

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

## **Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables**



### **Estrategias sustentables para vivienda emergente ante escenarios de daño sísmico y ceniza volcánica para Ciudad Guzmán, Jalisco, México.**

---

**TRABAJO RECEPCIONAL** que para obtener el **GRADO** de  
**MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES**

Presenta: **ARQ. EMMANUEL LUNA PALAFOX**

Tutor **DR. ADOLFO PRECIADO QUIROZ**

Tlaquepaque, Jalisco, agosto de 2019.

*Todo el trabajo y tiempo invertido en esta investigación, así como la dedicación al posgrado de proyectos y edificación sustentables, nacen a partir de mi preocupación por poder aportar una parte importante en el bienestar de este planeta. Así como el hecho de poder ayudar a personas que no siempre son los que mas hacen daño al medio ambiente, pero que si sufren los peores resultados del calentamiento global y el cambio climático.*

## **Agradecimientos**

*A la vida, que nos llena cada día*

*A mis padres, que me han enseñado y apoyado tanto: Ángeles y Enrique*

*A mis hermanos, de los que siempre aprendo: Josué y Gaia*

*Al amor de mi vida, por acompañarme en esta etapa: Paty*

*A mi amigo de toda la vida, que siempre me ha apoyado: René*

*A mi tutor, por su tiempo y compartir su experiencia: Adolfo Preciado*

*Al ITESO, por enseñarme cosas nuevas*

*Al CONACYT, por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría y a México*

La presente investigación parte del análisis de la vivienda en Ciudad Guzmán, Jalisco, México, esto debido a que se encuentran expuestas a fenómenos perturbadores, como lo son los sismos y la caída de ceniza volcánica. Esto se genera por la ubicación en una zona altamente sísmica en México y la cercanía con el volcán de Colima. A partir de esto, se analizaron las viviendas en la mancha urbana, subdivididas por cuadrantes y zonas, con ello se caracterizó la vivienda por tipologías, según su forma constructiva y por viviendas con cubierta ligera, para el caso por daño de depósito de cenizas. Se utilizaron métodos de inspección y puntaje, para asignar grados de vulnerabilidad diferentes a cada tipología y con ello se definieron tres escenarios posibles de daño ligado a la intensidad de posibles eventos sísmicos y un escenario de daño, para caída de ceniza volcánica.

Posteriormente se propone una serie de estrategias para implementar vivienda emergente en atención a los posibles escenarios de daño, la cual cuenta con características simples de montaje, materiales y diseño. También se propone una distribución de los módulos para generar un campamento en emplazamientos posibles, también identificados. A partir de lo anterior, se concluyó en que la vivienda en la localidad tiene un grado de vulnerabilidad importante ante ciertas intensidades de sismos, así como de cenizas volcánicas y que es posible complementar las actuales aportaciones de los gobiernos en torno a resguardo de personas con un modelo de vivienda emergente de bajo costo y rápida implementación.

**Palabras clave:** *Vivienda emergente; refugio post-desastre; sismos; ceniza volcánica; vulnerabilidad estructural; riesgo; evaluación de vulnerabilidad*

This research is based on the analysis of housing in Ciudad Guzmán, Jalisco, Mexico, this is because they are exposed to disturbing phenomena, such as earthquakes and volcanic ash fall. This is generated by the location in a highly seismic zone in Mexico and the proximity to the Colima volcano. From this, the houses in the urban spot were analyzed, subdivided by quadrants and zones, with this the housing was classified in five main typologies, according to its constructive form and by buildings with light cover, for the case by damage of ash deposit. Vulnerability assessment methods were used to assign different indexes of vulnerability to each typology and with this three possible scenarios of damage linked to the intensity of possible seismic events and a damage scenario were defined, for volcanic ash fall.

Subsequently, several strategies are proposed to implement emerging housing in response to possible damage scenarios, which has simple assembly, material and design characteristics. A distribution of the modules is also proposed to generate a camp in possible locations, also identified. From the foregoing, it was concluded that housing in the town has a significant level of vulnerability to certain earthquake intensities, as well as volcanic ash and that it is possible to complement the current contributions of governments around the protection of people with a model of emerging housing of low cost and rapid implementation.

**Keywords:** *Emerging housing; post-disaster shelter; earthquake; volcanic ash; structural vulnerability; risk; evaluation of vulnerability*

Resumen	I
Abstract	II
índice	III
<b>Capítulo 1</b> Introducción	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Relación de la problemática planteada con la sustentabilidad	5
1.4 Delimitación del objeto de desarrollo e innovación	6
1.5 Diseño metodológico	6
1.5.1 Hipótesis	6
1.5.2 Pregunta general de investigación	7
1.5.3 Objetivo general	7
1.5.4 Objetivos particulares	7
1.6 Importancia del proyecto	8
1.7 Justificación	9
1.8 Contenido del TOG	10
<b>Capítulo 2</b> Estado del arte: fenómenos perturbadores, vivienda en caso de emergencia y métodos de evaluación de la vulnerabilidad	<b>11</b>
2.1 Introducción	11
2.2 Riesgo, amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia	11
2.2.1 Riesgo	11
2.2.2 Amenaza y exposición	12
2.2.3 Vulnerabilidad	13
2.2.4 Resiliencia	14
2.3 Fenómenos perturbadores	14
2.3.1 Sismicidad en México	15
2.3.2 Sismicidad en Jalisco	16
2.3.3 Vulcanismo en la zona sur de Jalisco	18
2.4 Vivienda temporal en el mundo	22
2.4.1 Organizaciones internacionales	23
2.4.2 Pautas para refugios de transición del Shelter Centre	24

2.4.3 Algunas propuestas de vivienda temporal de Shigeru Ban	25
2.4.4 Terremoto en Nepal 2015	29
2.4.5 Teóricos especializados en la temática de vivienda temporal	30
2.5 Método de evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica	31
2.5.1 Escala Macrosísmica Europea EMS-98	32
2.5.2 Método del índice de vulnerabilidad	33
2.6 Resumen	36
<b>Capítulo 3 Aportación de la investigación a la sustentabilidad</b>	<b>38</b>
3.1 Introducción	38
3.2 Planes de acción ante desastres en México y refugios temporales en Ciudad Guzmán	38
3.3 Situación de alojamiento temporal en la Ciudad de México tras el sismo del 19 de septiembre de 2017	42
3.4 Alojamiento temporal	44
3.5 Conclusiones	45
<b>Capítulo 4 Caracterización de vivienda existente en Ciudad Guzmán</b>	<b>47</b>
4.1 Introducción	47
4.2 Delimitación del área de estudio y descripción de la problemática	47
4.3 Vulcanismo y caída de ceniza	49
4.4 Tipologías de viviendas en Ciudad Guzmán	49
4.5 Caracterización de la vivienda	57
4.6 Subdivisión de cuadrantes	58
4.7 Manzanas bajo estudio y clasificación de viviendas	65
4.8 Conclusiones	72
<b>Capítulo 5 Escenarios de daño sísmico y cenizas volcánicas</b>	<b>73</b>
5.1 Introducción	73
5.2 Delimitación del área de estudio y la problemática	73
5.3 Tipologías y características físicas de la vivienda en Ciudad Guzmán	74
5.3.1 Vivienda con cubierta ligera	77
5.4 Determinación del grado de vulnerabilidad	80
5.5 Escenario de daño en cubierta ligera por caída de ceniza	81
5.6 Escenarios por daño sísmico	83
5.7 Conclusiones	91

<b>Capítulo 6</b> Propuesta conceptual de módulos de vivienda emergente y campamento	<b>93</b>
6.1 Introducción	93
6.2 Metodología	93
6.3 Selección del emplazamiento	93
6.4 Propuesta conceptual de los módulos	97
6.5 Planos arquitectónicos	105
6.6 Propuesta conceptual del campamento	113
6.7 Conclusiones	117
<b>Capítulo 7</b> Conclusiones generales	<b>120</b>
7.1 Conclusiones generales	120
7.2 Propuestas de investigación futura	127
<b>Referencias</b>	<b>128</b>

### 1.1 Introducción

El ser humano y su hábitat están expuestos a lo largo de su vida a fenómenos perturbadores generados por la naturaleza. Estos fenómenos producen daños considerables en la edificación y la infraestructura de las ciudades, tal es el caso de los sismos, la actividad volcánica, inundaciones, lluvias, ciclones, etc. [Wagemann \(2012\)](#) afirma que la frecuencia de los desastres naturales ha incrementado en las pasadas cinco décadas junto con el costo de vidas humanas. La falta de vivienda y la ruptura económica se ha elevado junto con las pérdidas, las razones de esta tendencia incluyen el incremento de poblaciones en zonas urbanas en riesgo, lo que aumenta la desigualdad, además de la falta de planificación en nuestras ciudades. Las viviendas en muchos casos no están preparadas para soportar este tipo de perturbaciones en magnitudes mayores y existe una gran vulnerabilidad en torno a la vivienda de los sectores económicos menos favorecidos.



**Figura 1.1** Tienda de campaña en las ruinas de una casa después del terremoto en el este de Turquía 1939,  $M_w = 6.0$  ([Davis, 1978](#)).

Debido a lo anteriormente mencionado, es importante tener presente en las comunidades, alternativas de refugios temporales donde se evite que las personas pasen por condiciones precarias o sigan estando propensos al peligro (ver [Fig. 1.1](#)). El principal objetivo de este

trabajo se basa en determinar la vulnerabilidad de la vivienda en Ciudad Guzmán y con ello poder generar una propuesta que satisfaga la necesidad de refugio para las personas damnificadas en las que su edificación resulte dañada importantemente o inhabitable. Esto se determina debido al alto grado de sismicidad que se presenta en el país y principalmente en la zona D, que es donde se encuentra Ciudad Guzmán (ver Fig. 1.2). Existen diferentes alternativas alrededor del mundo, para diferentes casos en específico, aun así, en México no existe una propuesta sólida que pueda cubrir las necesidades de los mexicanos en torno a la problemática sobre el alojamiento temporal post-desastre.



Figura 1.2 Regionalización sísmica de la república mexicana (MDS-CFE, 1993).

## 1.2 Planteamiento del problema

A lo largo de la historia, la humanidad ha sido testigo de gran cantidad de acontecimientos resultado de fenómenos perturbadores de origen natural y antropogénicos. Estos fenómenos combinados con prácticas, técnicas y planificación sin asesoría técnica adecuada de las ciudades y las viviendas producen catástrofes, en las que se afecta la edificación, ya sea por destrucción total o daños estructurales considerables, con ello las viviendas quedan inhabilitadas para su uso. Debido a lo anteriormente mencionado, Proyecto esfera (2011) promueve en su manual de ayuda humanitaria que cada persona en el planeta tiene el derecho de vivir con dignidad, el derecho a la asistencia humanitaria y a la seguridad. Se define en este trabajo de obtención de grado (TOG), que es de suma importancia generar una alternativa que cubra las necesidades de las personas en situaciones de desastre, también que se les proporcione un refugio en el que no se

degrade su dignidad. Como consecuencia “después de un desastre, la vivienda es uno de los principales factores que pueden ayudar a restablecer la normalidad en una situación tan caótica” (Johnson, 2007). Por consiguiente, la implementación de refugio temporal es un factor de gran importancia en torno a la reconstrucción de una comunidad, ofrece la oportunidad a las organizaciones de generar respuestas dignas y bien aplicadas. Dentro de la sustentabilidad, es necesario que la propuesta de refugio planteada en este trabajo respete su medio ambiente inmediato y que genere el menor impacto ambiental y huella de carbono posible. En este sentido se propone la implementación de materiales locales y generación de espacios que puedan adaptarse a diversas necesidades y que su utilización futura tenga otras aplicaciones en la vivienda definitiva.

Según los estudios de Zamudio *et al.* (2016), en el atlas municipal de riesgos naturales de Ciudad Guzmán, por su ubicación geográfica y condiciones naturales, ha sido impactado por diferentes peligros geológicos e hidro-meteorológicos a lo largo de la historia. Además, se encuentra dentro de la zona de peligrosidad D, un valor alto de sismicidad. Debido a estas condiciones, Ciudad Guzmán resulta ser amenazado por fenómenos perturbadores, por ello cuenta con un índice de riesgo muy alto según AMPRN (2015) y como se puede observar en la Tabla 1.1. Debido a lo anteriormente mencionado, la población sufre un alto grado de vulnerabilidad social y física en torno a su vivienda.

**Tabla 1.1** Relación de municipios con riesgo Global: índice de riesgo Global en algunos de los municipios más vulnerables del país (AMPRN, 2015).

<b>RELACIÓN DE MUNICIPIOS CON ÍNDICE DE RIESGO GLOBAL ALTO A MUY ALTO</b>			
<b>ESTADO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>MUNICIPIO O DELEGACIÓN</b>	<b>ÍNDICE DE RIESGO GLOBAL</b>
Baja California	2002	Mexicali	Muy alto
Colima	6007	Manzanillo	Muy alto
Ciudad de México	9003	Xochimilco	Muy alto
Jalisco	14039	Guadalajara	Alto
Jalisco	14023	Zapotlán el Grande	Muy alto
Nuevo León	19039	Monterrey	Alto
Oaxaca	20043	Juchitán	Alto
Tabasco	27004	Tabasco Centro	Muy alto
Nayarit	18017	Tepic	Muy alto

Ciudad Guzmán cuenta con una población de aproximadamente 97,750 personas y representa el 97.2 % de la población del municipio de acuerdo con IIEG (2017). El último atlas de riesgo del municipio (AMPRN, 2015) asegura según diversos estudios realizados que

el porcentaje de población vulnerable ante diferentes fenómenos perturbadores es de aproximadamente del 10% de la población total (e.g. Zamudio *et al.* (2016)). Los principales fenómenos por los que es afectada principalmente la cabecera municipal (*i.e.* lugar donde se concentra más del 95% de la población), se muestran en la [Tabla 1.2](#), destacando una afectación económica alta y moderada en 9 de 10 riesgos identificados, así mismo un nivel de consecuencia de “Alto” a “Muy alto” para todos los tipos de riesgo.

**Tabla 1.2** Nivel de afectación y consecuencias de los riesgos naturales en Zapotlán el Grande (IIEG, 2015).

Riesgo geológico	Nivel de afectación		Nivel de riesgo
	Muertes	Pérdidas económicas	
Fallas	Bajo	Alto	Alto
Fracturas	Bajo	Alto	Alto
Sismos	Alto	Alto	Muy Alto
Licuefacción	Bajo	Alto	Muy Alto
Vulcanismo	Bajo	Bajo	Alto
Hundimientos	Bajo	Alto	Alto
Deslizamientos	Moderado	Moderado	Alto
Flujos de lodo, tierra y suelo	Moderado	Moderado	Alto
Flujos de avalanchas de detritos y derrumbes	Moderado	Moderado	Alto
Erosión	Bajo	Moderado	Alto

En la región se presentan diversos eventos perturbadores que atentan contra la vida humana, así como todo tipo de vivienda. La presente investigación se enfoca en determinar la situación actual de la vivienda en Ciudad Guzmán en torno a la vulnerabilidad ante ciertos fenómenos perturbadores (e.g. sismos y caída de ceniza volcánica) que por ubicarse en una zona determinada del territorio tienen cierta exposición a las fuentes que generan desastres naturales. Los más frecuentes se relacionan con la actividad sísmica debido a que el municipio se encuentra significativamente cerca de la zona de subducción de placas y dentro de la zona del eje Neovolcánico. Lo último también afecta a la población por la naturaleza del vulcanismo, el cual también genera cierto grado de sismicidad en la zona, además para objetivo de esta investigación se toma en cuenta la posible afectación estructural en cubiertas por depósito de cenizas volcánicas.

Otro punto importante es la vulnerabilidad en torno a los asentamientos humanos irregulares que se encuentran en el municipio y alrededores. Debido al desarrollo económico de la zona, cierto número de habitantes construyen sus viviendas sin ningún tipo de asesoría técnica que haga de la misma un lugar seguro y que responda de manera eficiente a las características del suelo y a los fenómenos perturbadores.

### **1.3 Relación de la problemática planteada con la sustentabilidad**

En la actualidad, las catástrofes en las ciudades ocurren debido a los fenómenos perturbadores los cuales son una amenaza recurrente y en aumento. Estos fenómenos generan daños considerables en nuestras comunidades, lo que involucra repercusiones económicas, sociales, patrimoniales y sobre todo ambientales. Por consiguiente, se debe realizar una reconstrucción sustentable de los hábitats después de una catástrofe, la cual requiere tiempo en su gestión, proyección y reconstrucción.

Para poder realizar esta reconstrucción y llegar a condiciones con mejor calidad de vida, es necesario generar estrategias bien planeadas que involucren la sustentabilidad en todas sus dimensiones. Dentro de las aportaciones del *Shelter Centre (2012)*, se afirma que, durante el proceso desde el impacto del desastre, las personas necesitan refugios, los cuales deben cumplir estándares de buena calidad y que duren el tiempo necesario. Además, de ofrecer alojamiento que sea seguro físicamente, sano y digno, también es necesario que su diseño y tamaño sean adecuados para las personas. Se busca que, con estas medidas, los afectados puedan alcanzar una recuperación óptima de sus bienes y realizar una reconstrucción en base a sus necesidades y de manera integral.

El objetivo fundamental de este trabajo es resolver la situación en torno al refugio temporal que sea aplicable para el territorio mexicano, en específico Ciudad Guzmán, el cual resulta ser vulnerable ante ciertos tipos de fenómenos perturbadores (*e.g.* sismos, actividad volcánica, etc.). La propuesta se desarrolla mediante prácticas sustentables, para que el alojamiento temporal no genere impactos ambientales en el suelo, no genere contaminación, así como sus elementos sean aprovechados en la vivienda permanente. Además, se busca que la propuesta se pueda aprovechar en múltiples situaciones de emergencia.

## **1.4 Delimitación del objeto de desarrollo o innovación**

El resultado de esta investigación se ubica en distintos campos disciplinares, destacando importantemente en la arquitectura y la ingeniería civil. Dentro de la arquitectura, el trabajo se encuentra íntimamente ligado a las tecnologías de la construcción, al diseño arquitectónico y conceptualización de espacios dignos y funcionales para asegurar el bienestar, confort físico y psicológico del posible usuario. Construcciones ligeras y prefabricadas que funcionen de forma eficiente y adecuadamente al momento de emergencia y sean de rápida implementación, así como el propio diseño interior, distribución de espacios y su ubicación en el lugar de emplazamiento. Se busca que la presente propuesta de campamento de emergencia genere el menor impacto en el suelo donde se asentará en materia de modificación del terreno natural, evitando el uso de cimentaciones e instalaciones permanentes.

Dentro de la ingeniería civil, el proyecto toma en cuenta criterios importantes de resistencia estructural para garantizar que el producto cumpla con ciertas características post-desastre. Además, se considera el uso de tecnologías limpias, así como el reciclado y reúso de materiales de la construcción, todo esto con principios de desarrollo sustentable que abarquen las distintas dimensiones de la sustentabilidad.

## **1.5 Diseño metodológico**

En los siguientes párrafos se describe el procedimiento metodológico mediante el cual se llevará a cabo la presente investigación. Este diseño está conformado por la hipótesis y pregunta general de investigación, así como el objetivo general y los particulares. También se describe la importancia del proyecto, así como su justificación.

### **1.5.1 Hipótesis**

En la actualidad es importante que cada comunidad cuente con un modelo de vivienda temporal post-desastre natural adaptado a las necesidades de personas que requieren un refugio en un cierto periodo de tiempo. Debido a esto, la hipótesis de este trabajo consiste en investigar si un campamento temporal sustentable soluciona la necesidad de vivienda post-desastre sísmico o afectación por cenizas volcánicas de una comunidad determinados por diversos escenarios de daño posible.

Para satisfacer las necesidades de los damnificados en torno a vivienda, alimentación y salud, es necesario contar con espacios dignos en los que estos se desarrollen de manera óptima durante el periodo post-desastre mientras se encuentran alternativas definitivas para su resguardo. Desde la perspectiva de la sustentabilidad, es necesario que estos refugios temporales impacten en la menor medida posible y que el aprovechamiento de sus elementos sea total para reducir costos y no generar un impacto ambiental sobre su entorno.

### **1.5.2 Pregunta general de investigación**

¿En base a la vulnerabilidad sísmica y por caída de cenizas volcánicas en a vivienda en Ciudad Guzmán, cual es la solución más sustentable inmediata de las familias afectadas por múltiples catástrofes de tipo natural y como implementarla adecuadamente?

### **1.5.3 Objetivo general**

Determinar la vulnerabilidad estructural de las viviendas en Ciudad Guzmán, en torno a su tipo de construcción y tipo de cubierta. Con ello diseñar estrategias y un campamento público de módulos de viviendas emergentes para personas afectadas por sismos y vulcanismo, tomando en cuenta sus necesidades, condiciones del lugar, que sea reutilizable y de bajo impacto ambiental.

### **1.5.4 Objetivos particulares**

- Recopilar y analizar información existente acerca de la sismicidad en el estado de Jalisco, así como de la actividad volcánica en la zona sur y con ello determinar la vulnerabilidad de la vivienda en Ciudad Guzmán mediante una caracterización de esta.
- Analizar la situación actual en torno al alojamiento temporal desde las perspectivas de la sustentabilidad (*i.e.* ambiental, económico y sociocultural) así como las medidas que toma el gobierno e instituciones en México.
- Recopilar y analizar información acerca de la situación actual en torno a la vivienda temporal en respuesta a desastres. Definir cuáles son las limitaciones actuales y las tendencias dentro del tema alrededor del mundo y en México.

- Realizar un análisis de la vivienda existente en Ciudad Guzmán mediante una caracterización y con ello determinar el nivel de vulnerabilidad por tipo de vivienda.
- Realizar un análisis simple de las viviendas con cubierta ligera de Ciudad Guzmán, para determinar la cantidad de viviendas con estas características.
- A partir de los puntos anteriores mediante los métodos de evaluación de vulnerabilidad se simularan escenarios posibles de daño ante sismos y caída de ceniza volcánica.
- Crear una propuesta conceptual de un módulo de vivienda temporal sustentable que se adapte a las necesidades actuales y futuras de personas afectadas por catástrofes naturales en el que su estructura y envolvente sea construida con materiales de fácil acceso (locales), bajo impacto ambiental, fácil construcción y practico.
- Proponer una distribución conceptual de un campamento de módulos de vivienda temporal de manera integral, con una correcta gestión de los espacios, organización de los módulos de vivienda dentro del emplazamiento propuesto, así como la infraestructura mínima necesaria a partir de los los posibles escenarios de daño.
- Determinar y analizar ventajas y desventajas del sistema propuesto para generar conclusiones generales en torno a la propuesta de investigación.

## 1.6 Importancia del proyecto

Todo asentamiento humano se encuentra bajo un número determinado de riesgos causados por fenómenos naturales dependiendo de su ubicación en el planeta y sus características físicas. Por consiguiente, toda edificación y ser humano que habite en ella es vulnerable a estos eventos naturales, entre ellos los fenómenos geológicos y los meteorológicos causan diversos daños en viviendas que no son construidas con asesoría técnica o en zonas de riesgo.

[Davis \(1978\)](#) asegura que las personas construyen sus casas en respuesta a sus necesidades cotidianas, a su posibilidad económica, sus técnicas de construcción tradicionales y sus modelos culturales, es por ello que los eventos catastróficos que suceden en largos periodos de tiempo no influyen en las técnicas constructivas de las comunidades.

Ante el peligro que esta situación genera en específico en Ciudad Guzmán, es necesario que exista un modelo que pueda funcionar en diferentes situaciones para albergar a personas

damnificadas, ya que no existen inmuebles suficientes que cuenten con características necesarias en ciertas situaciones de emergencia. Esta situación, además de ser altamente necesaria, debe ser sustentable y aún más por el hecho de ser temporal. Debido a lo anterior, resulta de gran importancia reducir el impacto generado por el modelo planteado para diferentes situaciones y aprovechar al máximo su uso en un tiempo determinado.

## **1.7 Justificación**

Existen propuestas ya implementadas en torno al alojamiento temporal, además de planes bien fundamentados y tecnificados para la realización de ayuda humanitaria en la que se incluye la vivienda temporal. Tal es el caso del [Proyecto esfera \(2011\)](#) organizado por la Cruz Roja Internacional y la Media Luna Roja, para estandarizar y garantizar la calidad y el apoyo humanitario en situaciones de riesgo. Gran cantidad de propuestas emergen inmediatamente después de la catástrofe, con el principal objetivo de proveer cobijo a los afectados de manera práctica, que es lo más importante. En el contexto mexicano, hacen falta propuestas adecuadas que cubran las necesidades específicas de cada comunidad.

Otro aspecto importante sobre esta situación es la falta de propuestas enfocadas en zonas geográficas en específico, por lo que el objetivo de este trabajo se enfoca en Ciudad Guzmán, que es la cabecera municipal de uno de los municipios del estado de Jalisco con mayores riesgos en torno a los fenómenos perturbadores.

Dentro del trabajo que tenemos los arquitectos, resulta de suma importancia proyectar, desarrollar, edificar y asegurar que las viviendas mejoren la calidad de vida de las personas, de cualquier nivel socioeconómico, zona geográfica y necesidades específicas. Es por ello, que el objetivo de este trabajo busca cubrir necesidades de alojamiento en una situación de crisis y ayude a todas esas personas afectadas por fenómenos naturales (*i.e.* sismo y vulcanológico), además de que no impacte en el medio ambiente en gran medida.

## 1.8 Contenido del TOG

**Capítulo 1** Introducción. En este capítulo se realiza la introducción al trabajo, se plantea la problemática, se definen los objetivos desde lo general a lo particular, la justificación de la propuesta de TOG, en que campos disciplinares se encuentra, así como la importancia del proyecto en diferentes dimensiones.

**Capítulo 2** Estado del arte. Este apartado contiene un marco conceptual y de referencias en torno a la problemática identificada, perspectivas y soluciones planteadas por diversos autores, así como la situación actual en México en torno a los planes de acción ante desastres, vivienda en caso de emergencia y métodos de evaluación de vulnerabilidad.

**Capítulo 3** Aportación de la investigación a la sustentabilidad. Este capítulo realiza un abordaje a como la vivienda temporal sustentable aporta beneficios ante la sustentabilidad ya sea ambiental, social y económica, todo ello justificado con entrevistas e investigación de campo.

**Capítulo 4** Caracterización de la vivienda existente en Ciudad Guzmán. Aquí se analiza y clasifica la vivienda existente mediante una muestra representativa de toda el área de estudio. Con ello se identifica la cantidad aproximada de viviendas vulnerables a los fenómenos naturales estudiados.

**Capítulo 5** Escenarios de daño sísmico y de cenizas volcánicas. El capítulo comprende la simulación de un escenario para daño por cenizas volcánicas y tres para sismos, en donde se determina el número de viviendas posiblemente afectadas y personas desalojadas. Esta información es de gran importancia para la implementación del campamento y para llevar a cabo el plan de acción contra el desastre.

**Capítulo 6** Propuesta conceptual de los módulos de vivienda emergente y campamento. En este capítulo presenta la propuesta conceptual del campamento de módulos de vivienda temporal para Ciudad Guzmán, su distribución y posibles configuraciones de uso para cada uno de los escenarios por caída de cenizas volcánicas y por sismo.

**Capítulo 7** Conclusiones generales. Este último apartado corresponde con la parte final del trabajo de investigación en donde se resume de forma general el TOG y se enlistan los principales hallazgos y conclusiones fundamentales. También, se realizan propuestas de investigación futura sobre problemáticas o partes que se podrían investigar más a fondo.

## Capítulo 2

### Estado del arte: fenómenos perturbadores, vivienda en caso de emergencia y métodos de evaluación de la vulnerabilidad

---

#### **2.1 Introducción**

En este capítulo se describen todos los conceptos clave relacionados a la temática del TOG, conceptos que involucran las situaciones a las que se encuentran expuestos los hábitats como lo son el riesgo, las amenazas, la vulnerabilidad estructural ante ciertos fenómenos perturbadores y la exposición. Estas partes fundamentales del riesgo nos permitirá entender como las comunidades superan los eventos catastróficos mediante la resiliencia. Para comprender las situaciones a las que están expuestas las comunidades, también se aborda de manera general los diversos tipos de fenómenos perturbadores como lo son los sismos y la caída de cenizas volcánicas. Estos tipos de fenómenos fueron seleccionados a partir de un análisis de riesgos en la zona. La sismicidad en el estado es generada por la cercanía del bloque Jalisco a Ciudad Guzmán y la zona de subducción en la costa del Pacífico y el riesgo por caída de ceniza volcánica es provocado por la cercanía de Ciudad Guzmán al volcán de Colima. Posteriormente se aborda la temática en torno a la vivienda temporal en atención a desastres y soluciones implementadas, comenzando por un panorama general a nivel mundial y enseguida por la forma en la que se lleva a cabo en México.

#### **2.2 Riesgo, amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia.**

En este apartado se explican los conceptos de riesgo, amenaza vulnerabilidad, exposición y resiliencia en torno a la afectación que tienen los fenómenos perturbadores. Se explica de una manera general para así construir un panorama previo al alojamiento temporal en atención a desastres y como estos conceptos influyen en la manera de solucionar las problemáticas en torno a sismos y cenizas volcánicas.

##### **2.2.1 Riesgo**

La definición de riesgo se puede construir desde diferentes ámbitos y dimensiones. En este trabajo se abordará la definición del riesgo en torno a la vivienda y como esta

presenta características dependiendo de su ubicación, tipo de suelo donde se edifica, condiciones climatológicas y geológicas, así como los métodos constructivos con los que se realiza. Desde la perspectiva del análisis de catástrofes naturales el [CIFEN \(S.F.\)](#) define el riesgo como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas, los factores que lo integran son la amenaza y la vulnerabilidad. El riesgo está determinado por la magnitud de la amenaza y el factor de vulnerabilidad de cierto individuo o comunidad.

*“El riesgo ante amenazas naturales en edificios se encuentra integrado por la suma de tres componentes fundamentales: la amenaza o peligrosidad, la exposición o cercanía a la fuente generadora de amenaza y la vulnerabilidad estructural del edificio. En este sentido, la vulnerabilidad estructural relaciona la calidad de los materiales de construcción, sistema constructivo, estado de conservación y nivel de diseño sísmico”, (Preciado et al., 2015a-b y 2016).*

El riesgo como percepción social forma una parte muy importante en este trabajo, como lo define [Douglas \(1987\)](#), el riesgo no es un ente material objetivo, sino una construcción o elaboración de los miembros de una comunidad que se presta a tener distintas perspectivas sociales de probabilidades. Mediante la afirmación anterior, la perspectiva social entorno a los riesgos identificados en Ciudad Guzmán gira directamente a la actividad volcánica y la muy conocida actividad sísmica de la zona, con base en las experiencias o acontecimientos históricos. Mediante la entrevista al Director de Protección Civil Jalisco, se evidencio que muchas veces la percepción de personas posiblemente afectadas por la actividad del volcán de Colima no siempre era la real. Ya que PCJ al realizar desalojo en las cercanías del citado volcán, la población no siempre percibía la realidad de la situación, generando conflictos y un riesgo inminente para ellos mismos al ignorar las indicaciones del organismo gubernamental.

### **2.2.2 Amenaza y exposición**

La amenaza o peligrosidad es propiamente las actividades, acciones, efectos y reacciones generados por el hombre y la naturaleza que pueden generar un daño a la vida de las personas o a los inmuebles. A los efectos generados por la naturaleza también se le conoce con el nombre de fenómenos perturbadores y pueden ser los sismos, erupciones volcánicas, huracanes, ciclones, deslaves, licuefacción, tornados, incendios, deslaves etc. En el caso de los efectos generados por el hombre también son conocidos como antropogénicos y tal es el caso de explosiones o incendios por bombas o quema accidental

de combustibles. La exposición deriva de la cercanía de la comunidad hacia la amenaza y cuan expuesta está a ser afectada por la misma.

### 2.2.3 Vulnerabilidad

[Wagemann \(2012\)](#) define la vulnerabilidad como la falta de capacidad ciertos individuos o comunidades para sobrellevar y recuperarse de un desastre. La vulnerabilidad está determinada por diversos factores que definen las capacidades de una cierta población a recuperarse de un evento catastrófico, desarrollarse y seguir su vida como lo era antes de la perturbación o catástrofe. Definición que va íntimamente ligada como fase posterior a la resiliencia, descrita en el siguiente apartado.

[Preciado y Orduña \(2014\)](#) afirman que la vulnerabilidad estructural es una característica propia de la estructura que relaciona a la calidad de los materiales de construcción, sistema resistente y estado de conservación, y la exposición es la cercanía a fuentes de amenaza. Las ciudades y países, por el mismo hecho de desarrollarse en los territorios que ocupan, cada uno es vulnerable a diversas amenazas, así como diferentes grados de riesgo debido a la exposición que estas concentraciones de población están más cerca de zonas de amenaza.

[Zamudio et al. \(2016\)](#) explica que la deficiente planeación de nuestras ciudades ha traído a lo largo de los años problemáticas que han ido en aumento, en relación con la vivienda, la calidad de esta y los asentamientos donde se construye. Situación también altamente afectada por las características del territorio nacional, en el que los fenómenos naturales provocan que cerca de 90 millones de habitantes residan en zonas de riesgo, de los cuales cerca del 70% habitan en zonas urbanas, el 9.5% en zonas semiurbanas y el 20.5% en zonas rurales.

La problemática fundamental para efectos de esta investigación gira en torno al riesgo ante fenómenos naturales a los que se puede encontrar expuesta la ciudadanía debido a un desastre por las malas condiciones estructurales de sus viviendas. *“La frecuencia de los desastres naturales ha incrementado en las últimas cinco décadas, así como el costo de vidas humanas, la falta de vivienda, y la interrupción económica han aumentado. Las razones para esta tendencia incluyen el incremento de las poblaciones urbanas en áreas peligrosas, desigualdades que exponen a las personas vulnerables al riesgo y la falta de planificación urbana”* ([Wagemann, 2012](#)).

#### **2.2.4 Resiliencia**

Según las investigaciones realizadas por [Holling \(1973\)](#) la resiliencia es la propiedad de un sistema, que se basa en la capacidad de este para volver al estado de equilibrio después de que este haya sido alterado por una perturbación temporal, en el menor tiempo posible y con la menor fluctuación.

El [CIFEN](#) (Centro de Investigación del Fenómeno el Niño) lo define como el conjunto de características y circunstancias de una comunidad o sociedad expuestas a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

La resiliencia de una comunidad se basa directamente en la capacidad que esta tiene de recuperar sus actividades, bienes, infraestructura y servicios, de manera habitual, además de adaptarse a la situación desastre. Además, se desarrolla un conjunto de nuevas técnicas y estrategias, que le ayuden a sobrellevar los riesgos a los que se enfrenta y así minimizar su vulnerabilidad económica, social y ambiental.

Dentro de la resiliencia física que puede sufrir el hábitat del ser humano, es necesario que las personas afectadas por alguna clase de desastre realicen actividades bien planeadas en torno al mejoramiento de sus viviendas y ciudades. Es por ello que en el proceso de recuperación y reconstrucción propiamente de una ciudad, es de suma importancia crear nuevos espacios y edificaciones acorde a la situación física del área donde se ubica. Estos espacios mejorados son de gran ayuda para que los resultados anteriores no se presenten de igual manera.

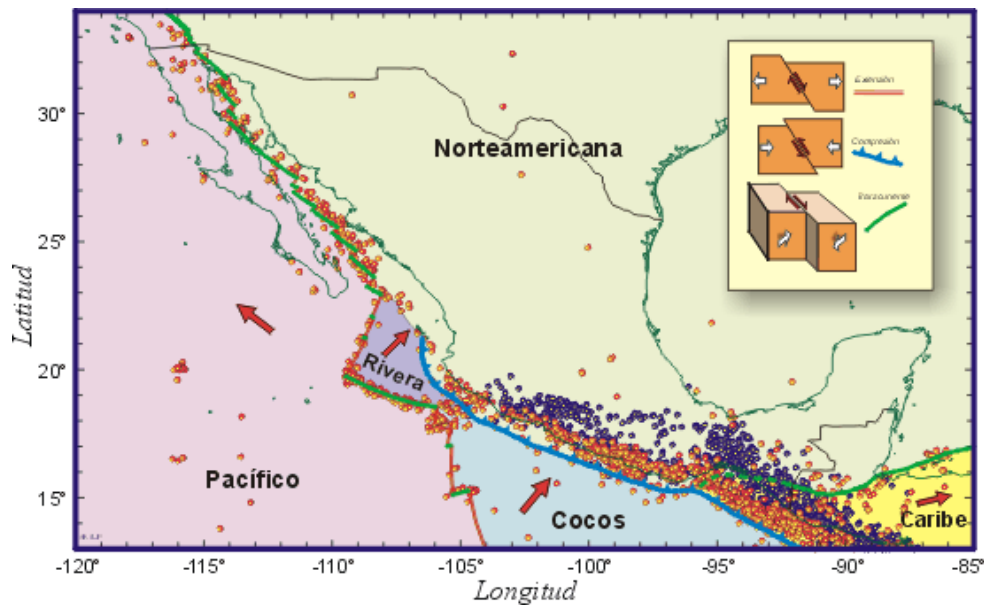
#### **2.3 Fenómenos perturbadores**

Dentro del tema de fenómenos perturbadores se definen dos tipologías principales las cuales son los naturales los cuales se generan por acción de la naturaleza y los cambios en el medio ambiente y los antropogénicos, los cuales resultan directamente de las actividades humanas. En este apartado se aborda solo los fenómenos perturbadores de tipo natural, específicamente los sismos y cenizas volcánicas, ya que son el tipo que afecta la zona de estudio (*i.e.* Ciudad Guzmán). Esta determinación se hace a partir del aumento en la actividad sísmica de los últimos años, así como el factor fundamental del riesgo por caída de ceniza volcánica debido a la cercanía al volcán del Colima. Siendo estos los fenómenos con mayor impacto en la población de la zona de estudio. Se aborda la temática en torno a

los sismos de manera general alrededor del mundo y en el país, para llegar a los aspectos clave en torno a la sismología en el estado de Jalisco. Por último, se describe las afectaciones por vulcanismo en la región bajo estudio, principalmente relacionado con el efecto en cubiertas por caída de cenizas, la geología de la zona de estudio y como este afecta la calidad de vida de los habitantes.

