total de 346 unidades de postes tanto metálicos como de madera, los cuales se encuentran en condiciones aceptables de seguridad, a la vez TELGUA consta con seguro de responsabilidades civiles que se encarga de indemnizar a los afectados por daños ocasionados por algún elemento que forme parte del sistema de telecomunicaciones.

⁴⁵ Departamento de Información Telecomunicaciones de Guatemala TELGUA Lic. Francisco Morales.

Figura 32. Mapa del sector en estudio con ubicación de postes de TELGUA.



Fuente: Departamento de Control de la Construcción Urbana.

3.1.3 Vulnerabilidad en posibles centros de albergue

Los centros de albergue son estructuras de suma importancia en estudios de vulnerabilidad Sísmica Estructural, deben poseer buena capacidad, deben ofrecer seguridad estructural, como también seguridad de salud.

En el presente tema se describen los resultados obtenidos al realizar la evaluación a los distintos centros de albergue que se ubican dentro y fuera del sector de estudio.

3.1.3.1 Hospitales

Los hospitales pueden tener en cualquier momento una alta población de pacientes residentes, pacientes ambulatorios, funcionarios, empleados y visitantes. En caso de desastre, un hospital debe continuar con el tratamiento de los pacientes alojados en sus instalaciones y debe atender a las personas lesionadas por el evento.

Para que los hospitales ofrezcan un ambiente seguro, es necesario evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones existentes en las siguientes áreas críticas:

Servicio de Emergencia, Centro Quirúrgico, Unidad de Cuidados Intensivos, Unidades de Apoyo Diagnóstico / Terapéutico, Comando y Comunicaciones, Servicios Generales Críticos, Suministros Críticos y Áreas de Expansión para Asistencia. los componentes evaluados: el estructural, el componente no estructural, las líneas vitales (agua, energía, combustible y gases), los elementos arquitectónicos, el equipamiento y mobiliario en general, el equipamiento médico, funcional, organizativo, la organización del Comité y Plan de Emergencias así como la relación funcional del hospital con su entorno. Como se ha dicho con anterioridad el método que se utilizó para evaluar estructuras es un método visual, y no considera el análisis antes descrito para hospitales⁴²

El Hospital Roosevelt y el Hospital San Vicente son instalaciones que serán exigidas luego de un fenómeno sísmico, motivo por el cual se debe realizar una

evaluación detallada a cada una de las unidades que los conforman, con el fin de garantizar la seguridad de la población.

3.1.3.2 Edificios públicos

El establecimiento utilizado como albergues tiene como finalidad asegurar en forma temporal un nivel de vida adecuado a la población afectada a través del establecimiento de sistemas de abasto de alimentos, agua, vestuario, vivienda y servicios médicos.

Los edificios públicos ubicados dentro y fuera del sector de estudio en total son 7, para cada uno de estos se describen los resultados de la evaluación producto de la aplicación del método visual rápido.

Tabla VII. Escuela Oficial Urbana Mixta No 36 José Martí

RESULTADO DE EVALUACION	
DESCRIPCION	VALOR
Calificación final	1.5
Vulnerabilidad	Mínima
No de muertes esperadas	1
No de heridos esperados	3
Daños materiales	0

Tabla VIII. Escuela Oficial Urbana Mixta No 42 República de Belice

RESULTADO DE EVALUACION	
DESCRIPCION	VALOR
Calificación final	1
Vulnerabilidad	Significativa
No de muertes esperadas	5
No de heridos esperados	8
Daños materiales	Q 465,788.40

Tabla IX. Escuela Nacional de Párvulos No 14 Vicente Laparra de la Cerda

RESULTADO DE EVALUACIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Calificación final	1
Vulnerabilidad	Significativa
No de muertes esperadas	10
No de heridos esperados	16
Daños materiales	Q 970,200.10

Tabla X. Escuela Oficial Urbana No 43 Doctor Pedro José Valenzuela

RESULTADO DE EVALUACIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Calificación final	1
Vulnerabilidad	Significativa
No de muertes esperadas	10
No de heridos esperados	16
Daños materiales	Q 970,200.10

Tabla XI. Escuela Mixta No 52 José María Bonilla Ruano

RESULTADO DE EVALUACIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Calificación final	2.5
Vulnerabilidad	Mínima
No de muertes esperadas	3
No de heridos esperados	9
Daños materiales	Q 0.00

3.1.3.3 Iglesias

Durante el estudio realizado dentro del sector de la zona 7, la ubicación de iglesias fue muy importante, para ser consideradas estas dentro de un plan de emergencia como establecimiento de Albergue, la mayoría de estas estructuras son grandes y cuentan con los servicios necesarios para abastecer a una población grande. Al realizar el estudio fueron ubicadas y evaluadas estas dando los siguientes resultados:

Tabla XII. Iglesia Mormona, ubicada en : la Colonia Landivar 6-50 zona 7

RESULTADO DE EVALUACIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Calificación final	2.5
Vulnerabilidad	Mínima
No de muertes esperadas	0
No de heridos esperados	1
Daños materiales	Q 0.00

Tabla XIII Iglesia Católica Monte Basan ubicado en la 6 avenida 7-38 Colonia Landivar.

RESULTADO DE EVALUACIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Calificación final	0.5
Vulnerabilidad	Significativa
No de muertes esperadas	27
No de heridos esperados	44
Daños materiales	Q 531,753.80

3.2 Cuantificación daños Potenciales

El objetivo principal de este estudio es la determinación de los daños potenciales del sector de la zona 7, ocasionados por un movimiento sísmico. Estos daños potenciales pueden calcularse al correlacionar la vulnerabilidad de una edificación con las pérdidas asociadas al grado de vulnerabilidad que presente, para lo cual se ha de seguir, básicamente, los pasos que se describen a continuación⁴⁶:

- Determinar el grado de vulnerabilidad estructural y no estructural de la edificación respecto a un potencial evento desastroso.
- Determinar la cantidad total de elementos en riesgo en dicha edificación.
- En base al grado de vulnerabilidad estructural y no estructural que presente la edificación en cuestión, aplicar los factores de daño asociados a dicha vulnerabilidad para determinar qué cantidad de los elementos en riesgo serán afectados.

⁴⁶ Rojahn y otros, 1997

3.2.1 Viviendas

En esta sección se describen los resultados de daños potenciales en elemento material dentro del sector de estudio, para cada una de las estructuras existentes dentro del mismo⁴⁷.

3.2.1.1 Estructuras de adobe

Tabla XIV. Estructuras de adobe

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de Estructuras	840	27.74 %
Muertos (personas)	1571	27.97 %
Heridos (personas)	2440	29.00 %
Daños Materiales	Q 264,475,737.78	26.93 %

⁴⁷ El Calculo matemático ver Tesis Vulnerabilidad Sísmica el Estructural en un Sector del la zona 3, del la ciudad de Guatemala punto 4.2

3.2.1.2 Estructuras de madera

Tabla XV. Estructuras de madera

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de estructuras	48	1.59 %
Muertos (personas)	102	1.81 %
Heridos (personas)	132	1.57 %
Daños Materiales	Q 13,578,396	1.38 %

3.2.1.3 Estructuras de mampostería

Tabla XVI. Estructuras de mampostería superior

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de Estructuras	4	0.13 %
Muertos (personas)	5	0.09 %
Heridos (personas)	14	0.05 %
Daños Materiales	Q 688,064.00	0.07 %

Tabla XVII. Estructuras de mampostería media

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de Estructuras	2040	68 %
Muertos (personas)	3871	69 %
Heridos (personas)	5715	68 %
Daños Materiales	Q 695,457,808.4	70.8 %

3.2.1.4 Estructuras de concreto

Tabla XVIII. Estructuras de concreto

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de estructuras	22	0.7 %
Muertos (personas)	37	0.65 %
Heridos (personas)	67	0.79 %
Daños materiales	Q 4,363,423.00	0.44 %

Tabla XIX. Muros de corte de concreto

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de estructuras	2	0.66 %
Muertos (personas)	1	0.02 %
Heridos (personas)	2	0.023 %
Daños materiales	Q 89,401.00	0.009 %

Tabla XX. Marcos de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de Estructuras	3	0.1 %
Muertos (personas)	7	0.12 %
Heridos (personas)	12	0.14 %
Daños materiales	Q 89,401.00	0.09 %

