



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

**MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA,
APLICADO A LAS TÉCNICAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN GUATEMALA**

Alvaro Francisco Ramírez Vásquez
Asesorado por el Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON
TIERRA, APLICADO A LAS TÉCNICAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO FRANCISCO RAMÍREZ VÁSQUEZ
ASESORADO POR EL ING. EDGAR VIRGILIO AYALA ZAPATA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Wuilliam Ricardo Yon Chavarría
EXAMINADOR	Ing. Fredy Adolfo Alvarado Hernández
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

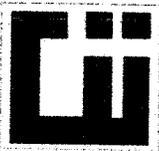
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA, APLICADO A LAS TÉCNICAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de noviembre de 2016.

Alvaro Francisco Ramírez Vásquez



Guatemala, 29 de mayo de 2018

Ingeniero

José Gabriel Ordóñez Morales

Jefe de Área de Materiales de Construcción y Obras Civiles

Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Ordóñez:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **"MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA, APLICADO A LAS TÉCNICAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante universitario Alvaro Francisco Ramírez Vásquez, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Ramírez Vásquez**, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

Dr. Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata
Ingeniero Civil. Colegiado No.1524
Jefe Sección Tecnología de los Materiales
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Asesor

EDGAR VIRGILIO AYALA ZAPATA
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 1524



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 18 de septiembre de 2018

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

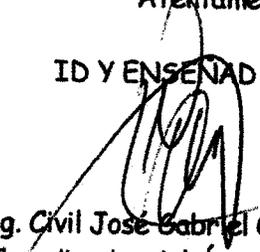
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA, APLICADO A LAS TÉCNICAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alvaro Francisco Ramírez Vásquez quien contó con la asesoría del Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑANZA A TODOS

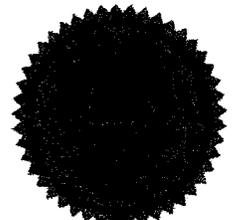

 Ing. Civil Jose Gabriel Ordóñez Morales
 Coordinador del Área de Materiales y
 Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/mrrm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

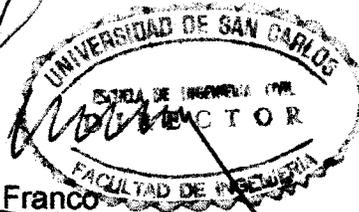
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata y Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación del estudiante Alvaro Francisco Ramírez Vásquez MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA, APLICADO A LAS TÉCNICAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

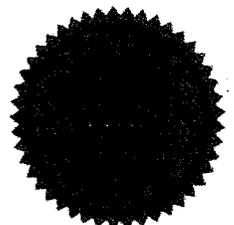
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2018

/mmm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su guía, resguardo y presencia en cada una de las decisiones, escenarios y recompensas que han acarreado mis actos.

Mis padres

César Ramírez y Sandra Vásquez, por su ejemplo de una vida de esfuerzo, perseverancia y sensatez; su apoyo y amor incondicional y las lecciones que me han brindado a lo largo de este camino.

Mis hermanos

César Ramírez, Andrea Ramírez y Mirella Ramírez, por su cariño y apoyo que mutuamente nos hemos brindado a lo largo de nuestra vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi padre	Por la educación y sus consejos; por su ejemplo y la manera en que han significado sus acciones en mi crecimiento personal y profesional.
Mi madre	Por su apoyo incondicional desde el inicio de mis estudios universitarios. Por el amor incondicional que me ha demostrado desde que tengo uso de razón y estoy seguro que continuará así todo el tiempo que la vida nos permita.
Mis hermanos	Por ser mis compañeros de vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme brindado la oportunidad de optar a estudios superiores.
Facultad de Ingeniería	Por ser la fuente de inspiración a mis aspiraciones profesionales.
Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)	Por brindarme la oportunidad de conocer y trabajar con los profesionales más capaces y éticos que he conocido en este trayecto.

**Dr. Edgar Virgilio Ayala
Zapata**

Por su apoyo y guía mi iniciación a la investigación científica; por sus consejos y la sabiduría de cómo afrontar distintos escenarios, y, sobre todo, por su permanente motivación para mi superación personal.

Ing. Moisés Méndez

Por su apoyo y consejos en todo el proceso de investigación. Por ser un referente siendo una persona ética y su gran integridad como profesional.