### 2.3.1 Sismicidad en México

*“En el año 2000 se cumplieron cien años de registros de sismicidad en el mundo, es importante evaluar lo que hemos aprendido durante estos cien años en México. Desde que se instaló el primer instrumento mecánico en este país, en 1904, grandes terremotos han ocurrido a lo largo de las diversas fronteras entre las placas tectónicas que conforman el rompecabezas que es México (ver Fig. 2.1). Los sismos más importantes, registrados en esta estación y otras que luego conformaron la red del Servicio Sismológico Nacional SSN, (2019), ocurrieron a lo largo de las fronteras entre la macro-placa del Pacífico y las placas de Cocos, Rivera y la placa Norteamericana” (Kostoglodov y Pacheco, 2017).*



**Figura 2.1** Sismos en México y las placas tectónicas que describen su sismicidad (Kostoglodov y Pacheco, 2017).

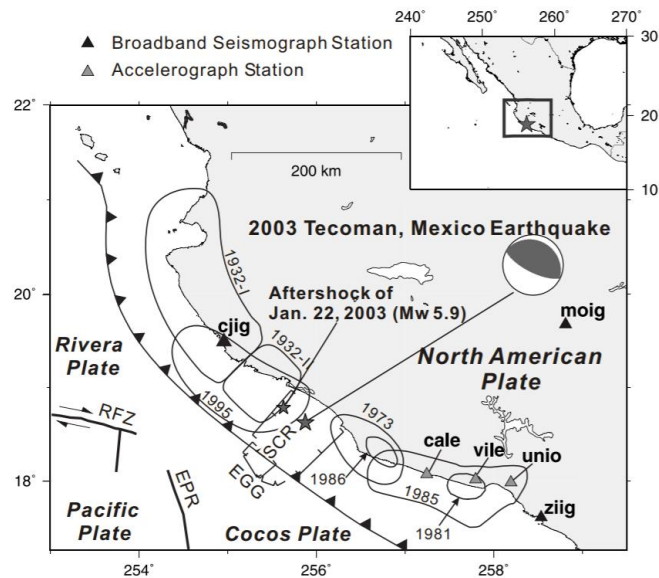
Según los trabajos de Kostoglodov y Pacheco (2017), desde el año de 1990 la actividad sísmica en México ha ido en aumento considerablemente, llegando a multiplicar en 20 veces la actividad comparado con el año mencionado. México, por encontrarse en las

cercanías de puntos cruciales entre la placa Norteamericana, de Cocos, de Rivera, del Caribe y la del Pacífico, se caracteriza por una actividad sísmica entre las más altas del mundo. La sismicidad en México ha aumentado de forma importante a través de los años, esto nos coloca como bajo una situación de riesgo importante.

*“A través de los años nuestro país ha sabido superar gran cantidad de catástrofes, entre ellas los terremotos, experiencia tomada de todos los eventos a través de la historia, no obstante, hemos aprendido a prepararnos adecuadamente y generar soluciones preventivas” (SSN, 2017).*

### 2.3.2 Sismicidad en Jalisco

El estado de Jalisco se encuentra en las cercanías de la zona de subducción entre las placas del Pacífico, Rivera, Cocos y Norteamericana, (ver Fig. 2.2), así como el bloque de Jalisco que se extiende desde las costas de Colima y cubre todo el estado de Jalisco. Tanto en la zona de subducción como en el bloque de Jalisco se han presentado sismos de magnitudes importantes a lo largo de la historia y que han cobrado la vida de muchas personas y múltiples daños a viviendas y otro tipo de edificaciones. *“Tal es el caso del sismo del año 1932 magnitud 8.2 localizado en las costas de Colima y Jalisco al cual le antecedieron dos réplicas y una de ellas generó un Tsunami devastador” (SSN, 2017).*



**Figura 2.2** Interacción entre placas y principales rupturas en Jalisco, Colima y Guerrero (Yagi et al., 2004).

La región de Colima-Jalisco es una de las zonas sísmicas más activas en México. Como se mencionó en los párrafos anteriores, la sismicidad se encuentra representada principalmente en la zona de subducción y en el bloque de Jalisco. *“El mayor terremoto ( $M_w= 8.2$ ) ocurrido en México en el siglo XX (1932) tuvo lugar en la costa de Jalisco, este fue seguido por otro de  $M_w= 7.8$  quince días después. En 1995 un terremoto de  $M_w= 8.0$  ocurrió en la costa de Jalisco, pero su área de ruptura fue solo la mitad de la que se presentó para los terremotos de 1932. Lo anterior sugiere que la costa norte de Jalisco, incluyendo Bahía de Banderas, es una zona de alto potencial sísmico”* (ARNMA, 2011).



**Figura 2.3** Daño generado en viviendas por el sismo de 2004 en Tecomán, Colima (SMIS and EERI, 2006).

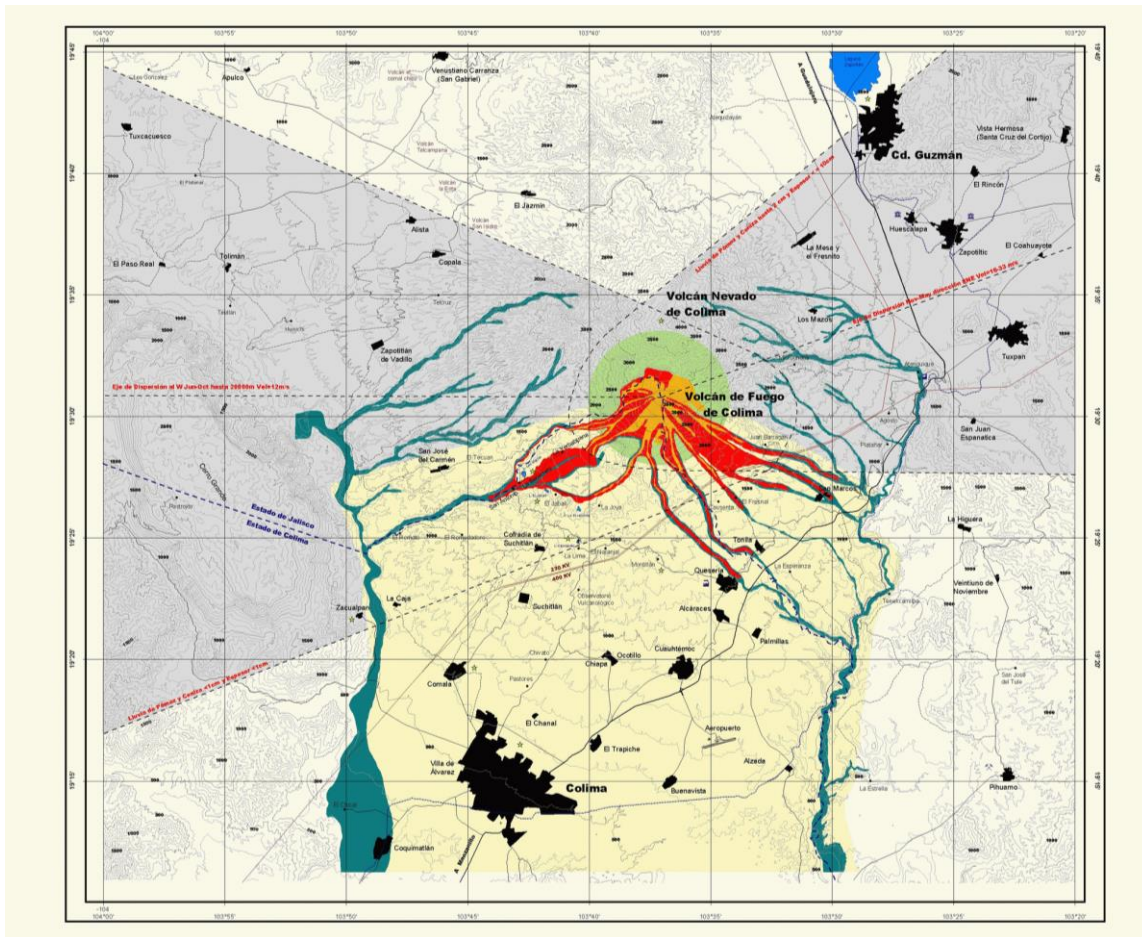
La región ha sido amenazada constantemente por sismos, debido a las características geológicas de la región. Preciado *et al.* (2015a-b) afirman que el estado de Colima también cuenta con un grado alto de sismicidad, en Tecomán en el año de 2003 se registró un sismo  $M_w= 7.5$  que generó importantes afectaciones en el municipio (ver Fig. 2.3). Cuenca *et al.* (1997) mencionan que uno de los sismos históricos y con mayor relevancia en la zona también sucedió en Manzanillo, Colima en 1995 con un  $M_w= 8.0$ . AFM (2017) menciona que este sismo afectó en gran medida las edificaciones, provocó daños estructurales irreversibles, así como en la infraestructura pública y que cobro la vida de al menos 50 personas (ver Fig. 2.4).



**Figura 2.4** Colapso de edificaciones debido al sismo  $M_w= 8.0$  en Manzanillo, Colima de 1995 (AFM, 2017).

### **2.3.3 Vulcanismo en la zona sur de Jalisco**

La región sur del estado de Jalisco se ha visto a lo largo de la historia amenazada por el volcán de fuego de Colima, que a través de los años ha tenido un grado de actividad muy alto entre los volcanes en México. Es por ello por lo que el objetivo del presente trabajo se centra en las posibles afectaciones que pudieran originarse debido a la actividad volcánica en la región principalmente por la distribución de ceniza en las cubiertas de las viviendas.



**Figura 2.5** Mapa de peligros del Volcán de fuego de Colima (INEGI OV, 2003).

La zona bajo estudio ante este fenómeno es Ciudad Guzmán el cual se encuentra muy cercano a esta potencial fuente de amenaza como se puede observar en la [Figura 2.5](#). En la misma figura, la parte de color gris representa la caída de cenizas volcánicas, principalmente en las zonas oriente y poniente con dirección a Ciudad Guzmán.

Según los estudios de [Suarez y Saavedra \(S.F.\)](#), desde hace siglos el volcán de Colima ha registrado importante actividad sísmica y eruptiva, donde se han depositado cantidades de ceniza importantes. Tal es el caso del año de 1913 donde se generaron espesores de hasta un metro en las faldas del volcán y de hasta siete centímetros en Ciudad Guzmán. Esto generó el colapso de diferentes tipos de cubiertas en viviendas, además de generar afectaciones a la salud pública (*i.e.* vías respiratorias y visuales) y a la fauna de la región, daños en los suelos agrícolas, interrupción de los servicios básicos.

En los estudios de [Hernández et al. \(2013\)](#) se corrobora la actividad generada por el volcán de Colima desde hace 500 años en los que ha presentado más de 30 periodos eruptivos en los que las últimas décadas se ha incrementado de manera importante.



**Figura 2.6** Exhalación del volcán de Colima presentada el 3 de enero 2015 ([Periódico el Sur, 2015](#)).

Ciudad Guzmán por localizarse en las cercanías del volcán de Colima, ha sido susceptible a el depósito de cenizas volcánicas (material fino menor a 2 mm de diámetro) durante sus erupciones. La erupción más reciente e importante se presentó en enero del 2015 (ver [Fig. 2.6](#)). *“La acumulación de este material genera cierta sobre carga que puede hacer colapsar diversos tipos de estructuras. Una capa de 10 cm de ceniza seca produce una sobrecarga de 40 a 70 kg /m<sup>2</sup> y si la misma se humedece puede llegar a ser de 100 a 125 kg/m<sup>2</sup>.”* ([USGS, 2010](#)).

La cantidad de carga generada por el depósito de ceniza según los datos de [USGS \(2010\)](#) alcanza para el caso de ceniza humedecida el máximo de cargas vivas transitorias de 1 kN/m<sup>2</sup> (100 kg/m<sup>2</sup>) definido por las Normas Técnicas complementarias de diseño estructural, de la Ciudad de México [ODGCM \(2017\)](#).



**Figura 2.7** El colapso de cubiertas ligeras por el peso de la ceniza durante la erupción del volcán Pinatubo, Filipinas, 1991 provocando la muerte de 300 personas (USGS, 2010).

El peligro en torno a la actividad volcánica en la región que ha sido importante en los últimos años se basa en la acumulación de ceniza en los techos y principalmente en las edificaciones vulnerables a base de lámina, tejas y vigas de madera, sin dejar de lado las estructuralmente aptas como losas de concreto y bóveda. A lo largo de la historia de la humanidad se ha constatado el riesgo y la pérdida de vidas humanas debido a la acumulación del material en las cubiertas, tal es el caso de la erupción del volcán Pinatubo en Filipinas (ver Fig. 2.7). Otro ejemplo es el depósito de cenizas en viviendas de los alrededores del volcán Sinabung en Indonesia en el año de 2010 (ver Fig.2.8).



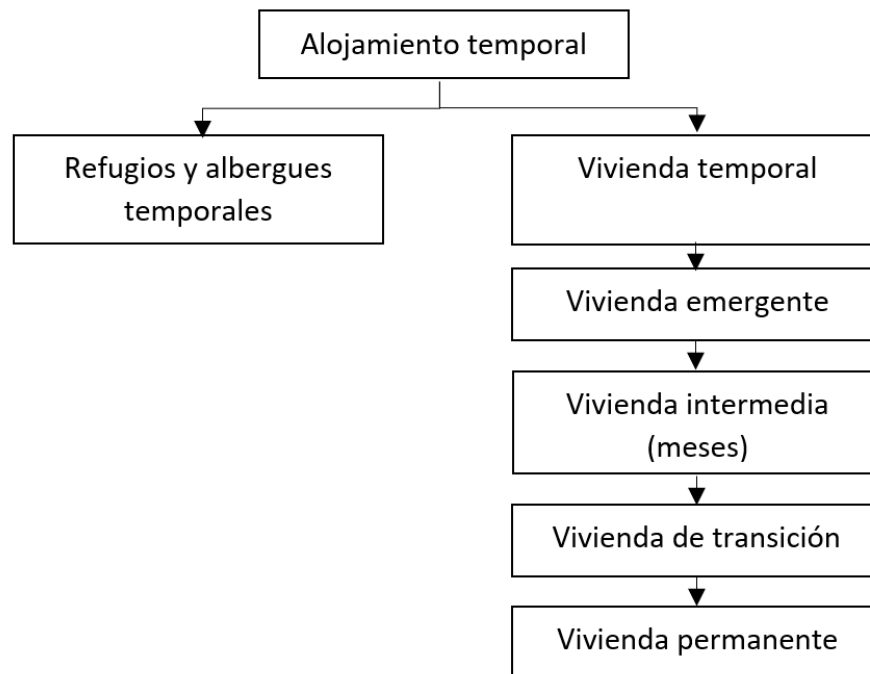
**Figura 2.8** Colapso de cubierta parcial, Monte Sinabung, Sumatra, Indonesia (USGS, 2010).

## 2.4 Vivienda temporal en el mundo

Alrededor del mundo se han implementado gran variedad de soluciones entorno a la vivienda emergente, definiéndose de manera diferente según el tiempo en el que se implementan y se utilizan. Dentro de la vivienda de emergencia, se clasifican 3 categorías según las necesidades de la situación y las personas.

- Vivienda emergente inmediata (corto plazo) días - semanas
- Vivienda temporal de mediano plazo (meses)
- Vivienda de transición (Tiempo indefinido)

Para fines prácticos de esta investigación se determina como la temática principal al alojamiento temporal, la cual se deriva en dos ramas, que serán los refugios y albergues temporales que son los inmuebles destinados a servir como refugio temporal en situaciones de emergencia y los proporcionan los ayuntamientos o instituciones educativas. Por otro lado, se deriva la vivienda temporal tal cual, en la que entra la vivienda emergente inmediata, le sigue la vivienda temporal (meses), la vivienda de transición y fuera del factor tiempo la vivienda permanente, como se muestra en la [Figura 2.9](#).



**Figura 2.9** Determinación de los conceptos que abarca la vivienda temporal.

### 2.4.1 Organizaciones internacionales

Partiendo de una recopilación documental realizada se encontraron diferentes propuestas en torno al refugio temporal, entre ellos organizaciones como *“The Sphere Project”* que desarrolla la cruz roja internacional. Esta organización define los estándares dentro de la investigación cuantitativa y cualitativa en torno a las normas mínimas para ayuda humanitaria de forma internacional. Con esto realizar guías sobre los tipos de ayuda humanitaria inicial después de un desastre y el periodo de transición hacia las actividades de recuperación y reconstrucción.

Específicamente en su apartado “Normas mínimas sobre alojamiento, alojamientos humanos y artículos no alimentarios”, *Proyecto esfera (2011)* en su primera parte, define las normas sobre las actividades iniciales post-desastre y la preparación para el desastre y el periodo de transición hacia la recuperación. En esta parte también presentan los enfoques de todo lo que debe tenerse en cuenta dentro de una propuesta. Estos consideran el aprovechamiento de los recursos locales, así como garantizar el confort térmico, la protección contra el clima, la seguridad y la dignidad de las personas. Todo esto se puede llevar a cabo por medio un buen diseño del espacio vital cubierto y su ubicación.

El proyecto esfera reúne cinco normas esenciales para abordar la problemática del alojamiento temporal, las cuales se resumen a continuación:

#### 1. Planificación estratégica

Esta norma se basa principalmente en los planes de acción a llevar a cabo post desastre, la logística desarrollada hacia las familias afectadas, su reubicación, la distribución de alimentos y medicamentos. También contempla soluciones de alojamiento temporal, como lo son casas de campaña o material para instalarlos, la remoción de escombros y garantizar el acceso a los servicios públicos.

#### 2. Planificación de los asentamientos humanos

Este apartado considera las buenas prácticas a realizar para minimizar los riesgos y vulnerabilidades, revisar la legislación sobre los edificios y predios a ocupar, la logística en torno a la ubicación de los afectados y con ello garantizar su seguridad y salud.

### **3. Espacio vital cubierto**

Esta norma se relaciona directamente con las características del refugio, para asegurar el confort térmico, ventilación adecuada, seguridad, privacidad y salud.

Así como es importante las actividades domésticas esenciales y sus medios de subsistencia, dentro del mismo espacio vital cubierto o una zona anexa al conjunto.

### **4. Construcción**

La característica de esta norma gira en la relación de la población afectada y el gremio de profesionales y técnicos, así como asegurar el acceso a la ayuda y distribución de los recursos necesarios y minimizar los riesgos y vulnerabilidades en torno al sistema estructural a construir.

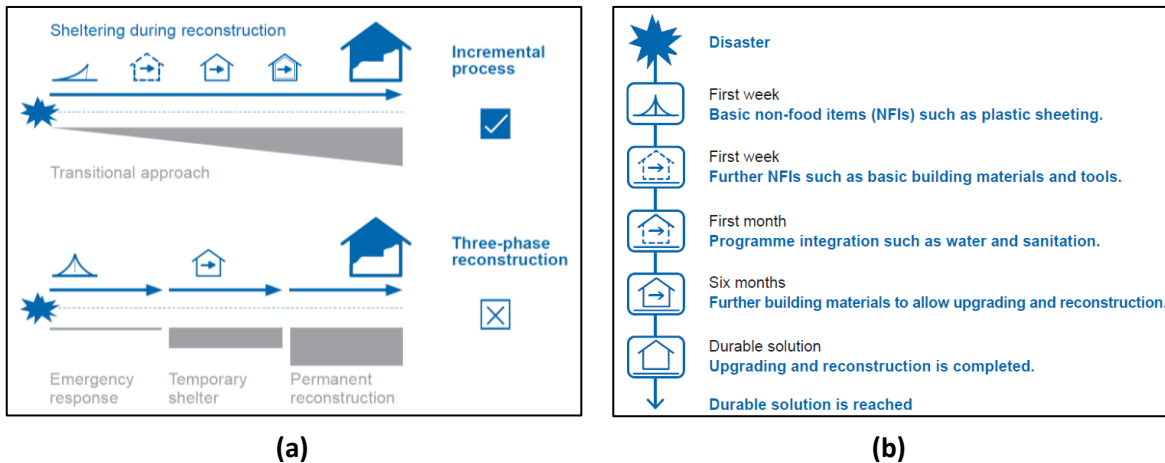
### **5. Impacto ambiental**

Por último, esta norma busca garantizar el menor impacto ambiental posible dentro de la selección de materiales y la construcción de los refugios.

#### **2.4.2 Pautas para refugios de transición del Shelter centre**

Según el trabajo realizado por *Shelter centre (2012)*, el refugio en situaciones de desastre debe cumplir con ciertas características para poder ser bien implementado. Según las experiencias estudiadas como casos de estudio, la manera óptima de implementar un refugio debe ser de manera transitoria. Esto para que las personas afectadas busquen alternativas hacia su recuperación. Para ello el refugio debe contar con cinco características importantes:

- Mejorado en parte de una casa permanente;
- Reutilizado para otro propósito;
- Reubicarse de un sitio temporal a un lugar permanente;
- Revendido para generar ingresos para ayudar con la recuperación; y
- Reciclado para su reconstrucción.



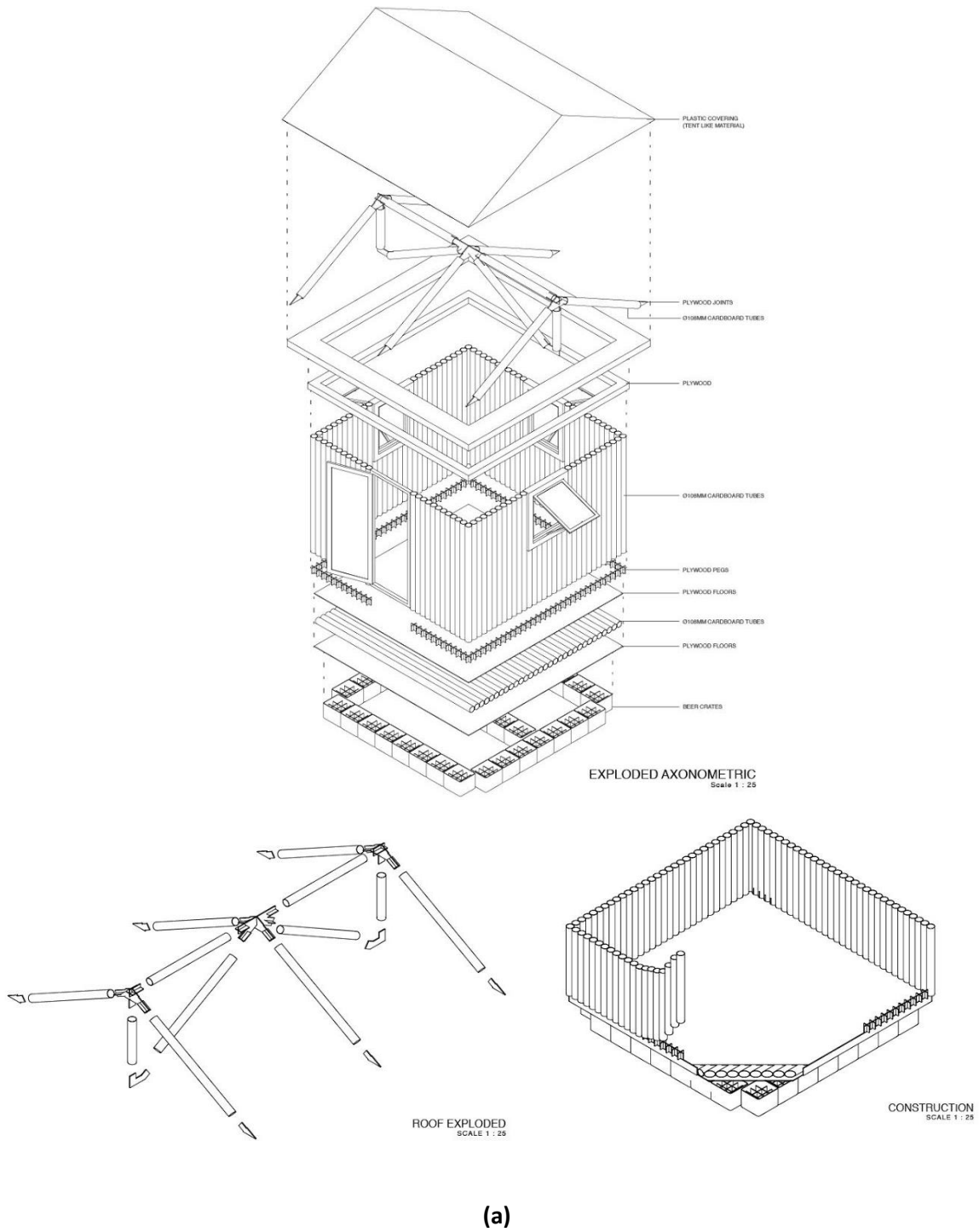
**Figura 2.10** Enfoque de refugio transitorio (Shelter Centre, 2012): **(a)** Comparativa de refugio de transición vs el refugio en tres fases y **(b)** El refugio transitorio en el ciclo de respuesta a desastres.

Además de las características mencionadas anteriormente, el refugio temporal de transición resulta ser la alternativa sustentable ante la implementación de refugios. Sus elementos se van reutilizando para configurar el nuevo refugio según sea la fase en la que se implementa, así hasta llegar al punto en el que todos los elementos utilizados desde el principio puedan incorporarse en la vivienda permanente (ver Fig. 2.10a). El *Shelter Centre* también define las etapas en las que el refugio de transición interviene dentro de la respuesta ante desastres. En la primera semana corresponde a la implementación de casas de campaña, enseguida se tiene que acoplar materiales de construcción básicos y herramienta para armarlos. Dentro del primer mes se tienen que integrar servicios de agua y sanidad. Los siguientes seis meses corresponde a integrar mejores materiales para implementar en la reconstrucción y con ello culminar con una solución duradera (ver Fig. 2.10b).

### 2.4.3 Algunas propuestas de vivienda temporal de Shigeru Ban

*PAP (2014)* en su premio anual premio a uno de los principales interesados en la temática del alojamiento temporal y la sustentabilidad. El arquitecto ganador del premio Pritzker 2014 por su trabajo e implementación alrededor del mundo. Uno de sus principales proyectos es la casa de troncos de papel, destinada para los refugiados por la destrucción de sus viviendas en Kobe, Japón en el año de 1995. La propuesta consiste en un cimiento de barriles o cubetas y costales rellenos de arena, así como muros a base de tubos de cartón de diferentes diámetros. La cubierta consiste en una estructura de madera contrachapada

con uniones estructurales y una lona de plástico. Los módulos se distribuyen con una separación de 1.8 m, espacio utilizado como área común. El costo del prototipo oscila entre los 2,000 dólares y todos sus materiales se pueden reciclar y desmontar fácilmente. En la [Figura 2.11a](#) se muestra el despiece de los elementos de la vivienda y en la [Figura 2.11b](#) se puede observar el sistema de cubierta a base de tubos de cartón, así como los muros con los mismos elementos.



**Figura 2.11** Refugio temporal de papel [SBA \(2014\)](#): **(a)** Diseño y ensamblaje del refugio a base de tubos de cartón y **(b)** implementación en campo Kobe, Japón 1995.



(b)

**Figura 2.11 Continuación.** Refugio temporal de papel propuesto por [SBA \(2014\)](#): (a) Diseño y ensamblaje del refugio a base de tubos de cartón y (b) implementación en campo Kobe, Japón 1995.

Otra de las múltiples propuestas de [SBA \(2014\)](#), consiste en el mismo diseño del anterior aplicado en Filipinas, tras la devastación del huracán Yolanda, en noviembre de 2013. La propuesta contempla ciertas modificaciones según el entorno donde se iba a implementar. Estas modificaciones consisten en los pisos a base de madera de palma y madera contrachapada, la estructura a base de tubos de cartón y los muros con hojas de bambú entre tejido, así como el techo de palmas *Nypa* (*i.e.* palma de manglar) en la [Figura 2.12a](#) se muestra el montaje de la vivienda con participación de la comunidad. La [Figura 2.12b](#) muestra la vivienda terminada.



(a)



(b)

**Figura 2.12** Refugio temporal en Daanbantayan, Cebu, Filipinas propuesto por [SBA \(2014\)](#): (a) Construcción a base de tubos de cartón y (b) refugio terminado con la colaboración de la población afectada.

#### 2.4.4 Terremoto en Nepal 2015

[GSC \(2017\)](#) menciona que en el año 2015 ocurrió un terremoto de magnitud  $M_w = 8.1$  en el mes de abril, realizó una afectación de aproximadamente 600 mil viviendas totalmente dañadas y otras 200 mil parcialmente dañadas. [Global shelter cluster](#) proporciona la asesoría a las personas afectadas mediante el diseño y aspectos técnicos para elaborar su propio refugio temporal. En este proyecto se beneficiaron alrededor de 5 mil personas, mediante la distribución de un “kit” (ver [Fig. 2.13a](#)) con el cual pudieran construir su refugio. Este prototipo contó con un área de  $16.7 \text{ m}^2$ , en cual se destinó un área de  $3.4 \text{ m}^2$  por persona, con un costo aproximado de 200 dólares por refugio (ver [Fig. 2.13b](#)).



(a)



(b)

**Figura 2.13** Refugio elaborado con los materiales proporcionados ([GSC,2017](#)): a) diseño propuesto por el GSC y b) participación de la comunidad en la construcción.

#### 2.4.5 Teóricos especializados en la temática de vivienda temporal

PhD. MPhil. Elizabeth Wagemann

Las aportaciones de la arquitecta chilena Elizabeth Wagemann, apuntan hacia los procesos de recuperación de las comunidades y como las propuestas de diferentes actores pueden mejorar la transición entre el desastre y la recuperación de las comunidades. En su trabajo [Wagemann \(2015\)](#) realiza aportaciones en el campo del alojamiento temporal, determinando la importancia de una buena implementación de la vivienda emergente para generar diversos beneficios a largo plazo en las comunidades afectadas.

En el 2012, [Wagemann \(2012\)](#) trabaja en un análisis de los pensamientos y propuestas existentes a la fecha. Define los principales riesgos y el impacto que estos generan en las comunidades. Además, profundiza en las propuestas de arquitectos y diseñadores, de organizaciones y gobiernos, productores industriales de vivienda temporal, la autoconstrucción de las personas afectadas y las aportaciones de universidades alrededor del mundo. Mediante la información obtenida de [Wagemann \(2012\)](#) se toma en cuenta los beneficios de cada proyecto analizado, así como los aspectos fundamentales en torno a diseño e implementación de materiales.

Ian Davis

[Davis \(1978\)](#) desarrolló investigación acerca de la vivienda de emergencia, alrededor del mundo, de manera cuantitativa plasma información y estadística entorno a los desastres naturales. De manera cualitativa relaciona información obtenida mediante entrevistas, sobre ciertos aspectos en la experiencia de las personas afectadas por un sismo, que fueron usuarios de viviendas de emergencia. Con ello determinó las fortalezas y debilidades de las diversas implementaciones de vivienda temporal. A partir del trabajo de Davis, se comprendió la situación en torno a la importancia de una propuesta bien dirigida a la población objetivo. Del mismo modo que el autor mencionado se generaron diversas entrevistas a personas afectadas por el sismo de 2017 en la Ciudad de México, esta se realizó a dos familias en situación de damnificados que residían hasta concluido el año 2018 en campamentos improvisados a base de lonas y toldos cercad de sus viviendas destruidas.

Pablo Bris Marino

[Marino et al. \(2016\)](#) realizaron un análisis sobre la planificación de la vivienda de emergencia, en desastres naturales en los terremotos de Haití y España en 2010 y 2011 respectivamente. Comparó cualitativamente en los dos casos de estudio la vivienda de emergencia, aplicados de una misma forma, en dos locaciones diferentes. Determinando las desventajas de aplicar un mismo modelo de vivienda en dos contextos totalmente diferentes con base en información proporcionada por organizaciones de estadística internacionales. A partir del trabajo del autor mencionado, se comprendió la problemática sobre como implementar un modelo de vivienda temporal sin tomar en cuenta las necesidades específicas de la población o la adaptación de un modelo que cubra las necesidades de los afectados.

Lucia Muñoz Mínguez

[Muñoz \(2015\)](#) estudió la arquitectura de emergencia, prototipos contemporáneos efímeros. Aborda desde una perspectiva cualitativa las principales características en ocho casos de estudio, sobre viviendas de emergencia, evaluándolas desde un análisis previo a los antecedentes e históricos. Toma en su investigación conceptos como la eventualidad, la funcionalidad y el diseño eficiente, la economía de recursos y la autoconstrucción y el montaje. Los casos de estudio son el Longbag Superadobe que consiste en construcciones tipo iglú a base de sacos rellenos de arena. El Paper Log de Shigeru Ban, a base de tubos de cartón, el Container Temporary Housing, también del arquitecto antes mencionado, el Concrete Canvas Shelter, la escuela flotante de Makoko, el sistema de viviendas de reacción EXO, el Igloo Satellite Cabin y el Life Box. Modelos implementados alrededor del mundo, concluye que las respuestas generadas varían debido al tipo de entorno, el contexto socioeconómico, los climas, materiales locales y sobre todo el tipo de desastre que pretenden abarcar. Mediante el análisis del trabajo del autor mencionado se tomó en cuenta para generar el estado del arte sobre la implementación de la vivienda temporal.

## **2.5 Método de evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica**

En este se presenta una serie de metodologías que servirán para evaluar la vulnerabilidad de las diferentes tipologías de viviendas bajo estudio en Ciudad Guzmán. Estas

metodologías se basan en la Escala Macro sísmica europea (EMS-98) y el método del índice de vulnerabilidad. Estas metodologías permiten evaluar la vulnerabilidad sísmica de la edificación mediante parámetros que toman en cuenta la calidad del sistema sismo-resistente y otras características que aumentan la vulnerabilidad de estas estructuras a sufrir daños considerables.






También se realiza una determinación de la vulnerabilidad por medio de la metodología de [Preciado y Orduña \(2014\)](#), en la que se analiza la función de los materiales, el diseño sísmico aplicado y con ello determinar potenciales daños estructurales. Las metodologías de la EMS-98 y el índice de vulnerabilidad se aplican en el [Capítulo 5](#) para la obtención de los escenarios de daño sísmico para diferentes intensidades y tipología de vivienda.

### **2.5.1 Escala Macrosísmica Europea EMS-98**

La EMS-98 es la base para asignar intensidades sísmicas en los países europeos lo define [GFZ \(SF\)](#). Según el trabajo de [Grünthal \(1998\)](#) la clasificación de la EMS-98 se utiliza para definir la gravedad de los movimientos sísmicos en función de los efectos observados en un inmueble específico, a base de mampostería.

La clasificación se basa en 5 niveles de daño que van desde la ausencia de daño estructural o mínimo, en el cual se observan agrietamientos despreciables y caída de elementos como recubrimientos, hasta el nivel 5 con un daño estructural muy fuerte, en el que se genera el colapso total de la edificación. La [Tabla 2.1](#) muestra los cinco niveles, su representación gráfica y describe el daño observado.

**Tabla 2.1** Categorías de daño observado en edificios de mampostería no reforzada (EMS-98) (Grünthal, 1998).

Grado de daño	Representación gráfica	Daño observado
<b>Nivel 1:</b> Sin daño estructural o mínimo, daño no estructural leve		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamientos despreciables en algunos muros</li> <li>• Caída de algunos aplanados</li> <li>• Caída de algunos elementos sueltos en azoteas</li> </ul>
<b>Nivel 2:</b> Daño estructural leve, daño no estructural moderado		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamientos de leves a fuertes en algunos muros</li> <li>• Caída de muchos aplanados</li> <li>• Colapso parcial de chimeneas</li> </ul>
<b>Nivel 3:</b> Daño estructural moderado, daño no estructural fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamientos fuertes en la mayoría de los muros</li> <li>• Caída parcial de elementos del sistema de cubierta</li> <li>• Colapso de chimeneas</li> </ul>
<b>Nivel 4:</b> Daño estructural fuerte, daño no estructural muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamientos muy fuertes en la mayoría de los muros</li> <li>• Daño fuerte en el sistema de cubierta</li> </ul>
<b>Nivel 5:</b> Daño estructural muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colapso parcial o total</li> </ul>

Además, con al EMS-98 es posible otorgar a la edificación una clase de vulnerabilidad baja, media o alta dependiendo de sus características sismo-resistentes.

### 2.5.2 Método del índice de vulnerabilidad

La metodología de inspección y puntaje fue originalmente propuesta por [Benedetti y Pretrini \(1984\)](#) y evalúa la vulnerabilidad de una vivienda a través de 11 parámetros con los que se plasman las características estructurales de una edificación. Este método también llamado “El método italiano” trabaja mediante una determinación del sistema resistente, su calidad, posición y cimentación, la configuración en planta, tipo de cubierta, elementos

no-estructurales, el estado de conservación, la máxima separación entre muros y la resistencia convencional (ver [Tabla 2.2](#)).

**Tabla 2.2** Parámetros necesarios para el uso del método de inspección y puntaje (GNDT, 1990).

<i>i</i>	Parámetros	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4	Posición y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.0
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.0
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.0
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.0

Para fines prácticos en este trabajo se adoptará el método antes mencionado modificado por [Preciado et al. \(2015a-b\)](#), el cual excluye dos parámetros con los cuales se realiza el análisis con ayuda de la planimetría del inmueble y para hacer más ágil y eficiente la determinación de la vulnerabilidad a escala territorial. En total resulta en nueve parámetros los cuales se analizan mediante un cuestionario que se completa mediante la observación directa del inmueble y sus características estructurales, estos se presentan en la [Tabla 2.3](#).

**Tabla 2.3** Parámetros necesarios para el uso del método de inspección y puntaje. (Preciado *et al.*, 2015a-b).

<i>i</i>	Parámetros	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Posición y cimentación	0	5	25	45	0.75
4	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.0
5	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
6	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.0
7	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.0
8	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
9	Estado de conservación	0	5	25	45	1.0

$$Iv = \sum_{i=1}^9 Ki Wi \quad (1)$$

En la [Tabla 2.3](#), A es baja vulnerabilidad y D es alta, y para cada una de estas letras les corresponde un valor  $K_i$  que se multiplica por un factor de importancia  $W_i$ . [Preciado \*et al.\* \(2015a-b\)](#) proponen se evalúe el índice de vulnerabilidad ( $Iv$ ) con la [Ecuación 1](#), donde el máximo valor se encuentra en un rango de  $0 < Iv < 100$ , con el que proponen además las siguientes cuatro clases de vulnerabilidad: baja  $Iv < 15$ ; intermedia  $15 \leq Iv < 35$ ; alta  $35 \leq Iv < 55$  y muy alta  $Iv > 55$ .

## 2.6 Resumen

El estado del arte presentado en este capítulo se ha realizado una recopilación de las diferentes temáticas que se involucran en torno al alojamiento temporal, entre ellas la definición del riesgo (*i.e.* ante sismos y caída de cenizas), la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad estructural. También se mencionó como las comunidades han tenido la capacidad de recuperarse de distintos eventos perturbadores que han generado catástrofes en sus comunidades a través de la resiliencia.