Tabla XXI. Estructuras de concreto prefabricado

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de estructuras	1	0.033 %
Muertos (personas)	0	0.000 %
Heridos (personas)	1	0.012 %
Daños materiales	Q 0	0.000 %

3.2.1.5 Estructuras de acero

Tabla XXII. Estructura de acero liviano

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de estructuras	15	0.50 %
Muertos (personas)	19	0.34 %
Heridos (personas)	27	0.32 %
Daños materiales	Q 1,996,182.00	0.20 %

Tabla XXIII. Marcos de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Cantidad de estructuras	2	0.066 %
Muertos (personas)	2	0.035 %
Heridos (personas)	3	0.035 %
Daños materiales	Q 186,968.00	0.019 %

3.3 Mapeo

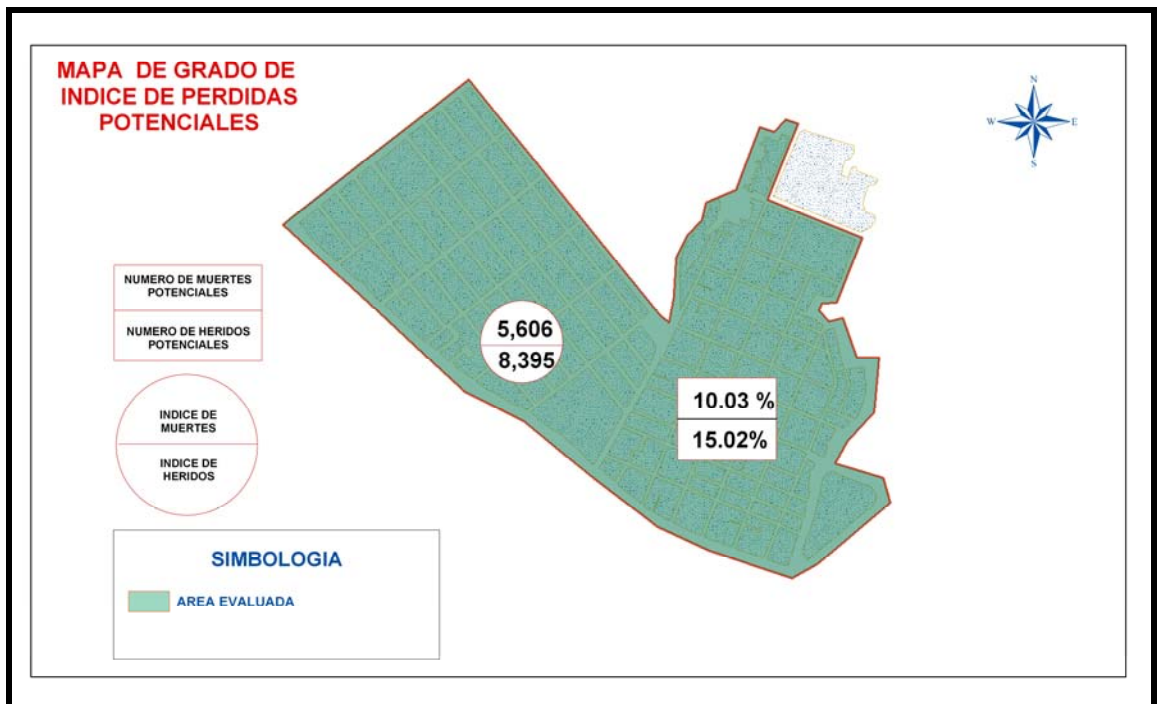
Es importante reconocer la ventaja que ofrece la representación gráfica de un estudio. El mapeo del Estudio de vulnerabilidad estructural, es muy importante ya que nos permite la visualización de los resultados de dicho estudio, esto se facilita al utilizar un Sistema de Información Geográfica.

Una cifra del orden del 80% de la información necesaria para realizar las actividades de cualquier organización se realiza mediante un SIG, es decir más de tres cuarta partes de las actividades realizadas por el hombre pueden ser referenciadas a través de coordenadas geográficas.

De esto se puede tener claro que toda información puede ser representada a través de un sistema de información geográfica, y es una de las razones por la cual resulta mucho mas practico y de beneficio la representación de la Vulnerabilidad estructural para un determinado sector evaluado, en este caso sector de la zona 07, de la ciudad de Guatemala. El software utilizado para la elaboración del mapa digital del sector en estudio que representa la vulnerabilidad, es ARCINFO, dicho programa permite la conversión de la información de formato CAD a formato SHAPE que son los archivos que reconoce dicho software. Arcinfo posee una herramienta la cual desempeña funciones que va desde manipulación, edición, análisis de información etc. esta herramienta es ARCMAP, dicha herramienta será la utilizada para manipular la información grafica y alfanumérica resultado del Estudio de vulnerabilidad del sector de la zona 7, de la ciudad de Guatemala.

Las siguientes figuras son mapas temáticos que muestran la Vulnerabilidad Sísmica Estructural del Sector en estudio para un sismo con aceleraciones del suelo iguales o mayores a 0.3g en la componente horizontal, resultado del estudio de campo, ingreso de la información a una base de datos alfanumérica la cual fue ligada a la información gráfica utilizando el programa anteriormente descrito y que finalmente permiten representar gráficamente el estudio realizado de una manera clara.

Figura 33. Mapa de los índices de pérdidas potenciales en elementos humanos en el sector de estudio.



Fuente: Mapeo de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un Sector de la zona 7.

La siguiente tabla muestra los colores asociados de acuerdo con la vulnerabilidad estructural que presente.

Tabla XXIV. Colores sugeridos asociados a la vulnerabilidad estructural.

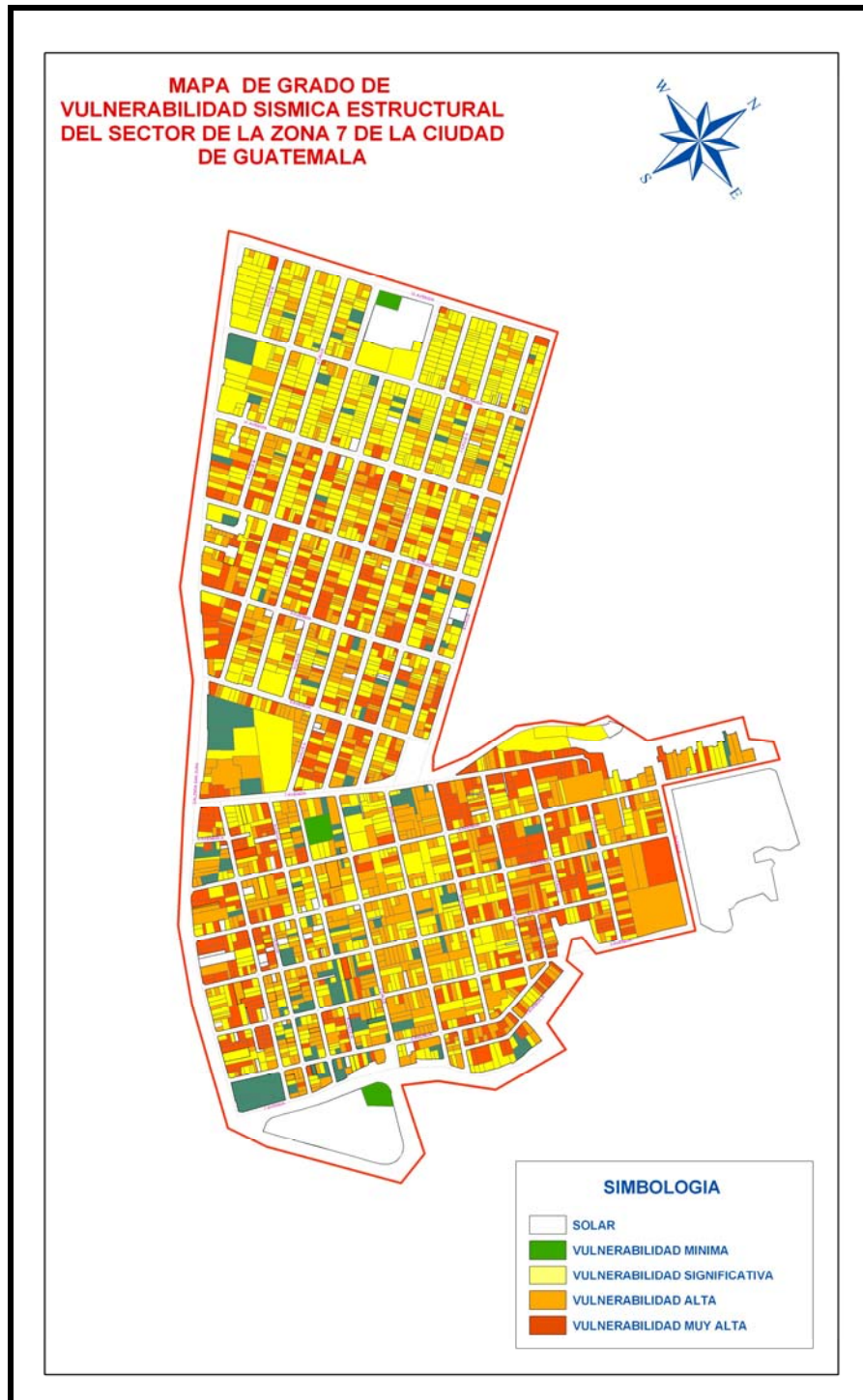
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	COLOR ASOCIADO
Muy alta	ROJO
Alta	ANARANJADO
Significativa	AMARILLO
Mínima	VERDE