**Mis amigos de la
Facultad**

Quienes me acompañaron a lo largo de mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. INDICADORES: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INTERPRETACIÓN.....	1
1.1. Importancia y uso de la información	1
1.2. Indicadores	3
1.2.1. Generalidades	3
1.2.1.1. Definición	3
1.2.1.2. Características básicas.....	4
1.3. Objetivos de un indicador	5
1.4. Tipología de indicadores.....	5
1.5. Metodología en la elaboración de indicadores	6
1.5.1. Formulación del problema	7
1.5.2. Definición de las variables	7
1.5.3. Selección de indicadores y calidad de los datos.....	8
1.5.4. Criterios relacionados con la calidad estadística	9
1.6. Requisitos para la obtención de datos.....	10
1.7. Proceso de elaboración de indicadores.....	11
2. DESARROLLO SOSTENIBLE Y MODELOS CIENTÍFICOS.....	15
2.1. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	16

2.2.	Vivienda y dignidad humana	16
2.3.	La vivienda y los ODS	17
2.3.1.	Salud y bienestar.....	18
2.3.2.	Agua limpia y saneamiento	18
2.3.3.	Energía asequible y no contaminante	19
2.3.4.	Ciudades y comunidades sostenibles	20
2.4.	Modelo científico	21
2.4.1.	Aspectos sobre los modelos científicos.....	22
2.4.2.	Tipos de modelos científicos	24
3.	CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS	25
3.1.	Objetivo de realizar una caracterización	25
3.1.1.	Sobre factores de caracterización y su relevancia ..	27
3.2.	Sistema constructivo y estructura de la vivienda.....	28
3.2.1.	Método constructivo	28
3.2.1.1.	Adobe.....	29
3.2.1.2.	Bajareque	30
3.2.2.	Protección y mantenimiento de la estructura.....	30
3.2.2.1.	Sistema de piso.....	31
3.2.2.2.	Revestimiento y pintura	31
3.3.	Diseño de la vivienda	32
3.3.1.	Forma de la planta	35
3.4.	Encadenados de muro (viga solera).....	35
3.4.1.1.	Unión entre cubierta y columna.....	40
3.4.1.2.	Sistema de cubierta.....	40
3.5.	Aspectos estructurales	40
3.5.1.	Cimentación	43
3.5.2.	Muros y arriostre	45

3.5.3.	Tímpanos.....	47
3.6.	Trabajos posteriores y modificaciones.....	47
3.6.1.	Intervención de la estructura original	48
3.6.2.	Sobrecargas	48
3.7.	Factores ambientales	48
3.7.1.	Ubicación.....	49
3.7.1.1.	Precipitación, escorrentía e inundaciones.....	50
3.7.1.2.	Sismicidad	50
3.7.1.3.	Deslizamientos	50
3.7.1.4.	Estabilidad del suelo.....	51
3.8.	Habitabilidad.....	53
3.8.1.	Sanidad	53
3.8.1.1.	Agua potable.....	54
3.8.1.2.	Manejo de desechos orgánicos	55
3.8.1.3.	Letrinas.....	55
3.8.1.4.	Contaminación del aire	55
3.8.2.	Servicios y sensación de <i>comfort</i>	55
3.8.2.1.	Transporte	56
3.8.2.2.	Energía eléctrica.....	56
3.8.2.3.	<i>Comfort</i>	56
4.	DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE CONSTRUCCIONES CON TIERRA	57
4.1.	Características y diseño constructivo	58
4.1.1.	Elección de método constructivo	58
4.1.1.1.	Definición de conceptos: Zona climática – Elección de sistema constructivo.....	58

4.1.2.	Recubrimiento	59
4.1.2.1.	Definición de conceptos: Revestimiento – Sistema de muros y pisos	59
4.1.3.	Diseño de la vivienda	60
4.1.3.1.	Definición de conceptos: Diseño de la vivienda – Estabilidad y distribución en planta, forma de cubierta.....	60
4.1.4.	Aspectos estructurales	61
4.1.4.1.	Definición de conceptos: Diseño de la vivienda – Calidades y características constructivas	61
4.1.5.	Trabajos posteriores.....	62
4.1.5.1.	Definición de conceptos: Trabajos posteriores – Mantenimiento y modificaciones.....	62
4.2.	Factores ambientales	68
4.2.1.	Exposición y riesgos ambientales	68
4.2.1.1.	Definición de conceptos: Zona climática – Inundaciones y curso de escorrentía	68
4.2.1.2.	Definición de conceptos: Características del terreno – Estabilidad de laderas y derrumbe de taludes.....	69
4.2.1.3.	Definición de conceptos: Sismicidad – Evacuación segura de la vivienda.	69
4.3.	Habitabilidad	73