Por medio de los conceptos básicos anteriores se adentró a la temática de los fenómenos perturbadores, los cuales pueden ser naturales y antropogénicos. Para fines de este trabajo y debido a la ubicación del área bajo estudio, la cual se encuentra en una zona altamente sísmica, se abordó la sismicidad en México, más a fondo en el estado de Jalisco y su interacción entre placas y el bloque llamado del mismo modo. Se recopiló una serie de datos en torno a sismos ocurridos en la región como lo son los sismos de Manzanillo en 1995, Tecmán en 2003 y las principales afectaciones en Ciudad Guzmán por los sismos de 1932, 1985 y 1995.

Ciudad Guzmán también se encuentra afectado por la actividad volcánica debido a su cercanía (20 km) del Volcán de Colima. Principalmente se consideró el problema del depósito de cenizas en la región, siendo la zona de estudio un importante punto de impacto. Se abordaron los principales eventos históricos de los años 1913 hasta 2015, así como las afectaciones sucedidas. Se recopiló información sobre eventos similares alrededor del mundo, como lo fue la erupción del volcán Pinatubo en 1991 y el monte Sinabung, Indonesia en el año de 2010, las cuales tuvieron afectaciones por depósito de ceniza en las cubiertas provocando un gran número de muertes y la evacuación de viviendas.

A partir del análisis y recopilación de las problemáticas y conceptos relacionados, se presentó una concentración del alojamiento temporal, se definen las tipologías existentes y los conceptos principales que se van a manejar en este trabajo. Se abordó la participación de organizaciones internacionales alrededor del mundo como lo es el *Sphere Project*, con sus normas mínimas sobre alojamiento temporal, las cuales involucran una planificación estratégica, de asentamientos humanos, de espacio vital cubierto, construcción e impacto ambiental. Se abordaron también las pautas propuestas por el *Shelter Centre* y su idea de la vivienda de transición como alojamiento temporal, la cual definen como la mejor aportación en el campo de acción.

Posteriormente, se describió la participación del arquitecto Shigeru Ban y sus propuestas de vivienda temporal como lo son su Paper Log House y su aplicación en diferentes

situaciones de desastre en Japón y Filipinas. También se presentaron los trabajos del *Global shelter cluster*, el cual realiza una recopilación de diferentes proyectos alrededor del mundo. Tal es el caso de los refugios que proporcionaron a los afectados por el terremoto de Nepal en 2015. Para concluir el apartado de propuestas tangibles, se presentaron algunos casos teóricos los cuales se han especializado en estudiar la temática de vivienda temporal, vivienda de emergencia y su planificación.

Por último, se presentaron diversos métodos para la evaluación de la vulnerabilidad en las edificaciones, como lo son el método de las clases de vulnerabilidad de la EMS-98 y el método de inspección y puntaje o del índice de vulnerabilidad. Con respecto a estas metodologías, se describieron algunas aproximaciones adaptadas por otros autores para evaluar la vulnerabilidad sísmica de viviendas a escala territorial con el uso de un menor número de parámetros e información gráfica del edificio. Estas aproximaciones serán de gran utilidad en el [Capítulo 5](#) para poder establecer diferentes escenarios de daño sísmico a escala territorial para las diferentes tipologías de vivienda identificada en Ciudad Guzmán.

#### 3.1 Introducción

El presente capítulo realiza un abordaje en torno a cómo se han empleado los planes de acción ante desastres en México, las deficiencias en la manera de aplicar métodos de alojamiento temporal. Se analiza la situación actual de los afectados por el sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México, sustentados por entrevistas a los damnificados. Además, se profundizó en el análisis de los inmuebles que están destinados para ser albergues temporales en caso de emergencia en Ciudad Guzmán.

[El proyecto esfera \(2011\)](#) en su apartado de alojamiento y asentamientos humanos, define que las propuestas de alojamiento temporal deben tener contemplados los riesgos ya existentes, así como es de suma importancia reducir los efectos negativos a corto y largo plazo en el medio ambiente. Con esto mejorar y ampliar las oportunidades de restablecimiento de las comunidades afectadas y sus medios de subsistencia. A partir de la afirmación anterior se justifica en este capítulo la aportación de la propuesta de la vivienda temporal en el campo de la sustentabilidad. Se analiza en que aspectos el proyecto puede mejorar la vida de las personas dentro de la sustentabilidad social, económica y ambiental, para entender dónde y cómo se puede insertar en los planes de acción ante desastres.

#### 3.2 Planes de acción ante desastres en México y refugios temporales en Ciudad Guzmán

Una situación de desastre en la investigación de [Gutiérrez et al. \(2019\)](#), se genera cuando un grupo de personas pierde su vivienda o único lugar de alojamiento y surge la necesidad de refugio para mantener su calidad de vida. En nuestro país no existe ningún tipo específico de plan para el resguardo de personas por tiempos determinados. Las soluciones que ejecutan los actores involucrados implementan ciertas estrategias para proveer alojamiento no siempre efectivo para los afectados por desastres naturales. Esto debido a que las alternativas que se toman son la aplicación de planes que satisfacen las primeras necesidades de los afectados en un corto plazo y sin la correcta implementación debido a que se realiza alojamiento en inmuebles que no están adaptados totalmente para estas necesidades. Dentro de esta tipología de inmuebles se encuentran los centros comunitarios del sistema de Desarrollo Integral de la Familia (DIF), así como auditorios en

escuelas, universidades o públicos, los cuales no cuentan con la infraestructura ideal para manejar cantidades grandes de damnificados.

En México las acciones que se toman en el tema post-desastre quedan rezagadas solo a actores o dependencias gubernamentales, así como al ejército nacional. El último promueve brigadas año con año para determinar los posibles riesgos bajo los que se encuentra la ciudadanía durante la posible incidencia de ciertos fenómenos perturbadores. Cabe destacar que su actividad se desarrolla primordialmente mediante la prevención y educación de la ciudadanía en cómo enfrentar las catástrofes, así de cómo actuar frente a ellas. Entre estas actividades de prevención se encuentran los simulacros a los cuales la población está obligada a participar por lo menos tres veces al año, para así conocer los procedimientos de auto protección y convertirlos en hábitos según indica el [Manual de Protección civil \(2014\)](#).

Según las entrevistas realizadas a representantes de protección civil estatal y regional de Ciudad Guzmán, frente a diversos fenómenos perturbadores existen diferentes planes de acción y estrategias a llevar a cabo previo, durante y después de los eventos. En torno a la inhabilitación de la vivienda o su destrucción total, ya sea por sismos, inundaciones y actividad volcánica, las dependencias gubernamentales conducen a la población a albergues para resguardarlos temporalmente. Estos lugares destinados a ser refugios se determinan año con año según su infraestructura por protección civil del estado o las comandancias de cada municipio, ellos se aseguran de que sean lugares aptos para su utilización como refugio temporal. Es importante destacar que los inmuebles destinados a este tipo de uso temporal no cuentan con la infraestructura necesaria para satisfacer las necesidades básicas de la ciudadanía, ni mucho menos con las condiciones dignas de una vivienda. Como ejemplo de lo anteriormente mencionado son los centros comunitarios que se prestan como refugios temporales en caso de situaciones de emergencia. En la [Figura 3.1a](#) se muestra la tipología de centro comunitario el cual el ayuntamiento toma en caso de emergencia como refugio temporal, la [Figura 3.1b](#) muestra otro centro comunitario con las mismas características y tipología, pero ubicado en otra zona con una considerable marginación. La [Figura 3.1c](#) muestra una perspectiva lateral en la que se aprecian el salón o aulas que conforman el centro comunitario.



(a)



(b)



(c)

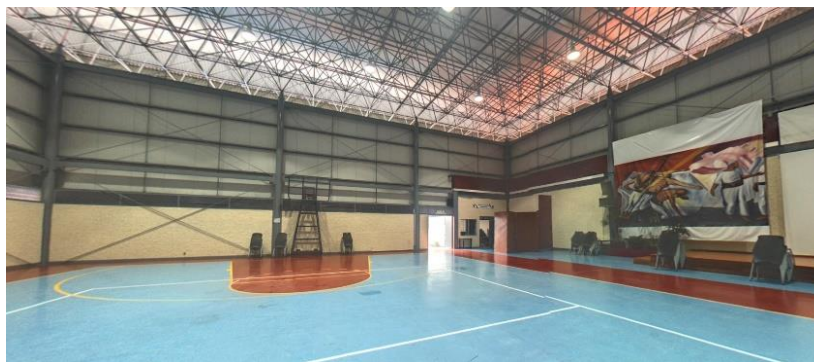
**Figura 3.1** Tipología de centros comunitarios: (a) centro Comunitario Constituyentes, (b) centro Comunitario San José y (c) aula interior del centro comunitario.

Las características de los centros comunitarios que maneja el sistema DIF generalmente resultan en una misma tipología espacial de espacios e infraestructura. Los centros arriba mencionados cuentan con tres aulas en las que se imparten sesiones informativas y cursos. En los centros comunitarios se informa a la sociedad sobre los programas gubernamentales, y en momentos de desastre el ayuntamiento cuenta con convenios para su uso como albergues temporales, aunque no cuentan con las características necesarias para albergar las necesidades básicas de supervivencia de la población afectada. Cabe destacar la ubicación de los centros comunitarios, la cual está definida por las zonas de mayor marginación dentro del municipio.

Otra tipología de inmuebles utilizados como refugios temporales tomados por los ayuntamientos son los auditorios públicos (ver Fig. 3.2a). En el caso de Ciudad Guzmán, las universidades prestan sus auditorios también en caso de alguna emergencia como lo es el centro universitario del sur (Fig. 3.2b) y el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán (ITCG) (Fig. 3.2c).



(a)



(b)



(c)

**Figura 3.2** Inmuebles públicos destinados a ser refugios temporales: **(a)** gimnasio Benito Juárez, **(b)** auditorio CUSUR y **(c)** auditorio del ITCG.

Como se puede observar en las Figuras 3.1 y 3.2, la mayoría de los inmuebles destinados a utilizarse como refugios temporales no cuentan con los espacios suficientes. Además, no son aptos para resguardar a una gran cantidad de personas por un tiempo prolongado, como lo sería un escenario donde la vivienda más vulnerable de Ciudad Guzmán se vería afectada.

### 3.3 Situación de alojamiento temporal en la Ciudad de México tras el sismo del 19 de septiembre de 2017

*“La afectación del sismo del 19 de septiembre de 2017 causó destrucción en Ciudad de México, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Morelos y Guerrero. con cifras de aproximadamente 5,000 viviendas dañadas en la Ciudad de México.” (Arredondo et al., 2018).*

Mediante la realización de una serie de entrevistas a personas afectadas por el sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México, se han realizado hallazgos en torno a la falta de apoyo del sector gubernamental. Además, se identificó la falta de condiciones necesarias para que las personas en esta situación puedan llevar a cabo una recuperación óptima de sus actividades y bienes afectados. Las entrevistas se realizaron en el mes de mayo del año 2018 a dos familias afectadas en las que su vivienda quedó dañada de forma parcial o total (Colapso) tras el sismo del 19 de septiembre el 2017. Se ha identificado que la solución que ha ofrecido el gobierno federal no ha sido suficiente para cubrir las necesidades de una vida digna, ni correctamente implementadas, ya que existen grandes deficiencias en el apoyo recibido (*i.e.* alimenticio, médico y de seguridad pública etc.) a los damnificados. Las acciones que ha realizado el gobierno federal gira en torno a proporcionar casas de campaña a la población, que en condiciones de diferente naturaleza podrían funcionar en un tiempo relativamente corto (*i.e.* máximo 1 semana). Lo anterior es considerado como una medida inmediata pero limitadamente temporal. La deficiencia en torno a esta acción se basa en que a la fecha se siguen utilizando (8 meses después del evento). Esto mantiene a los afectados en una situación precaria y en total abandono, sin que exista alguna posibilidad de mejora. La mayoría de las personas en situación de refugiados optan por generar sus propios refugios a base de láminas, toldos, lonas de nylon y madera. Todos asentados siempre en la cercanía de su edificio colapsado, con el objetivo de resguardar las pocas pertenencias que sobrevivieron. En la [Figura 3.3a](#) y [b](#), se muestran los refugios autoconstruidos por las personas afectadas, en la [Figura 3.3c](#), se muestra un módulo de sanitarios proporcionado por el gobierno.



**Figura 3.3** Refugios improvisados por los damnificados: **(a)** Uso de materiales reciclados en refugio, **(b)** refugio a base de toldo y lonas de nylon y **(c)** módulo de sanitarios proporcionado por el gobierno.

El gobierno y distintas organizaciones civiles han proporcionado ayuda de diferentes tipos, tal es el caso de alimentos, cobijas, dinero para rentar vivienda y opciones de empleo. Esto se ha realizado en los primeros 3 meses posteriores al evento, tiempo después se les han retirado los apoyos y la población afectada vive su situación en espera de respuestas que nunca llegan.



**Figura 3.4** Campamento a base de toldos y lonas anexo a predio donde se realizó la demolición de un inmueble fuertemente dañado.

Se observó que a la mayoría de las personas afectadas con vivienda colapsada o demolida debido a fuertes daños, como primer paso se les atendió en albergues temporales. Más adelante, algunas familias se instalaron después de haber pasado el peligro en las cercanías

de los predios no habitables (ver Fig. 3.4) con la explicación de poder resguardar las pocas pertenencias que sobrevivían en el terreno.

Según las encuestas realizadas, los damnificados consideraban que las “soluciones” que les daba el gobierno no eran en lo absoluto pertinentes e incompletas. Además, estas eran importantemente afectadas por la burocracia y los procesos que retrasan la llegada de apoyo a los necesitados. Los mismos afectados decidieron implementar campamentos temporales a base de toldos, lonas de nylon y cartón (Fig. 3.5b), donde resguardan las pertenencias que pudieron rescatar (ver Fig. 3.5a) De esta manera se considera que el apoyo no es el correcto ya que lo único tangible existente es la implementación de módulos de sanitarios junto a los campamentos como se puede observar en la Figura 3.3c.



(a)

(b)

**Figura 3.5** Campamento temporal: (a) Personas afectadas por sismo en 2017 respondiendo entrevista escrita y (b) Campamentos improvisados.

### 3.4 Alojamiento temporal

Un refugio temporal se determina como cualquier tipo de inmueble con dimensiones considerables para poderse albergar a cierto número de personas en caso de un desastre. La vivienda temporal es un inmueble de tiempo definido como emergente, temporal o de transición el cual funciona especialmente para situaciones de desastre.

En México no existe ningún tipo específico de plan para el resguardo de personas por tiempos determinados. Las soluciones que promueven los gobiernos implementan los principios fundamentales para proveer vivienda digna a los afectados por desastres naturales. Las alternativas que se toman son la aplicación de planes que satisfacen las

primeras necesidades de los afectados en un corto plazo, y sin la correcta implementación debido a que se realiza alojamiento en inmuebles que no están adaptados para este propósito. En México las acciones que se toman en el tema post-desastre quedan rezagado solo a actores o dependencias gubernamentales y el mismo ejército nacional. El último mantiene brigadas año con año para determinar los posibles riesgos que corre la ciudadanía durante el efecto de los fenómenos perturbadores. Cabe destacar que su actividad se desarrolla primordialmente mediante la prevención y educación de la ciudadanía en cómo enfrentar las catástrofes así de cómo actuar frente a ellas. Existen diferentes planes de acción ante diversos desastres naturales y estrategias a llevar a cabo previo, durante y posterior a los eventos. En torno a la inhabilitación de la vivienda o su destrucción completa, y también para evitar futuros decesos. En este sentido, las dependencias gubernamentales proponen albergues temporales a la ciudadanía para resguardarlos por un tiempo determinado. Estos lugares destinados a ser refugios temporales se determinan año con año según su infraestructura por protección civil del estado o las comandancias de cada municipio, ellos se aseguran de que sean lugares aptos para su utilización. Es importante destacar que los inmuebles destinados a este tipo de uso temporal no cuentan con la infraestructura necesaria para satisfacer las necesidades básicas de la ciudadanía, ni mucho menos con las condiciones dignas de una vivienda.

En Jalisco, debido a la alta sismicidad de la región se han desarrollado propuestas en torno a los refugios temporales que van desde propuestas conceptuales en vivienda emergente como lo es el caso de la investigación del PAP vivienda emergente a base de Bambú de [Serrano et al. \(2016\)](#). Existen también propuestas desarrolladas a base de madera, como lo es el concurso de vivienda sustentable de la Comisión Nacional Forestal, [CONAFOR \(2019\)](#). Aun así, ninguna de las presentes propuestas ha sido implementada en el campo.

### **3.5 Conclusiones**

Este capítulo muestra diferentes situaciones en torno al refugio post-desastre desde la perspectiva gubernamental, debido a que estos son los actores principales que se encargan de promover los planes de acción, la logística y los recursos. En este caso lo es Protección Civil, que si bien no cuenta con planes específicos en torno a vivienda temporal, realiza año con año diversas actividades como los son los simulacros. Además, promueve la concientización de la comunidad, la inspección de inmuebles y la identificación de riesgos potenciales para la población y sus asentamientos. Las actividades post-desastre que realiza protección civil resultan de gran ayuda a las comunidades afectadas mediante el resguardo

de estas. Aun así, se ha corroborado que esto no ha sido lo suficientemente bueno ni adecuado para personas que han perdido su vivienda. Tal es el caso de los hallazgos obtenidos en las entrevistas a personas damnificadas por el sismo del 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México. También se identificó por medio de revisión literaria que el problema se presentó en Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Morelos y Guerrero. Con cifras de aproximadamente 5,000 viviendas dañadas en la Ciudad de México, los recursos y el apoyo gubernamental no han sido suficientes ni han llegado a tiempo. Es por esto que las personas en situación de damnificados trabajan y generan sus propios refugios los cuales mejoran su calidad de vida y dignidad en una menor proporción a como lo haría una buena propuesta de vivienda emergente. Las personas afectadas viven en situaciones precarias mediante campamentos improvisados que no cuentan con los servicios ni mucho menos espacios dignos que les proporcionen seguridad, privacidad, salud ni un desarrollo resiliente óptimo.

#### 4.1 Introducción

Para poder generar algún tipo de plan de acción ante desastres es necesario conocer el entorno y saber cuál es el tipo de población, la cantidad, la infraestructura, así como las características físicas de la zona de estudio para poder determinar un camino idóneo al momento de actuar y poder generar un plan estratégico y práctico. Para ello se realiza un análisis de la vivienda en la localidad de Ciudad Guzmán, mediante observación directa para identificar los tipos de edificación existente en torno a la vivienda, tipo de materiales de su estructura. Además, mediante la toma de una muestra representativa determinar estadísticamente la situación y la posible vulnerabilidad de la población ante diferentes tipos de sismos que pudiesen afectar la región.

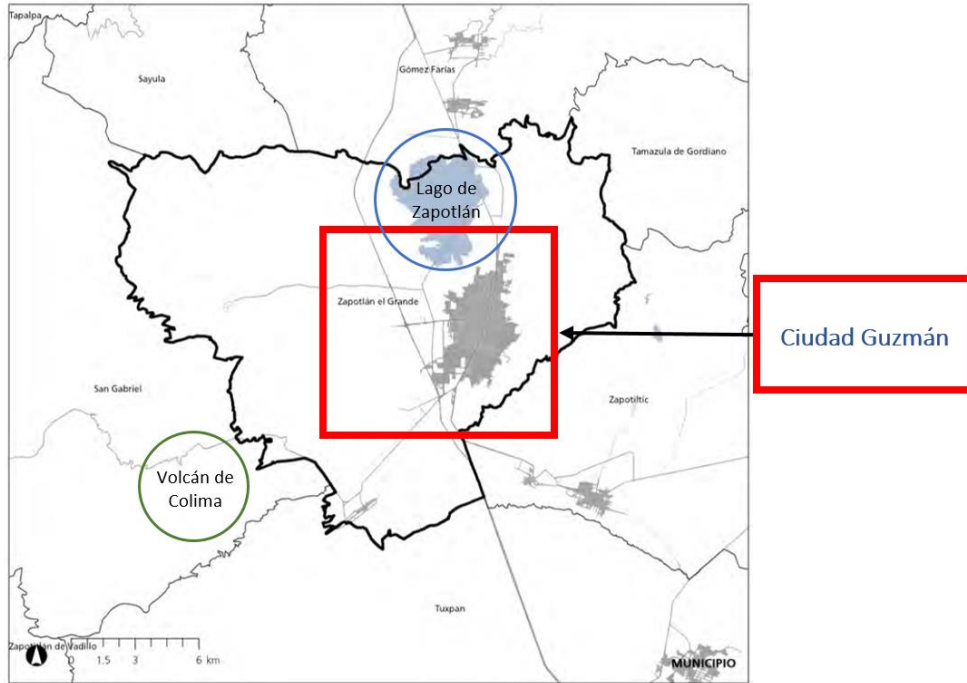
El análisis consiste en identificar las características de la vivienda y clasificarla en diferentes categorías para una mejor organización, con base en esto se definen los materiales utilizados, la estructura empleada, tiempos de construcción y estado de conservación de estas. Para mejorar la organización e identificación se realizó la subdivisión de la zona de estudio por cuadrantes y un área al centro delimitada como Centro Histórico, a partir de planimetría obtenida, ante organismos gubernamentales. A partir del plan anterior, se procedió a identificar la vivienda mediante observación directa, para reunir información suficiente se tomaron fotografías de algunas viviendas y se organizaron mediante la técnica implementada por [Zobin y Ventura \(2006\)](#) agregando parámetros más especializados para el objetivo de esta investigación.

#### 4.2 Delimitación del área de estudio y descripción de la problemática

Para fines de esta investigación se determinaron la zona de estudio dentro de la mancha urbana del municipio de Zapotlán el Grande en la cabecera Municipal que es Ciudad Guzmán, dentro del estado de Jalisco. Por ser la cabecera municipal la localidad donde se encuentra más del 95% de la población según datos de [INEGI 2010](#) se toma la mancha urbana como la zona de estudio (ver [Fig. 4.1](#)).

Ciudad Guzmán se localiza a 123 km al sur de Guadalajara a una altura de 1,507 metros sobre el nivel del mar, su territorio se caracteriza por ser un valle que cuenta con un lago

hacia el norte, su cercanía con la sierra al oriente y una importante cercanía con el volcán de Colima, el cual tiende a estar activo constantemente.



**Figura 4.1** Delimitación del municipio de Zapotlán el Grande y la mancha urbana de la cabecera municipal [ONU hábitat \(2016\)](#).

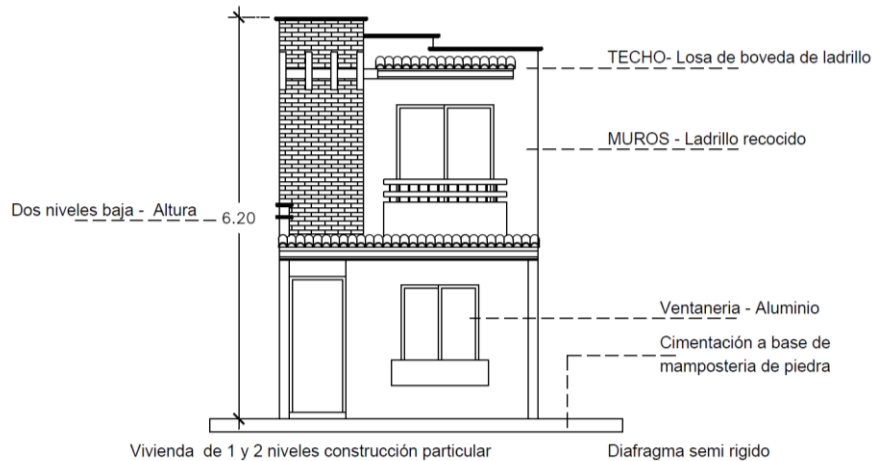
La zona de estudio mostrada en la [Figura 4.1](#) se ha seleccionado a partir de la vulnerabilidad que existe en la zona debido a que Ciudad Guzmán se encuentra en la zona “D” de alto riesgo sísmico lo cual resulta de suma importancia generar algún plan de acción ante un posible escenario de catástrofe y así actuar de manera eficaz al momento de abordar la situación.

### **4.3 Vulcanismo y caída de ceniza**

También se toma en cuenta otra amenaza en la localidad ya que se encuentra expuesta a los efectos causados por el volcán de Colima, el cual se encuentra a una distancia de 20 km en línea recta al centro de Ciudad Guzmán y ha estado activo desde hace 500 años siendo desde el año 2013 considerada su actividad como creciente por lo que es constantemente monitoreado. *“En 1913 se observó una explosión de gran magnitud la cual depositó por acción del viento ceniza en las faldas de este de casi un metro de espesor y hasta siete centímetros en Ciudad Guzmán”* (Watz, 1932), lo cual generó afectaciones en torno a las actividades cotidianas, además del colapso de techos de materiales de mala calidad, daños en suelos agrícolas, interrupción de servicios básicos, problemas a las vías respiratorias y visuales a la población y animales, indican los estudios de [Suarez y Saavedra \(S.F.\)](#).

### **4.4 Tipologías de viviendas en Ciudad Guzmán**

Se realizó un análisis de las principales tipologías de vivienda en Ciudad Guzmán, mediante observación directa. Se identificaron 5 tipos principales los cuales difieren en torno a tipo de construcción, antigüedad, materiales utilizados y tipo de estructura.



(a)

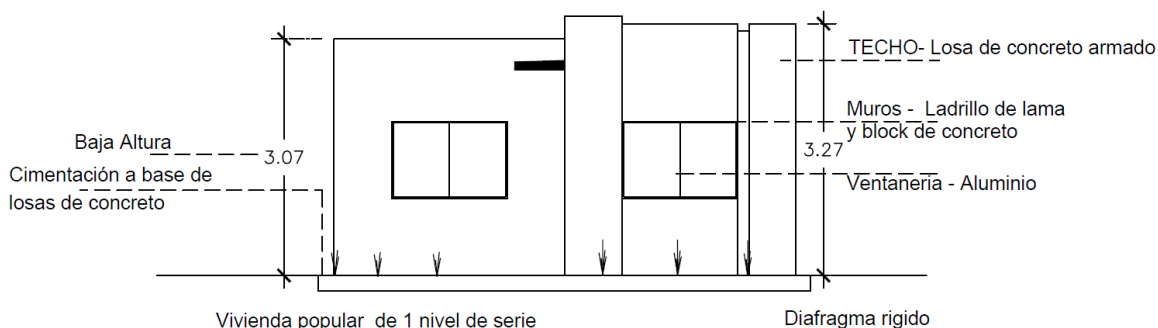


(b)

**Figura 4.2** Vivienda predominante tipo A: **(a)** Representación gráfica y **(b)** vivienda identificada.

Mediante observación directa se identificó como vivienda Tipo A, viviendas con una buena calidad en su construcción la cual está apegada a los lineamientos básicos de diseño sísmico que especifica el contar con elementos verticales y horizontales de confinamiento a una distancia óptima de 3 metros. Además, de que sus confinamientos deben estar conectados en todos sus sentidos y que sean de buena calidad en sus materiales y acabados, además de que su estado de conservación sea bueno como se muestra en la [Fig. 4.2a](#) un ejemplo tipo de este tipo de vivienda y en la [Fig. 4.2b](#) un ejemplo identificado dentro del cuadrante mencionado. Estas viviendas no sobrepasan los 20 años de antigüedad, varían en sus

dimensiones y en ocupación del suelo, así como de su altura la cual no sobrepasa los 2 niveles, siendo menor la cantidad de viviendas de 3 niveles o más de 9 metros.



(a)



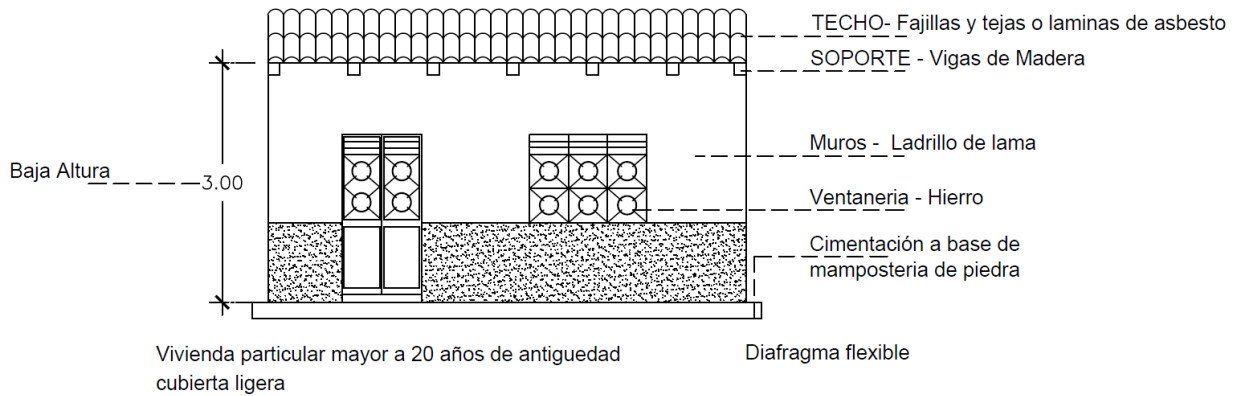
(b)

**Figura 4.3** Vivienda predominante Tipo B: (a) Representación gráfica y (b) Vivienda identificada.

Una de las tipologías identificadas en torno a vivienda en la zona de estudio gira sobre la vivienda social como se muestra en la [Figura 4.3b](#), la cual predomina importantemente, la cual no difiere en gran medida entre su construcción, debido a la implementación de sistemas constructivos como lo son las plataformas de mejoramiento del suelo, losas de cimentación y muros a base de block de concreto y ladrillo de lama (llamado también ladrillo de barro rojo recocido). La mayoría de estas viviendas cuenta con buen confinamiento estructural, apegado a los lineamientos técnicos, además de que por sus dimensiones las cuales rondan entre los 6 m de frente por 15 metros de fondo se les considera como buen armazón estructural [Fig. 4.3a](#). La desventaja de este tipo de vivienda gira sobre la calidad

de sus materiales tal es el caso del concreto armado el cual resulta ser con la menor cantidad de acero posible, para economizar las viviendas.

Para efectos de esta investigación se determina como Tipo B ya que cuenta con buena calidad en su edificación y en su mayoría un buen estado de conservación, además de que la infraestructura que se genera en los desarrollos es importantemente mejor que en muchas zonas de la ciudad.



(a)



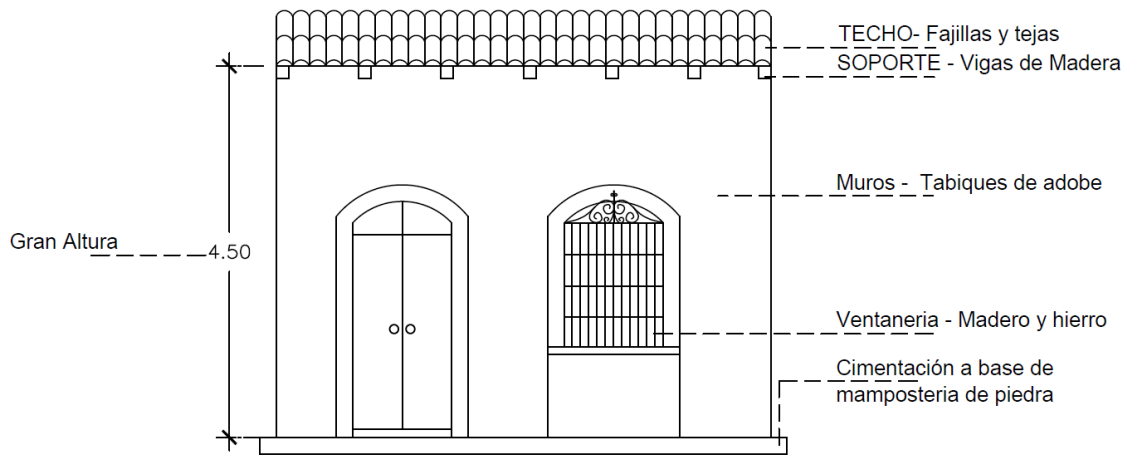
(b)

**Figura 4.4** Vivienda predominante Tipo C-1: (a) Representación gráfica y (b) Vivienda identificada.

Se identifica de igual manera una importante cantidad de viviendas con un alto grado de vulnerabilidad catalogadas como de Tipo C las cuales se categorizan en tres tipologías desde C-1 a C-3, La tipología mostrada en la parte superior se caracteriza por ser vivienda que supera los 20 años de antigüedad (ver Fig. 4.4b) y la cual no fue construida bajo

lineamientos técnicos que aseguren la durabilidad y un buen comportamiento físico ante fenómenos perturbadores, la [Figura 4.4a](#) representa la tipología gráfica.

Se identifica como vivienda social ya que diversos ejemplos encontrados principalmente en polígonos céntricos se encuentran edificadas en grupos de 5 o más y cuentan con las mismas características. Este tipo de vivienda se caracteriza por implementar un diafragma flexible en su estructura, debido a la cubierta ligera que presenta está constituida a base de vigería de madera y tejas de barro recocido. Muros conformados por ladrillos de lama recocido de gran dimensión (*e.g.* 20 a 30 cm) sin confinamientos verticales y horizontales de concreto reforzado, uniformes o apegados a las normas de diseño sísmico.



Vivienda particular mayor a 35 años de antigüedad  
cubierta ligera

Diafragma flexible

(a)

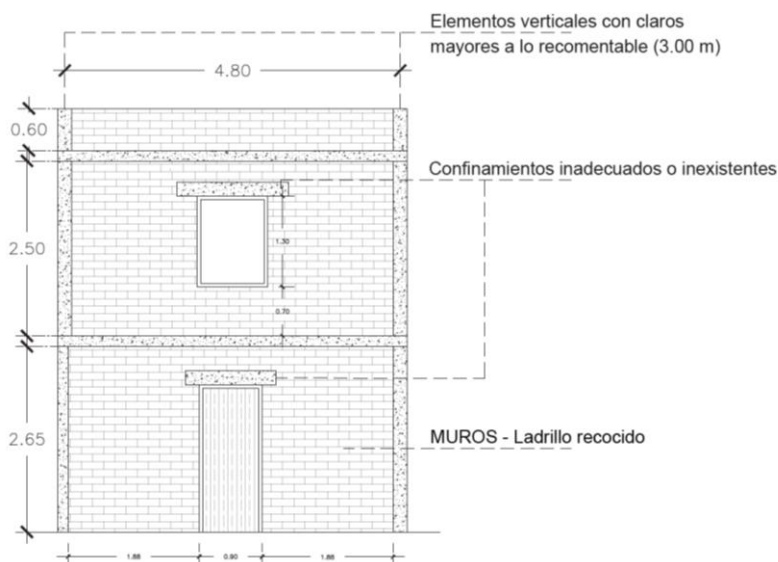


(b)

**Figura 4.5** Vivienda predominante Tipo C-2: (a) representación gráfica y (b) vivienda identificada.

La vivienda identificada como Tipo C-2 (ver [Fig. 4.5b](#)) resulta al igual que la Tipo C-1 de importante antigüedad rebasando hasta los 40 años desde su concepción. Estas viviendas de construcción particular cuentan con muros a base de mampostería de adobe con elementos estructurales de madera y confinamientos o materiales que no garantizan la rigidez estructural correcta de la misma, se esquematiza de manera general en la [Figura 4.5a](#).

Al igual que C-1, C-2 cuentan con cubiertas ligeras, sus muros de gran altura, así como vanos de grandes dimensiones. El estado de conservación de este tipo en su mayoría resulta ser inexistente, catalogando estas edificaciones con alto grado de vulnerabilidad debido al daño causado por los elementos naturales a lo largo del tiempo. Cabe señalar que esta tipología se puede localizar tanto en zonas como el centro histórico y en las periferias, sin mostrar un patrón continuo de desarrollo en su momento.



(a)

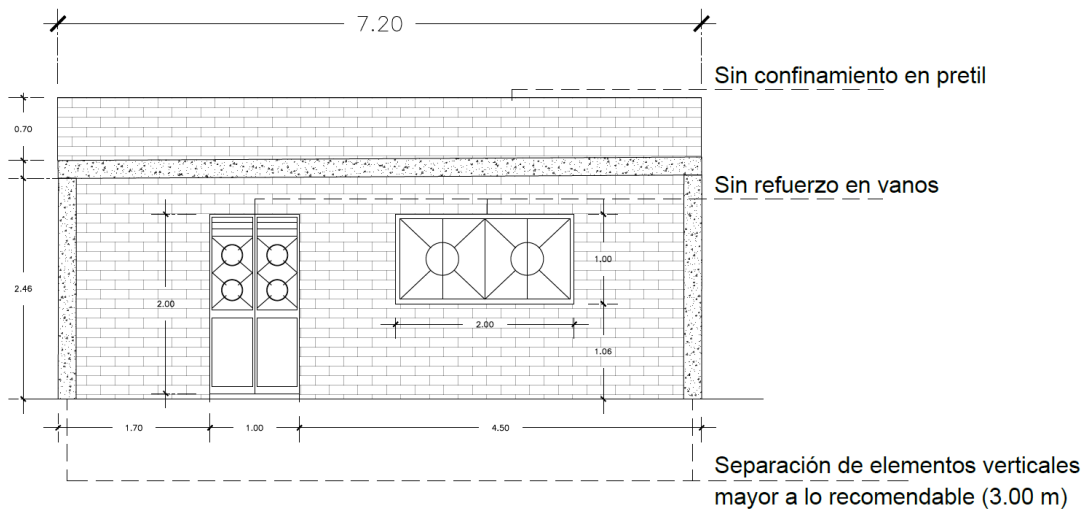


(b)

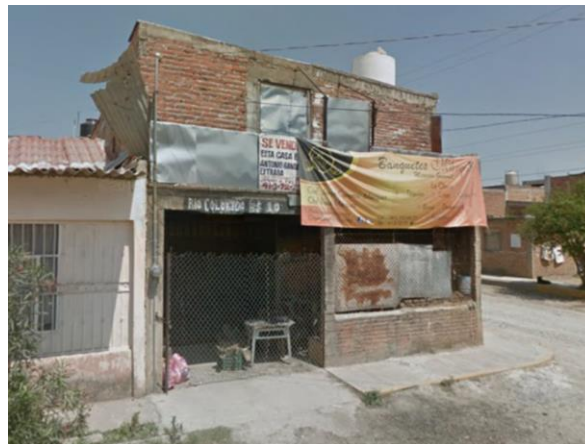
**Figura 4.6** Vivienda predominante Tipo C-3 con Mal confinamiento: **(a)** Representación gráfica **(b)** Vivienda identificada.