3.3.1 Índice de vulnerabilidad en viviendas del sector

La figura 34 ilustra un mapa del área evaluada, en donde se identifica con un color cada estructura según su grado de vulnerabilidad estructural ante fenómenos sísmicos que presenten aceleraciones del suelo ya sea iguales o mayores a 0.3g en la componente horizontal, de acuerdo con el criterio de la tabla anterior. El mapa se encuentra disponible en el disco compacto que contiene la base de datos de las estructuras.

Su propósito es facilitar la búsqueda e identificación de alguna evaluación y sus resultados para identificar las estructuras más vulnerables y así poder implementar planes de mitigación de la vulnerabilidad.

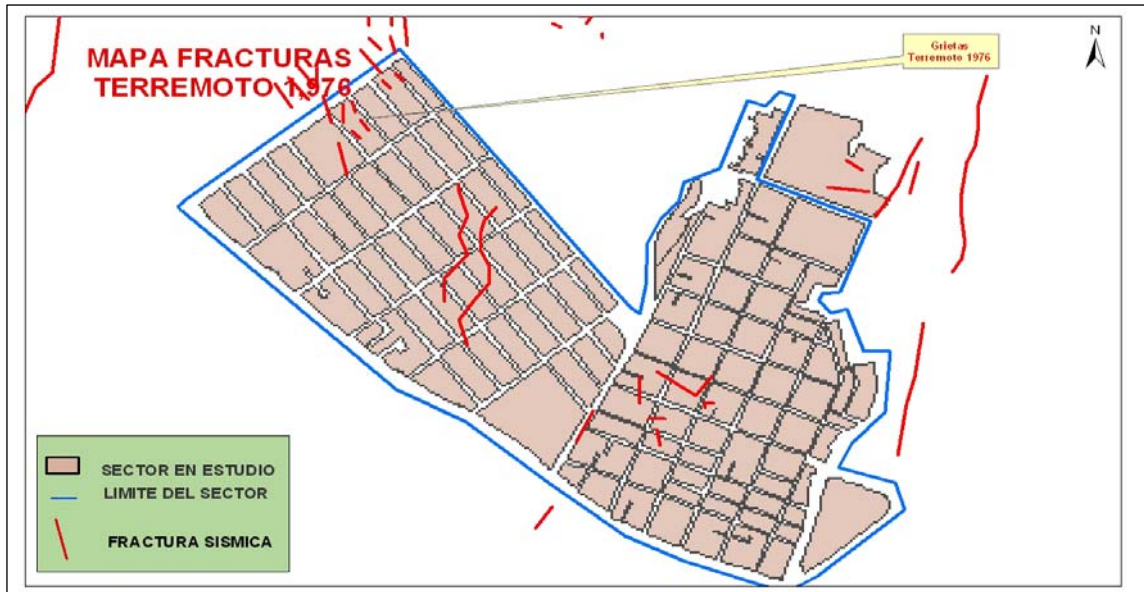
Figura 34. Mapa del sector estudiado que ilustra el grado de vulnerabilidad estructural de cada lote.



Los daño que sufren las estructuras a la hora de un movimiento sísmico no solo están relacionados con la duración y severidad del movimiento del suelo si no también los daños pueden ser causados por fracturas en el suelo que puedan provocar daños en la cimentación, derrumbes, golpes entre edificios adyacentes etc. el presente estudio permite conocer el posible comportamiento que tiene las edificaciones dependiendo del material que estén hechas y otros factores tales como estado, nivel suave, irregularidad vertical etc. los que castigan la estructura evaluada, finalmente asignándole un valor de vulnerabilidad; esto fue lo realizado a las edificaciones ubicadas dentro del sector de estudio y dio como resultado lo que se aprecia en la figura 34.

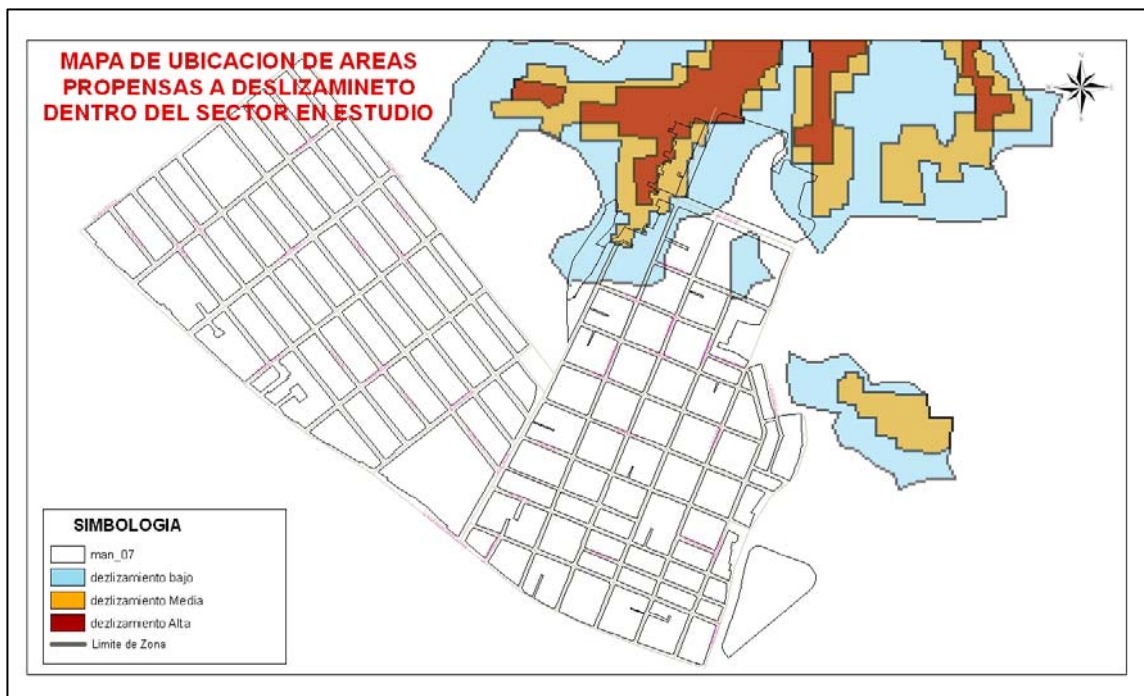
La clasificación de vulnerabilidad final para cada estructura puede variar, si otros factores como fracturas sísmicas, entran en acción. La figura 35 nos muestra la ubicación de las fracturas ocasionadas por el sismo de 1976 dentro del área de estudio, así también la figura 36 con la ubicación de las áreas propensas a derrumbes; esto nos lleva a aclarar que el resultado mostrado no es precisamente el final ya que como se menciona una fractura sísmica cambia el valor de vulnerabilidad de una edificación de igual forma para construcciones ubicadas cerca de zonas propensas a derrumbes.

Figura 35. Fracturas del suelo ocasionadas por el Terremoto de 1976.



Fuente: digitalización de fracturas sísmicas del mapa de Instituto Geográfico Nacional

Figura 36. Ubicación de áreas propensas a derrumbes dentro del sector de estudio.



Fuente: digitalización del mapa de estudio de áreas de deslizamiento CONRED

4. PROPUESTA DE MÉTODOS DE MITIGACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

4.1. Información para la mitigación

Mitigación es el conjunto de medidas que pueden tomarse para minimizar los efectos destructivos de los fenómenos peligrosos y por lo tanto, aminorar la magnitud de un desastre. Estas medidas pueden ser de distinto tipo: físicas, legales, sociales, económicas, etc.; pueden tener lugar en cualquier momento: antes de que ocurra un desastre, durante una emergencia, después de un desastre, y durante la recuperación o reconstrucción. La mayoría de los programas de mitigación clásicos se orienta hacia aminorar el fenómeno natural y sus efectos, más no las condiciones de vulnerabilidad de la población. Asimismo, tienen un enfoque tecnocrático y son manejados por agencias grandes y centralizadas sin una participación real de los afectados o damnificados⁴⁸

La mitigación de desastres debe de ser proceso dinámico, de concertación de voluntades, actitudes y expectativas de las poblaciones vulnerables. Se hace viable en la medida en que ésta corresponda al nivel de conciencia y organización de la población y la incorpore como sujeto activo que juega un importante rol en la implementación de acciones encaminadas a evitar o disminuir los efectos del fenómeno. Las instituciones y leyes son las herramientas que permiten enlazar una respuesta social concreta ante situaciones de emergencia.

⁴⁸ Maskrey, 1989

Igualmente la política pública debe establecer una institucionalidad fuerte con participación civil, y un marco de derechos y deberes tanto en los aspectos de prevención y mitigación.

Se debe considerar incluir como políticas específicas dentro de la gestión de riesgos:

- Evaluar las amenazas del país o de una zona determinada
- Adoptar medidas para asegurar recursos,
- Priorizar las acciones de prevención y mitigación,
- Promover la preservación de los **ecosistemas**,
- Fomentar la investigación científica y tecnológica sobre la vulnerabilidad que permitan la formulación de propuestas de prevención y mitigación,
- Elaborar programas preventivos y de simulacros para los centros educativos
- Crear en la población la cultura de la protección civil,
- Elaboración de Planes de Emergencia y la divulgación.
- Coordinar secciones informativas sobre la mitigación, preparación y respuesta a los desastres.

4.1.1 Índice de vulnerabilidad en viviendas del sector

La tabla siguiente muestra los índices de vulnerabilidad del sector en estudio calculado para distintos parámetros.

Tabla XXV. Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector en estudio

VULNERABILIDAD CRITERIO	MUY ALTA	ALTA	SIGNIFICATIVA	MÍNIMA	TOTAL
UNIDADES ESTRUCTURALES	643	983	1246	140	3015
	21.32%	32.6 %	341.32 %	4.64 %	100.00 %
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m2)	159,873.17	273,930.23	288,691.54	57,632.30	80,127.23
	20.49 %	35.11 %	37.01 %	7.39 %	100.00 %
ÁREA CONSTRUIDA (m2)	287,777.33	531,858.49	477,401.06	226,436.84	1,523,473.71
	18.89 %	34.91 %	31.34 %	14.86 %	100.00 %

La tabla siguiente muestra los Índices de Vulnerabilidad del sector en estudio calculado para distintos parámetros.

Tabla XXVI. Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro en estudio

TIPO DE DAÑO	CANTIDAD DE DAÑO	ELEMENTOS BAJO RIESGO	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD
Muertos (personas)	5,606	55,908	10.03 %
Heridos (personas)	8,395	55,908	15.02%
Daños Materiales	Q 80,018,565.45	Q 981,727,796.21	8.15%

4.1.2 Áreas propuestas de protección

Debido a que el área en estudio no posee una topografía accidentada consideramos no tener zonas de alto riesgo como asentamientos humanos ni construcciones en laderas o barrancos.

Por otras causas distintas a lo anterior proponemos como área de protección a la colonia Landívar debido a que de forma general presenta el más alto índice de vulnerabilidad esto a consecuencia de poseer construcciones que se conservaron de pie durante el terremoto de 1976, las cuales ya se encuentran deterioradas, además tiene un alto porcentaje de construcciones empíricas y de mampostería no reforzada, ampliadas o modificadas sin tener en cuenta conocimientos básicos de construcción.

4.1.3 Instituciones técnicas y de Socorro

Entre estas podemos mencionar:

Comisión Nacional de Reducción de Desastres (CONRED)

Como su nombre lo indica, es una Coordinadora; una entidad encargada de proponer medidas de mitigación y así velar por la reducción de los efectos del fenómeno, así como de participación activa durante y después de ocurrido el fenómeno, el trabajo de CORED es establecer mecanismos de comunicación eficiente y proporcionar una metodología adecuada para la reducción de desastres.

Por medio de esta las diferentes instituciones deben implementar acciones de prevención y mitigación en caso de un desastre, las oficinas de CONRED, se ubican en la avenida Hincapié y de la zona 13 Ciudad de Guatemala.

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres está integrada por:

- Consejo Nacional para la Reducción de Desastres
- Junta y Secretaría Ejecutiva para la Reducción de Desastres
- Las Coordinadoras Regionales, Departamentales, Municipales y Locales

Consejo Nacional

Órgano superior de la Coordinadora Nacional, encargado de aprobar políticas y normas para hacer efectivo el cumplimiento de las finalidades y disposiciones que, en caso de emergencia disponga el Gobierno de la República.

Consejo Científico

El Consejo Nacional cuenta con la asesoría de un Consejo Científico el cual es presidido por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

Junta Ejecutiva

La Junta Ejecutiva está integrada por el Ministro de la Defensa Nacional en su calidad de Coordinador del Consejo Nacional, el Secretario Ejecutivo de CONRED y un representante del Consejo Nacional designado por los entes privados que lo integran.

Secretaria Ejecutiva

Tiene a su cargo la dirección y administración general de la Coordinadora Nacional, es el órgano de ejecución de las decisiones del Consejo Nacional.

Sedes Regionales de CONRED

La función principal de las sedes regionales es la de brindar apoyo a las actividades de la Coordinadora Nacional en materia de mitigación, preparación, respuesta y recuperación.

Además de su función principal, las Sedes Regionales actúan como coordinadoras de las autoridades de su jurisdicción facilitando la comunicación entre estas en materia de manejo de emergencias.

Las Sedes Regionales cuentan con la infraestructura necesaria en materia de telecomunicaciones, informática y logística.⁴⁹

Figura 38. Ubicación de Sedes Regionales

- I Guatemala
- II Alta Verapaz
- III Zacapa
- IV Jutiapa
- V Escuintla
- VI Quetzaltenango
- VII Quiché
- VIII Petén



Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres

⁴⁹ Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). www.conred.gob.gt

Hospitales

Estos pueden ser de carácter público y privado los cuales deben de contar con una preparación tanto a nivel personal como en equipo y medicamentos para poder atender una emergencia a consecuencia de un fenómeno natural, los más próximos al sector de estudio son el Hospital Roosevelt y el Hospital San Vicente, (Ver apartado 2.7.1.2 y 3.1.3.1)

Bomberos Municipales y Voluntarios

Son instituciones al servicio de la Comunidad, los mismos se encuentran respaldados económicamente por instituciones Públicas y privadas, dando como resultado un servicio gratuito a la población, los mismos tiene una participación activa en el momento de un desastre. En la Ciudad de Guatemala funcionan dos tipos de cuerpos de bomberos, los Municipales y los Voluntarios; el primero es una entidad municipal y posee sus estaciones en distintos puntos de la ciudad de Guatemala, los cuales se detallan en la siguiente tabla⁵⁰.

Tabla XXVII. Estaciones de Bomberos Municipales

No de Estación	Estación	Dirección	Teléfono 1	Teléfono 2
1	Central	3ª Avenida 1-45 zona 2	22321211	0
2	Segunda	Boul. Liberación y 12 Av. z. 12	24407757	24405214
3	Tercer	14 Av. Y 26 Calle zona 05.	23320823	23615648
8	Octava	Km. 5.5 Car. Al Atlántico z. 17	22563921	22582279
5	Quinta	Ruta 7 y Via 7 zona 4	23324362	23625212
4	Cuarta	12 Av. y 6 Calle z.19 La Florida	24377337	24374079
7	Séptima	Av. Petapa y 53 Calle zona 12	24775574	24792149
9	Novena	Boul. Los Próceres, 17 Av. Z 10	23631037	23676252

⁵⁰ Municipalidad de Guatemala, Dirección de Catastro y Administración IUSI, Departamento de Cartografía.