La vivienda catalogada como Tipo C-3 se caracteriza por ser de mala calidad debido la inadecuada distribución de sus elementos estructurales (ver Fig. 4.6a) los cuales no

cumplen con las normas básicas de diseño estructura o sísmico, cuentan con confinamientos mal elaborados o a veces inexistentes, que, en lugar de mejorar la resistencia, generan otro tipo de problemáticas (ver Fig. 4.6b) vivienda identificada con bajos estándares constructivos. Este tipo de edificaciones se concentra principalmente en colonias de las periferias donde no se ha llevado a cabo un desarrollo urbano adecuado y donde prolifera la autoconstrucción y la falta de infraestructura urbana.



(a)



(b)

**Figura 4.7** Vivienda predominante Tipo C-3: (a) Representación gráfica (b) vivienda identificada.

El tipo C-4 al igual que la tipología anterior (Tipo C-3) cuentan con las mismas características, pero a mayor grado en C-4 ya que no cuenta con refuerzos sobre sus vanos y los elementos de confinamiento sobrepasan los claros permisibles (ver Fig. 4.7a), la calidad de los materiales resulta ser baja sin tomar aspectos técnicos, las dimensiones de las viviendas y

sus espacios no cuentan con los requerimientos mínimos de calidad interior ni de confort. Se localizan de igual manera en las periferias de la mancha urbana como se puede observar un ejemplo en la [Figura 4.7b](#).

#### 4.5 Caracterización de la vivienda

A partir de la observación directa se identifican cuatro tipologías predominantes en la zona de estudio. Se clasifican mediante la metodología propuesta por [Zobin y Ventura \(2006\)](#) en tres tipos según sus características físicas y estructurales, los cuales se consideran en términos de calidad de su edificación, como buena, intermedia y mala.

Según la clasificación utilizada y para efectos de esta investigación se toma como ejemplo para caracterizar los tipos de vivienda en tres tipologías principales y tres subgéneros del tercer tipo a continuación.

- **Tipo A**, de buena calidad. Los edificios están diseñados con elementos adecuados ante comportamiento durante sismos. Las columnas se instalan a lo largo de los muros en una distancia de dos metros en la esquina de la construcción.
- **Tipo B**, calidad intermedia. Las edificaciones no están diseñadas para resistir sismos, los muros tienen elementos resistentes solo en las esquinas.
- **Tipo C**, mala calidad. Antiguas construcciones hechas de adobe y ceniza volcánica, y no hay elementos resistentes en términos generales, para una especificación más amplia en este tipo más complejo, se divide en tres subgéneros.
  - **C-1** Vivienda con antigüedad mayor a 20 años, diafragma flexible, cubierta ligera, muros de ladrillo sin confinamientos verticales u horizontales.
  - **C-2** Vivienda con antigüedad mayor a 50 años, diafragma flexible, muros de adobe y cubierta ligera.
  - **C-3** Vivienda de antigüedad menor a 20 años, a base de ladrillo, con mala distribución en sus elementos estructurales y confinamientos inadecuados o inexistentes.

A partir de la clasificación anterior, se procedió a delimitar la zona de estudio por la mancha urbana de Ciudad Guzmán, sobre planimetría proporcionada por el departamento de obras públicas del municipio, el cual considera el plan parcial de desarrollo urbano y otro con la división de predios regularizados por las instituciones correspondientes.

Se delimita el área de estudio en cuatro cuadrantes que abarcan aproximadamente una cuarta parte del territorio, y entre ellos se toma en cuenta la delimitación del centro histórico, el cual cuenta con características particulares en torno a la edificación y la restricción en construcciones, tal como se muestra en la [Figura 4.8](#). El área de estudio delimitada por la poli-línea verde cuenta con aproximadamente 1,750 hectáreas, lo cual se define como el 100% del área a estudiar.

#### **4.6 Subdivisión de cuadrantes**

Para poder organizar de una manera práctica la zona de estudio se realizó una subdivisión por medio de cuadrantes e identificación del centro histórico. En cada cuadrante se seleccionaron por sus características en torno a la vivienda cuatro manzanas que representen cada cuadrante, en total 16 más otras dos manzanas representativas en el polígono del centro histórico. Como se muestra en las [Figuras 4.8 - 12](#) las cuales muestran el polígono en línea verde y su ubicación dentro del plano a estudiar.

La mayoría del territorio ubicado dentro de la zona de estudio cuenta con características en su suelo de tipo Feozem (tipo de suelo con una marcada acumulación de materia orgánica) el cual cubre la mayor parte del valle alrededor del lago, caracterizándose por ser un suelo rico en materia orgánica y nutrientes, los cuales determinan el uso agrícola que se le da a los alrededores de la cabecera municipal.

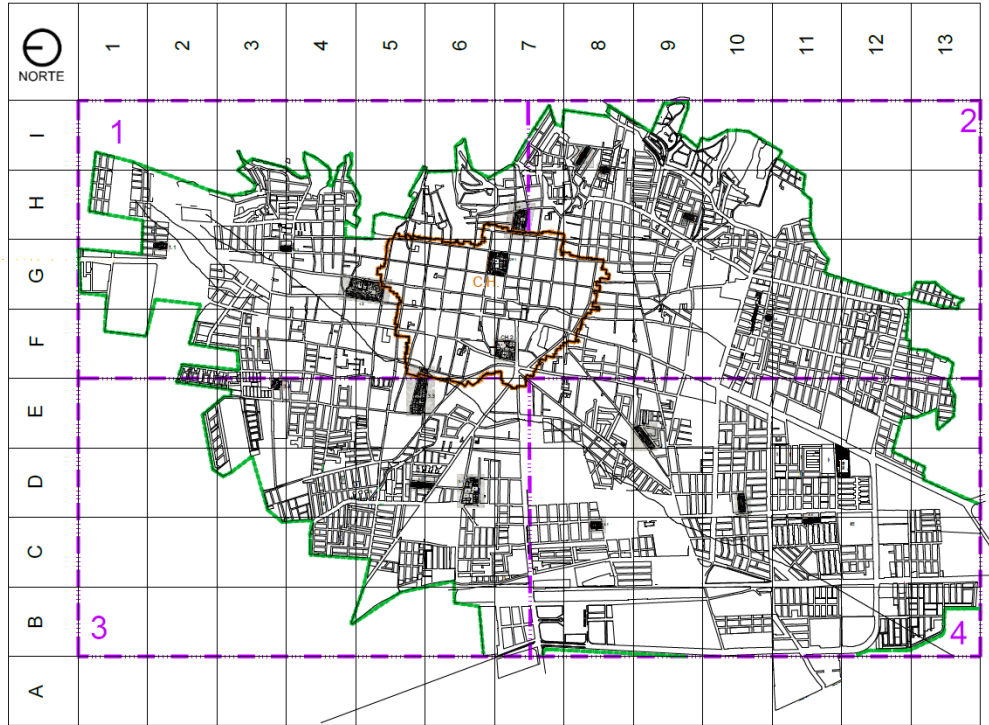


Figura 4.8 Delimitación del área de estudio (Verde) Cuadrantes (Magenta) Centro Histórico (Café).

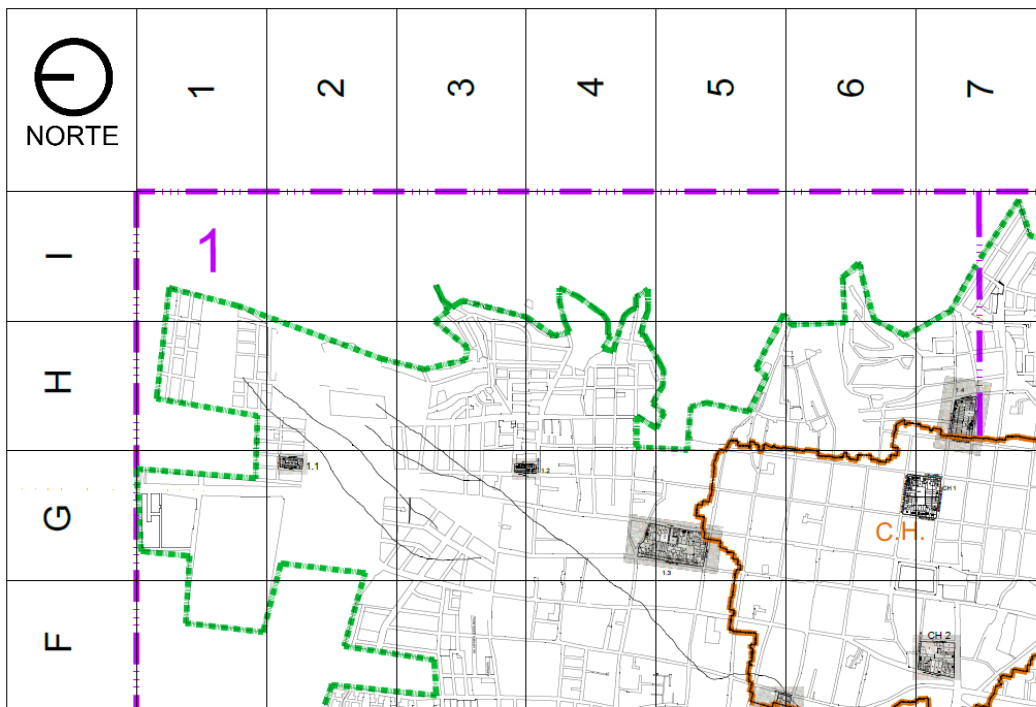
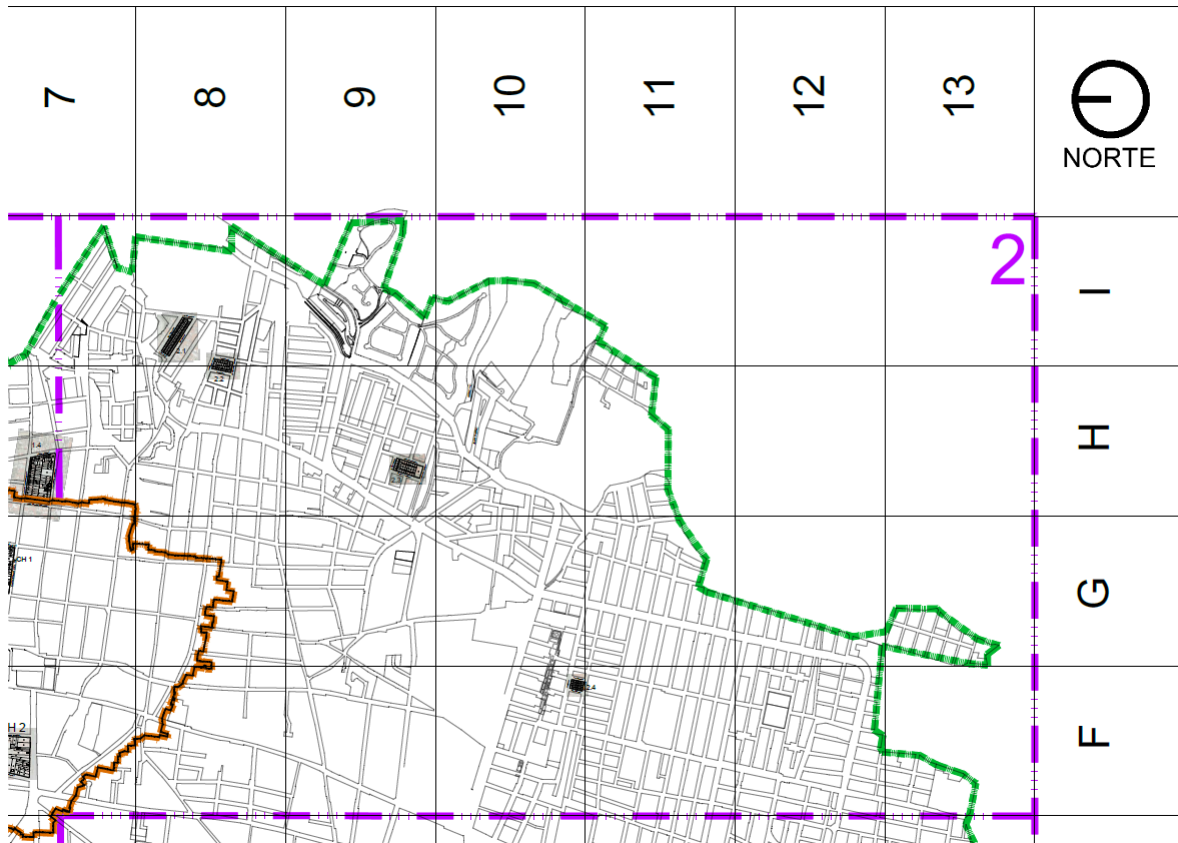


Figura 4.9 Delimitación del cuadrante 1 al NO, línea verde.

El cuadrante 1 se conforma por la parte noreste de la zona de estudio, en esta zona se observan diferentes tipos de edificación y una tendencia al desarrollo urbano muy desorganizado, debido que la mayoría de esas tierras han sido utilizadas para la siembra, además de que se han ido comercializando muy lentamente por lo que hay colonias que todavía no cuentan con servicios de agua potable y drenaje. Esta zona cuenta con una superficie aproximada de 313.12 hectáreas que contempla el 17.89% de la superficie del área total de estudio. Esta zona se caracteriza principalmente por contener predios donde predomina el uso habitacional, con una buena diversidad de comercio de pequeña escala y un importante número de centros educativos, como el Centro Universitario del Sur, Centro Bachillerato, preparatoria, secundarias, un hospital general del IMSS, así como la más importante unidad deportiva en conjunto con un centro de espectáculos.

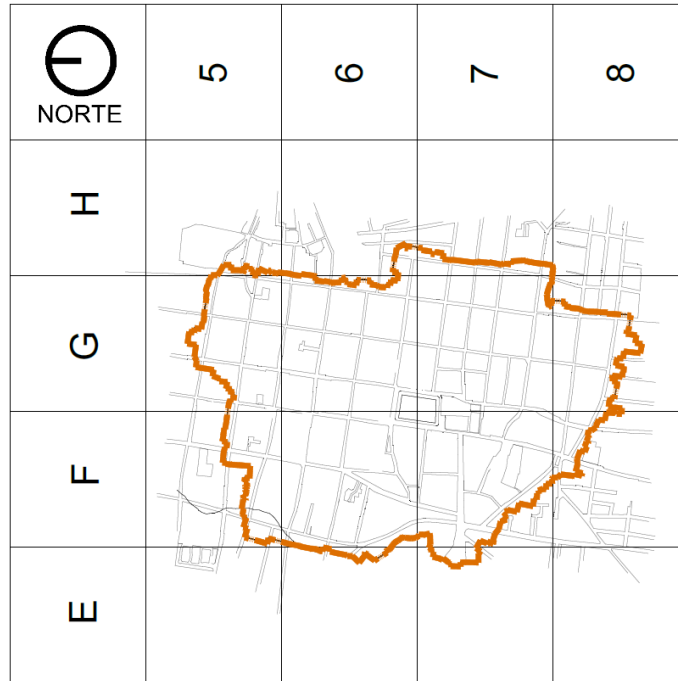
El suelo predominante en la zona resulta ser de buena calidad hacia el oriente, en las cercanías a la falda de la sierra del tigre la cual resulta ser el límite de la urbanización, del mismo modo hacia el poniente el suelo no resulta muy pertinente para la edificación por su cercanía al cuerpo de agua “Lago de Zapotlán” la cual cuenta con 1800 hectáreas, lugar donde se generan hundimientos debido a la saturación de agua en el suelo, más específicamente en la colonia “Mansiones del Real”. También cabe señalar la importante presencia de la falla geológica que atraviesa toda la cabecera municipal culminando en dicho cuadrante (ver [Fig. 4.9](#)).



**Figura 4.10** Delimitación del cuadrante 2 hacia el Sur Oriente de la zona de estudio (Línea verde).

El cuadrante 2 (Fig. 4.10) se ubica al sur este dentro de la zona de estudio, este se identifica por ser la segunda zona más desarrollada de Ciudad Guzmán que al igual que el cuadrante numero 1 está delimitado por cadenas montañosas hacia el este y hacia el sur. La superficie por estudiar es de aproximadamente 387.21 hectáreas lo cual representa el 22.12 % del territorio a estudiar. Esta zona se caracteriza por un desarrollo más organizado, el cual desde su traza se contempla una aplicación de planes de desarrollo adecuados, así como la lotificación de las colonias, al igual que el cuadrante 1 los desarrollos en los lugares más alejados tienden a ser menos organizado y donde se realizan edificaciones de menor calidad, tal es el caso de autoconstrucción.

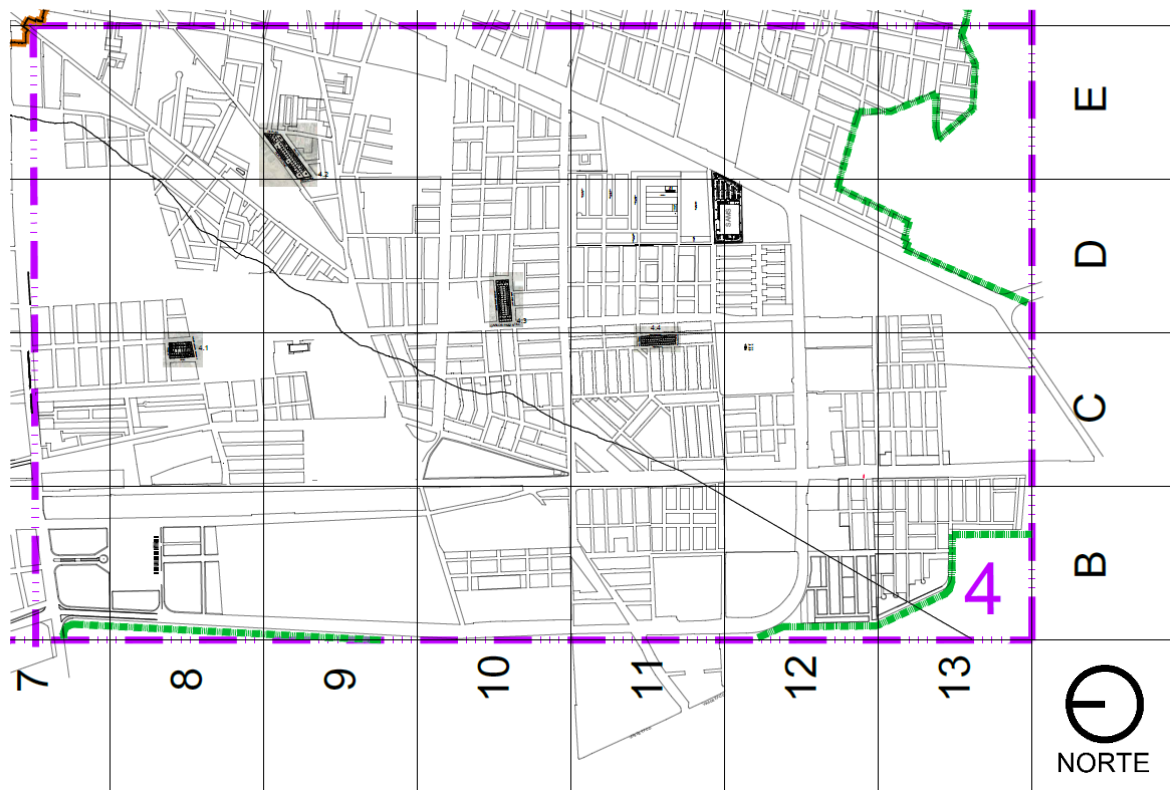
El suelo en esta zona resulta ser mejor que el anterior debido a su lejanía con el cuerpo de agua y su cercanía a la sierra, donde también resulta ser limitante mas no total, ya que la urbanización toma lugar en partes altas de las faldas de la sierra.



**Figura 4.11** Delimitación del polígono de centro histórico, determinado por el departamento de ordenamiento territorial del Municipio de Zapotlán el Grande.

El polígono delimitado como Centro histórico (Fig. 4.11) se localiza alrededor del mismo, definido por el ayuntamiento, este polígono cuenta con características especiales debido a su limitado desarrollo en torno a construcción resultado de la aplicación de un reglamento especializado para centros históricos, en torno a esto las viviendas y edificaciones dentro de esta zona cuentan con una antigüedad importante que va desde los 100 años. En esta zona se seleccionaron 2 manzanas de mayores dimensiones y las cuales representan el total de edificaciones. El polígono del Centro histórico cuenta con una superficie 135.21 hectáreas que representa el 7.72 % de la superficie de la zona de estudio, esta zona se desarrolla rodeando el centro histórico que cuenta con gran cantidad de edificaciones antiguas entre ellas iglesias, edificios de gobierno, escuelas, viviendas y hasta ruinas sin uso alguno.





**Figura 4.13** Delimitación del Cuadrante 4 (línea verde) al SP de la zona de estudio.

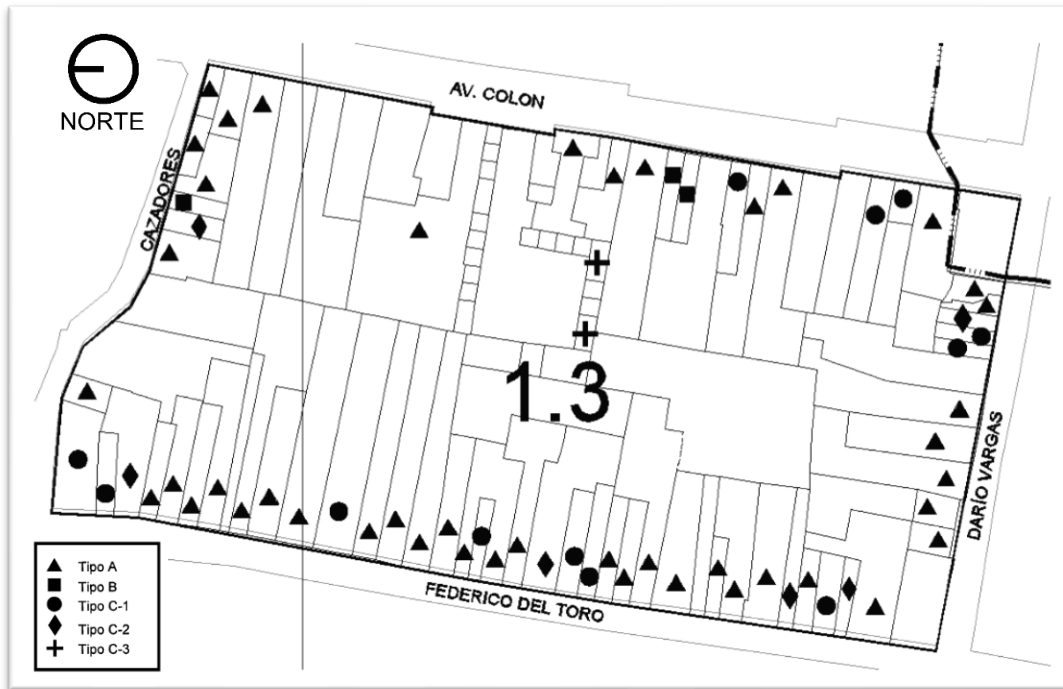
El cuadrante 4 se localiza en la parte suroeste de la zona de estudio (Fig. 4.13), se caracteriza por concentrar la mayor parte de desarrollo urbano en la región, cuenta con una superficie aproximada de 602.46 hectáreas que representan el 34.42 % de la zona de estudio. El desarrollo de esta zona se ha debido a la buena calidad de sus suelos además de que los planes de desarrollo urbano lo han gestionado de manera importante. En este cuadrante se identifica la mayoría de los desarrollos habitacionales de tipo social además de un importante movimiento de industria por su cercanía al libramiento “Periférico sur” que conecta la salida sur de Ciudad Guzmán y la salida oeste hacia la autopista “Guadalajara – Colima” además que cuenta con importantes vialidades que facilitan la conexión de los desarrollos habitacionales con la infraestructura pública y zonas comerciales de gran importancia no solo para la ciudad si no para la región.

#### 4.7 Manzanas bajo estudio y clasificación de viviendas

Como siguiente paso mediante observación directa se procedió a verificar las viviendas, para realizar un levantamiento fotográfico el cual plasme una idea de la edificación en Ciudad Guzmán. Después se procede a clasificar los tipos de vivienda para organizarlos en la [Tabla 4.1](#) Se contabilizaron 681 viviendas las cuales representan un 2.81% del total según [INEGI \(2010\)](#). De las cuales la gran mayoría tiene buena calidad aproximadamente el 70 % e identificándose las viviendas más vulnerables en los Tipos C que representan en total el 14.7 % de la muestra analizada.

**Tabla 4.1** Clasificación por tipología de edificación dividida en cuatro cuadrantes y la zona de centro histórico donde se muestran las manzanas enumeradas y la cantidad de predios existentes, el tipo de vivienda, así como la población existente en cada una.

<i>Tipos de viviendas</i>									<i>Población por Manzana</i>	<i>Habitantes promedio por manzana</i>
			<i>Calidad de vivienda</i>							
<i>Zona/Cuadrante</i>	<i>Nombre de manzana</i>	<i>No. De predios</i>	<i>Número de viviendas</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C-1</i>	<i>C-2</i>	<i>C-3</i>		
<b>Centro Histórico</b>	CH-1	62	<b>81</b>	63	16	1	1	0	<b>236</b>	3.1
	CH-2	38	<b>12</b>	6	5	1	0	0	<b>44</b>	2.9
<b>1</b>	1.1	25	<b>24</b>	22	2	0	0	0	<b>58</b>	3.6
	1.2	23	<b>23</b>	18	4	1	0	0	<b>101</b>	4.2
	1.3	107	<b>62</b>	42	5	11	4	0	<b>204</b>	3.4
	1.4	60	<b>58</b>	25	9	20	3	1	<b>181</b>	3
<b>2</b>	2.1	45	<b>44</b>	44	0	0	0	0	<b>166</b>	4
	2.1	20	<b>20</b>	20	0	0	0	0	<b>71</b>	3.6
	2.3	21	<b>20</b>	20	0	0	0	0	<b>57</b>	3.2
	2.4	32	<b>23</b>	14	6	3	1	0	<b>64</b>	3.8
<b>3</b>	3.1	45	<b>40</b>	20	12	6	1	1	<b>179</b>	3.8
	3.2	68	<b>66</b>	58	8	0	0	0	<b>153</b>	3.4
	3.3	102	<b>98</b>	29	29	36	2	2	<b>349</b>	3.6
	3.4	14	<b>12</b>	12	0	0	0	0	<b>23</b>	3.8
<b>4</b>	4.1	30	<b>32</b>	19	8	2	1	2	<b>86</b>	3.5
	4.2	36	<b>34</b>	33	1	0	1	0	<b>122</b>	4
	4.3	38	<b>41</b>	33	4	0	0	4	<b>155</b>	4.7
	4.4	34	<b>22</b>	3	9	0	0	10	<b>120</b>	5.2
<b>Totales</b>		<b>800</b>	<b>712</b>	<b>481</b>	<b>118</b>	<b>81</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>2369</b>	
<b>Porcentajes</b>			<b>100%</b>	<b>67%</b>	<b>17%</b>	<b>11%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>	<b>2.42%</b>	
<i>Viviendas INEGI 2010</i>		<b>24733</b>	<b>2.79%</b>	<b>1.94%</b>	<b>0.47%</b>	<b>0.32%</b>	<b>0.056%</b>	<b>0.080%</b>		
<i>Población INEGI 2010</i>	97,750									



(a)



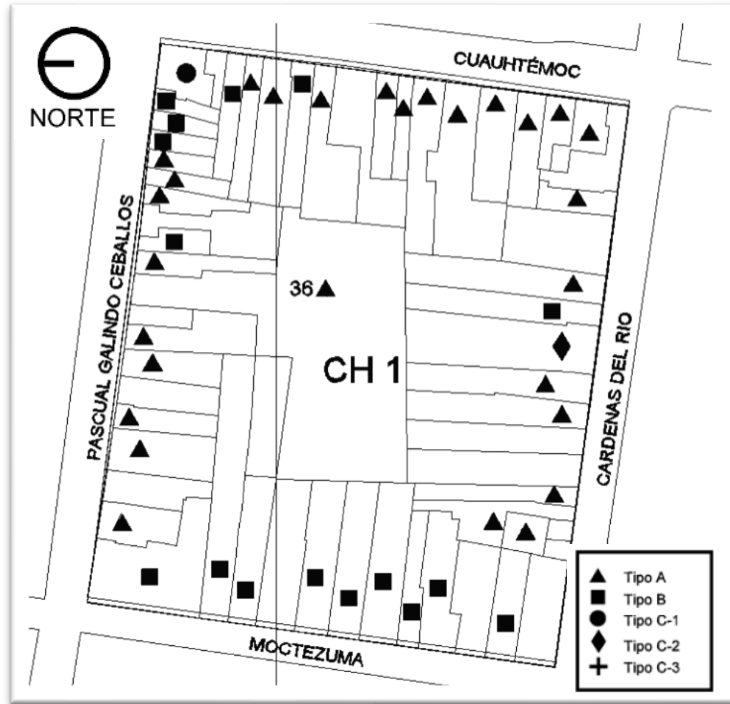
(b)



(c)

**Figura 4.14** Manzana 1.3 Dentro de cuadrante 1: **(a)** Representación gráfica, **(b)** y **(c)** Vivienda identificada en dicha manzana TIPO C-1.

En la manzana denominada 1.3 (Fig. 4.14a) se pueden contemplar una buena diversidad de tipologías que van desde las de buena calidad hasta calidad mala (ver Figs. 4.14b y c) o C2. Se seleccionó esta manzana por ser una de las de mayores dimensiones, así como su diversidad, además que la mayoría de los predios son de uso habitacional y una minoría comercial. También se encuentra en una zona relativamente céntrica ya que limita con el polígono denominado centro histórico.



(a)



(b)

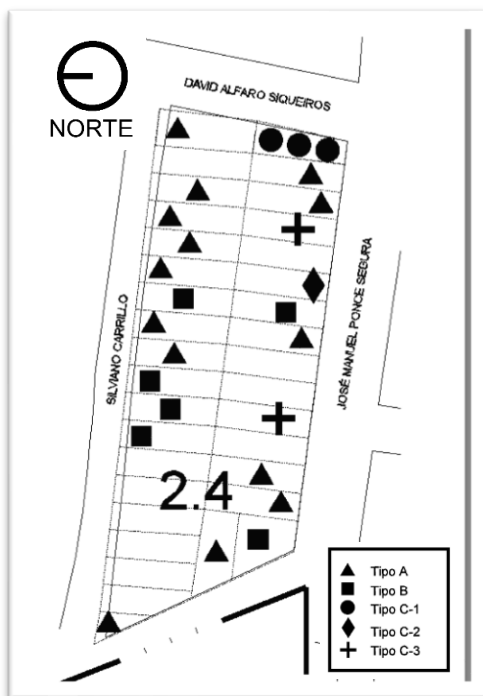


(c)

**Figura 4.15** Manzana CH-1 En el polígono de centro histórico: (a) Representación gráfica, (b) y (c) Vivienda identificada.

La manzana CH-1 (Fig. 4.15a) es una de las seleccionadas dentro del polígono del centro histórico, el cual cuenta con un total de 81 viviendas entre las cuales se identifican edificaciones de buena calidad, calidad intermedia y de baja calidad tipo C-1 y C-2 (ver Figs. 4.15b y c). En el polígono CH-1 predomina en su mayoría edificaciones con uso habitacional

y comercial (los predios que no están marcados). Esta manzana cuenta con un conjunto habitacional de densidad alta con ingreso por la vialidad Pascual Galindo Ceballos donde se encuentran 36 departamentos de mismas características con buena calidad en su edificación.



(a)



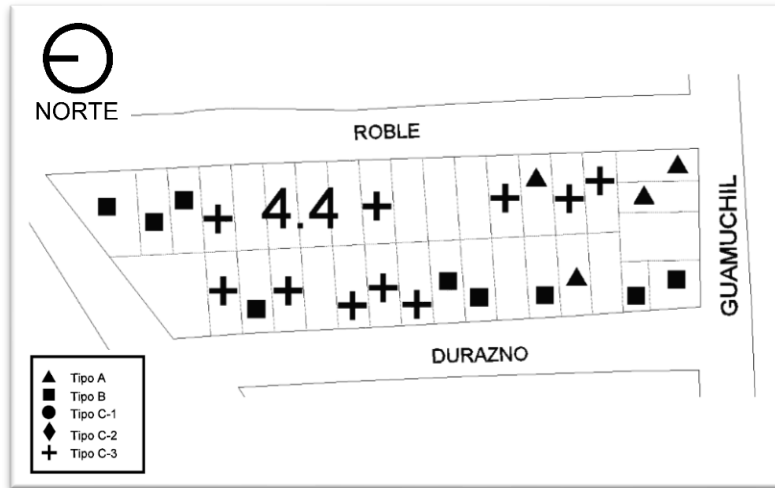
(b)



(c)

**Figura 4.16** Manzana 2.4 en cuadrante 2: (a) Representación gráfica de la manzana, (b) y (c) Vivienda identificada en dicha manzana de tipo C-3.

El cuadrante número 2 (Fig. 4.16a) se caracteriza por ser una de las principales zonas de desarrollo de la ciudad en torno a vivienda, ya que cuenta con un número considerable de desarrollos habitacionales en serie de tipo popular, así como desarrollos habitacionales de nivel medio y densidades bajas. Por esta misma tendencia hacia un desarrollo organizado la cantidad de edificaciones de baja calidad es relativamente menor, comparada con los demás cuadrantes como se puede observar en las Figuras 4.16b y c, las edificaciones de mala calidad constructiva predominan en la zona.



(a)



(b)



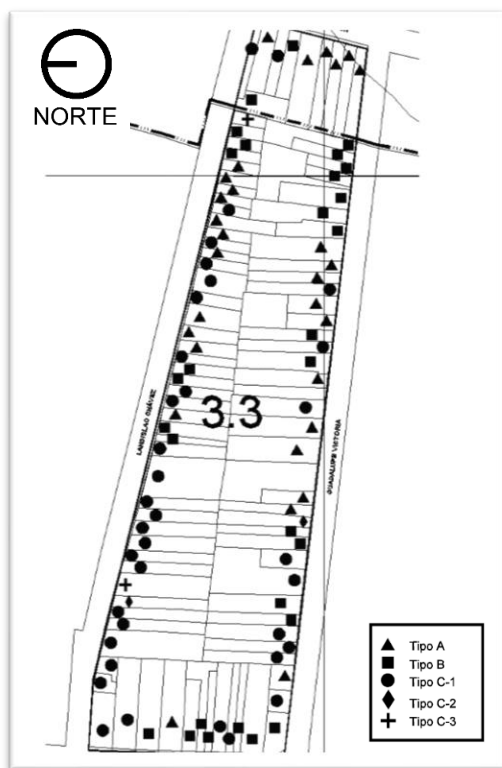
(c)

**Figura 4.17** Manzana 4.4 en cuadrante 4: (a) representación gráfica de la manzana, (b) y (c) Vivienda identificada en dicha manzana de tipo C-3.

La manzana 4.4 ubicada en el cuadrante 4 (Fig. 4.17a) se caracteriza por localizarse a en las periferias de la mancha urbana donde existe un resago importante en infraestructura y

servicios. La vivienda predominante es el tipo C y B que son edificaciones de calidad intermedia y de mala, donde la gran mayoría resulta ser de autoconstrucción sin los mínimos requerimientos estructurales para garantizar un correcto comportamiento sísmico (ver Figs. 4.17b y c).

Se observa una cantidad importante de viviendas de materiales como ladrillo y castillos de concreto con cubiertas flexibles, ya sea de lámina o de vigas de madera y tejas, los cuales los vuelve vulnerables a acumulación de materiales como la ceniza volcánica.



(a)



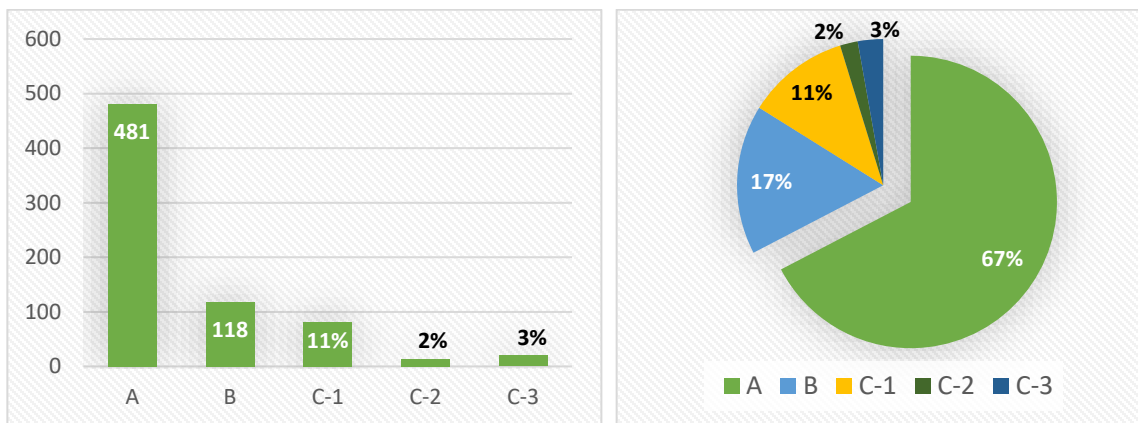
(b)



(c)

Figura 4.18 Manzana 3.3: (a) Representación gráfica, (b) y (c) Vivienda identificada.

En el cuadrante 3 de la [Figura 4.18a](#), al igual que las anteriores se identificó una gran variedad de viviendas dentro del catálogo propuesto en este trabajo. Entre ellas se identificaron viviendas de tipo A, B y C en todas sus variaciones, en menor proporción comparada con otras manzanas de la periferia, pero aun así con un importante valor, ya que esta manzana se encuentra en una zona relativamente céntrica dentro de la mancha urbana. En las [Figuras 4.18b](#) y [c](#) se muestran las tipologías identificadas.



**Figura 4.19** Resultados de la contabilización de viviendas por tipo.

Según los resultados obtenidos mediante la observación directa de 18 manzanas en las cuales se caracterizaron un total de 690 viviendas (ver [Fig. 4.19](#)) que equivalen a un 2.79 % del total según el censo de [INEGI 2010](#), se identificaron un total de 481 unidades que equivale al 67 % como viviendas Tipo A las cuales presentan una calidad constructiva buena, como se ha explicado anteriormente, después se identificaron como Tipo B un total de 118 viviendas que equivalen al 17 % del total analizadas con calidad constructiva intermedia. Pasando a la tipología con mayor grado de vulnerabilidad que es el Tipo C el cual se subdivide en 3 categorías C-1, C-2 y C-3 se identificó un número menor considerable de viviendas aun así con una importancia significativa comparándola con el total de viviendas en la región con un 16% del total de viviendas analizadas.