La Policía Nacional Civil

Es una de las instituciones del estado que participaría activamente en la ocurrencia de un desastre, su misión principal es velar por la seguridad de la población, bienes afectados y como apoyo humano de ayuda a los damnificados. Existen varias estaciones de la Policía Nacional Civil y se ubican en distintos puntos de la ciudad de Guatemala; estas instituciones también funcionan por medio de serenazgos. Estos son ubicados en puntos claves de la ciudad de Guatemala, cada uno es responsable de la jurisdicción que se le asigne.

En la 6ª avenida y 14 calle de la zona 07 Colonia Landívar, y en la 6ª avenida A, entre 12 y 13 calle de la zona 07, Colonia Quinta Samayoa, en los puntos antes mencionados se ubican los Serenazgos de la Policía Nacional Civil, quienes son responsables de velar por la seguridad de dichas colonias, al momento de un desastre.

Ejército

Esta institución trabajaría conjuntamente con la policía nacional ya que su misión después de la ocurrencia del desastre sería la misma.

4.2 Problemas estructurales típicos observados en el sector

Los problemas más comunes observados en el sector son los siguientes:

- Muros de adobe reforzados con columnas y soleras de corona, sin tomar en cuenta que la adherencia entre el concreto y el adobe no es satisfactoria, además podría favorecer al desprendimiento de lienzos de de muro con los movimientos sísmicos.
- Otro de los problemas encontrados fueron segundos niveles construidos sobre un primer nivel de mampostería no reforzado.
- Mal mantenimiento en elementos estructurales de madera, elementos ya podridos, en donde su función de darle cierta estabilidad o soporte a muros de adobe y viviendas con lámina es nula.
- Malos materiales de construcción, desafortunadamente en nuestra sociedad preferimos lo barato a la calidad, con la intención de disminuir costos se compra block de mala calidad producidos en fabricas artesanales sin ningún tipo de control de calidad en el proceso de fabricación y materia prima. De igual forma con el acero y los materiales para agregado con materia orgánica, todo lo anterior repercute en una menor resistencia de las estructura.
- Modificaciones tanto horizontales como verticales dando como resultado Alturas excesivas y malas ampliaciones horizontales en edificios de autoconstrucción, perjudicando la geometría de los mismos, originando en la estructura puntos débiles de unión entre elementos estructurales produciendo asimetría (horizontal) y exceso de cargas (vertical), reduciendo con esto la capacidad esperada de los elementos estructurales.

- Otro problema típico es la demolición de muros de carga con el propósito de ampliar un ambiente sin sustituir el muro con un elemento estructural adecuado.

4.3 Establecimiento de alternativas de rehabilitación

Como es notorio el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería no reforzada no es satisfactorio, por lo que el método más seguro para la rehabilitación de una estructura de mampostería no reforzada es el método de encamisado de muros, el cual se puede realizar de distintas formas⁵¹:

- Encamisados de alambre: se recomienda su uso si no se tiene mucha capacidad económica y el muro tiene o se le pueden colocar columnas de refuerzo de madera, concreto o acero en buen estado, capaces de soportar el peso del muro. La técnica consiste en colocar a ambos lados del muro alambre de amarre o mallas aseguradas a las columnas, de manera que prevengan que el muro o pedazos de éste caigan si se fractura. No se recomienda esta técnica si se construye sobre muros de adobe o si son muy altos.
- Encamisado con fibras: se practica de manera similar al de alambre, pero se utilizan materiales no metálicos con suficiente resistencia para soportar el peso del muro.
-

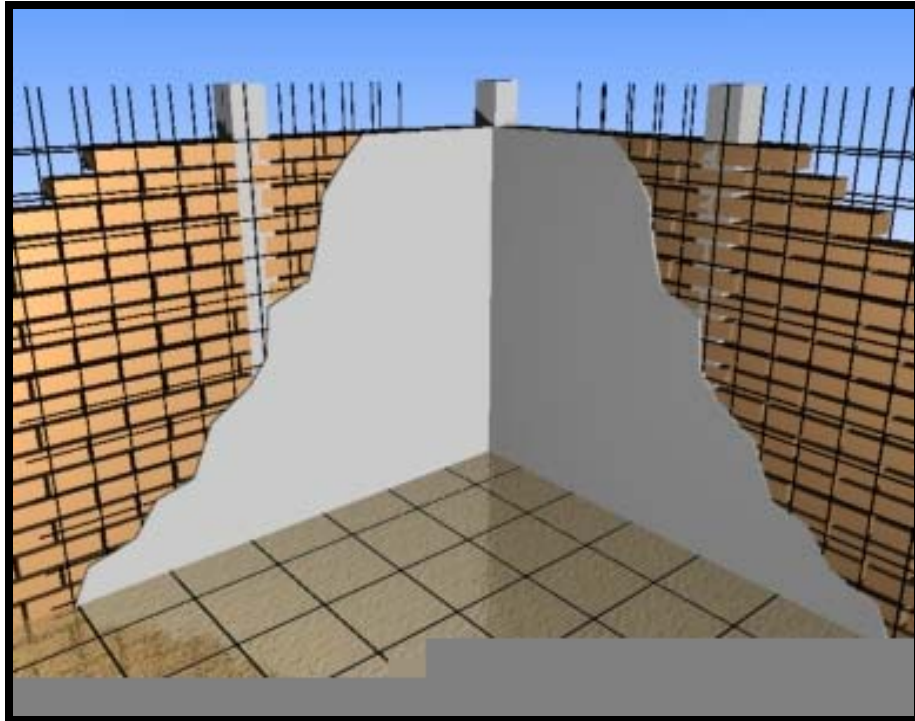
⁵¹ (Fundación ICA,A.C., 1999)

- Recubrimientos con acero y mortero: esta técnica es la más recomendable y consiste en colocar a ambos lados del muro una malla de acero electro soldada o amarrada, con refuerzo mínimo de diámetro $\frac{1}{4}$ " a cada 25 centímetros en ambos sentidos. De preferencia, las mallas en ambas caras del muro deben estar unidas con eslabones de diámetro $\frac{1}{4}$ " a cada 75 centímetros como mínimo, en ambos sentidos.

Las mallas se colocan separadas 1.25 centímetros de la superficie del muro, sobre la cual se aplica un recubrimiento de mortero de arena de río y cemento de 2.5 centímetros de espesor, para dejar la malla bien cubierta al centro de la capa de mortero. Para la aplicación de esta técnica no es necesario que el muro tenga columnas de refuerzo, sólo es importante reforzar los dinteles de puertas y ventanas, y reforzar las esquinas de los vanos con varillas o mallas colocadas diagonalmente.

- Esta técnica puede ser aplicada a construcciones que han sido reforzadas con técnicas no adecuadas y es lo recomendable en casos en los que se ha construido un segundo nivel sobre un primero con muros de adobe, ya que, además de prevenir el colapso de los muros, aumenta su capacidad de carga. La figura 39 ilustra la manera de realizar un encamisado de muros.

Figura 39. Encamisado de muros de adobe



- En el caso de las estructuras de concreto se recomienda practicar evaluaciones más detalladas a las que presenten vulnerabilidad diferente a la mínima y aquellas que alberguen a más de cincuenta personas, pues debido a que existe una gran variedad de situaciones y configuraciones distintas en este tipo de estructuras se hace difícil proponer una técnica general de readecuación.
- Para las estructuras de madera lo más recomendable es cambiar los elementos que estén deteriorados, así mismo dar mantenimiento periódico a los elementos estructurales, anclajes y uniones de los mismos.

4.4 Propuesta del plan de mitigación.

Una medida muy importante que se puede tomar en función de prevenir que las estructuras se construyan con altos grados de vulnerabilidad ante fenómenos sísmicos, es la adopción e implementación de códigos de diseño sismo resistente y una supervisión periódica por parte de las autoridades encargadas de extender licencias de construcción, así como una inspección de campo antes de ser extendido dicho permiso esto con la finalidad de evitar construcciones y ampliaciones inadecuadas, a la vez dicha entidad debería de tomar medidas drásticas sobre las construcciones que no presenten dichos permisos.

Otra medida es Informar a la población de los resultados del estudio practicado al sector por medio de comités únicos de barrios o alcaldías auxiliares las cuales tienen un contacto cercano con los habitantes del sector, haciéndoles mención de los posibles centros de alberque propuestos según estudio, motivándolos a hacer simulacros preventivos de una situación de desastre.

Para prevenir un desastre lamentable es aconsejable la demolición de construcciones peligrosas y levantamiento de nuevas con materiales adecuados y técnicas constructivas adecuadas, pero como es de suponer los habitantes de aquellos inmuebles cuyas estructuras representan un grave peligro son de escasos recurso, y no poseen la capacidad económica para realizar este tipo de modificaciones razón por la cual se plantea una posible solución “la existencia de una institución bancaria que les permita a los habitantes de dicho sector que presenten el problema de vivienda con alto grado de vulnerabilidad, obtener préstamo con una tasa de interés baja y facilidades de pago”.

En cuanto a los sistemas de servicio público como la red de agua potable y la red de colectores que funciona en el sector se pueden mencionar las medidas de mitigación que se podrían aplicar para dicha área.

EN OBRAS NUEVAS:

- Aplicación de criterios de prevención en el diseño, ubicación, selección de materiales, trazado, redundancia, etc.

EN OBRAS EXISTENTES:

Conservación y mantenimiento: para esto se debe considerar la magnitud de la disminución de la producción con respecto al caudal total de producción.

Se le debe dar mantenimiento a componentes como captaciones, tanques de distribución, colectores etc. Es importante incluir medidas de mitigación en los programas de operación y mantenimiento y, si es necesario, ejecutar las acciones correctivas.

- Reparación: Tiempo de reparación de la falla del componente averiado
- Reemplazo: Al planificar, diseñar y construir obras nuevas se deben considerar los criterios de prevención de desastres para optimizar los recursos y asegurar su funcionamiento.
- Reubicación: reubicar una obra, es construirla pero en un lugar con mayor seguridad y al igual que el inciso anterior al construir una obra nueva se deben considerar los criterios de prevención de desastres.
- Fuentes alternativas (Redundancia): Descentralizar los sistemas mediante la ejecución de fuentes alternas y prever su interconexión para no interrumpir el servicio. Ver figura 40

Figura 40. Ejemplo de Descentralización



Fuente: Mitigación de Desastres en Sistemas de Agua y Saneamiento

Otras medidas importantes que deben considerar las instituciones, empresas encargadas de la administración de un servicio público podría ser el cuidado respecto al almacén de repuestos y accesorios el cual debe tener una ubicación estratégica y descentralizada, y debe estar protegido para que pueda operar durante la emergencia.

Los comités y pobladores en general de un sector deben prever que en situaciones de emergencia es siempre necesario planificar la distribución del agua potable. Ver figura 41

Figura 41 . Almacenamiento de agua potable durante un desastre



Fuente: Mitigación de Desastres en Sistemas de Agua y Saneamiento

El presente estudio como se comento en los anteriores capítulos hace un análisis muy general de los servicios que funcionan en el sector, por lo cual lo anterior son algunas de las medidas de mitigación para los servicios que deben de tomarse en cuenta antes y durante un desastre⁵².

En materia de albergues hay que tomar en consideración los siguientes aspectos: Es necesario definir un plan de gestión y administración de albergues donde las instituciones y los gobiernos municipales lleguen a un consenso de quién administrara los albergues.

⁵² Mitigación de Desastres en Sistemas de Agua y Saneamiento, Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud, www.cepis.oms.org, www.paho.org/desastres

- **Saneamiento ambiental en albergues**

Se deberá contar con organismos cooperantes nacionales e internacionales para la operación de acciones en agua y letrina.

- **Vigilancia y control epidemiológico**

Cooperación de organismos nacionales e internacionales para el control y vigilancia epidemiológica.

- **Organización de la atención médica y salud mental**

Hay que darle prioridad a la atención en salud mental de los albergados para tener como resultado la rehabilitación e inserción social, laboral y educativa de los mismos.

En el punto 4.3 se proponen alternativas de rehabilitación si las mismas se ponen en practica por parte de la población, solicitando ayuda económica a entidades del estado o internacionales, con el fin de establecer una medida de mitigación preventiva y así aminorar las consecuencias de un fenómeno sísmico sobre todo en vidas humanas. De la misma forma si hacemos conciencia en la población para que al desarrollar futuras construcciones o modificaciones se aboque con personal calificado para ser asesorados, esto con el fin de evitar la autoconstrucción y con esto los problemas observados en las construcciones actuales.

Se Propone que a nivel del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se coordinen acciones para la atención integral de los efectos posteriores a un desastre; el traslado a los centros de asistencia médica; así como dictar las medidas necesarias para el mantenimiento de los servicios básicos de saneamiento ya mencionados.

Se deberá establecer que toda institución de salud pública o privada, debe tener un plan de emergencia para casos de catástrofe, epidemia o cualquier otra calamidad general.⁵³

4.5 Discusión sobre Códigos de construcción existentes en Guatemala y otras Reglamentaciones.

Es imposible para las personas contratar los servicios de un profesional para la construcción de una vivienda de tal forma que esta garantice comodidad y ante todo seguridad; lamentablemente este servicio no está al alcance de todos.

Pero es nuestra tarea el concienciar a las autoridades para que tomen en cuenta este tema y de una u otra forma surja un control profesional que asesore a los constructores. En este capítulo se hará un breve comentario sobre los distintos reglamentos, normas estructurales que existen en Guatemala y el papel que desempeñan.

⁵³ (<http://www.sgsica.org> - www.ops-oms.sv la importancia de la política publica en gestion de riesgo).

4.5.1 Códigos reglamentos, normas de edificaciones.

Entre los códigos reglamentos y normas de edificaciones utilizados en nuestros medios podemos mencionar:

- 1) “Recommended Lateral Force Requirements and Comentary” de la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC). Para la determinación de cargas sísmicas.
- 2) Para el diseño de estructuras deberán utilizarse el Reglamento vigente de las construcciones de Concreto Reforzado del Instituto Americano del Concreto (ACI).
- 3) El Código vigente del Instituto Americano para Construcciones de Acero (AISC).
- 4) (UBC) para el diseño de estructuras de mampostería.
- 5) Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) Normas Estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala.
- 6) La Municipalidad de Guatemala, Departamento de Control de la Construcción Urbana, Reglamento General y Reglamentos Específicos de Construcción.
- 7) Normas FHA. Normas de Planificación y Construcción para casos proyectados

La diferencia existente entre estos diferentes tipos de documentos es la siguiente:

Las Normas AGIES contienen los requerimientos contenidos en los distintos códigos existentes, aplicado para la República de Guatemala, este contiene especificaciones y recomienda procedimientos que se deben seguir para la construcción de una estructura segura; un breve ejemplo para el caso de Hospitales y posibles centros de albergue se cita a continuación.

Es obligatorio un estudio tipo II, el cual especifica lo siguiente:

Tipo II : Verificación geológica del área general e investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista, para determinar la capacidad portante del mismo, el tipo de material a encontrar con la presentación de perfiles estratigráficos, profundidad recomendable para cimentar, tipo de cimentación recomendable, empujes laterales y recomendaciones de estabilidad de cortes verticales mayores de 1.75 m durante la construcción. El informe del estudio geotécnico formara parte del expediente ingresado a Control de la Construcción Urbana.⁵⁴

Otras normas utilizadas en Guatemala son NORMAS FHA. Estas tienen por objetivo ayudar en la solución del problema de la vivienda, promoviendo la inversión de capitales privados en viviendas destinadas a darse en propiedad a familiares que tienen niveles de ingresos y ahorro adecuados y suficientes para su adquisición, pero que necesitan que se les concedan amplias facilidades de financiamiento.

⁵⁴ Normas AGIES (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sísmica Estructural)

Todos los proyectos que se presenten al F.H.A. deberán Cumplir como mínimo con los requisitos que se establezcan en estas normas y con todos los reglamentos y normas municipales vigentes, estas normas no deben considerarse como un manual de especificaciones para proyectos, ya que generalmente se encontrará conveniente usar o especificar requisitos mayores a los aquí establecidos, tanto para la planificación como para la construcción de las edificaciones.⁵⁵

Finalmente, se puede mencionar los reglamentos de construcción vigentes, manejados por la Municipalidad de Guatemala, específicamente por el Departamento de Control de la Construcción Urbana.⁵⁶

Tabla XXVIII Cuadro clasificación de Reglamentos del Sistema de Planificación y Gestión

Reglamentos vigentes		Fecha de Aprobación	Clasificación	Nuevo nombre
Regulaciones Marco	Marco Normativo del Sistema Municipal de Planificación y Gestión del Desarrollo	30 de Abril 2003	RM -1	IDEM
	Reglamento de Ordenamiento Territorial para la Organización y Participación Comunitaria	25 de Octubre 2001	RM-2	IDEM
Reglamentos Generales	Plan Regulador, Reglamento de Construcción	10 de Abril de 1970, y sus modificaciones	RG-1	Reglamento General de Construcción

⁵⁵ Documento Normas FHA.