## 4.8 Conclusiones

El análisis anterior ha determinado ciertas tendencias de cómo se construye en Ciudad Guzmán a lo largo de los años, desde el centro histórico el cual resulta ser una zona reservada y limitada en cuanto a nuevas edificaciones y remodelaciones menores, donde prevalecen construcciones antiguas sin aparentes refuerzos pertinentes ante actividad sísmica. La tendencia más importante es hacia la vivienda horizontal, mostrando cifras de hasta 800 viviendas construidas al año, desde nivel residencial, popular y de autoconstrucción. Este crecimiento ha marcado el aprovechamiento de predios dentro la mancha urbana y la mayoría en las periferias, donde existe menor cantidad de infraestructura y servicios, lo cual genera edificaciones menor calidad constructiva.

Existe una clara composición de la edificación en la zona de estudio la cual inicia a partir del centro histórico con una tendencia conservadora hacia la construcción de nueva creación limitándose a la remodelación de fincas existentes de antigua concepción. Esta tendencia se va disolviendo en dirección a los límites de la mancha urbana donde prolifera una importante cantidad de vivienda antigua, de mediana edad, así como vivienda de reciente construcción. Uno de los hallazgos más importantes se centra en la proliferación de viviendas con bajos estándares constructivos, lo cual para fines de este trabajo resultan ser el foco de atención y el objetivo de identificación para un posible escenario ante un fenómeno sísmico.

El presente trabajo busca interpretar el panorama general en torno a cómo se ha construido la vivienda en Ciudad Guzmán, lo cual a grandes rasgos se traduce a una clara tendencia a la construcción de buena calidad, como es de esperarse, aun así, el rezago económico, cultural y económico resulta para ciertos habitantes una dificultad en como edifican su hábitat. A primera impresión es evidente la falta de infraestructura en ciertos barrios en la ciudad ya que estas zonas se encuentran muchas veces aisladas y otras no tanto.

La tendencia que se observa es la falta de edificación con estándares mínimos entorno a la estructura, sobre todo debido a la ubicación de la ciudad y su cercanía a la amenaza volcánica y diversos peligros derivados a este. Los resultados del pretenden generar un posible escenario ante una amenaza natural, lo cual servirá para generar estrategias y soluciones anticipadas para cubrir las necesidades de una posible afectación en la zona, trabajo mostrado en los próximos capítulos.

#### 5.1 introducción

El presente capítulo muestra una serie de posibles escenarios de daño sísmico y por cenizas volcánicas en Ciudad Guzmán. Los diferentes escenarios se desarrollan a partir de la clasificación y caracterización de la vivienda existente en la región que se presentó en el [Capítulo 4](#) y para ceniza volcánica en el presente. Con base en las aproximaciones numéricas obtenidas, se simula una serie de posibles escenarios en los que la comunidad pudiera verse afectada en torno a la estructura de las viviendas existentes más vulnerables, como se han presentado en el capítulo anterior. En este análisis se presentan tres posibles escenarios en torno a sismos de cierta intensidad relacionados directamente con las cantidades de vivienda que podrían afectar. Además, se presenta un cuarto escenario para mostrar la vulnerabilidad de la vivienda con cubierta ligera en la región la cual se vería afectada con la ocurrencia de un evento históricamente posible de caída de ceniza.

#### 5.2 Delimitación del área de estudio y la problemática

En este apartado se retoma la delimitación del área de estudio del [Capítulo 4](#) en donde se realiza la caracterización de la vivienda en Ciudad Guzmán mediante observación directa y trabajo de campo. El resultado fue una serie de datos en los que se representa la cantidad aproximada de viviendas de diferentes tipologías existentes en la zona de estudio, las cuales son A, B, C-1, C-2 y C-3. Las primeras dos categorías (*i.e.* A y B) corresponden a vivienda de buena calidad, intermedia y baja. La última categoría C tiene tres características diferentes (*i.e.* C-1-3) (ver [Capítulo 4](#)). En consecuencia, se obtuvo una serie de resultados que evidencian la cantidad de viviendas por zonas y su tipología. Posteriormente en el presente capítulo se reúne la información anterior para determinar el número de viviendas, su vulnerabilidad y posibles afectaciones ante un sismo de ciertas características y por efecto de caída de cenizas volcánicas.

En esta caracterización se subdividió la zona de estudio en segmentos llamados cuadrantes y un polígono central determinado por el centro histórico definido por el plan parcial del ayuntamiento de Ciudad Guzmán. La zona de estudio está delimitada por la mancha urbana






de Ciudad Guzmán (ver [Capítulo 4](#) y [Fig. 4.8](#)), con ello se determinó la cantidad de viviendas que son vulnerables mediante una caracterización basada en los trabajos de [Zobin y Ventura \(2006\)](#) y [Preciado et al. \(2015a-b\)](#). Estas metodologías toman diferentes manzanas como muestra para caracterizar la vivienda existente con respecto a sus características/materiales del sistema resistente vertical (*i.e.* muros) y horizontal (*i.e.* cubierta), así como el nivel de diseño sísmico y estado de conservación.

### **5.3 Tipologías y características físicas de la vivienda en Ciudad Guzmán**

Mediante la observación y análisis de la forma constructiva de las viviendas observadas, se encontró que el tipo C cuenta con un mayor grado de vulnerabilidad estructural y características parecidas. Se identificó un diferenciador importante en torno a su nivel de conservación, materiales y tipo de construcción, en este caso autoconstrucción y construcción particular. La presente caracterización reunió las características clave de cada tipo de vivienda existente en la zona de estudio la cual se muestra de forma resumida en la [Tabla 5.1](#). Para entender las tipologías de vivienda se mencionan las viviendas particulares, las cuales fueron construidas ya sea por un arquitecto o autoconstruidas y las viviendas de tipo popular, las cuales fueron construidas por una inmobiliaria o empresa constructora en serie.

Las características observadas en cada tipo de vivienda se catalogaron en cinco temáticas principales las cuales corresponden a la cimentación (CIM), sistema resistente vertical (SRV), sistema resistente horizontal (SRH), estado de conservación (EC) y diseño apegado a normas de grado sísmico (DS).

**Tabla 5.1** Resumen de caracterización de la vivienda en Ciudad Guzmán (ver [Capítulo 4](#)).

Tipo	Características	Vivienda identificada
A	<b><i>Vivienda de construcción particular</i></b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CIM:</b> Mampostería de piedra volcánica</li> <li>• <b>SRV:</b> Mampostería de ladrillo rojo bien confinada</li> <li>• <b>SRH:</b> Losas de concreto macizo</li> <li>• <b>EC:</b> Bueno y muy bueno</li> <li>• <b>DS:</b> Diseñadas con lineamientos sísmicos</li> </ul>	
B	<b><i>Vivienda popular construida en serie</i></b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CIM:</b> Losas de cimentación</li> <li>• <b>SRV:</b> Mampostería de ladrillo rojo bien confinada</li> <li>• <b>SRH:</b> Losas de concreto macizo</li> <li>• <b>EC:</b> Bueno</li> <li>• <b>DS:</b> Diseñadas con lineamientos sísmicos básicos</li> </ul>	
C	<b><i>Vivienda particular que supera los 20 años de antigüedad</i></b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CIM:</b> Corrida de piedra volcánica</li> <li>• <b>SRV:</b> Mampostería de ladrillo rojo mal confinada</li> <li>• <b>SRH:</b> Cubierta ligera de madera y tejas de barro o lamina</li> <li>• <b>EC:</b> Malo</li> <li>• <b>DS:</b> Inexistente</li> </ul>	
	<b><i>Vivienda particular que supera los 40 años de antigüedad</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CIM:</b> Corrida de piedra volcánica</li> <li>• <b>SRV:</b> Muros de adobe</li> <li>• <b>SRH:</b> Cubierta ligera de madera y tejas de barro</li> <li>• <b>EC:</b> Malo</li> <li>• <b>DS:</b> Inexistente</li> </ul>		
<b><i>Vivienda particular de autoconstrucción</i></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CIM:</b> Corrida de piedra volcánica</li> <li>• <b>SRV:</b> Mampostería de ladrillo rojo mal confinada</li> <li>• <b>SRH:</b> Losa maciza de concreto o bóveda de ladrillo</li> <li>• <b>EC:</b> Malo</li> <li>• <b>DS:</b> Inexistente</li> </ul>		

Aspectos de caracterización: **CIM** = Cimentación; **SRV** = Sistema resistente vertical; **SRH** = Sistema resistente horizontal; **EC** = Estado de conservación; **DS** = Diseño sísmico.

Mediante la anterior caracterización se contabilizaron las viviendas seleccionadas de cuatro manzanas por cuadrante y dos manzanas del centro histórico, lo cual arrojó porcentajes de

cada manzana en específico. Posteriormente, se extendió la magnitud de las cantidades a todo el cuadrante por medio del porcentaje obtenido debido a que se observó un patrón con las mismas características constructivas en la zona. Los resultados obtenidos y resumidos se observan en la [Tabla 5.2](#) donde se representan los porcentajes de cada tipo de vivienda, así como el total de viviendas por cuadrante y la población que cubre.

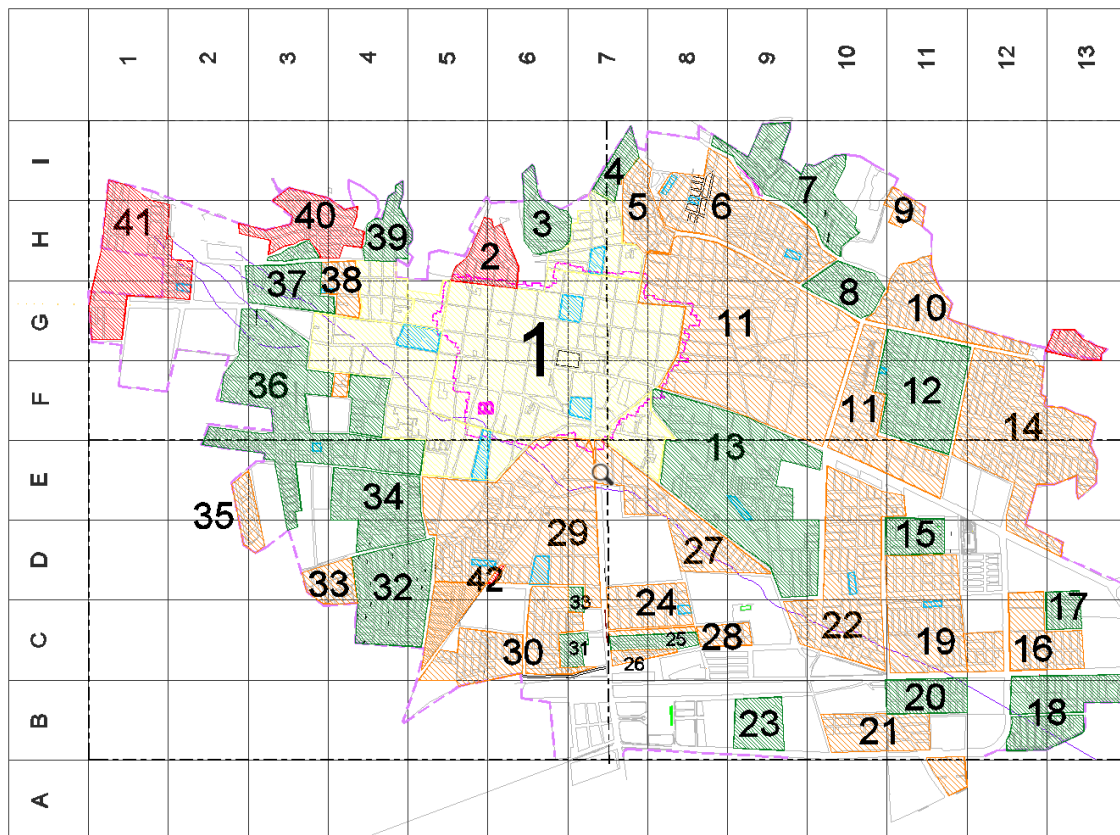
**Tabla 5.2** Extensión de la metodología utilizada en la caracterización de la vivienda hacia todos los cuadrantes correspondientes.

Cuadrante		Calidad de vivienda					Viviendas por cuadrante	Población por cuadrante
		A	B	C-1	C-2	C-3		
CH	%	74%	23%	2%	1%	0%	3257.0	6,915
	No. De viviendas	2410	749	65	33	0		
	Pob. Cuadrante	5117	1590	138	69	0		
C-1	%	64%	12%	13%	4%	1%	5518.7	17,515
	No. De viviendas	3757	705	763	235	59		
	Pob. Cuadrante	11210	2102	2277	701	175		
C-2	%	92%	6%	3%	1%	0%	9758.3	30,658
	No. De viviendas	8802	574	287	96	0		
	Pob. Cuadrante	28205	1839	920	307	0		
C-3	%	55%	23%	19%	1%	1%	7816.1	24,234
	No. De viviendas	4342	1816	1500	79	79		
	Pob. Cuadrante	13329	5574	4604	242	242		
C-4	%	68%	17%	2%	2%	12%	6968.0	19,640
	No. De viviendas	4691	1173	138	138	828		
	Pob. Cuadrante	13355	3339	393	393	2357		
<b>Total de viviendas</b>	<b>#</b>	<b>24003</b>	<b>5016</b>	<b>2753</b>	<b>580</b>	<b>966</b>	<b>33318</b>	<b>98,962</b>

Por medio de la extensión de la metodología de caracterización se realizaron hallazgos importantes en torno a cómo se construye en Ciudad Guzmán. La [Tabla 5.2](#) muestra las cantidades de vivienda existente para cada tipología. Excluyendo los tipos A y B, los cuales resultan tener una vulnerabilidad casi muy baja a eventos sísmicos históricamente posibles, se puede observar un número aproximado de 3,959 viviendas (*i.e.* C1= 2559, C2= 527 y C3= 873) con una posibilidad de daño importante frente a diversos escenarios por sismo, lo cual representa un aproximado de 12.9% del total de viviendas analizadas.

### 5.3.1 Vivienda con cubierta ligera

Debido a la cercanía del volcán de fuego de Colima, Ciudad Guzmán se encuentra expuesto a la amenaza volcánica por la caída de ceniza en grandes cantidades según los eventos históricos de la región. Es por ello que se realizó un análisis de las viviendas en toda la zona de estudio por medio de observación directa, la cual determina un estimado de la cantidad de viviendas edificaciones existentes en Ciudad Guzmán con cubierta ligera. Este tipo de vivienda tiene grandes posibilidades de daño en un escenario de caída de ceniza volcánica. Para el presente análisis se identificó un número estimado de viviendas con cubierta ligera subdividiendo el área de estudio en 42 polígonos (ver Fig.5.1). Se usó el criterio de tomar zonas con las mismas características en torno a su construcción, tales como fraccionamientos de vivienda en serie y colonias ya establecidas con la misma tipología de vivienda. Con ello se identificó una manzana particular que representó a todo el polígono y en la cual se contabilizaron las viviendas con cubierta ligera.



**Figura 5.1** Subdivisión de la zona de estudio en diferentes polígonos para la identificación de la vivienda con cubierta ligera.

La [Tabla 5.3](#) muestra los polígonos definidos y nombrados, así como la población por polígono y el número de viviendas calculado con la herramienta en línea de selección de manzanas y áreas del inventario nacional de viviendas [INEGI \(2016\)](#). Se contabilizaron las viviendas con cubierta ligera de una manzana seleccionada y se promedió con el total del polígono, para así obtener un estimado total por polígono y un total global. En la [Tabla 5.3](#) se representa el polígono estudiado, un nombre asignado por las colonias que lo conforman, su población y el número de viviendas. Además, se incorporan las viviendas con cubierta ligera localizadas en la manzana representativa, con lo que se promedia para así obtener un porcentaje total del polígono y un estimado de edificaciones con cubierta ligera.

**Tabla 5.3** Contabilización de viviendas con cubierta ligera, por medio de observación directa, dividida por polígonos.

Polígono	Descripción de polígono	Población por polígono	Número de viviendas	Viviendas con cubierta ligera según manzana seleccionada	Promedio de viviendas por manzana	Porcentaje por manzana	Estimado total de viviendas con cubierta ligera
1	Centro Histórico	14567	5681	8	98	8.16%	464
2	Cristo Rey	2546	698	4	53	7.55%	53
3	Lomas de Barro	220	44	0	-	-	-
4	Res. Las Peñas	144	45	0	-	-	-
5	La Giralda	1371	398	0	-	-	-
6	Lomas Altas-Ocotillos	5764	1875	0	-	-	-
7	Coto Ciprés	94	51	0	-	-	-
8	Arboledas	725	222	0	-	-	-
9	El campanario	74	40	3	22	13.64%	5
10	Lomas de Solidaridad	2321	676	4	17	23.53%	159
11	Centro Sur	7356	2247	3	37	8.11%	182
12	San Felipe-Solidaridad	3379	1132	0	-	-	-
13	Centro Poniente	3827	1264	0	-	-	-
14	Polígono Sur	3846	1136	2	9	22.22%	252
15	Paseos del sol	929	266	0	-	-	-
16	Unión de Colonos	558	140	2	7	28.57%	40
17	Santa María	983	281	0	-	-	-
18	Primavera - Volcanes	312	586	0	-	-	-
19	Providencia -Miguel Hidalgo- Reforma	4713	1465	1	22	4.55%	67
20	Valle de la providencia	564	226	1	17	5.88%	13

**Tabla 5.3 Continuación** Contabilización de viviendas con cubierta ligera, por medio de observación directa, dividida por polígonos.

Polígono	Descripción de polígono	Población por polígono	Número de viviendas	Viviendas con cubierta ligera según manzana seleccionada	Promedio de viviendas por manzana	Porcentaje por manzana	Estimado total de viviendas con cubierta ligera
21	Fresno - Valle del sur	523	126	2	10	20.00%	25
22	Constituyentes	7689	2053	3	25	12.00%	246
23	La condesa	594	198	0	-	-	-
24	Ejidal	2064	547	6	32	18.75%	103
25	Viveros	522	161	0	-	-	-
26	Campamento ferrocarrilero	280	87	1	29	3.45%	3
27	Centro sur poniente	2321	770	1	26	3.85%	30
28	Tinaco	183	50	0	-	-	-
29	Centro Nor-Poniente	7512	2491	1	35	2.86%	71
30	Revolución	1807	452	2	26	7.69%	35
31	Residencial Zapotlán	240	61	0	-	-	-
32	Camichines- La morita - Los pinos	7107	3466	0	-	-	-
33	Villas de San Isidro	216	63	0	-	-	-
34	La cebada - Teocalli	2639	907	0	-	-	-
35	Valle de Zapotlán	36	10	1	2	50.00%	5
36	Mansiones -Azaleas - Esquipulas	3833	1569	0	-	-	-
37	Loma Bonita - Los olivos	1022	338	0	-	-	-
38	Infonavit	811	257	1	23	4.35%	11
39	Lomas de san Cayetano	368	135	0	-	-	-
40	Chuluapan - Lomas de Zapotlán	2257	616	5	20	25.00%	154
41	Rancho quemado - San José - Las Américas	2507	704	2	15	13.33%	94
42	Polígono Manuel M. Diéguez - Cementerio	45	11	11	11	100.00%	11
	<b>Total de cálculo</b>	<b>98869</b>	<b>33545</b>			<b>6.0%</b>	<b>2023</b>

La [Tabla 5.3](#) presenta resultados en torno a las cantidades de vivienda con cubierta ligera por polígono en Ciudad Guzmán. Esta tipología de vivienda cubre diferentes materiales tal y como lámina de acero galvanizado, de asbesto y de cartón, todas con una estructura de viguetas de madera. También existen materiales como tejas de barro recocido soportadas

también por viguería de madera, no siempre con un buen estado de conservación. Se contabilizaron las viviendas con cubierta ligera en una manzana representativa y después se procedió a extender el porcentaje al polígono, con ello obtenemos un estimado de cuantas viviendas con cubierta ligera existen y posteriormente en toda la zona de estudio. El total mostrado en la tabla es de 2,023 viviendas con cubierta ligera, lo que representa aproximadamente un 6.0% del total de viviendas existentes en Ciudad Guzmán. Con la información anterior podemos trabajar en un plan de acción o aplicación en específico en caso de un escenario de afectación por ceniza volcánica, el cual se presenta en los siguientes apartados.

#### **5.4 Determinación del grado de vulnerabilidad**

La determinación del grado de vulnerabilidad según los trabajos de [Preciado y Orduña \(2014\)](#), se realiza en forma cualitativa/cuantitativa, mediante los métodos de clasificación de vulnerabilidad y del índice de vulnerabilidad. Estas aproximaciones se basan en la *European macroseismic scale* (EMS-98), propuesta por [Grünthal \(1998\)](#) y el índice de vulnerabilidad por [Benedetti y Pretrini \(1984\)](#).

*“El método EMS-98 clasifica la vulnerabilidad por tipologías constructivas, en seis clases de vulnerabilidad que van desde la A hasta la F (A: alta vulnerabilidad, F: baja vulnerabilidad”.* ([Preciado y Orduña, 2014](#)). Esta clasificación gira en torno a la función de los materiales constructivos del sistema vertical como lo son el concreto, la mampostería y madera, además del nivel de diseño sísmico aplicado en la edificación. Con ello se determinan las deficiencias potenciales de la estructura. A partir de las anteriores metodologías, [Preciado et al. \(2015a-b\)](#) determinan que las viviendas de mampostería sufren cierto grado de vulnerabilidad debido a sus materiales y su localización en México. Con respecto a esto, podemos resaltar que el grado sísmico de Ciudad Guzmán corresponde a la región C, lo que corresponde con un grado de sismicidad alto. En su trabajo, [Preciado et al. \(2015a-b\)](#) realizan un análisis de la vivienda en el municipio de Tlajomulco en Jalisco y le asignan cierto grado de vulnerabilidad a partir del método de inspección y puntaje mediante un método simplificado a partir de las características estructurales de los inmuebles. Esta aproximación es una adaptación del método original de [Benedetti y Pretrini \(1984\)](#) y además mejorado y simplificado según las necesidades de la investigación. La adaptación a cargo de [Preciado et al. \(2015a-b\)](#), excluyen dos de los 11 parámetros, los cuales se evalúan a partir del análisis

de la planimetría del inmueble (*i.e.* plantas arquitectónicas, cortes y elevaciones). Con esta metodología, los autores evaluaron iglesias en Colima y posteriormente a escala territorial en Nueva Zelanda en edificios de mampostería (ver [Capítulo 2](#)).

### 5.5 Escenario de daño en cubierta ligera por caída de ceniza

*“El volcán de Colima es catalogado como uno de los más activos del país. Este volcán ha presentado diferentes eventos de erupción a lo largo de la historia, los más importantes ocurridos en los años 1913, 2003 y 2005. La erupción de enero fue de las más importantes en el siglo pasado donde se generó un gran cráter de 500 m aproximadamente el cual fue llenándose con el paso de los años de lava, generando un gran domo que lo obstruye. Según el testimonio del jefe político de Zapotlán en el año de 1913 la erupción generó una capa de hasta 8 cm, la cual sepultó el pasto y las plazas de la ciudad”* ([Padilla, 2013](#)).

La situación también generó que un número importante de la población dejara la región debido a la importante afectación de sus actividades. El daño posible gira en torno al colapso de cubiertas ligeras, en estos casos suelen ser de lámina de acero galvanizado y vigas de madera, muchas veces en mal estado de conservación, así como cubiertas de tejas de barro, láminas de asbesto o de cartón. Según [USGS \(2010\)](#), la acumulación de ceniza volcánica genera cierta sobrecarga en las cubiertas de toda edificación que varían de entre 40 a 70 kg/m<sup>2</sup> y si la misma se humedece puede llegar a provocar una carga de 100 a 125 kg/m<sup>2</sup>. Para esto el [CENAPRED \(2016\)](#), recomienda el desalojo de la vivienda si esta presenta una acumulación de hasta 5 cm de espesor en las cubiertas y solicitar una evaluación del estado estructural de la cubierta. Según los estudios de [Torres et al. \(2017\)](#) la acumulación de cenizas en cubiertas puede causar diversos daños en las estructuras de las viviendas que van desde el enterramiento de esta, empuje lateral en muros, sobrepeso y desplome de la cubierta, además de diversos daños por la penetración en los materiales de la construcción. [USGS \(2010\)](#), menciona que, en el año de 1991, el volcán Pinatubo en Filipinas generó daños por depósito de cenizas en cubiertas de las viviendas ubicadas en las cercanías, provocando un aproximado de 300 muertes en la región. En una fecha más cercana (2018), el volcán de fuego Escuintla en Guatemala provocó la evacuación de viviendas a 44 km de distancia del volcán, donde la ceniza provocó graves daños a la población y sus hogares. En Quito, Ecuador en el año 2015 se realizó un análisis en torno a la vivienda que posiblemente se podría ver afectada por caída de ceniza y su colapso. [Clarín \(2015\)](#), afirma que, en Ensenada,

Argentina, el volcán Calbuco provocó la retirada de 1500 personas de sus viviendas debido a las erupciones y el depósito de ceniza en la región. Este hecho generó el colapso de las cubiertas número importante de viviendas (ver Fig. 5.2).



**Figura 5.2** Viviendas cubiertas por ceniza del volcán Calbuco, Ensenada, Argentina (Clarín, 2015).

A partir de los datos obtenidos por la observación directa de las viviendas con cubierta ligera y la determinación de las viviendas estimadas en la zona de estudio, se estima que si existiera algún evento de caída de ceniza volcánica como los registrados en el año de 1913. El posible daño a viviendas con cubierta ligera podría ascender a 2,023 viviendas aproximadamente, lo cual representa un 6.0 % de las viviendas en Ciudad Guzmán (ver Tabla 5.3). A partir de esto, se determina que la población afectada, equivaldría a un aproximado de 8, 092 habitantes, tomando en cuenta un promedio de 4.0 ocupantes por vivienda particular habitada, dato obtenido de COEPO (2011).

## 5.6 Escenarios por daño sísmico

A partir de la recopilación obtenida en el [Apartado 5.3](#) se realizó una evaluación de las cinco tipologías de vivienda existentes en Ciudad Guzmán, a partir del método de Índice de Vulnerabilidad (*Iv*) actualizado/mejorado por [Preciado \*et al.\* \(2015a-b\)](#). Con ello se pudo descifrar el grado de la vulnerabilidad de las viviendas en porcentaje (*Iv*). En la [Figura 5.3](#) se evaluó la vivienda tipo A, la cual cuenta con un índice de vulnerabilidad *Iv* “Intermedio” y la vivienda tipo B, también presenta un *Iv* “Intermedio” (ver [Fig. 5.4](#)).



<i>I</i>	Parámetro	Clase	<i>K<sub>i</sub></i>	<i>W<sub>i</sub></i>	<i>I<sub>v</sub></i>
1	Organización del sistema resistente	C	20	1	20
2	Calidad del sistema resistente	B	5	0.25	1.25
3	Posición y cimentación	C	25	0.75	18.75
4	Diafragmas horizontales	B	5	1	5
5	Configuración en planta	B	5	0.5	2.5
6	Configuración en elevación	C	25	1	25
7	Tipo de cubierta	B	15	1	15
8	Elementos no-estructurales	B	0	0.25	0
9	Estado de conservación	A	0	1	0
				<i>Iv</i> =	87.50
<b>Vulnerabilidad Intermedia</b>				<i>Iv</i> % =	28.81

**Figura 5.3** Vivienda tipo A de mampostería bien confinada.

En la [Figura 5.3](#) se muestra la vivienda de tipo A, la cual fue calificada mediante el método de inspección y puntaje. Mediante la anterior metodología, los rasgos más relevantes de este tipo de vivienda resultan en torno al tipo de cubierta, ya que es losa llena y con una calificación B, su calidad del sistema resistente también de buena calidad B y su excelente estado de conservación, calificado con A. Del mismo modo la [Figura 5.4](#) muestra la vivienda catalogada tipo B, la cual presenta una buena calificación en su composición constructiva, mediante la calidad de su sistema resistente y tipo de cubierta con una B. A excepción de la

vivienda tipo A, el estado de conservación de la del tipo B resulta ser de menor calidad, por esta razón se asignó una calificación B.



<i>I</i>	<b>Parámetro</b>	<b>Clase</b>	<i>K<sub>i</sub></i>	<i>W<sub>i</sub></i>	<i>I<sub>v</sub></i>
1	Organización del sistema resistente	<b>C</b>	20	1	<b>20</b>
2	Calidad del sistema resistente	<b>B</b>	5	0.25	<b>1.25</b>
3	Posición y cimentación	<b>C</b>	25	0.75	<b>18.75</b>
4	Diafragmas horizontales	<b>B</b>	5	1	<b>5</b>
5	Configuración en planta	<b>B</b>	5	0.5	<b>2.5</b>
6	Configuración en elevación	<b>C</b>	25	1	<b>25</b>
7	Tipo de cubierta	<b>B</b>	15	1	<b>15</b>
8	Elementos no-estructurales	<b>B</b>	0	0.25	<b>0</b>
9	Estado de conservación	<b>B</b>	5	1	<b>5</b>
				<i>I<sub>v</sub></i> =	<b>92.50</b>
<b>Vulnerabilidad Intermedia</b>				<i>I<sub>v</sub></i> %=	<b>30.45</b>

**Figura 5.4** Vivienda tipo B en serie de mampostería bien confinada.

La vivienda de tipo C-1 (Fig. 5.5) obtuvo un “Alto” índice de vulnerabilidad debido su baja calidad en el sistema resistente calificándose con C y una baja calidad en su cubierta, aun así, por ser cubierta ligera no se califica con la calidad más baja, ya que no ejerce presión considerable sobre el sistema resistente vertical. En el tema de estado de conservación resulta ser de mala calidad ya que no recibe el mantenimiento necesario y se calificó con D.



<i>I</i>	Parámetro	Clase	<i>K<sub>i</sub></i>	<i>W<sub>i</sub></i>	<i>I<sub>v</sub></i>
1	Organización del sistema resistente	C	20	1	<b>20</b>
2	Calidad del sistema resistente	C	25	0.25	<b>6.25</b>
3	Posición y cimentación	C	25	0.75	<b>18.75</b>
4	Diafragmas horizontales	B	5	1	<b>5</b>
5	Configuración en planta	C	25	0.5	<b>12.5</b>
6	Configuración en elevación	B	5	1	<b>5</b>
7	Tipo de cubierta	B	15	1	<b>15</b>
8	Elementos no-estructurales	B	0	0.25	<b>0</b>
9	Estado de conservación	D	45	1	<b>45</b>
				<i>I<sub>v</sub></i> =	<b>127.50</b>
<b>Vulnerabilidad Alta</b>				<i>I<sub>v</sub></i> % =	<b>47.98</b>

**Figura 5.5** Vivienda tipo C-1 Mampostería mal confinada de un solo nivel y cubierta ligera.

La vivienda tipo C-2 resultó con un *I<sub>v</sub>* “Muy alto” (Fig. 5.6) principalmente por la baja calidad de su sistema resistente el cual es a base de adobe, presentando las mismas características de cubierta ligera de la vivienda C-1 y de igual manera un estado de conservación de mala calidad. Por último, la vivienda tipo C-3 fue evaluada con un *I<sub>v</sub>* “Alto” por su método de autoconstrucción (ver Fig. 5.7). Esta tipología de vivienda cuenta con baja calidad en su sistema resistente, el cual se ve comprometido por el tipo de cubierta de bóveda, la cual ejerce presión sobre él y resulta con un mayor grado de vulnerabilidad, además de presentar un inexistente estado de conservación agregando la falta de elementos no estructurales como lo son confinamientos y recubrimientos, característica ampliamente observada en las edificaciones de las periferias que se hacen mediante autoconstrucción.



<i>I</i>	Parámetro	Clase	<i>K<sub>i</sub></i>	<i>W<sub>i</sub></i>	<i>I<sub>v</sub></i>
1	Organización del sistema resistente	D	45	1	45
2	Calidad del sistema resistente	D	45	0.25	11.25
3	Posición y cimentación	C	25	0.75	18.75
4	Diafragmas horizontales	B	5	1	5
5	Configuración en planta	D	45	0.5	22.5
6	Configuración en elevación	A	0	1	0
7	Tipo de cubierta	B	15	1	15
8	Elementos no-estructurales	D	45	0.25	11.25
9	Estado de conservación	D	45	1	45
				<i>I<sub>v</sub></i> =	173.75
<b>Vulnerabilidad Muy Alta</b>				<i>I<sub>v</sub></i> % =	57.20

Figura 5.6 Vivienda tipo C-2 con muros de adobe.



<i>I</i>	Parámetro	Clase	<i>K<sub>i</sub></i>	<i>W<sub>i</sub></i>	<i>I<sub>v</sub></i>
1	Organización del sistema resistente	C	20	1	20
2	Calidad del sistema resistente	C	25	0.25	6.25
3	Posición y cimentación	C	25	0.75	18.75
4	Diafragmas horizontales	C	15	1	15
5	Configuración en planta	C	25	0.5	12.5
6	Configuración en elevación	C	25	1	25
7	Tipo de cubierta	C	25	1	25
8	Elementos no-estructurales	B	0	0.25	0
9	Estado de conservación	C	25	1	25
				<i>I<sub>v</sub></i> =	147.50
<b>Vulnerabilidad Alta</b>				<i>I<sub>v</sub></i> % =	48.56

Figura 5.7 Vivienda tipo C-3 mampostería mal confinada.

A partir de la definición del índice de vulnerabilidad asignado para cada tipología de vivienda se propone el análisis de tres posibles escenarios en los que un evento sísmico de cierta intensidad pueda afectar cada tipología de vivienda en específico. Las intensidades que servirán de base para generar los tres escenarios de daño sísmico (*i.e.* intensidad VII, VIII y >VIII) tienen como base la escala modificada de Mercalli (MMI). Esta escala clasifica el daño y la percepción del sismo en un cierto lugar y va desde la intensidad I (muy débil) hasta la XI (muy desastroso). A partir de una intensidad entre IV y V es percibida por el ser humano y se pueden llegar a presentar daños en elementos no estructurales (*i.e.* aplanados, etc.).

La [Tabla 5.4](#) muestra la expansión de la metodología de los resultados obtenidos en la caracterización de la vivienda del [Capítulo 4](#). En la misma tabla se muestra que las viviendas con una vulnerabilidad intermedia resultan ser el 87.09 %, que es la mayoría de las edificaciones. Después, la vivienda con vulnerabilidad alta con un 11.16 % y por último la vivienda con muy alto grado de vulnerabilidad con un 1.74 % del total de edificaciones en Ciudad Guzmán.

**Tabla 5.4** Número de viviendas por tipo de vulnerabilidad.

Cuadrante	Vulnerabilidad		
	Intermedia	Alta	Muy alta
Centro Histórico	3,159	65	33
Cuadrante 1	4,462	822	235
Cuadrante 2	9,507	287	96
Cuadrante 3	6,158	1579	79
Cuadrante 4	5,864	966	138
<b>Total</b>	<b>29,019</b>	<b>3,719</b>	<b>581</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>87.09 %</b>	<b>11.16 %</b>	<b>1.74 %</b>

Con los resultados anteriores (ver [Tabla 5.4](#)) podemos considerar que la población que habita viviendas con vulnerabilidad intermedia es del 86 %, mientras que la población en viviendas con vulnerabilidad alta es del 11 %, y muy alta del 3 % del total de la población en Ciudad Guzmán.

**Tabla 5.5** Población por tipo de vulnerabilidad en su vivienda.

	Vulnerabilidad		
	Intermedia	Alta	Muy alta
Población	85,660	11,106	2,774
Porcentaje	86 %	11 %	3 %

A partir de los resultados anteriores (ver [Tablas 5.4 y 5.5](#)), se determinan los tres posibles escenarios en los que las viviendas del área de estudio podrían resultar dañadas por un sismo de cierta intensidad.

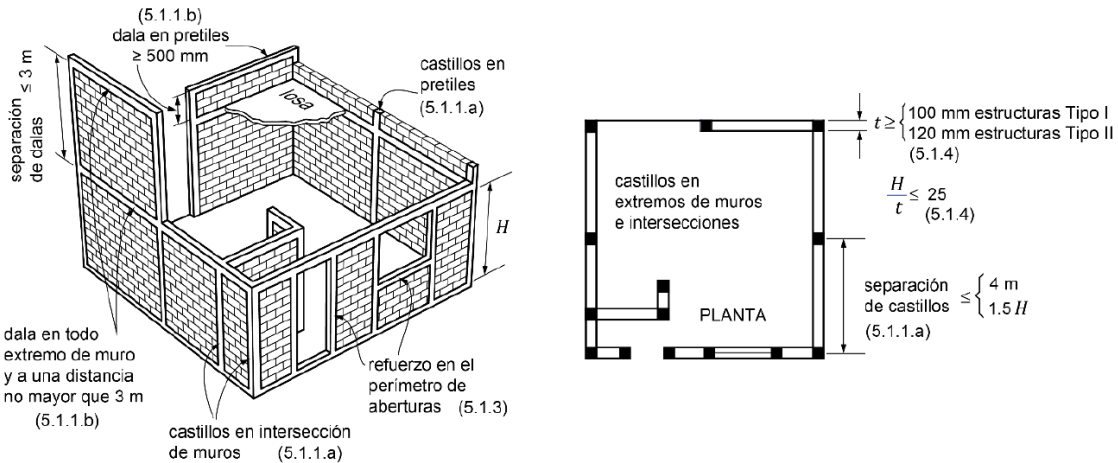
Para poder correlacionar la intensidad sísmica con el daño (*i.e.* intermedio y fuerte) dependiendo de la clase de vulnerabilidad (*i.e.* intermedia, alta y muy alta) usaremos los criterios establecido por [Preciado et al. \(2015a-b y 2016\)](#). Los autores afirman que al presentarse un sismo de intensidad VII, se observará un daño fuerte en edificaciones con una clase de vulnerabilidad alta y colapso (*i.e.* parcial o total) en las de vulnerabilidad muy alta. Para una intensidad VIII proponen un daño esperado fuerte en viviendas con una vulnerabilidad intermedia y colapso en las que obtuvieron una vulnerabilidad alta y muy alta. Para una intensidad mayor a VIII, los autores mencionan que se presentaría un colapso en todas las viviendas con clases de vulnerabilidad intermedia, alta y muy alta. Resumiendo lo anteriormente mencionado vale la pena mencionar que las casas que presenten un daño fuerte y colapsos parciales o totales requerirán se traslade a sus habitantes al campamento de vivienda emergente sustentable propuesto dependiendo del escenario.

Tomando en cuenta los criterios anteriores en la [Tabla 5.6](#), se espera entonces para el primer escenario sísmico (*i.e.* intensidad VII) un daño fuerte en 3,719 viviendas y colapso en 581, con un total de 4,300 edificaciones cuyas personas sería necesario brindar refugio. Para el segundo escenario con una intensidad de VIII, se estima un daño mayor en 29,019 viviendas y colapso en 4,300 (*i.e.* 3719 + 581) respectivamente. Para el peor escenario con una intensidad mayor a VIII, se espera que colapsen todas las viviendas estudiadas independientemente del tipo de vulnerabilidad obtenida, con un total de 33,319. La posible población afectada en el primer escenario de intensidad VII asciende a 17,200 habitantes aproximadamente y en los escenarios VIII y >VIII la totalidad de la población (98,962 habitantes) podría verse afectada en cada uno de los dos escenarios, debido a que son intensidades con una afectación máxima.

**Tabla 5.6** Número de viviendas con posible daño ante diversas intensidades de sismos.

Intensidad	Viviendas con daño fuerte	Posible colapso	Población estimada afectada
VII	3,719	581	17,200
VIII	29,019	4,300	98,962
>VIII	33,319		98,962

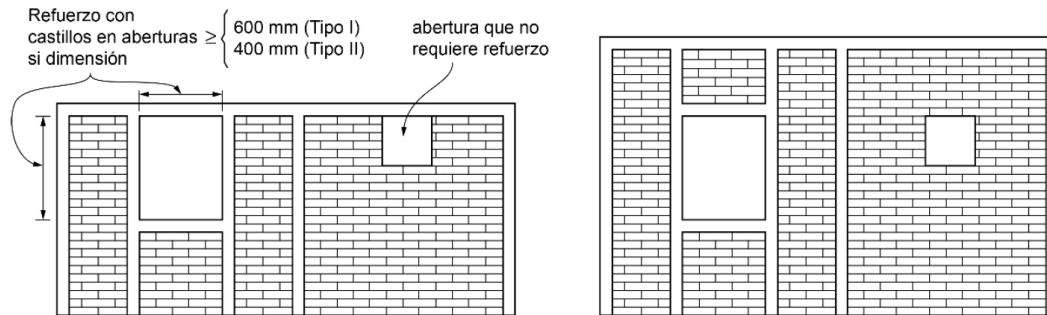
Para poder mejorar la situación de las personas que habitan viviendas con una vulnerabilidad alta, como lo son las viviendas denominadas C-3 las cuales no cuentan con sus elementos constructivos correctamente confinados, se propone una serie de estrategias, tomadas de las normas técnicas de construcción de la Ciudad de México.



**Figura 5.8** Lineamientos básicos para un correcto confinamiento de los elementos constructivos de mampostería confinada (NTCDF, 2004).

La Figura 5.8 muestra las recomendaciones básicas para concebir un buen confinamiento en edificios de mampostería, las cuales consisten principalmente en no superar ciertos límites, como lo es la separación entre castillos y dalas, la cual debe ser no mayor a 4 metros. En algunas zonas altamente sísmicas se recomienda no exceder 3 metros.

Las NTCDF (2004) recomiendan la existencia de dalas de cerramiento en la parte superior e inferior de los muros, así como las dimensiones de los castillos, la cual debe ser por lo menos el ancho del muro de mampostería, así como una resistencia del concreto que se utilice de  $f'c \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ .



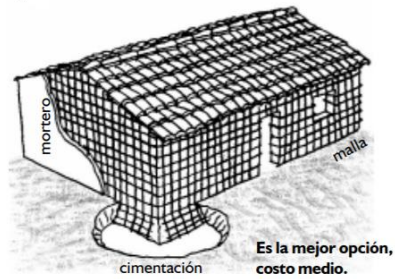
**Figura 5.9** Refuerzo en perímetro de aberturas (NTCDF, 2004).

Del mismo modo, las NTCDF (2004) muestran en la Figura 5.9 el correcto confinamiento de las aberturas en muros, en los cuales recomiendan el uso de dalas y castillos en aberturas con dimensiones mayores a los 400 mm, así como en aberturas con una altura igual a la del muro. Con estas recomendaciones y en complemento con el uso del manual antes mencionado, se puede llegar a reducir el grado de vulnerabilidad para viviendas tipo C-3 de un alto grado a un grado intermedio de vulnerabilidad.

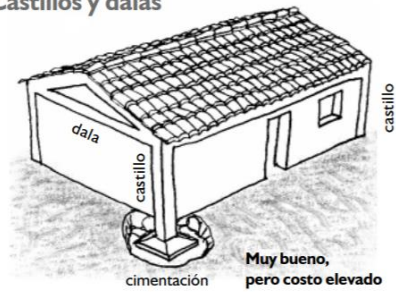
Para las viviendas construidas a base de adobe que tienen una antigüedad importante y que en base al análisis mostrado en los apartados anteriores denominada C-2, la cual resultó con un índice de vulnerabilidad muy alto. Las estrategias son limitadas para reducir su vulnerabilidad, aun así, se pueden tomar acciones en torno al reemplazo de elementos en cubierta como lo son las vigas de madera, las tejas en mal estado y todo el entramado de madera que lo sostiene. En muros de adobe resulta ser más difícil el mejoramiento estructural. *“La compatibilidad de deformaciones juega un papel importante en este sentido ya que usualmente se agregan confinamientos como dalas y castillos en este tipo de estructuras, o malla electrosoldada. Por ser refuerzos con un mayor módulo de elasticidad, rigidez y resistencia, perjudican a la estructura ante deformaciones por temperatura o concentración de esfuerzos inducidos por subsidencia o sismo”*. (Preciado y Flores, 2018).

El CBRVR (2014), propone cuatro técnicas para reforzar viviendas de adobe por medio de la autoconstrucción (ver Fig. 5.10), los cuales consisten en forrar los muros con malla electrosoldada y mortero, reforzar con castillos y dalas, forrar con bandas de malla en las esquinas de la vivienda y el colado de dalas y dentellones sobre los muros, además de analizar las ventajas, el costo y la eficiencia de cada técnica.

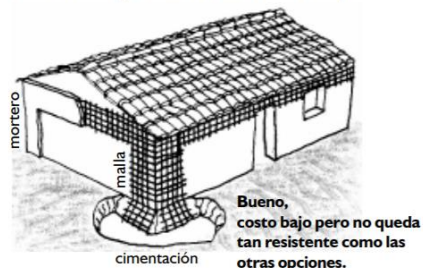
### A. Malla y mortero en todos los muros



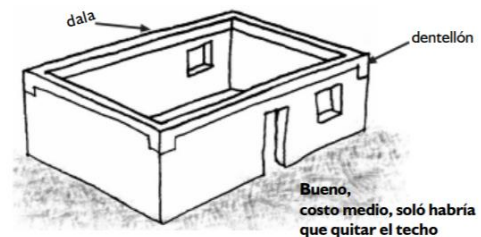
### B. Castillos y dalas



### C. Bandas de malla y mortero en las esquinas



### D. Dalas y dentellones



**Figura 5.10** Técnicas de refuerzo de viviendas construidas con adobe (CBVRV, 2014).

Cabe mencionar que no son medidas totalmente efectivas (ver Fig. 5.10), ya que dichos elementos trabajan de manera diferente ante movimientos sísmicos, aun así, si es la única alternativa posible, puede reducir el grado de vulnerabilidad de las viviendas tipo C-2 de grado “Muy alto” a “intermedio”, y así reducir el riesgo de las personas que habitan este tipo de edificación.

## 5.7 Conclusiones

A partir de las tipologías constructivas evaluadas en el presente capítulo, en primer lugar, la vivienda de cubierta ligera se puede observar un número considerable de edificaciones con estas características la cual resulta en un 6 % del total de viviendas en Ciudad Guzmán. Cantidad importante de viviendas y de población la cual asciende a un aproximado de 8,000 habitantes, los cuales podrían verse afectados por la acumulación de ceniza volcánica en sus techos, generando un posible daño estructural en el mismo y hasta el colapso de esta.

Del mismo modo se evaluaron las cinco principales tipologías de vivienda de mampostería y adobe en Ciudad Guzmán a partir de la caracterización realizada en el Capítulo 4. Mediante el método de inspección y puntaje adaptado y mejorado por otros autores, se calificaron nueve parámetros específicos de las características constructivas de las cinco

tipologías. Con ello se demostraron diferentes materiales y formas en torno al sistema resistente, el tipo de cubierta, el estado de conservación, sus elementos no estructurales, etc. A partir de esto, se tradujeron las tipologías en tres principales vulnerabilidades las cuales fueron Intermedia, alta y muy alta, tomando en cuenta lo propuesto por [Preciado et al. \(2015a-b y 2016\)](#). Con esta información se pudo determinar la cantidad de viviendas y su vulnerabilidad, así como la población que corresponde a cada una de ellas. Se realizaron hallazgos importantes sobre el gran número de viviendas que obtuvieron una vulnerabilidad sísmica alta y muy alta y la cantidad importante de personas que las habita y se encuentra en riesgo inminente. Con lo propuesto por los autores mencionados en los párrafos anteriores se pudo ligar a tres diferentes intensidades de daño sísmico (*i.e.* VII, VIII y >VIII), las cuales generan tres posibles escenarios de daño en la zona de estudio con el total de viviendas dañadas o colapsadas para cada escenario.

A partir de esto se obtuvieron las cantidades de población a cubrir en torno a refugio en caso de desastres, y con el enfoque principal de que esta información sea la base para formular diferentes planes de acción para cada uno de los escenarios identificado por cenizas volcánicas y sismos de diferentes intensidades. El objetivo del presente capítulo fue el de determinar la cantidad de población que pudiese verse afectada y que de esta manera se pueda tener una perspectiva de la zona de estudio en torno a cuantas viviendas de tipo emergente pudieran necesitarse en caso de un escenario de caída de ceniza históricamente posible y por sismo. Cabe destacar que ante ambos escenarios (ceniza y sismo) es necesario complementar la vivienda temporal con los actuales albergues temporales que proporciona el gobierno, debido a los altos números de personas que posiblemente pueden verse afectadas.

#### 6.1 introducción

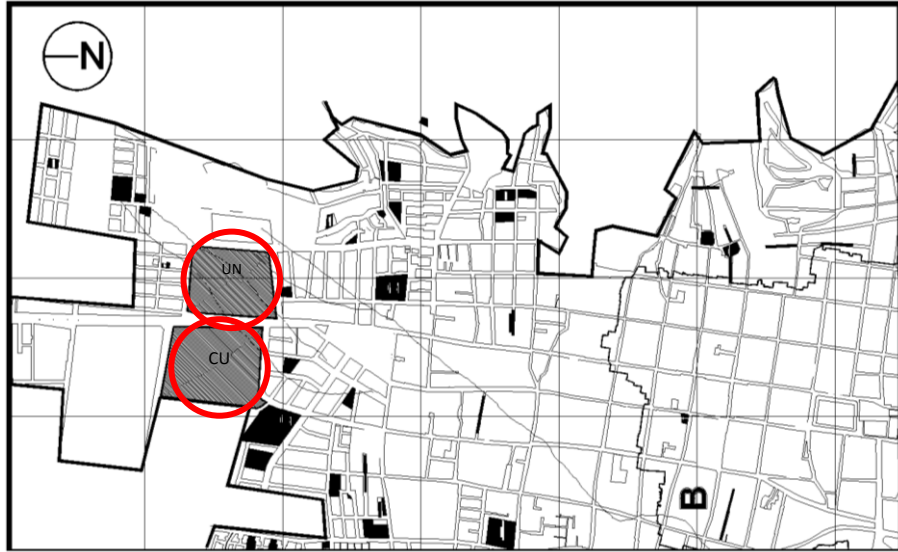
El presente capítulo presenta una propuesta conceptual e integración de materiales para un campamento de vivienda temporal implementado en Ciudad Guzmán, en atención a la posible afectación fenómenos perturbadores como lo son un sismo y la caída de cenizas volcánicas, siendo estos factores importantes en la región. Mediante la recopilación documental y su análisis, se propone conceptualmente una opción pertinente para el área de estudio, definido por las condiciones naturales como lo es el clima, los materiales locales y el lugar donde se implantará. La distribución de los módulos de vivienda se realiza en base al terreno seleccionado, mediante el estudio de su topografía, orientación y entorno directo.

#### 6.2 Metodología

En la siguiente parte del presente trabajo se muestra la metodología a utilizar en torno la propuesta conceptual del campamento y módulo de viviendas temporales para Ciudad Guzmán. El cual consiste en la selección de los emplazamientos los cuales resulten tener las características necesarias para poder implementar el campamento de vivienda emergente. Posteriormente se procede a la selección de materiales y dibujo de planos arquitectónicos de los módulos, así como del campamento.

#### 6.3 Selección del emplazamiento

Para seleccionar los emplazamientos donde se pueda implementar el campamento de vivienda emergente, se proponen espacios de tipo público o en su defecto centros educativos, los cuales pueden prestar sus instalaciones en caso de emergencia. En este caso para el cuadrante 1 (ver Fig. 6.1) se proponen la unidad deportiva Venustiano Carranza (Fig. 6.2a) y el Centro Universitario del Sur (Fig. 6.2b). Ambos cuentan con infraestructura deportiva, que, para este caso, las canchas de fútbol resultan ser los espacios más idóneos para implementar el campamento de vivienda emergente. De igual manera, la Figura 6.1 (imagen elaborada con Autodesk AutoCAD®) muestra otros posibles emplazamientos como lo son áreas de donación, parques y centros comunitarios.



**Figura 6.1** Posibles emplazamientos marcados en negro Cuadrante 1 (Áreas de donación, centros educativos).

En las Figuras 6.2a y b, se muestran imágenes satelitales obtenidas por medio de Google Earth®, donde se señala las canchas de fútbol, las cuales, por sus características y dimensiones pueden albergar una cantidad considerable de módulos de 6,500 a 7,350 m<sup>2</sup> por cancha, tomando en cuenta dos en la unidad deportiva y dos en CuSUR. Además de que su topografía, facilita en gran medida la distribución y asentamiento de estos.



**(a)**

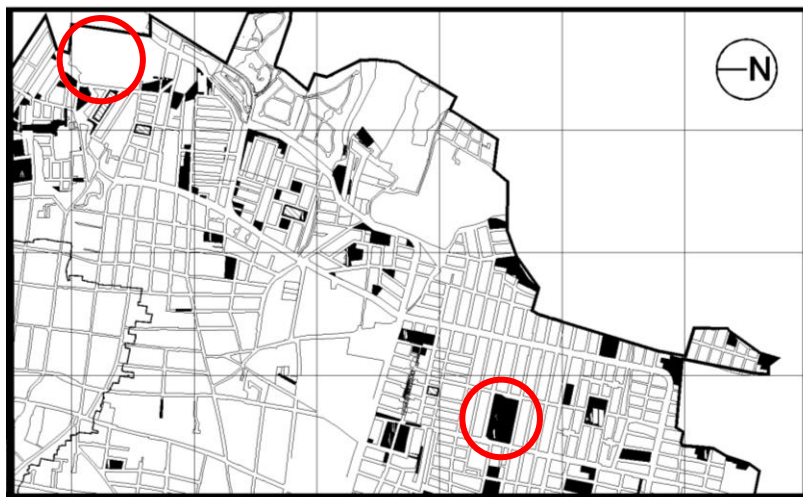


**(b)**

**Figura 6.2** Emplazamientos en cuadrante 1: **(a)** Unidad deportiva Venustiano Carranza y **(b)** Centro Universitario del Sur (CuSUR).

El emplazamiento propuesto como se puede observar en la Figura 6.2a y b cuenta con diversos espacios que pueden funcionar como base para la implementación del campamento. Espacios con topografía plana, sin cubiertas, todo esto en una base de pasto. Cabe mencionar que existen espacios que también se pueden considerar, pero con menores

dimensiones, como lo son las canchas de tenis, basquetbol y explanadas de concreto. Lo anterior permite la posibilidad de abarcar grandes áreas y poder reunir un número considerable de módulos de vivienda, sanitarios y de servicios de salud, así como de seguridad.



**Figura 6.3** Posibles emplazamientos marcados en negro del Cuadrante 2 (Áreas de donación, centros educativos).

En el cuadrante 2 (ver [Fig. 6.3](#)), se identifican dos posibles emplazamientos con dimensiones libres mayores a los 7,000 m<sup>2</sup>, marcados con circulo, son el parque “Las peñas” que cuenta con una unidad deportiva con canchas de fútbol, y el parque del fraccionamiento San Felipe, en el lado derecho de la misma figura. En la [Figura 6.4](#) se muestra el cuadrante numero 3 el cual cuenta con dos posibles emplazamientos. El circulo superior indica el parque “Doctores” el cual cuenta con una gran explanada topográficamente plana de aproximadamente 3,000 m<sup>2</sup> a base de pasto y el inferior el parque “Camichines” que cuenta con una cancha de usos múltiples de concreto de 1000 m<sup>2</sup> aproximadamente.

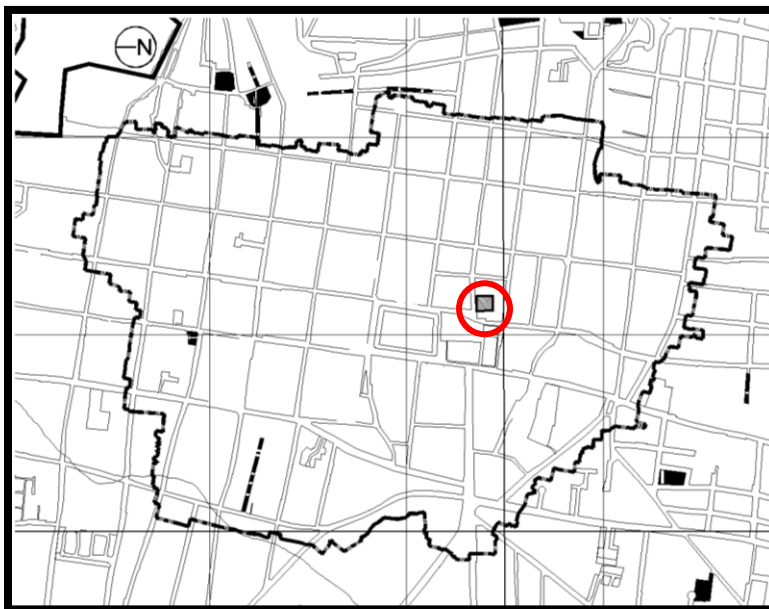


**Figura 6.4** Posibles emplazamientos marcados en negro del Cuadrante 3 (Áreas de donación, centros educativos).



**Figura 6.5** Posibles emplazamientos marcados en negro del Cuadrante 4 (Áreas de donación, centros educativos).

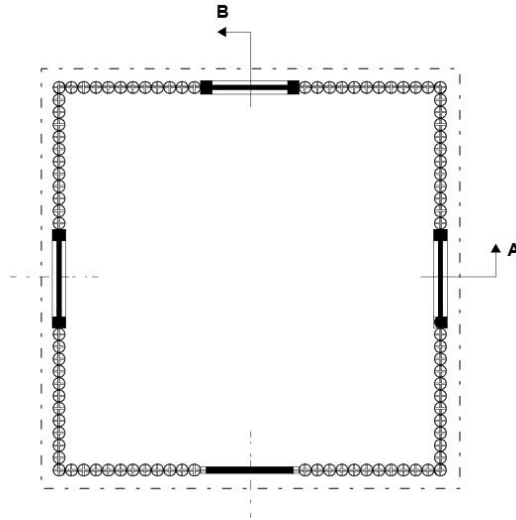
Para el cuadrante 4 se identificó el centro educativo “La normal” el cual cuenta con amplio número de áreas deportivas en las que se puede plantar el campamento (ver [Fig. 6.5](#)) Cuenta con una cancha de futbol y áreas adyacentes libres de casi 13,700 m<sup>2</sup> y canchas de basquetbol de concreto de 4,500 m<sup>2</sup>. Por último, en el polígono del centro histórico, a falta de áreas de gran tamaño para albergar un campamento, se proponen las instalaciones del auditorio Benito Juárez. En este sentido en caso de emergencia, podría trasladarse la población a la zona de “La normal, por su cercanía y gran área (ver [Fig. 6.6](#)).



**Figura 6.6** Posibles emplazamientos marcados en negro en el Centro Histórico (Áreas de donación, centros educativos).

#### **6.4 Propuesta conceptual de los módulos**

La morfología del módulo debe estar resuelta de una forma simple, la cual geoméricamente aproveche tanto el espacio interior y facilite su montaje. Es por ello que el diseño del módulo se propone en una forma rectangular, la cual estructuralmente cumple con el diseño para que tenga un buen comportamiento estructural. Tomando como ejemplo los trabajos del arquitecto Shigeru Ban, los cuales consisten en una forma geométrica rectangular y cuadrangular (ver [Fig. 6.7](#)), se proponen dos tipos de módulos que cumplan diferentes necesidades de forma individual y para un conjunto de personas. Los módulos tendrán una duración de uso aproximada de dos semanas a un mes, por lo cual deben de ser fáciles y rápidos de montar, así como de desmontar.



**Figura 6.7** Planta arquitectónica del “Paper Log house” (SBA, 2014).

Se definen dos tipos de módulos para cubrir distintas necesidades los cuales se detallan en la [Tabla 6.1](#), estos se proponen con las dimensiones mostradas para que se eficiente su montaje, tomando en cuenta las medidas de polines de madera existentes en el mercado y basados en el análisis de espacios mínimos de circulación y estancia propuestos en [Plazola \(1977\)](#).

**Tabla 6.1** Tipos de módulos propuestos.

Módulo	Personas	Características espaciales	Descripción
M-1	1	Módulo individual, medidas internas de 1.80 m de ancho y 2.08 de largo	Diseñado para el albergue de 1 persona, con un catre de yute, y un mueble para almacenamiento de pertenencias
M-2	2	Modulo doble, medidas internas de 2.70 de ancho y 2.08 de largo	Diseñado para albergar 2 personas, con 2 catres de yute y 1 mueble para almacenamiento.

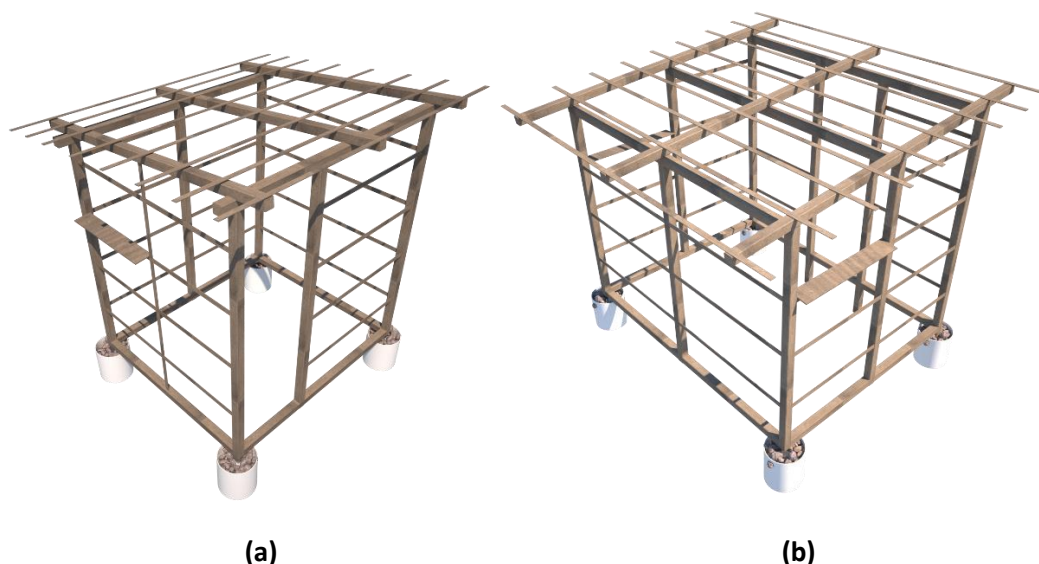
Ambos modelos de módulos (ver [Figs. 6.8a y b](#)) se proponen de una manera en que estos puedan conectarse y configurarse de diferentes maneras, para así albergar diferentes tipos y tamaños de familias. Estas configuraciones pueden ir desde la ocupación de un módulo individual para una persona; dos módulos individuales conectados con uno doble, para una familia de padre, madre, hijo e hija; dos módulos dobles para una pareja joven con dos hijos pequeños interconectados y así hasta formar la configuración correcta para cada familia.

La propuesta aquí presentada debe contar con ciertas características para que sea fácil de ensamblar y en un tiempo relativamente corto. La propuesta de vivienda emergente

consiste en tomar elementos prefabricados que se puedan encontrar fácilmente en cualquier ferretería. Con ello también se propone que, dependiendo de los escenarios más probables de afectación en torno a caída de cenizas o sismo, se tenga almacenado el material necesario para cubrir la emergencia rápidamente. El prototipo tiene que tener la posibilidad de ser auto construido mediante el uso mínimo de herramienta especializada, para que la misma población afectada pueda realizar su montaje y desmontaje, con la asesoría de personal capacitado.

Los módulos deberán armarse con materiales y elementos prefabricados para generar un mínimo de tiempo de construcción. Además, se busca que no generen impactos de índole ambiental en el entorno y que estos puedan reutilizarse en la futura construcción de la vivienda permanente de los damnificados.

Para la estructura del módulo se propone utilizar polines de madera de pino de 4" x 4", los cuales pueden utilizar posteriormente como apoyos para cimbra. La forma de los módulos trabaja en conjunto con las medidas predeterminadas de los polines, para con ello generar la menor cantidad de desperdicios y poder utilizar piezas completas, siendo su medida de 2.44 metros de largo. La estructura consiste en la colocación de apoyos en las esquinas y en la parte media de los muros para así garantizar una buena rigidez como se muestra en la [Figura 6.8](#), elaborada mediante el software de modelado 3D Autodesk 3ds Max®.



**Figura 6.8** Distribución estructural de polines: **a)** Modulo individual M-1 y **b)** módulo doble M-2.

De manera que los módulos tengan un correcto anclaje en el terreno, se propone enterrar los apoyos principales en el suelo, a una profundidad de 50 cm, en una base de cubetas reutilizadas, rellenas de material de banco como lo es piedra volcánica, piedra bola o grava triturada (ver Fig. 6.9). En caso de que el módulo se implante en una plataforma de concreto, como lo son canchas de básquet bol. Se propone perforar temporalmente el suelo e implementar taquetes como sujeción, para así evitar perturbaciones por acción del viento.



**Figura 6.9** Anclaje en suelo de módulo mediante cubetas contenedoras de agregado pétreo mayor a 3”.

Los materiales que se proponen para la construcción del módulo de vivienda emergente consisten en elementos de fácil acceso, que se puedan encontrar en la región y que estos a su vez puedan reciclarse o reutilizarse, además de que la materia prima que lo constituya no cause impacto ambiental en gran medida. Además de los polines como estructura, para el recubrimiento del módulo se proponen paneles de petate de tule (ver Fig. 6.10 y 6.11) el cual regionalmente resulta ser muy importante en torno a su venta y manufactura.



**Figura 6.10** Tallos de tule (*Typha*) utilizados en las artesanías a los alrededores del lago de Zapotlán (El Puente, 2015).



**Figura 6.11** Petate realizados en las cercanías al lago de Zapotlán, con dimensiones de 1.30m x 0.90m.

La manufactura del Tule en Ciudad Guzmán, así como en localidades cercanas al lago, resulta en el beneficio de mas de 300 familias las cuales se dedican la creación de artesanías, muebles y petates. El costo aproximado de un petate de 1.30 x 0.90 m (ver Fig. 6.11) es de aproximadamente \$160 pesos y este se fabrica en un tiempo aproximado de 6 horas. Aun

así, los productores mantienen inventarios de hasta 50 piezas para su posterior venta. Es por ello que se propone el uso de este elemento para los muros y puertas, además de una celosía de carrizo para generar ventilación e iluminación natural en los interiores (ver [Fig. 6.13](#)).



**Figura 6.12** Proceso de elaboración de celosías a base de carrizo ([Archdaily, 2015](#)).

El carrizo (*Phragmites australis*) es una especie de caña, que también se produce en las cercanías del lago de Zapotlán. También utilizado en múltiples artesanías y cortinas, pero con una rigidez mayor a la del tule, la cual asegura la protección en los espacios de ventilación. En la [Figura 6.12](#) se ilustra un ejemplo en Guadalajara sobre la implementación del carrizo como celosía, en el nuevo edificio de alojamiento y reunión del Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (IMDEC), tal y como lo indica [Archdaily \(2015\)](#).



**Figura 6.13** Detalle de celosía a base de carrizo, y muros de petate de tule.

Para generar un correcto ensamblaje de la estructura de los módulos, se requiere la utilización de conexiones metálicas simples llamadas uniones viga a viga de 2" aproximadamente (tornillos de 1 ½" de cabeza hexagonal), para proporcionar a la estructura la rigidez necesaria, así como gestionar el ensamblaje con mayor facilidad y practicidad (ver [Fig.6.14](#)).



**Figura 6.14** Detalle de conexiones metálicas para estructura de madera.

El petate es ampliamente usado en la región para cubrir un gran número de necesidades, en este caso se propone este material para el recubrimiento de los muros en una capa doble, la cual pueda generar confort térmico al interior. Este material como ejemplo ha sido utilizado en construcciones de manera temporal, como lo es “La Petatera” en las fiestas anuales de Villa de Álvarez, Colima (ver [Fig. 6.15](#)). La estructura tiene aproximadamente 5,000 m<sup>2</sup> que construyen 60 personas durante 6 semanas, la cual alberga cada año más de 5,000 personas, según afirma [Archdaily \(2014\)](#).

*“Su sistema constructivo sismo-resistente tiene un origen indígena y se ejecuta a través de un esqueleto de madera entretejido, cuerdas, algunos clavos y un revestimiento de petates o estera” ([Archdaily 2014](#)).*



**Figura 6.15** “La petatera” Plaza de toros construida a base de petates y madera en Colima, México ([Archdaily, 2014](#)).

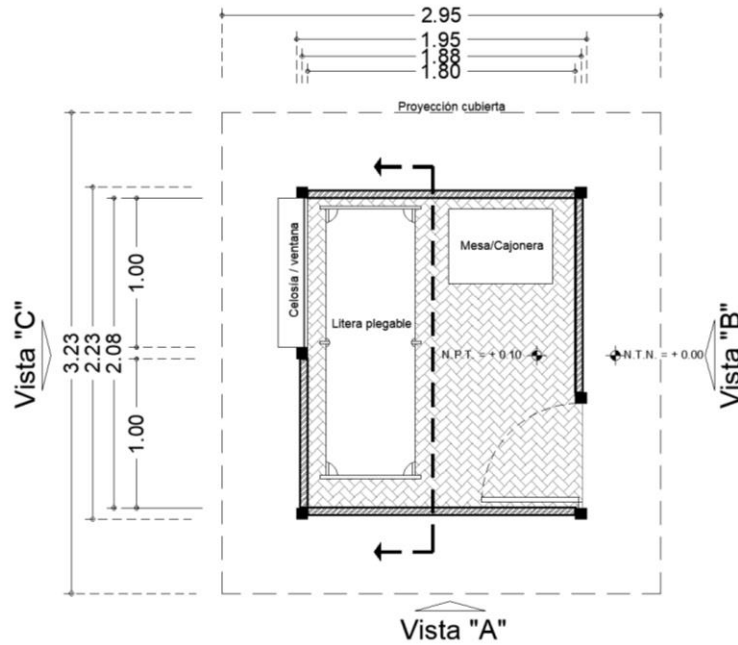
El entramado flexible de “La petatera” (ver [Fig. 6.16](#)) les permite un desempeño eficiente a los sismos en la región, además de mantener una buena estabilidad estructural afirma [Archdaily \(2014\)](#).



**Figura 6.16** Entramado estructura de “La petatera” ([Archdaily, 2014](#)).

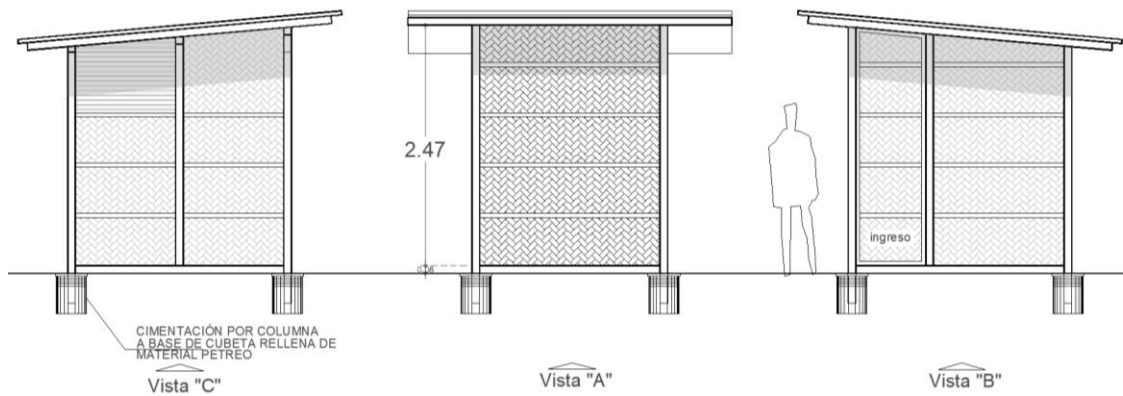
## 6.5 Planos arquitectónicos

El siguiente apartado muestra la planimetría de los módulos, comenzando con el individual, llamado M-1 el cual se presenta mediante su planta arquitectónica en la [Figura 6.17](#).



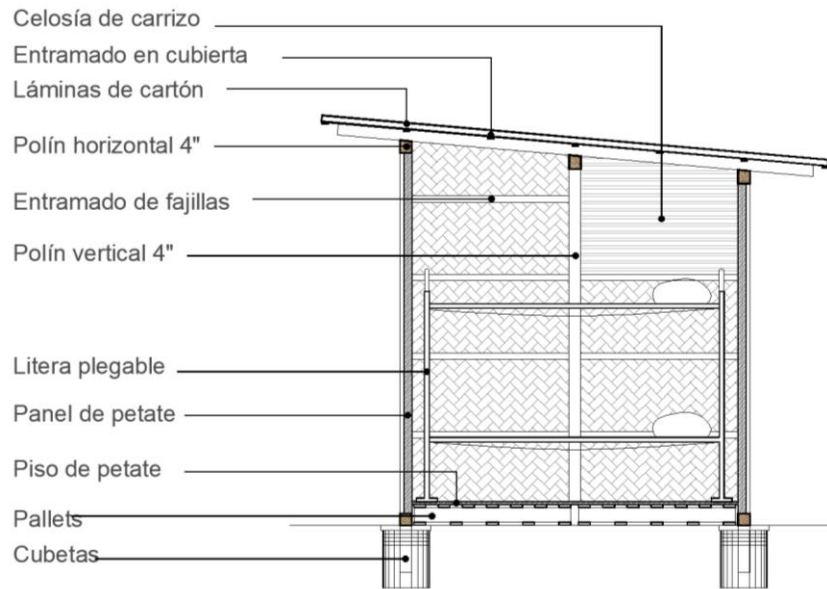
**Figura 6.17** Planta arquitectónica propuesta para el módulo individual M-1.

A partir de la propuesta arquitectónica del módulo M-1 se generan los siguientes alzados, en la [Figura 6.18](#) se muestra el alzado posterior o "Vista C" en la que se muestra la ventana o celosía para generar ventilación e iluminación natural. La "Vista A" muestra el alzado lateral izquierdo y la "Vista B" muestra el frente del módulo en el que se especifica el ingreso al mismo.



**Figura 6.18** Alzados de módulo individual M-1.

La [Figura 6.19](#) muestra una sección esquemática propuesta para el módulo M-1, el cual contará con las mismas características que el M-2. En esta ilustración se muestran los elementos constructivos y su ubicación dentro del módulo. También se representa la utilización de literas plegables, para hacer un mejor aprovechamiento de los espacios interiores. En este caso, el Módulo M-1 podría ser utilizado por dos personas, lo cual duplica la capacidad de alojamiento en todas las configuraciones posibles.



**Figura 6.19** Sección esquemática del módulo M-1, donde se muestran sus elementos constructivos.

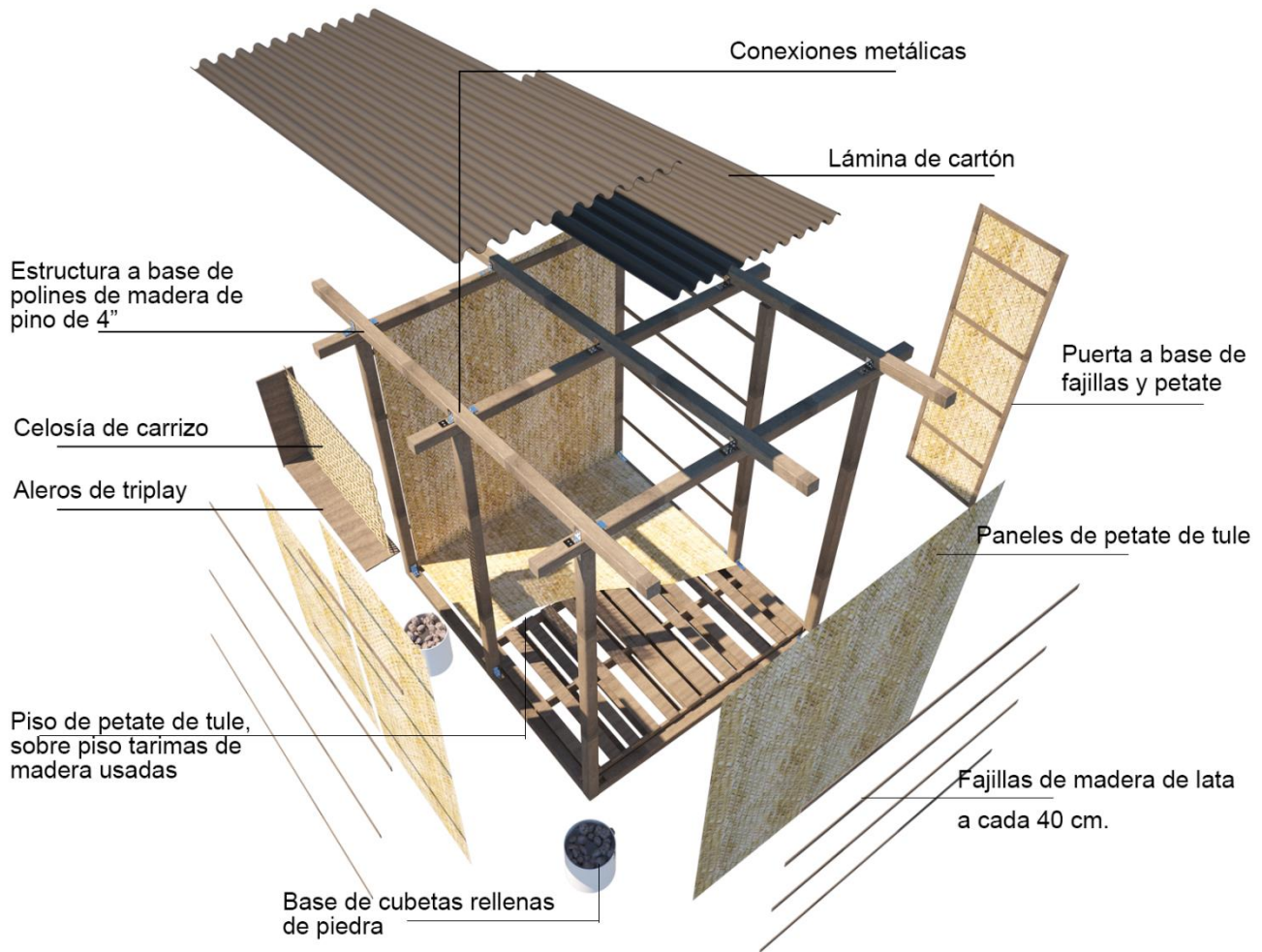
La [Figura 6.20](#) muestra la tipología de literas plegables, ampliamente utilizadas en situaciones de emergencia alrededor del mundo.