⁵⁶ www.muniguate.com/Direcciones/Control de la Construcción Urbana/reglamentos

Reglamentos vigentes		Fecha de Aprobación	Clasificación	Nuevo nombre
Reglamentos Específicos	Reglamento de Urbanizaciones y Fraccionamientos en el Municipio y Área de Influencia Urbana de la Ciudad de Guatemala	16 de Diciembre 1959	RE-1	Reglamento Específico de Urbanizaciones y Fraccionamientos del Municipio de Guatemala
	Reglamento de Localización e Instalación Industrial para el Municipio y Área de Influencia Urbana de la Ciudad de Guatemala	3 de Agosto 1971	RE-2	Reglamento Específico de Localización e Instalación Industrial del Municipio de Guatemala
	Reglamento para la Construcción de Viviendas Individuales con Áreas Comunes en Copropiedad del Municipio de Guatemala	18 de Julio 1988	RE-3	Reglamento Específico de Construcción de Proyectos Habitacionales con Propiedades Individuales y Áreas Comunes en Copropiedad del Municipio de Guatemala
	Ampliación de la Regulación Urbana Municipal Relativa a las Normas de Urbanización y Construcción de Viviendas de Interés Social o de Quinta Categoría	16 de Noviembre 1988	RE-4	Reglamento Específico de Normas de Urbanización y Construcción de Proyectos Habitacionales de Interés Social
	Reglamento de Control Urbano para Zonas Bajo Régimen Especial de Protección por Riesgos	28 de Junio 1999	RE-5	Reglamento de Control Urbano para Protección por Riesgos
	Reglamento de Diseño de Entradas, Salidas y Disposición de Estacionamientos Privados en el Municipio de Guatemala	17 de Octubre 2000	RE-6	Reglamento Específico de Diseño de Entradas, Salidas y Disposición de Estacionamientos Privados en el Municipio de Guatemala
	Declaratoria de Áreas Residenciales del Municipio de Guatemala	24 de Octubre 2001	RE-7	Declaratoria de Áreas Residenciales del Municipio de Guatemala
	Reglamento de Localización de Establecimientos Abiertos al Público	19 de Diciembre 2001	RE-8	Reglamento Específico de Localización de Establecimientos Abiertos al Público en el Municipio de Guatemala

Reglamentos vigentes		Fecha de Aprobación	Clasificación	Nuevo nombre
	Reglamento de Construcción de Edificaciones en Áreas Residenciales del Municipio de Guatemala	10 de Abril 2002	RE-9	Reglamento Específico de Construcción de Edificaciones en Áreas Residenciales del Municipio de Guatemala
	Reglamento Específico de Evaluaciones de Impacto Vial para el Municipio de Guatemala	30 de Abril 2004	RE-10	ÍDEM
Reglamentos ZRE	Marco Regulatorio para el Manejo y Revitalización del Centro Histórico de la Ciudad de Guatemala	9 de Abril 2003	RZRE-1	ÍDEM
	Reglamento de la Zona de Régimen Especial “Santa Clara”	29 de Abril 2003	RZER-2	IDEM
	Reglamento de la Zona de Régimen Especial “Cantón Exposición”	16 de Diciembre 2003	RZER-3	IDEM

Los Reglamentos rigen todas las actividades de construcción, ampliación, modificación, reparación y demolición de edificaciones que se lleven a cabo en la ciudad de Guatemala y dentro del área de influencia urbana, según el Artículo 6° De la Ley Preliminar de Urbanismo, Decreto Presidencial 583. En ningún artículo la Municipalidad de Guatemala se hace responsable de los fallos estructurales que pudieran ocurrir por un mal diseño, en si la oficina encargado de manejar el reglamento verifica únicamente el funcionamiento de una edificación, el reglamento de construcción artículo 10 establece lo siguiente:

La planificación y ejecución de cualquier actividad de construcción, ampliación, modificación, reparación y demolición de una edificación, estarán bajo la responsabilidad de los Ingenieros, Arquitectos o Ingenieros-Arquitectos colegiados, cuyas firmas amparen los respectivos documentos.

El reglamento únicamente controla el funcionamiento de una edificación, el diseñador, el ejecutor es el responsable de cualquier falla estructural provocada por un mal criterio aplicado, ya que se esta confiando plenamente en el profesionalismo de los mismos; en los formularios extendidos por el Departamento de Construcción Urbana se advierte al profesional sobre la responsabilidad que adquiere al ejecutar una construcción.⁵⁷ .

Actualmente, el profesional puede guiarse para el diseño de una estructura con los códigos antes mencionados o las normas recomendadas por la AGIES. Los reglamentos de construcción como se describió anteriormente controlan el funcionamiento de una edificación y las normas FHA, son requisitos mínimos basados los códigos y reglamentos municipales antes mencionados.

⁵⁷ Departamento de Control de la Construcción Urbana

CONCLUSIONES

1. Se estima que un total de 560,638.82 m² de área construida en el sector evaluado, equivalente al 55.6 % del total del área, sufrirá daños severos por un fenómeno sísmico con aceleraciones del suelo del orden de 0.3g en la componente horizontal, cuya probabilidad de ocurrencia es de, al menos, una vez en cincuenta años, con un costo de reposición equivalente a Q.981, 727,796.00.
2. De acuerdo a los resultados del estudio se estima que de las 3030 estructuras existentes en el área evaluada, 643 de ellas (21.39%)son susceptibles de sufrir daños severos, ya que poseen un grado de vulnerabilidad muy alto.
3. La base de datos creada en nuestro estudio refleja un resultado de población diferente a la cantidad de habitantes proporcionada por la entidad municipal colaboradora; la diferencia radica en que durante el levantamiento de campo fueron duplicadas cantidades de población como por ejemplo las ingresadas para escuelas, mercados, centros comerciales etc. Que no permanecen fijos en los mencionados lugares por tanto estarían incluidas en las residencias ya evaluadas.
4. De acuerdo al resultado del estudio se estima un total de de 5,606 muertos y 8,395 heridos en el área evaluada por colapsos parciales o totales de estructuras, peligros no estructurales y peligros en colindancias.

5. Según el resultado de las evaluaciones se determina que de las estructuras existentes en el área evaluada 847 son aún de mampostería no reforzada de adobe, lo cual es equivalente al 28.5% del total de estructuras del sector en estudio.
6. Según los resultados de las evaluaciones se pudo determinar que un total de 2,660 construcciones son de uso residencial, y el resto de las edificaciones equivalentes al 12.15% tienen diferentes usos.
7. Basados en el levantamiento de campo podemos indicar que el 90% de las residencias del sector en estudio evidencia signos de construcción empírica, el cual aumenta su vulnerabilidad estructural.
8. Como resultado del estudio de campo podemos mencionar que los índices de vulnerabilidad estructural en unidades estructurales del área presentan las siguientes proporciones: Mínima 4.64, Significativa 41.32%, Alta 32.6%, Muy alta 21.32%.
9. En base a nuestras evaluaciones podemos mencionar que es prioritaria la readecuación de estructuras de mampostería no reforzada (adobe), pues son las más vulnerables a los sismos.

10. Como resultado de nuestro levantamiento de campo se pudieron ubicar un total de siete establecimientos dentro y colindante al sector de estudio reúnen las características y condiciones necesarias para prestar servicio de albergue: escuela José Martí, con capacidad para albergar a 500 personas, escuela José María Bonilla con capacidad para 250 personas, Iglesia Mormona con capacidad para 200 personas, la Iglesia Católica de la Colonia Landívar con capacidad de 300 personas, finalmente tres centros educativos ubicados en la colonia Castillo Lara.

11. Según la investigación se determinó que el sector evaluado se encuentra asentado sobre un suelo con múltiples fracturas, provocadas por el terremoto de 1976, dicha amenaza aumenta la probabilidad para que las redes de servicios básicos sufran daños a la hora de un nuevo movimiento sísmico.

12. Mientras las autoridades municipales encargadas de autorizar las construcciones no implementen otra estrategia para contrarrestar construcciones empíricas estas seguirán surgiendo y con ello la inseguridad y el riesgo ante fenómenos sísmicos no disminuirá.