**Figura 6.20** Propuesta para implementación de literas plegables ([Discobed, 2013](#))

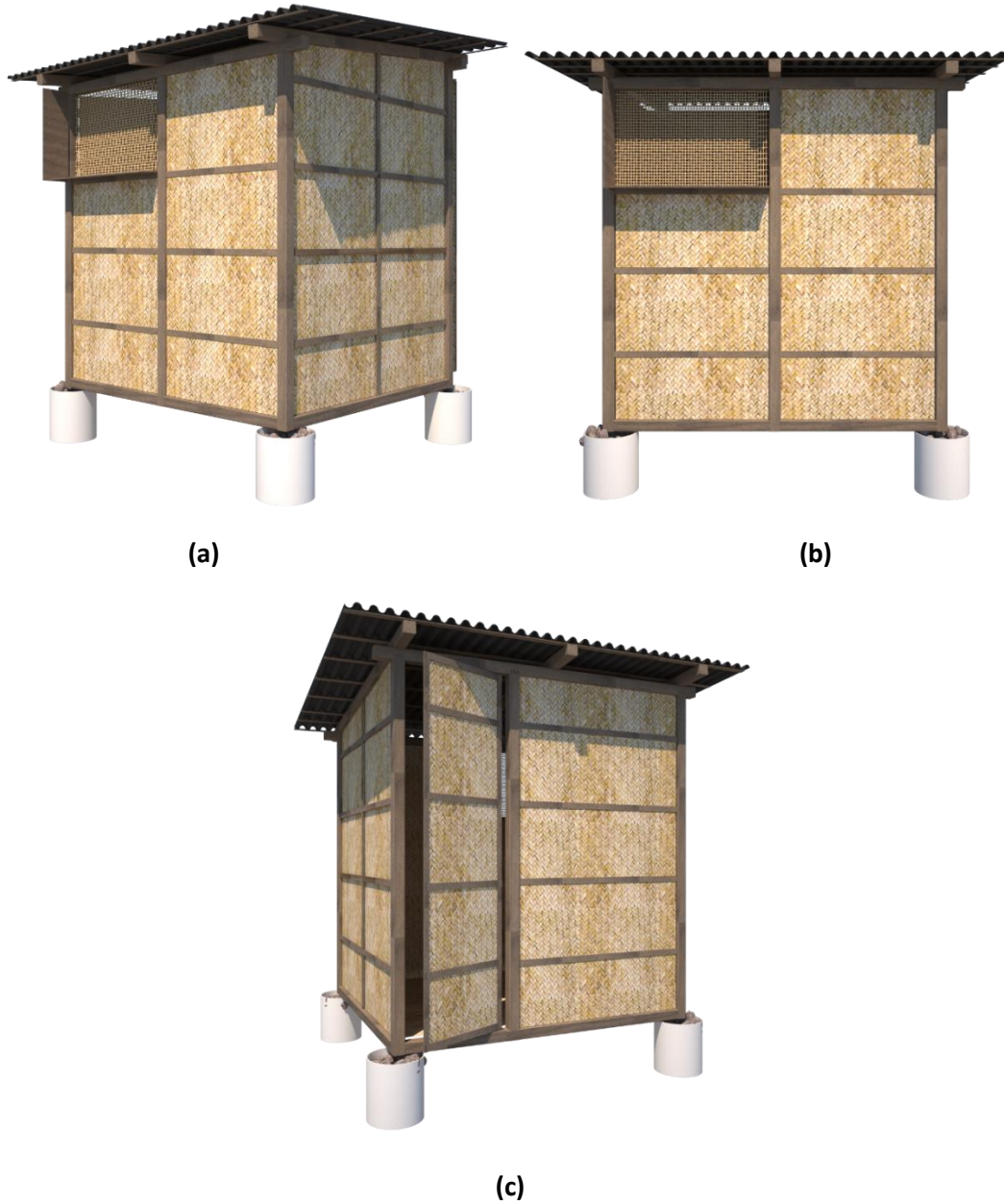
Para una mejor comprensión de la propuesta de los módulos, se generó la [Figura 6.21](#) la cual muestra un despiece de este. La figura muestra los diferentes elementos que

conforman la idea de la propuesta, los materiales y la volumetría. El despiece y perspectivas mostradas a continuación se realizaron con el software Autodesk 3ds Max®.



**Figura 6.21** Despiece de módulo M-1.

La [Figura 6.22](#) representa las perspectivas del módulo M-1, una visualización realizada mediante modelado y renderizado 3D. En la [Figura 6.22a](#) se muestra una vista lateral posterior, en la que se presenta la celosía para ventilación e iluminación natural, diseñada mediante un entramado de carrizo, además protegida con un alero lateral y uno inferior, para evitar el ingreso de lluvia, al igual que la [Figura 6.22b](#) que muestra la imagen posterior del módulo.

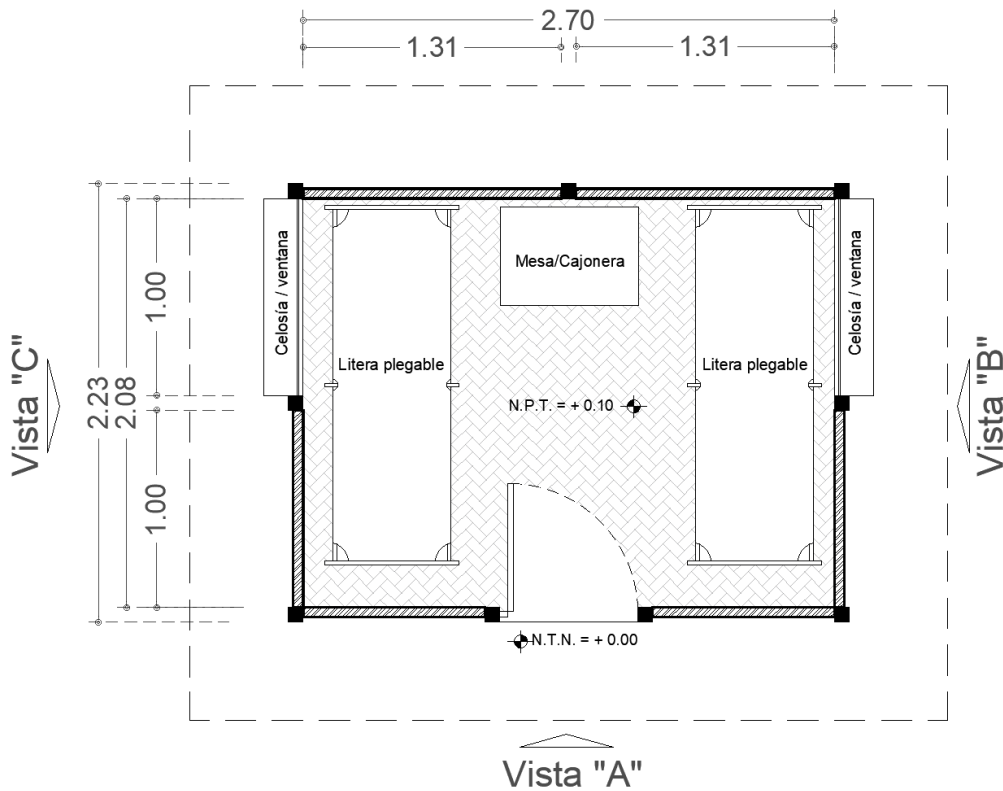


**Figura 6.22** Perspectivas de módulo individual M-1: **a)** lateral izquierdo **b)** posterior y **c)** frontal.

La [Figura 6.22c](#) representa la vista principal del módulo M-1 en la que se muestra el ingreso entreabierto colocado en la parte lateral izquierda para optimizar el espacio interior y sus demás elementos constructivos, como lo son la cimentación, la estructura de polines y la cubierta de lámina de cartón con un voladizo de 60 cm.

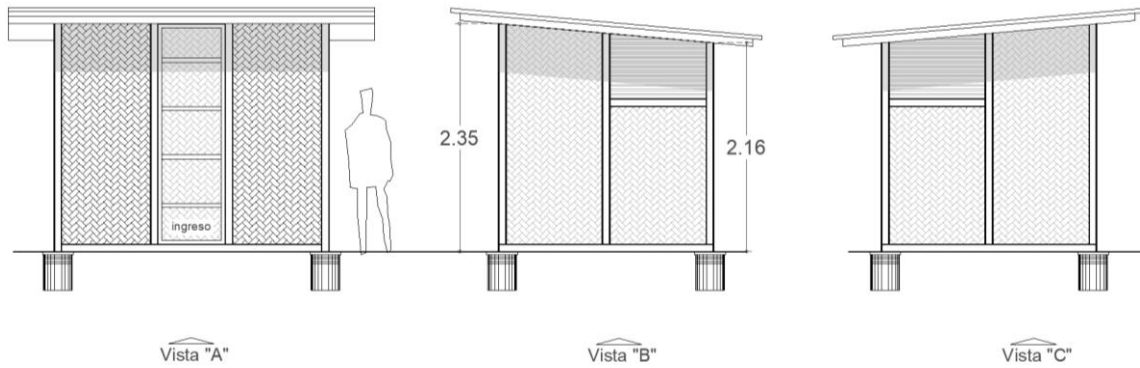
La siguiente planimetría corresponde al módulo M-2 el cual cuenta con dimensiones más amplias para albergar a un par de personas, ya sean parejas o hermanos. El módulo M-2

propone el uso de literas plegables para el descanso de las personas y un mueble para el resguardo de algunas pertenencias básicas. Además, este módulo cuenta con doble celosía para ventilación e iluminación natural (ver Fig.6.23).



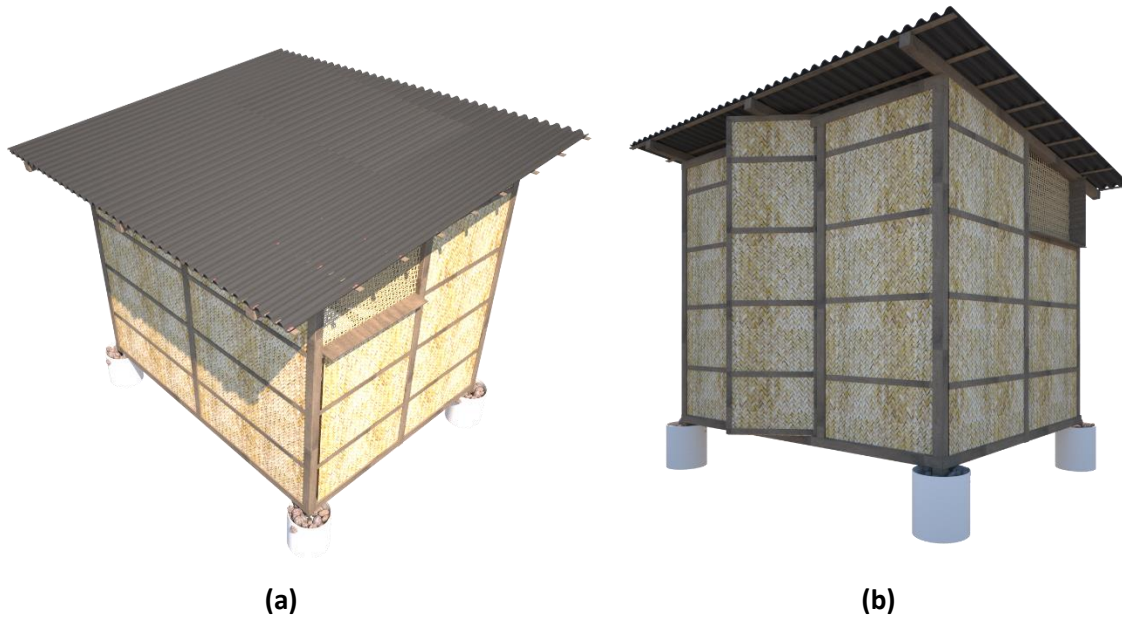
**Figura 6.23** Planta arquitectónica propuesta para el módulo doble M-2.

La [Figura 6.24](#) representa los alzados del módulo M-2, mediante tres vistas. La “Vista A” muestra la parte frontal del módulo, así como su ingreso. La “Vista B y C” representan los alzados laterales, los cuales muestran la ubicación de la celosía de ventilación.

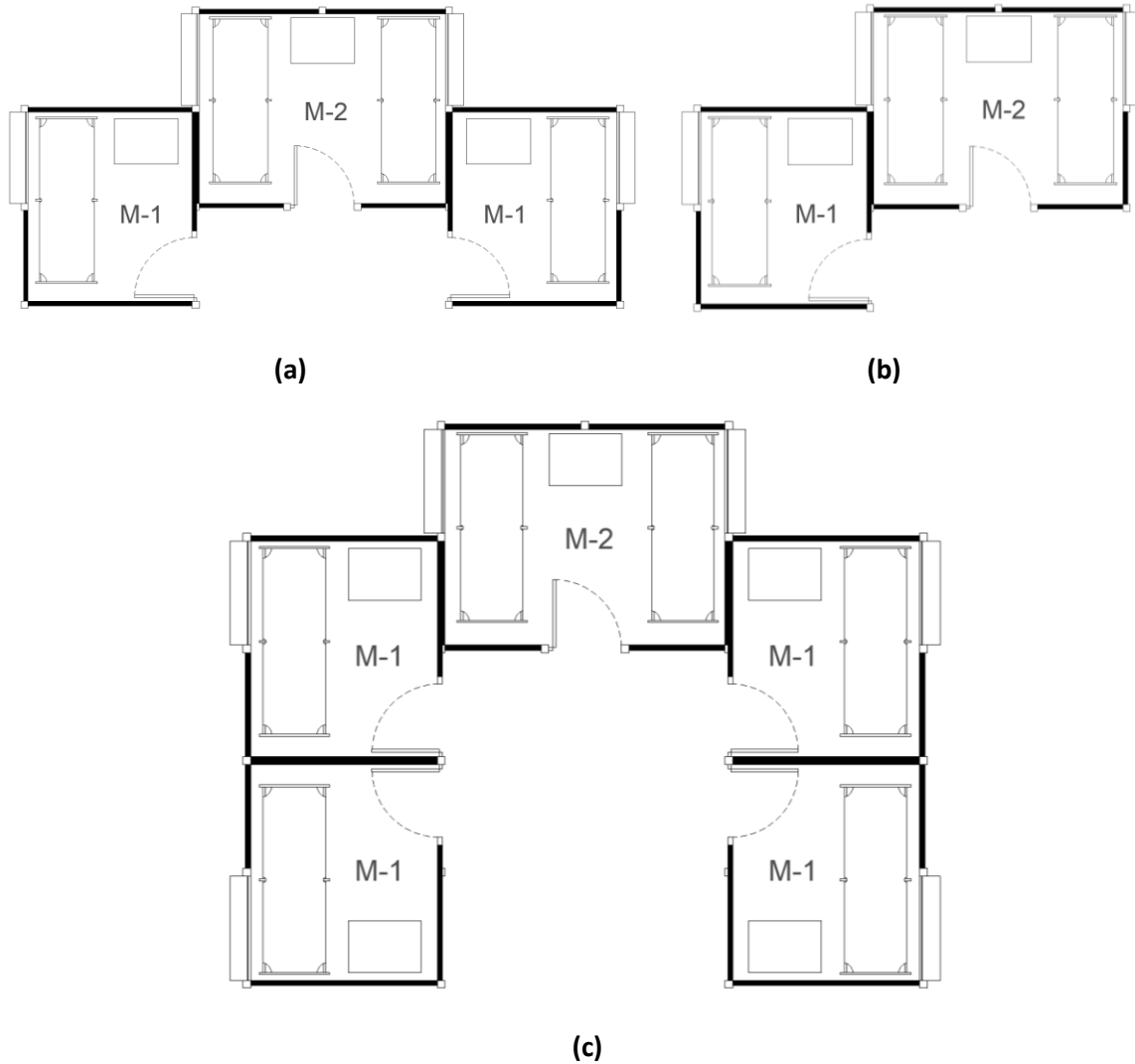


**Figura 6.24** Alzados de módulo doble M-2.

Para comprender de una mejor manera el módulo M-2, se realizaron las siguientes imágenes mostradas en la [Figura 6.25](#). La [Figura 6.25a](#) representa una perspectiva lateral posterior elevada del módulo, en la que se muestra la cubierta a base de láminas de cartón. La [Figura 6.25b](#) muestra una vista lateral frontal del módulo propuesto, donde se representa el ingreso al frente, en la parte central y la ventilación lateral con cubierto con un voladizo de 60 cm en cubierta y aleros de 40 cm de triplay para protección de lluvia.



**Figura 6.25** Perspectivas de módulo doble M-2: **a)** perspectiva superior y **b)** perspectiva principal lateral derecha.

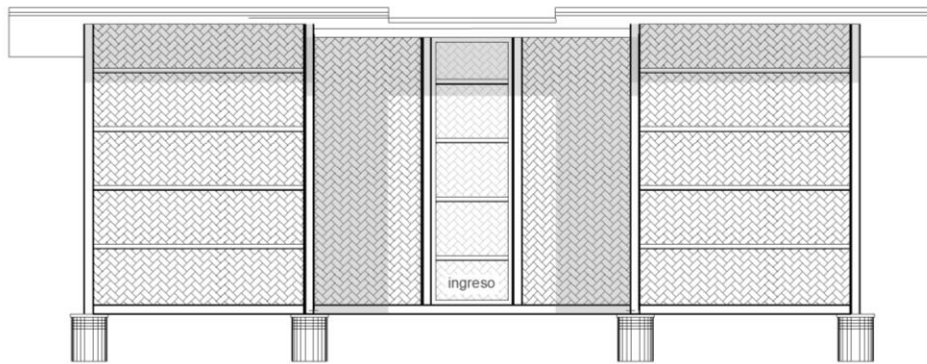


**Figura 6.26** Configuraciones de módulos **a)** configuración para dos padres y dos hijos, **b)** Configuración para dos padres y un hijo y **c)** configuración para dos padres y cuatro hijos.

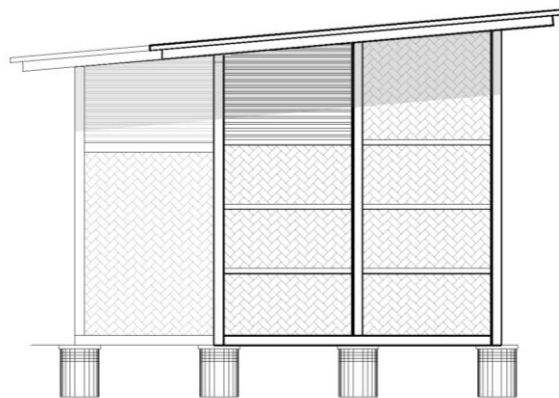
Mediante la unión de los elementos constructivos de los módulos, se proponen diversas configuraciones con los mismos. Para con ello poder cubrir las necesidades de las diferentes familias, ya que estas pueden variar en tamaño y necesidades. La [Figura 6.26a](#) muestra la configuración de un M-2 y dos M-1 para poder albergar una familia de cuatro integrantes (dos padres y dos hijos de dos sexos diferentes). La [Figura 6.26b](#) ilustra una configuración para una familia pequeña con un M-1 y un M-2 para albergar a una pareja de padres y un hijo. Para una familia con mayores necesidades y más integrantes se puede realizar una configuración de un M-2 y cuatro M-1 para albergar a una familia grande de dos padres y 4

hijos (ver Fig. 6.26c). Cabe mencionar que si se utilizan literas plegables se duplica la capacidad de las configuraciones mostradas.

En la Figura 6.27 se muestra un alzado en donde se integran dos módulos M-1 y un módulo M-2 como configuración mostrada en los apartados posteriores de ejemplo. Lo anterior sirve para mostrar la integración de las cubiertas, las cuales se convierten en una sola con una pendiente conectada del 10%. De igual manera, la Figura 6.28 representa la unión de módulos y su vista lateral, en primer plano el módulo M-1 y en segundo plano el módulo M-2.

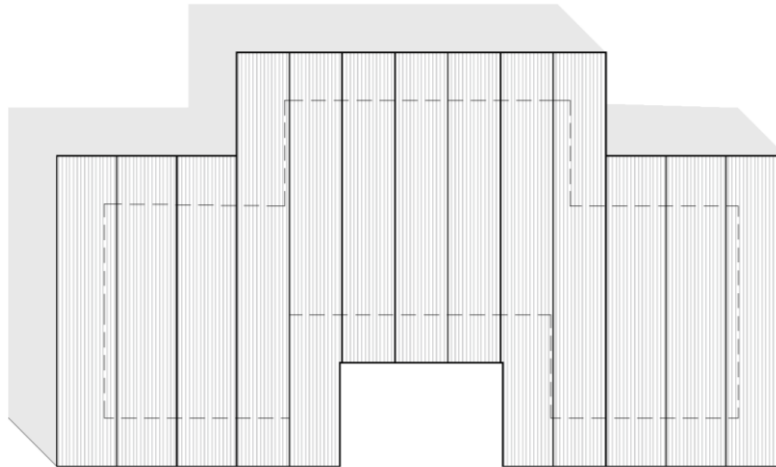


**Figura 6.27** Alzado frontal en conjunto de módulos conectados.



**Figura 6.28** Alzado lateral en conjunto de módulos conectados, integrando la misma pendiente en cubiertas.

En la Figura 6.29 se muestra una planta de cubiertas en la que se representa la integración de la cubierta de los tres módulos.



**Figura 6.29** Planta de cubierta con los tres módulos conectados y su cubierta integrada.

La [Tabla 6.2](#) muestra las combinaciones posibles entre módulos y sus características, los cuales se mostraron previamente. En caso de implementar literas plegables, las propuestas mostradas pueden duplicar la cantidad de ocupantes si es necesario.

**Tabla 6.2** Combinaciones de módulos

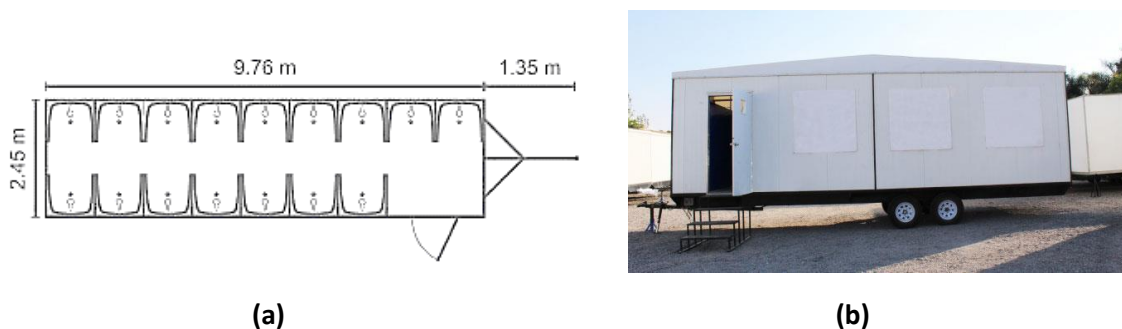
Combinación	Tipo de familia	Módulos	Número de personas
<b>a</b>	Dos padres y dos hijos	M-2 + M-1(x2)	4
<b>b</b>	Dos padres y un hijo	M-2 + M-1	3
<b>c</b>	Dos padres y 4 hijos	M-2 + M-1(x4)	6

## 6.6 Propuesta conceptual de campamento

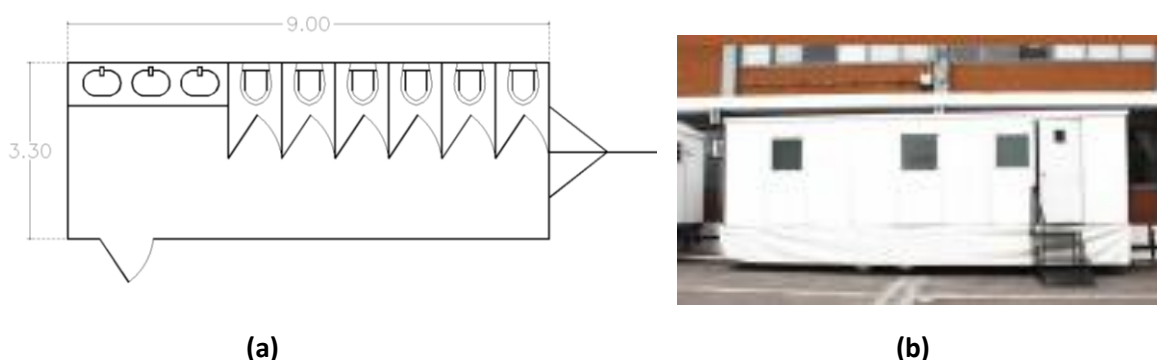
Para poder resguardar a un gran número de personas damnificadas, este trabajo propone la implementación de los módulos presentados en el apartado anterior (ver [Tablas 6.1](#) y [6.2](#) y [Figs. 6.17 – 6.29](#)). La propuesta de campamento consiste en reunir una gran cantidad de módulos o configuraciones de estos en un área de grandes dimensiones, en este caso para una correcta comprensión, se genera la distribución en la cancha de fútbol del centro educativo CUSur presentado en el apartado 6.3 de este capítulo. Tomando las medidas de la cancha se distribuyeron (90.00m x 70.00m) como ejemplo 58 viviendas con una configuración de dos M-1 y un M-2, para cuatro personas.

La distribución consiste en ubicar los módulos en línea, y dejando un espacio de cinco metros al frente y 2 metros entre un módulo y otro. Con esto se pretende generar espacios

amplios para la circulación de personas, así como para el transporte de los materiales (ver Fig. 6.32). Se propone la integración de módulos de sanitarios de renta ubicados en partes específicas del campamento para dar servicio a los usuarios, en la Figura 6.30a se muestra la propuesta para un módulo de regaderas, en su grafico arquitectónico y la Figura 6.30b la vista del remolque.



**Figura 6.30** Propuesta para módulo de regaderas 16 plazas (Escumovil, 2015a): **a)** Planta arquitectónica y **b)** Imagen del módulo remolque.

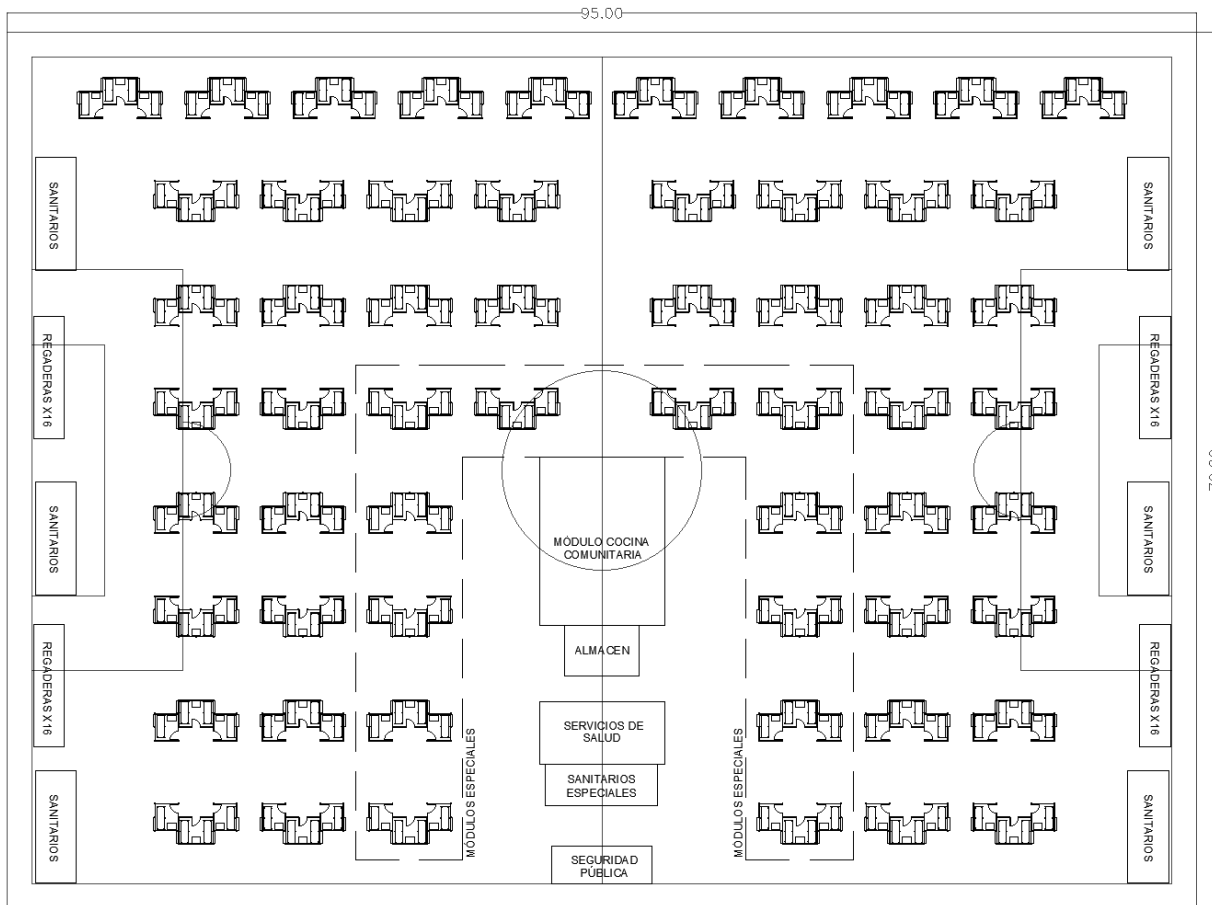


**Figura 6.31** Propuesta para módulo de sanitarios 6 plazas (Escumovil, 2015b): **a)** Planta arquitectónica y **b)** Imagen del módulo remolque.

En la Figura 6.31 se muestra una propuesta de módulo de 6 plazas. El costo aproximado de renta del módulo de regaderas y del de sanitarios asciende hasta \$80,000, los cuales incluyen todos los insumos necesarios, así como los servicios de agua, drenaje y energía eléctrica, en caso de no contar con infraestructura (datos obtenidos de la empresa).

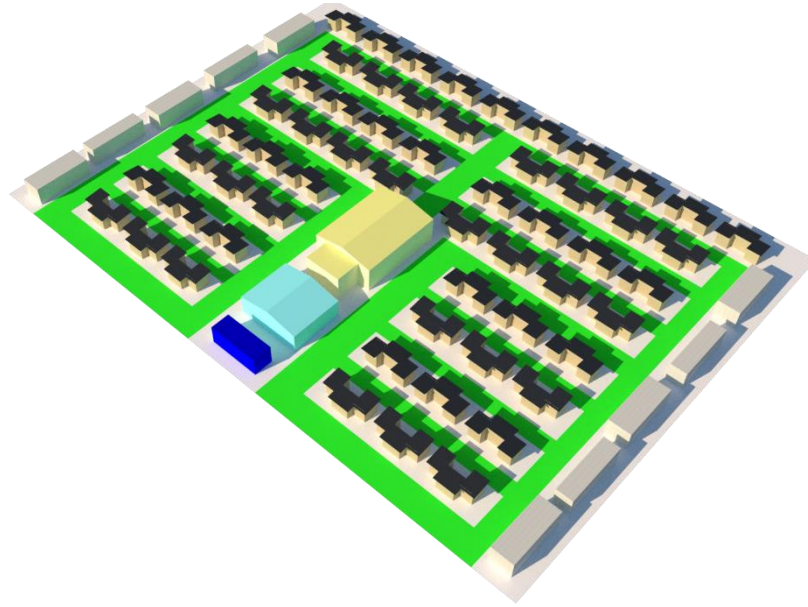
Además, como parte de la inclusión de los afectados, así como la atención a personas con capacidades diferentes o de edad avanzada, estas viviendas se necesitan ubicar en cercanía con los servicios de salud y un módulo de cocina comunitaria. Estos módulos se proponen a base de toldos o estructuras desmontables que den servicio a los usuarios del

campamento mediante el voluntariado o que este mismo sea provisto por el mismo gobierno. Del mismo modo es necesario la ubicación de un módulo o caseta para la seguridad pública del complejo.



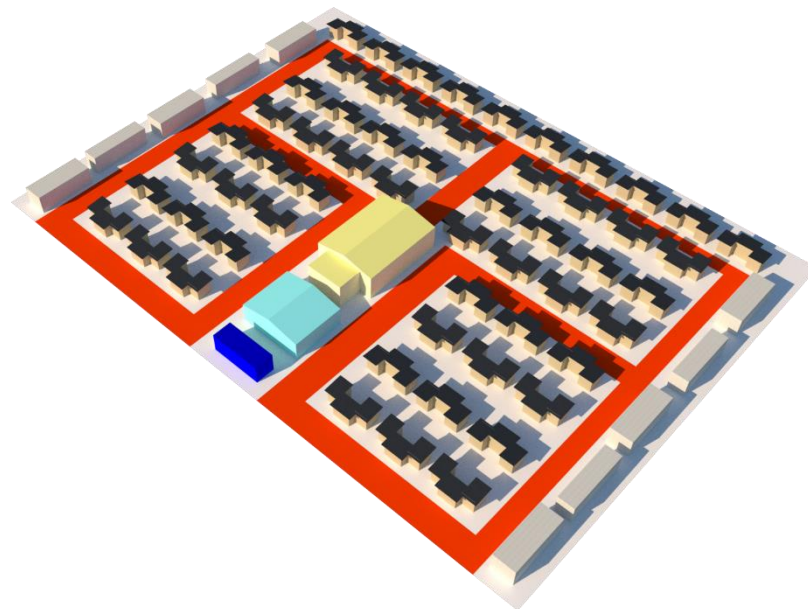
**Figura 6.32** Propuesta de campamento en cancha de CUSur. La distribución presentada tiene una capacidad de 58 viviendas para 58 familias y albergar un aproximado de 232 personas en un área aproximada de 6,650 m<sup>2</sup>.

La propuesta mostrada en la [Figura 6.32](#) para un campamento establecido en una cancha de futbol, está diseñada con la distribución de módulos conectados como ejemplo, son dos módulos M-1 y un módulo M-2, para cuatro personas. Se distribuyeron a lo largo del área con medidas de 90.00 m de largo, por 70.00 m de ancho. Generando circulaciones entre ellos para mejorar la gestión de los recursos y la atención a los afectados. En la [Figura 6.33](#) se muestra coloreado en verde la circulación peatonal, la cual cubre la mayoría del terreno, para una mejor gestión del personal de apoyo y los servicios.



**Figura 6.33** Esquema conceptual de circulación peatonal con color verde, cocina comunitaria en color amarillo, servicios de salud en cian, seguridad pública en azul marino.

Del mismo modo, la [Figura 6.34](#) representa la circulación para vehículos de carga y descarga, provisión de alimentos, servicios médicos, seguridad pública, así como para la correcta gestión de los recursos para el ensamblaje de los módulos y el campamento.



**Figura 6.34** Esquema conceptual de circulación vehicular, para servicios médicos, seguridad pública y suministro de materiales, etc.

En la [Tabla 6.3](#) se representa una propuesta conceptual de manera muy general, en torno a cuál sería la ruta más efectiva y cuál podría ser el proceso para implementar las estrategias mostradas en este trabajo. Esta tabla consta del parteaguas que es el evento catastrófico el cual es el sismo. Se muestran las actividades previas al sismo y posteriormente por fases definidas por horas y días. La [Tabla 6.3](#) esta basada en los hallazgos obtenidos en la entrevista con el director de Protección Civil de Jalisco.

**Tabla 6.3** Propuesta conceptual de protocolo de acción ante un sismo y la implementación del campamento y módulos de vivienda emergente.

Previo al desastre	Sismo	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE FINAL
		24 horas	48 horas	2 días a 4 semanas	
Almacenamiento de víveres		Atención y rescate de lesionados		Consideración de rescate de mascotas y animales de granja	
Almacenamiento de materiales para cubrir el escenario más probable.		Instalación de refugios temporales y reubicación de afectados	Activación formal de refugios temporales y campamento organizado	Continuación de instalación de refugios y la administración de sus recursos	Desmontaje de campamentos y módulos para reubicar a la población afectada en viviendas con mejores características
			Localización y adquisición de insumos	Se abren centros de acopio	Reciclaje y reutilización de materiales y elementos constructivos
		Evaluación y reparación de líneas vitales		Restablecimiento total de líneas vitales	
Acciones de prevención y concientización a la población		Evaluación de daños en estructuras		Determinación de acciones en torno a la vivienda afectada	Reconstrucción, rehabilitación, demolición.

## 6.7 Conclusiones

La propuesta de este capítulo consistió en una forma simple y eficaz de una vivienda emergente en la que su ocupación temporal fuera rápida y no más allá de un mes. Es por ello que el resultado de este capítulo consistió en la implementación de materiales de fácil acceso, así como locales. Además, la propuesta fundamental fue el uso de materiales como el petate, el carrizo, la madera y las láminas de cartón petrolizado. Materiales que se pueden encontrar en cualquier establecimiento local y que su producción como lo es el caso del petate es puramente artesanal y natural, ya que la zona de estudio se encuentra

directamente relacionada con la producción de artesanías y accesorios elaborados a base del tule, el cual crece en grandes cantidades en el lago de Zapotlán. La madera como es bien sabido proporciona la rigidez necesaria a la estructura, además refuerza los paneles de petate y funciona eficazmente en la cubierta, sujeta con las láminas de cartón.