RECOMENDACIONES

1. Es conveniente el desarrollo de estudios de vulnerabilidad estructural por amenaza sísmica en toda región poblada del país, con el propósito de estimar los daños potenciales y priorizar el enfoque de recursos en reducir la vulnerabilidad a partir del principio de que es mejor y más económico readecuar que reconstruir.
2. Es necesario establecer el apoyo institucional por medio del cual se pueda lograr la actualización periódica de la norma. Quizás es necesario la creación o fortalecimiento de organizaciones profesionales regionales existentes que se enfocan hacia actividades para el desarrollo de un código.
3. El sector salud debe estar alerta ante un posible desastre, debiendo evaluar la situación actual, necesidades y organizarse de tal manera que puedan prestar un buen servicio ante un desastre, a si mismo capacitar al personal de emergencia hospitalaria para desastres de gran magnitud, debiendo existir un plan periódico de simulacros para atención masiva de victimas, finalmente se debe asegurar el funcionamiento de los laboratorios de salud para control de enfermedades.
4. Realizar estudios detallados de vulnerabilidad estructural en los establecimientos de salud y posibles centros de albergue, ya que es conveniente realizar evaluaciones detalladas a todas las edificaciones que alberguen más de 50 personas, pues esta cantidad constituye un número alto de elementos humanos en riesgo. Dichas evaluaciones deben ser profundas y deben ser actualizados dentro de un periodo considerable para evitar sorpresas.

5. Que instituciones enfocadas en la prevención de desastres, como CONRED, desarrollen programas a través de los cuales se haga ver a la población la realidad sísmica del país y cómo reducir la vulnerabilidad individual y colectiva de la población ante fenómenos sísmicos en situaciones cotidianas.

6. Que entidades como el INSIVUMEH, involucradas en campos de sismología, meteorología, geología y temas afines, conjuntamente con las universidades, participen en el desarrollo de investigaciones que permitan mejorar el conocimiento de los fenómenos sísmicos y sus efectos.

7. Es conveniente que las autoridades de la Escuela de Ingeniería Civil actualicen constantemente los cursos en las áreas relacionadas con la sismología, ingeniería sísmica y análisis estructural impartido en las Universidades.

8. La realización de estudios que permitan conocer la vulnerabilidad de las estructuras existentes en toda la ciudad, y que las municipalidades exijan un diagnóstico de vulnerabilidad estructural en proyectos de remodelación, para que sean más estrictos los controles de obras nuevas.

9. Evaluar los aspectos legislativos del país en las áreas de la ingeniería civil, arquitectura, uso del suelo y construcción, pues existen muchas deficiencias y necesidades que hay que satisfacer para que el desarrollo de la construcción sea seguro, sostenible, ético y profesional, tanto para constructores como para propietarios y la sociedad en general, especialmente, para la población de escasos recursos, que pone en peligro su vida habitando lugares de alto riesgo en construcciones que no satisfacen requerimientos mínimos de seguridad.

10. Implementar códigos de diseño sismo resistente y fomentar su utilización a todo nivel, desde las aulas de estudio en las universidades a nivel de pregrado y postgrado, hasta su difusión en cursos de actualización para profesionales activos a través de instituciones como el Colegio de Ingenieros y CEDUCA

11. Realizar esfuerzos en la definición y aplicación de estrategias relacionados con salud, seguridad alimentaria, desarrollo agropecuario, medio ambiente y obras públicas para el manejo de amenazas.

12. desarrollar planes programas y proyectos relacionados con la gestión de riesgos y manejo de desastres especialmente en el sector educación para crear una política educativa y desarrollar una cultura de prevención y gestión de riesgo.

13. Es necesario la creación y aprobación de un Plan de Ordenamiento territorial, que regularice el uso apropiado del suelo con ello se evitarían construcciones en sitios de riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGIES, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. **Normas estructurales de construcción recomendadas para la república de Guatemala NR 1-96**. Guatemala: AGIES, 1996.
2. Applied Technology Council. **Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. ATC 21**. California: ATC, 1988.
3. Applied Technology Council. **Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. ATC 21-1**. California: ATC, 1988.
4. Applied Technology Council. **Evaluating the Seismic Resistance of Existing Buildings. ATC-14**. California: ATC, 1987.
5. Jerez, 2001; **Applied Technology Council, 1988**
6. Departamento de investigación y servicios geofísicos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH. Guatemala, 2001.
7. FHA, Fomento de Hipotecas Aseguradas. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**. Guatemala: División técnica del FHA, 1994.
8. Fundación ICA,A.C. **Edificaciones de mampostería para vivienda**. México: ICA,A.C., 1999. 334pp.
9. Grupo de estudiantes de la Universidad Mariano Gálvez. **“Daños por sismo en estructuras” Guía para evaluación**. Guatemala: UMG, 1996.
10. Instituto Geográfico Nacional. **Mapa de fracturas sismos de febrero de 1976 valle de Guatemala, escala 1 : 25,000**
11. Municipalidad de Guatemala, **Dirección de Catastro y Administración IUSI, Departamento de Cartografía**.
12. Municipalidad de Guatemala, Control de la Construcción Urbana, **Mapa zona 7 ubicación de Postes**.

13. Municipalidad de Guatemala, Dirección de Planificación Urbana, **Crecimiento Urbanístico de la ciudad de Guatemala.**
14. Municipalidad de Guatemala Dirección de desarrollo social de la municipalidad de Guatemala. **Estadísticas sobre población y vivienda dentro del sector.**
15. Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) **Mapa de Localización de Servicios de Agua potable y drenajes de la zona 7 de la ciudad de Guatemala.**
16. TELGUA S.A. **Red Telefónica de Colonia Quinta Samayoa y Landivar de la zona 7 de la ciudad de Guatemala**
17. Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) **Red de Distribución de Energía Eléctrica de las Colonias Quinta Samayoa y Landivar de la zona 7 de la ciudad de Guatemala.**
18. Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud (**Pan American Health Organization (PAHO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1999, 136 p.**
19. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, **Lecciones Aprendidas de los terremotos del 2001 en El Salvador.**
20. Jerez, Margarita. **Manual de evaluación visual rápida.** Guatemala: Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia, 2000.
21. La Red, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina e ITDG, Intermediate Technology Development Group. **Los Desastres no son naturales.** Colombia: Armada Electrónica, Tercer Mundo Editores, 1993.
22. Organización Panamericana de la Salud. **Mitigación de desastres en las instalaciones de salud. Aspectos de Ingeniería.** (Washington) (4). 1993.
23. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. **Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. Serie Mitigación de desastres.** Washington: United States Government Printing Office, 2000.
24. **Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un sector de la zona 3 de la ciudad de Guatemala.** Francisco Arresis.
25. Estudio JICA **Estudio de Amenaza Sísmica en la ciudad de Guatemala,** Guatemala: 2,006.

26. Unidad de Planificación, Oficina de Lingüística, USAC. **Especificaciones formales para el trabajo de graduación.** Guatemala: Editorial Universitaria, 2000. 27pp.
27. Unidad de Planificación, Oficina de Lingüística, USAC. **Reglamento de trabajos de graduación.** Guatemala: Editorial Universitaria, 2000. 16pp.
28. Espinoza 1976
29. Maskrey, 1989
30. Informe de Riesgo, Enjambre Sísmico Junio 2,003 CONRED
31. **Mapa Geográfico de la ciudad de Guatemala 1945**, capítulo 2 Descripción de la Zona a Evaluar de este trabajo.
32. Tesis Ing. Francisco Arresis **Vulnerabilidad Sísmica estructural en un sector de la zona 3.**
33. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural Sísmica **AGIES NR-4**
34. Departamento de investigación y servicios meteorológicos de **INSIVUMEH**
35. **INSIVUMEH Mapa de Estudio de aguas subterráneas en la cuenca del valle de Guatemala elaborado en el año 1978**
36. IGN Instituto Geográfico Nacional **Mapa Geológico del área Metropolitana año 1978.**
37. **El proceso de Crecimiento Metropolitano de la ciudad de Guatemala**, cuaderno de Investigaciones No. 18 AVANCSO.
38. Quiñónez, 1996
39. Rojahn y otros, 1997
40. INE, Instituto Nacional de Estadística, **Censo 1964 y 2002**
41. Guatemala INE XI censo de población y VI de habitación 2,002
42. Material de Capacitación **“Mitigación de desastres en Sistemas de agua y saneamiento, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.**