La propuesta simple de los módulos M-1 (módulo individual) y M-2 (módulo para dos personas) fue concebido de una manera práctica en torno a su montaje y desmontaje los cuales están calculados en construirse en 1 día, teniendo los materiales y elementos en un almacén. Además, se conciben los módulos de esta manera para no se necesite mano de obra ni herramienta especializada.

Otra de las implementaciones en los módulos propuestos, es la posible integración de paneles solares sencillos, los cuales sean la fuente de alimentación de los usuarios para artículos de comunicación o de salud necesarios, además que generen en conjunto con una batería la corriente necesaria para iluminar el espacio interior por la noche. Esto complementado con la provisión del servicio eléctrico local de ser necesario.

De igual manera, los módulos y su forma fueron diseñados de manera que se puedan integrar entre ellos y consecuentemente crear diferentes tipos de configuraciones, acorde a la familia que van a albergar, ya que cada familia cuenta con diferentes necesidades e integrantes. A partir de las configuraciones posibles, se pueden implementar en cualquier espacio de grandes dimensiones con una topografía regular, en este caso como ejemplo se propone una cancha de fútbol en un centro educativo el cual presta sus instalaciones en cuestiones de emergencia.

La propuesta de campamento puede implementarse en otro tipo de espacios de diferente índole, ya seleccionados en la primera parte de este capítulo. Conforme el análisis realizado en el [Capítulo 5](#) en el que se determinaron tres escenarios posibles de afectación y del mismo modo en este apartado tomando la propuesta como ejemplo del campamento anterior, se determina lo siguiente: para el escenario menos desastroso que se produciría por un sismo con intensidad VII (ver [Tabla 5.6](#)), la afectación posible ascendería a una cantidad de población de 17,200 personas aproximadamente en el cual se necesitaría un número de 74 campamentos ubicados en las zonas ejemplares mencionada en el apartado 6.3 de este capítulo. Por no contar con suficientes espacios con las características óptimas definidas, el correcto resguardo de la población afectada se deberá complementar con las actuales estrategias del ayuntamiento, como lo son los inmuebles destinados a ser albergue temporal presentados en el [Capítulo 3](#). Para el escenario de daño VIII y >VIII la población posiblemente afectada, asciende a un total aproximado del total de la población que es

98,962 personas. Cabe mencionar que los dos escenarios mencionados corresponden a daños en todas las viviendas, con fuerte grado de daño y colapso total.

Para ello la estrategia de implementar la vivienda emergente, también debe complementarse con los albergues temporales, además de que es un escenario altamente improbable, se necesitaría complementar con otras alternativas. La utilización de instalaciones educativas, campamentos de casas de campaña y el resguardo de personas en hoteles, como se ha visto implementado ante otros tipos de desastre en zonas costeras es un complemento posible. En estos casos, los propietarios de hoteles prestan sus instalaciones para este tipo de emergencias, hallazgo realizado en la entrevista a Protección Civil del Estado de Jalisco.

Para el posible escenario entorno al depósito de cenizas en las viviendas con cubierta ligera, la [Tabla 5.3](#) muestra un total de 2,023 viviendas, las cuales podrían resultar afectadas por eventos de depósito de cenizas. Para este escenario históricamente probable, se necesitaría un total de 8 y 9 campamentos, los cuales en la zona de estudio podrían implementarse sin problemas en los emplazamientos identificados.

El resultado de esta sección evidencia la posibilidad de la implementación de una vivienda emergente, construida con materiales regionales de fácil acceso y un rápido montaje, por medio de las técnicas constructivas aquí mencionadas. Además de que es posible implementar un campamento en diferentes lugares de la zona de estudio, como lo son parques e instituciones educativas, esto debido a la flexibilidad del espacio que se considera. Como propuesta final se presenta una tabla con la ruta posible de actividades a realizar en torno a cómo se implementan las estrategias aquí mostradas, por medio de fases y tipos de actividades se puede realizar una correcta gestión de los recursos y personas afectadas.

#### 7.1 Conclusiones generales

El presente trabajo se inició determinando la problemática a solucionar, la cual giró en torno las principales amenazas que ponen en riesgo a la población en la zona de estudio, la cual es Ciudad Guzmán. La zona de estudio está determinada por ser un lugar bien conocido y entendido por el autor y que presenta diversos riesgos en torno a la construcción de vivienda, por ubicarse en una zona altamente sísmica y en cercanía con el volcán más activo de México, el Volcán de Colima. La temática también fue altamente influenciada debido a los acontecimientos de los sismos de septiembre del año 2017 en México, los cuales generaron pérdidas humanas, económicas, patrimoniales muy importantes en el país. Debido a estos eventos fue posible identificar la falta de planeación y abordaje de los gobiernos frente a estos eventos.

Partiendo de lo anteriormente mencionado, se definieron los objetivos del trabajo, los cuales, de manera general, consistieron en determinar el nivel de sismicidad (*i.e.* amenaza sísmica) en el estado de Jalisco, específicamente en Ciudad Guzmán. Con ello, fue posible entender ampliamente como afectan estos fenómenos perturbadores a la vivienda. El siguiente objetivo se generó a partir de la situación actual en torno a cómo los gobiernos proveen refugio temporal en situaciones de desastre y como este se relaciona con la sustentabilidad ambiental, económica y socio cultural. También se definió como uno de los objetivos el recopilar información en torno a la temática de alojamiento temporal en el mundo, como se aborda la situación en otros países y quienes son los participantes. Otro objetivo se detalló como un análisis de la vivienda existente en Ciudad Guzmán, mediante sus características constructivas se contabilizó para tener un panorama general de cómo se construye en la ciudad. A partir de esto se generan dos objetivos más, los cuales consisten en generar posibles escenarios de afectación a la vivienda en torno a la caída de cenizas volcánicas y sismos. Por último, se propuso el diseñar un campamento de vivienda emergente en atención a los posibles escenarios de daño en la zona de estudio.

En el capítulo 1 se definieron los objetivos, las problemáticas que afectan la zona de estudio las cuales son el posible daño en cubiertas por depósito de ceniza volcánica en grandes

cantidades, según eventos históricamente posibles. También la posible afectación de las viviendas por sismos de magnitudes conocidas en la región. Se definió la relación de la problemática con la sustentabilidad en las dimensiones económica, ambiental, social y cultural, además de planteó la hipótesis de investigación y la metodología con la cual se resolverán las secciones posteriores.

Las personas y sus viviendas están expuestas prácticamente en todo lugar de la tierra a los fenómenos naturales, unos más o menos alejados de fuentes de riesgo aumentando así su exposición. Para cada tipo de desastre se ha observado que cada comunidad reacciona diferente y que dependiendo del fenómeno toman medidas pertinentes según la región, el clima y los materiales locales. Aunado a esto, se han identificado a lo largo de los años los daños que producen los desastres naturales y su aumento en las últimas décadas, todo esto debido a la proliferación de nuevos asentamientos sin regulación en zonas de riesgo o carentes de criterios de una buena construcción (*i.e.* vivienda autoconstruida vulnerable). A partir de esto, se ha notado un impacto mayor en sectores menos favorecidos de la sociedad, sectores que son víctima del cambio climático y muchas veces son los que menos participación tienen en su generación.

En el capítulo 2 se presentaron todas las variables que interfieren en la temática, comenzando por definir todos los conceptos que constituyen al riesgo sísmico y por caída de cenizas volcánicas (*i.e.* amenaza, exposición y vulnerabilidad estructural), así como una explicación sobre los fenómenos perturbadores que se presentan en Ciudad Guzmán. Los fenómenos naturales que interfieren directamente en la zona de estudio son los sismos, esto debido a la ubicación de la ciudad en la zona D de alta sismicidad. También otro riesgo importante fue determinado por la cercanía del Volcán de Colima y el depósito de cenizas en las cubiertas de tipo ligera. También en esta sección se evidenció la gran variedad de propuestas alrededor del mundo, así como los diferentes participantes en torno a su implementación y sus usuarios. Destacando de manera importante instituciones educativas a lo largo del país y el mundo, organizaciones no gubernamentales, empresas manufactureras de vivienda y módulos temporales, así como la participación de teóricos los cuales se adentran en el análisis y propuesta conceptual para diferentes tipos de situación. Una parte importante es la participación de las organizaciones internacionales como lo es el *shelter centre* o el proyecto esfera, los cuales han creado un cumulo de propuestas, así como guías y normas para poder dar pauta a mejores propuestas en torno a refugios temporales. La importante participación del arquitecto Shigeru Ban demuestra el interés de los arquitectos en la temática de la vivienda temporal y de cómo esta puede ser

implementada de manera que se aprovechen recursos que no siempre tienen un uso en la industria de la construcción, en este caso el cartón, ampliamente usado para los diseños del despacho de arquitectura de Shigeru Ban. A partir de los trabajos del arquitecto, se entendió la idea fundamental del “refugio temporal”, la cual para ser altamente funcional debe de complementarse con la participación de los damnificados, es aquí donde la población se integra y se apropia del proyecto, sin dejarlos aislados como lo es el caso de la implementación de casas de campaña. En esta misma sección, se profundizó en los eventos históricos en México y en específico la zona de estudio y sus alrededores. Los eventos sísmicos que han ocurrido en Ciudad Guzmán, en Colima y en Jalisco, así como los últimos eventos catastróficos sucedidos en la Ciudad de México en septiembre del año 2017. Con esto, se llegó a la conclusión de que hay una gran posibilidad de daños potenciales en torno a la vivienda en Ciudad Guzmán debido a la alta ocurrencia de sismos y eventos volcánicos.

La historia de Ciudad Guzmán a lo largo de los últimos 150 años ha mostrado diversos eventos ante caída de cenizas volcánicas, siendo el mas importante en el año 1913, donde según información obtenida, se depositó ceniza en las cubiertas de la zona. En este evento se generó una capa de aproximadamente 8 cm. Debido al aumento de población en mas de 100 años, la cantidad de vivienda en malas condiciones y con materiales de baja calidad, así como otros mismos afectados por el tiempo en su estado de conservación, ha ido en aumento. Mediante el análisis realizado en el [Capítulo 5](#), se determinó un aproximado del 6.0 % de la vivienda total con estas condiciones, numero que asciende a 2,023 viviendas con posible afectación. Cabe mencionar que el numero exacto de viviendas podría ser mayor, esto podría tomarse como una propuesta de investigación futura. La idea de ampliar el análisis y escaneo de cada una de las viviendas, para determinar exactamente las que estuvieran en riesgo de colapso o daño severo en su sistema resistente principal.

Mediante la determinación de la afectación por depósito de cenizas volcánicas en las cubiertas, se profundizó en esta situación en otras partes del mundo, presentando como resultado la situación de los habitantes cercanos al volcán Pinatubo en 1991 en Filipinas, el cual generó daños a las viviendas de más de 300 personas. Por último, la sección anterior cierra con la presentación de distintas metodologías para determinar la vulnerabilidad de las viviendas, como lo es la clasificación de vulnerabilidad en edificaciones de la Escala Macrosísmica Europea EMS-98 y el método de inspección y puntaje o el índice de vulnerabilidad. Estas metodologías fueron de gran importancia para obtener los diferentes escenarios de daño en viviendas principalmente por sismo en el [Capítulo 5](#).

En la tercera sección de trabajo se realizaron hallazgos importantes en torno a cómo se aborda la situación de desastre de las personas afectadas por el sismo del 19 de septiembre del 2017 en la Ciudad de México, todo esto se entendió gracias al trabajo de campo realizado por medio de entrevistas a personas afectadas por el sismo, las cuales un año después, 2018 año en que se realizaron, los afectados continuaban en la misma situación. Se evidencio las deficiencias en torno al apoyo del gobierno y las posibles respuestas a su situación de refugiados, mediante la falta de apoyo en especie de los afectados. Además, gracias a esta experiencia se entendió de una manera más clara como los damnificados construyen sus refugios de forma carente, con materiales locales que se adaptan a los elementos constructivos de sus alrededores.

De la misma manera a partir de entrevistas a elementos clave en protección civil de Jalisco, se entendió la forma en que se puede evitar un número mayor de daños y de muerte de personas, todo esto mediante la prevención. Trabajo que realiza la mencionada institución cada año, a partir de simulacros, evacuación de personas, determinación de riesgos, así como el monitoreo continuo de las condiciones meteorológicas y sísmicas de la región. Se entendió en gran medida los procesos en los planes de acción ante diversos desastres, llegando a la conclusión de que la premisa básica en torno al resguardo de personas por daños sísmicos es a base de los refugios temporales determinados por los ayuntamientos, los cuales resultan ser inadecuados para poder albergar a grandes números de personas debido a la falta de servicios sanitarios espacios adecuados para el descanso de estas. A partir de los hallazgos realizados en las entrevistas, se determinó la viabilidad de la implementación de una vivienda emergente para cubrir las necesidades de los afectados, siendo una alternativa posible y digna que pudiera mejorar la vida de estos.

La sección posterior presentó información de gran importancia sobre cómo se ha concebido la vivienda en Ciudad Guzmán. El análisis mostrado, presenta ciertas tendencias de construcción, en diferentes partes de la ciudad, todo esto gracias a la caracterización de la vivienda por cuadrantes de la mancha urbana de Ciudad Guzmán. Se descubrieron las tipologías de viviendas y se clasificaron en cinco principales, las cuales determinan su calidad de construcción y el tipo de estructura, además de tener la información de si corresponden a construcción profesional o autoconstrucción. También se identificaron viviendas con un grado de vulnerabilidad alto, como lo son construcciones antiguas de adobe o con cubierta ligera de teja. El análisis presentado en este capítulo muestra la evidente falta de infraestructura en zonas periféricas de la ciudad, así como de difícil acceso y donde hay más proliferación de la vivienda auto construida.

En esta sección se mostró una perspectiva general en torno a las viviendas construidas en Ciudad Guzmán, donde por medio de observación directa a cada cuadrante, así como el centro histórico se identificaron la cantidad de viviendas de tipo A, B, C-1, C-2 y C-3. Las tipologías C, las más vulnerables registraron un porcentaje de 12.90 % aproximadamente, con un total de 4,299 viviendas con deficiencias en su estructura, así como estado de conservación de mala calidad. Cabe mencionar que se ha presentado el colapso de viviendas de tipo C-2 a base de adobe, sin la existencia de un evento sísmico, debido a la falta de mantenimiento y el deterioro de sus elementos constructivos, los cuales son el adobe, madera y tejas de barro.

La sección 5 mostró a partir del análisis de las viviendas contabilizadas en el Capítulo 4, las metodologías para determinar la clase y el índice de vulnerabilidad de estas. En primer lugar, se mostró la cantidad aproximada de viviendas con cubierta ligera, la cual resultó en un 6 % de las viviendas totales de Ciudad Guzmán y que corresponde a un aproximado de 8,000 habitantes. Estas personas podrían verse afectados en su vivienda por la acumulación de ceniza volcánica en sus cubiertas, generando posibles daños estructurales o hasta el colapso de esta. Los principales materiales identificados en estos tipos de vivienda corresponden a cubiertas de teja de barro en malas condiciones, láminas de asbesto, láminas de cartón y madera, con deficientes apoyos estructurales a base de madera o adobe. Cabe mencionar que no se observó una tendencia definida en torno a la tipología identificado o una distribución específica en la zona de estudio, aun así, la mayoría se ubican en zonas de periferia o zonas marginadas y de escasos recursos para las viviendas autoconstruidas. Para las viviendas con cubiertas de teja y muros de adobe se encuentran a lo largo de toda la mancha urbana y se identifican como viviendas con una antigüedad importante que no tuvieron el correcto mantenimiento, afectando su estado de conservación.

En esta misma sección se evaluaron las cinco tipologías presentadas en el [Capítulo 4](#), mediante el método de inspección y puntaje aplicado, en el que se calificaron nueve parámetros específicos del tipo de construcción. De esta manera se evidenciaron los diversos materiales utilizados, el sistema resistente de cada tipología, así como su estado de conservación y demás elementos constructivos. Los diversos materiales identificados en la tipología A mostraron un buen estado de conservación, así como una buena calidad en su sistema resistente, buena configuración en planta, calidad en su tipo de cubierta, en su mayoría de losa de concreto llena. Esta tipología caracterizada principalmente por viviendas de tipo residencial construidas por profesionales y que cumplen con las normas mínimas

de diseño sísmico. Aun mostrando buena calidad en los parámetros observados, la vulnerabilidad de esta tipología resulta ser “intermedia”.

Para la tipología C de igual manera los parámetros más críticos giran en torno a su posición y cimentación a base de losas, su configuración en la elevación y la organización de su sistema resistente, generando con ello una vulnerabilidad “intermedia”, cabe mencionar que esta tipología abarca los desarrollos de vivienda en serie. La tipología C-1 evidenció deficiencia en la calidad de su sistema resistente, debido al pésimo estado de conservación de este, así como de su cubierta, mostrando una vulnerabilidad “alta”. Para la tipología C-2, la cual resulta ser la más crítica con un índice de vulnerabilidad “muy alto”, debido al pésimo estado de conservación de todos sus elementos, ya sean muros, cubierta y elementos no estructurales, características principales en viviendas con una antigüedad importante a base de adobe, cubiertas de madera y teja. Para la última tipología, la C-3 identificada como vivienda autoconstruida, se determinó un índice de vulnerabilidad “alto”, debido a la baja calidad en todo su sistema estructural, en el que no se tomaron en cuenta las normas mínimas de diseño estructural y sin la asesoría de un profesional. Además, se observó una continua falta de recubrimientos y elementos no estructurales, así como una baja calidad en el estado de conservación.

En el [Capítulo 5](#) se presentan a manera de conclusión una serie de estrategias posibles en torno a cómo se pueden mejorar la calidad en la construcción de las viviendas con mayor vulnerabilidad, como lo son la vivienda tipo C-2 la cual tiene un índice de vulnerabilidad muy alto. Con estas estrategias avaladas por el CENAPRED, se puede llegar a mejorar de manera importante la rigidez e integridad estructural de la edificación y con ello reducir su vulnerabilidad. Del mismo modo se presentan estrategias para mejorar la calidad en viviendas de auto construcción como lo son el tipo C-3, a partir del correcto confinamiento de los muros, aberturas y una mejor distribución en los apoyos. Cabe mencionar que existe una gran cantidad de estrategias con las cuales se puede mejorar la calidad de distintos tipos de viviendas, apegándose a los lineamientos que presentan los encargados de regular la construcción.

Para concluir y cubrir la situación de posibles afectaciones en Ciudad Guzmán, se realizó la propuesta conceptual de dos tipos de módulos de vivienda emergente, con dimensiones diferentes y para cubrir distintas necesidades de diferentes familias. Se implementaron materiales locales y artesanales, como lo es el petate, el carrizo, la madera de pino, de lata, así como el uso de láminas de cartón petrolizado y la posible implementación de tecnologías como la fotovoltaica para proveer de energía a cada módulo.

Mediante la propuesta de estos módulos se pueden generar diferentes tipos de configuraciones adaptados para cada tipo de familia. A partir lo anterior se propuso una distribución de campamento incorporando servicios sanitarios, de alimentación y salud, así como de seguridad pública. Cabe aclarar que la propuesta dependiendo de la situación de emergencia, puede complementarse con los ya aplicados planes de acción basados en el resguardo de personas en albergues temporales como lo son centros comunitarios, instalaciones deportivas etc.

A partir de haber propuesto tres escenarios de posible daño sísmico los cuales varían en intensidades, se determinó la cantidad necesaria de campamentos. Para el escenario más conservador con una intensidad VII la cual resulta ser “daño muy fuerte”, según la escala de Mercalli, y en la que el daño sería destructivo. Para este escenario el número de personas afectadas asciende a un 17.3 % de las viviendas en Ciudad Guzmán, con un aproximado de 4300 edificaciones. Con los datos obtenidos para este escenario se determinó que siendo este el más conservador, la cantidad de espacios disponibles para implementar un campamento es insuficiente, por lo que se sugirió la complementación con las alternativas que el ayuntamiento tiene de los albergues temporales. Para los escenarios VIII y >VIII los cuales corresponden a daño “destructivo” y “Catastrófico” respectivamente, la población afectada sería la totalidad de esta. Del mismo modo la propuesta de este trabajo resulta ser insuficiente si no se complementa con otras alternativas mencionadas.

Para el escenario de caída de cenizas volcánicas en viviendas con cubierta ligera se identificaron un aproximado de 2,023 viviendas las cuales podrían tener una importante afectación o hasta su colapso. Esto fue determinado por la posibilidad de un evento históricamente posible como el de 1913. Para este escenario se propuso una cobertura posible de ocho y nueve campamentos con las características presentadas en el mismo capítulo.

A partir de toda la investigación realizada en el presente trabajo se determina que la implementación de un campamento de vivienda en Ciudad Guzmán es posible, con la correcta gestión de los recursos públicos, así como de la apropiación y participación de la población afectada. La propuesta de módulos provee un refugio simple para los damnificados, aun así, falta profundizar en su desempeño en la realidad ante los diversos fenómenos naturales. La propuesta de campamentos es insuficiente para la población afectada si los escenarios de daño ocurrieran, es por ello que no se excluyen las alternativas que los ayuntamientos y organizaciones gubernamentales proporcionan en la actualidad.

Los análisis desarrollados en este trabajo, los cuales presentan los hallazgos más importantes, mostraron la tendencia de construcción en Ciudad Guzmán a lo largo de los años. Gracias a este análisis se obtuvo una visión a grandes rasgos, la cual puede funcionar en un futuro como base de un análisis más detallado para determinar precisamente la situación de vivienda y su vulnerabilidad.

## **7.2 Propuestas de investigación futura**

Por medio de los hallazgos realizados se han encontrado diferentes oportunidades de investigación de manera extensa a escala territorial en Ciudad Guzmán. Una de las principales propuestas se genera a partir de poder implementar un análisis detallado de la vivienda, tomando como base el actual trabajo. A partir de una observación de todas y cada una de las viviendas y con ello aplicar los métodos de inspección y puntaje integrados en este trabajo. Con ello se pueden obtener datos exactos y poder trabajar en planes de acción para mejorar la calidad de la vivienda que se pudiera ver afectada ante sismos o depósito de cenizas en cubiertas de mala calidad.

Se identificó la posibilidad de desarrollar la idea de vivienda de edificación emergente presentada en este trabajo y así mismo poder probar su desempeño en situaciones reales. Dentro de la temática de la situación de emergencia, podría desarrollarse un informe detallado de la cantidad necesaria de materiales, en caso de necesitarse y poderse emplear la propuesta, así como tener un inventario almacenado para poder cubrir los eventos rápidamente. Además, la actual propuesta se puede tomar como base para una aplicación fuera de la situación de desastre, por medio de la generación de refugios para personas que no cuentan con una vivienda, o en situación de calle. Para esto, se debe realizar un análisis detallado de los materiales aquí propuestos, así como de los métodos constructivos, su costo y tiempo de construcción.

Queda a futuro el desarrollo exhaustivo de la propuesta de vivienda emergente, en la que se pudiera realizar un modelo a escala real, para poder realizar mediciones entorno a su confort térmico, así como la resistencia al viento, su desempeño estructural y el tiempo de construcción de este. Además, se podría desarrollar la investigación de manera que se continúe el proceso de refugio temporal desarrollando el proyecto en la siguiente fase que pase de ser vivienda emergente a vivienda temporal. Se busca que la propuesta cubra las necesidades de las personas en un plazo mayor y el cual integre una mejor calidad de espacios y tecnologías, para promover un desarrollo de vivienda transicional.

## Referencias

---

- AFM (2017). AF medios Recuperado de: <https://www.afmedios.com/2017/10/22-anos-del-sismo-1995-manzanillo/> Colima, México. Último acceso: 12-06-19.
- AMPRN (2015). *“Atlas municipal de peligros y riesgos naturales de Zapotlán el Grande”*. Gaceta Municipal de Zapotlán 2015. Zapotlán el Grande, Jalisco.
- Archdaily (2014). *“La Petatera en México: una estructura temporal de madera, cuerdas y petates”*. <https://www.archdaily.mx/mx/02-334456/la-petatera-en-mexico-una-plaza-de-toros-temporal-de-madera-cuerdas-y-petates> México. Último acceso: 25-06-19.
- Archdaily (2015). *“Guadalajara, México: Un edificio comunitario de muros De bahareque y celosía de carrizo”*. <https://www.archdaily.mx/mx/762081/guadalajara-mexico-un-edificio-comunitario-de-muros-de-bahareque-y-celosia-de-carrizo> México. Último acceso: 31-07-19.
- ARNMA (2011). Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Ameca, Estado de Jalisco, 2011, 10 de febrero de 2011.
- Arredondo, I. Sánchez, M., Clavellina, j., Morales, G., Rosales, M., Gómez, C., Herrera V., Ramírez, E., Zepeda, R., Del Río, J., Domínguez M., Ramírez R., Rodríguez F., Torres C., Zamora, I., Galindo C., Ramírez, S., Palazuelos I., Vázquez, L. (2018). *“Sismos 2017, Diagnostico y propuestas para la reconstrucción”*. México, mayo 2018.
- Benedetti, D. y Petrini, V. (1984). *“Seismic vulnerability of masonry buildings: Proposal of an assessment methodology”*. Constr. Indust., 18, 66-78. Roma, Italia.
- CBVRV (2014). *“Cartilla breve para refuerzo de la vivienda rural de autoconstrucción contra sismo y viento”* CENAPRED, México. 2014.
- CENAPRED (2016). *“Infografía Popocatepetl, Dispersión de ceniza”*. Centro nacional para la Prevención de Desastres. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/la-ceniza-volcanica-en-las-viviendas> Ciudad de México, México. Último acceso: 05-05-19.
- CIFEN (S.F.). *“Aproximación para el calculo del riesgo”*. Centro internacional para la investigación del fenómeno “El Niño”. Ecuador.

Clarín (2015). *“La erupción del volcán Calbuco Ensenada, el pueblo fantasma en el que se quedaron solo 30 habitantes”* Clarín, Sociedad abril 2015.

[https://www.clarin.com/sociedad/ensenada-pueblo-fantasma-chile-calbuco-volcan-erupcion-cenizas\\_0\\_HkEqmiFD7x.html](https://www.clarin.com/sociedad/ensenada-pueblo-fantasma-chile-calbuco-volcan-erupcion-cenizas_0_HkEqmiFD7x.html) Buenos Aires, Argentina. Último acceso: 06-06-19.

COEPO (2011). *“Jalisco en cifras”*. Secretaría de planeación y Consejo Estatal de Población de Jalisco. México, 2011.

CONAFOR (2019). *“Concurso de vivienda sustentable de la Comisión Nacional Forestal”*. México.

Cuenca, J., Lermo, J., Rodríguez, M., Chávez, M., Flores, J., Briones, E. (1997). *“Estudio preliminar de efecto de sitio en la Ciudad de Manzanillo”*. Informe interno al Instituto de Ingeniería, Coordinación de Ingeniería Sísmológica. UNAM. México.

CUSUR (S.F.) *“Infraestructura”* Recuperado de: <http://www.cusur.udg.mx/es/doctorado-psicologia/infraestructura> Ciudad Guzmán, Jalisco, México. Último acceso: 13-05-19.

CUSUR (S.F.) *“Costumbres y tradiciones”* Observatorio de Turismo, CUSUR. [http://www.cusur.udg.mx/observatorioTurismo/archivos/Gomez/OT\\_Gomez\\_cultura.htm](http://www.cusur.udg.mx/observatorioTurismo/archivos/Gomez/OT_Gomez_cultura.htm) Ciudad Guzmán, Jalisco, México. Último acceso: 23-07-19

Davis, I. (1978). *“Shelter after disaster”*. Oxford: Gustavo Gili. Minnesota, Estados Unidos.

Discobed (2013). <http://www.discobed.com/cots/disc-bunk/> Estados Unidos. Último acceso: 25-08-19.

Douglas, M. (1987). *“Les études de perception du risque: un état de l’art”* École Normale Supérieure, Paris, Francia.

El puente (2015). *“Artesanías que se tejen con vida”*  
<http://www.elpuente.org.mx/papelytinta/artesanias-que-se-tejen-con-la-vida/> Ciudad Guzmán, Jalisco, México. Último acceso: 23-07-19

Escumovil (2015a) *“Regaderas”* Recuperado de: <http://www.escumovil.com/regaderas/> Último acceso: 06-08-19

Escumovil (2015b) *"Baños Remolque"* Recuperado de:  
<http://www.escumovil.com/portfolio/5w/> Último acceso: 06-08-19

GFZ (S.F.). *"The European Macroseismic Scale EMS-98"*. German Research Centre for Geosciences Recuperado de: <https://www.gfz-potsdam.de/en/section/seismic-hazard-and-risk-dynamics/projects/previous-projects/seismic-vulnerability-risk-intensity-scales/ems-98-european-macroseismic-scale-1998/> Alemania. Último acceso: 01-07-19.

GNDT (1990). *"Seismic risk of public buildings (in Italian)"*. National Council of Investigation, National Group for the earthquake protection, Italy. Italia.

GSC (2017). *"Shelter projects 2015-2016: Case studies of humanitarian shelter and settlement responses"*. Global Shelter Cluster, International Organization for Migration. April 2017. Canada.

Grünthal, G. (1998). *"European Macroseismic Scale EMS-98"*. Notes of the European Center of Geodynamics and Seismology, Volumen 15, Luxemburgo.

Gutiérrez, N., Petersen, J., Arias, P. y Reyes, J. (2019), *"A minimum building information unit for immediate response in disaster situations"*. Construction and Building Materials, 213: 652-664.

Hernandez, L., Cruz, H., Marquez, B., Suarez, C., Padlog, M., Palomar P. (2013). *"Aproximación al analisis de la vulnerabilidad del volcan de fuego de Colima (Jalisco, México)"*. VEGUETA, No. 7. Jalisco, México.

Holling, C. (1973). *"Resilience and stability of ecological systems"*. Anual review of ecology and systematics. Vol 4 (1973) pp 1-23 Anual Reviews University of british columbia , Vancouver, Canada.

IIEG (2015) *"Atlas municipal de peligros y riesgos naturales, Zapotlán el grande, Capítulo 4: Identificación de peligros ante fenómenos perturbadores de origen natural"*. Instituto de información estadística y geografía. Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2015. Jalisco, México.

IIEG (2017) *"Diagnostico del municipio de Zapotlán el Grande"* Instituto de información estadística y geografía. Noviembre 2017. Jalisco, México.

INEGI (2010). *“Censo de Población y vivienda 2010”*. México.

INEGI (2016). *“Inventario Nacional de viviendas 2016”*. Herramienta en línea del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/inv/> Último acceso: 05-05-19.

INEGI Observatorio vulcanológico (2003). *“Mapa de peligros del volcán de fuego de Colima”*. Observatorio vulcanológico de la Universidad de Colima Abril 2003. Colima, México.

Johnson, C. (2007). *“Strategies for the Reuse of Temporary Housing. Workshop Paper, Holcim Forum for Sustainable Construction, Urban Transformations”*. Shanghai, Tongju University, April 18-21, 2007, p. 323. Recuperado de:

<http://www.holcimfoundation.org/default.aspx?tabid=46> Shanghái, Japón. Último acceso: 14-03-19.

Kostoglodov, V. y Pacheco, J. (2017). *“CIEN AÑOS DE SISMICIDAD EN MEXICO”*. Sistema Geológico Mexicano, 13 oct 2017, de Instituto de geofísica UNAM Recuperado de: <http://usuarios.geofisica.unam.mx/vladimir/sismos/100a%F1os.html> México. Último acceso: 05-02-19.

Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México (2017). *“Normas técnicas complementarias para el diseño estructural de la Ciudad de México”*. Ciudad de México.

MDS-CFE (1993). *“Manual de Diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo)”*. Comisión Federal de Electricidad (CFE), México.

Muñoz, L. (2015). *“Arquitectura de emergencia, prototipos contemporáneos efímeros”*. Escuela técnica superior de arquitectura, Universidad de Valladolid 2015. España.

Marino, P., Muñoz, F., Saint-Supery, M., (2016), *“Planificación de la vivienda de emergencia en desastres naturales. Terremotos de Haití y España”*. Revista INVI 31(87) 115-141 agosto 2016. Santiago de Chile.

NTCDF (2004). *Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal “Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería”*. México.

ONU HABITAT (2016). *“Informe final municipal 2016 índice básico de las ciudades prosperas”*. SEDATU, INFONAVIT ONU HABITAT. Jalisco, México.

Padilla, R. (2013). *“La erupción de 1913, un relato y una procesión”*. Antropistoria: Riesgos, prevención y desastres.

<https://raypadilla.wordpress.com/2013/02/05/la-erupcion-de-1913-un-relato-y-una-procesion/> Ciudad Guzmán, Jalisco, México. Último acceso: 22-05-19.

PAP (2014). *“Pritzker Architecture Prize”* Recuperado de:

<https://www.pritzkerprize.com/laureates/2014> Madrid, España. Último acceso: 08-05-19.

Periodico el Sur (2015). *“Lluvia de ceniza provoca fuerte exhalación del volcan de Colima.”* Enero 2015, México.

[http://www.periodicoelsur.com/noticias\\_guzman.aspx?idnoticia=95719](http://www.periodicoelsur.com/noticias_guzman.aspx?idnoticia=95719) Último acceso: 14-05-19.

Plazola, A. (1977). *“Arquitectura habitacional”*. Plazola editores, Limusa.

Preciado, A. and Orduña, A. (2014). *“A Correlation Between Damage and Intensity on Old Masonry Churches in Colima, Mexico by the 2003 M7.5 Earthquake”*. Case Studies in Structural Engineering, 2: 1-8.

Preciado, A., Ramirez-Gaytan, A., Salido-Ruiz, R. A., Caro-Becerra, J. L. and Lujan-Godinez, R. (2015a). *“Earthquake Risk Assessment Methods of Unreinforced Masonry Structures: Hazard and Vulnerability”*. Earthquakes and Structures, 9(4): 719-733.

Preciado, A., Rodríguez, O., Caro-Becerra, J. L. y Lujan-Godínez, R. (2015b). *“Escenarios de Daño Sísmico a Escala Territorial en Mampostería no Reforzada en Tlajomulco, Jalisco”*. Memorias del XX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS), noviembre 24-28, Acapulco, México.

Preciado, A., Rodríguez, O., Ramirez-Gaytan, A., Rosales, G., Caro, J. L. and Lujan, R. (2016). *“Seismic vulnerability indicators of the Franciscan Route churches in Tlajomulco, Mexico by simplified methods”*. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions (SAHC), September 13-15, Leuven, Belgium, ISBN: 978-1-138-02951-4.

Preciado, A. y Flores-Elizondo, R. (2018). *“Alerta temprana de subsidencia desde indicios socioeconómicos, geológicos y de vivienda vulnerable en Tlajomulco, Jalisco.”* Capítulo 1, p.p. 13-34, *Sustentabilidad y Tecnología: Herramientas para la Gestión Segura y Eficiente del Hábitat*, ITESO, Guadalajara, México, ISBN: 978-607-8528-84-4.

Protección civil (2014). *“Manual de protección civil”* México.

Proyecto esfera (2011). *“Carta humanitaria y normas mínimas para lá respuesta humanitaria”*. 2011. ISBN 978-1-908176-02-8. Reino Unido.

Serrano, G., Gómez, J., Pérez, R., Zamora, H., Valencia, H., Rajdev, E., Orozco, P., Barragán, J. (2016). *“Vivienda emergente y sustentable con sistemas estructurales de bambú”*. Tlaquepaque, Jalisco, México. ITESO 2016.

Shelter centre (2012). *“Transitional shelter guidelines”*. Switzerland 2012.

SBA (2014). Shigeru Ban Architects. *“Paper temporary Shelter Philippines”*. Recuperado de: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014\\_PaperEmergencyShelter-Philippines/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_PaperEmergencyShelter-Philippines/index.html) Cebu, Philippines .Último acceso: 03-06-19.

SMIS and EERI (2006). *“Preliminary observations on the Tecomán, Colima, Mexico, earthquake of January 21<sup>st</sup>, 2003 (in Spanish)”*. Mexican Society of Seismic Engineering and the Earthquake Engineering Research Institute, USA. Especial earthquake report (learning from earthquakes).

SSN (2017). *“Sismos Históricos de 1932”*. Geofísica UNAM. México.

SSN (2019). *“Reporte especial del sismo del 19 de septiembre de 2017”* Servicio sismológico nacional 2017. Recuperado de: <http://www.ssn.unam.mx/> Ciudad de México, México. Último acceso: 05-02-19.

Suarez, C., Saavedra, G. (S.F.) *“Análisis y mapa de riesgos del volcán de Colima, México”*. Centro de investigación de la facultad de geografía Universidad de Guadalajara, México.

Torres, R., Ponce, P., Gómez, D., (2017). *“Vulnerabilidad física de cubiertas de edificaciones de uso de ocupación normal ante caídas de ceniza en la zona de influencia del volcán Galeras”*. Boletín de Geología, 39(2): 67-82. Colombia.

USGS (2010). "USGS Volcano Hazards Program Site". Recuperado de: <http://volcanoes.usgs.gov/ash/build/> Último acceso: 25-05-19. U.S.

Wagemann E. (2012). "*Transitional accommodation after disaster. Short term solutions for long term necessities*". Churchil College. University of Cambridge. Cambridge UK.

Wagemann E. (2015). "*Making a temporary shelter a home, Transitional housing in Chile and Peru*". Scroope: Cambridge architecture journal. Cambridge UK.

Watz, P. (1932). "*Datos Históricos y Bibliografía acerca del Volcán de Colima*". Memoria de la Sociedad Científica Antonio Álzate. México.

Yagi, Y., Mikumo, T., Pacheco, J. & Reyes, G. (2004). "*Source ruptures process of the Tecomán, Colima, Mexico earthquake of January 22nd, 2003, determined by joint inversion of teleseismic body wave and near-field data*". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 5, pp. 1795–1807. Virginia, Estados Unidos.

Zamudio, P., Bautista, M., Gómez, I. (2016). "*Atlas municipal de Peligros y Riesgos Naturales del municipio de Zapotlán el Grande (Cd. Guzmán), Jalisco.*" Sociedad Mexicana de Ingenieria Geotécnica, A.C. Noviembre 23-26, Yucatan, Mexico.

Zobin, V., Ventura F. (2006). "*The Mw 7.4 Colima, Mexico, Earthquake of 21 January 2003: The Observed Damage Matrix in Colima City and its Comparison with the Damage Probability Matrix*". Natural Hazards, 38: 391 – 410.