4.3.1.	Sanidad	73
4.3.1.1.	Definición de conceptos: Agua potable – Captación, tratamiento y almacenamiento	73
4.3.1.2.	Definición de conceptos: Desechos orgánicos – Manejo de residuos	74
4.3.1.3.	Definición de conceptos: Servicio sanitario – Uso y mantenimiento de letrinas	75
4.3.1.4.	Definición de conceptos: Aire – Ventilación y Contaminación.....	75
4.3.2.	Servicios y <i>Confort</i>	76
4.3.2.1.	Definición de conceptos: Servicios – Disponibilidad y Sentido de <i>Confort</i>	76
5.	VALIDACIÓN DEL MODELO	83
5.1.	Contexto	83
5.1.1.	Lugar	83
5.1.2.	Tiempo.....	84
5.1.3.	Acceso y autorizaciones	85
5.2.	Población y muestra	88
5.2.1.	Tipo y procedencia	88
5.3.	Procedimiento:.....	88
5.3.1.	Inmersión en el campo	88
5.3.2.	Proceso de recolección de datos.....	89
5.4.	Análisis y resultados.....	90
5.4.1.	San Agustín Acasagustlán, El Progreso	90
5.4.1.1.	Método constructivo.....	90
5.4.1.2.	Recubrimiento.....	93

5.4.1.3.	Diseño de la vivienda	97
5.4.1.4.	Aspectos estructurales	101
5.4.1.5.	Trabajos posteriores.....	107
5.4.1.6.	Exposición a riesgos	110
5.4.1.7.	Sanidad y servicios	113
5.4.2.	Monjas, Jalapa	118
5.4.2.1.	Método constructivo	118
5.4.2.2.	Recubrimiento	120
5.4.2.3.	Diseño de la vivienda	123
5.4.2.4.	Aspectos estructurales	125
5.4.2.5.	Trabajos posteriores.....	129
5.4.2.6.	Exposición a riesgos	131
5.4.2.7.	Sanidad y servicios	133
CONCLUSIONES.....		135
RECOMENDACIONES		139
BIBLIOGRAFÍA.....		141
APÉNDICES.....		143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Datos e información	2
2.	Evolución del PIB, utilizado como indicador.....	4
3.	Objetivos de Desarrollo Sostenible	15
4.	Proceso de un modelo científico	21
5.	Tipo de plantas usuales de vivienda	32
6.	Separación de áreas para asegurar la estabilidad en planta	33
7.	Efectos de sismos en una construcción en “L”	33
8.	Efectos de sismos en una construcción rectangular	34
9.	Efectos de sismos en una construcción alta	34
10.	Emplazamiento del encadenado sobre el muro	35
11.	Distribución de las cargas a través de una hilada de ladrillos cocidos sobre un muro de adobe.....	36
12.	Sistema de cubierta a dos aguas y tímpano	37
13.	Sistema de cubierta a dos aguas con tímpano y apoyadas en muros auxiliares.....	38
14.	Tímpano estabilizado con contrafuertes.....	39
15.	Tímpano estabilizado con concreto armado.....	39
16.	Fuerzas sísmicas horizontales	41
17.	Fuerzas sísmicas verticales	41
18.	Combinación de fuerzas sísmicas y torsión.....	42
19.	Cimentación para muros perimetrales.....	44
20.	Características de cimentación en muros de tapial.....	44
21.	Muros y arriostres.....	46

22.	Emplazamiento de una vivienda en pendiente	51
23.	Estabilidad del suelo	52
24.	Mapa satelital del municipio de San Agustín Acasagustlán, departamento de El Progreso	83
25.	Mapa Satelital del municipio de Monjas, departamento de Jalapa	84
26.	Línea de acceso para la evaluación de viviendas.....	86
27.	Presentación de la investigación a la unidad de planificación municipal.....	86
28.	Exposición del proyecto a representantes comunitarios y autoridades municipales	87
29.	Diálogo con representantes comunitarios.....	87
30.	Toma de datos de una vivienda de adobe	89
31.	Distribución porcentual del método constructivo	91
32.	Encaminamiento hacia la zona de estudio.....	92
33.	Vivienda de madera y de blocks	92
34.	Construcción de adobe en proceso	93
35.	Vivienda de bajareque sin recubrimiento	95
36.	Vivienda de bajareque en proceso de recubrimiento tras aparición de plagas	95
37.	Vivienda de bajareque en proceso de recubrimiento con agujeros provocados por plagas.....	96
38.	Vivienda de adobe con recubrimiento y pintura	96
39.	Tímpano y techos en dos direcciones de lámina y paja.....	98
40.	Uniones en encadenado techo-muro débiles.....	98
41.	Deficiente amarre entre muros y estructura de techos	99
42.	Estructura de techo alto y tímpano reforzado	99
43.	Viga de madera sobre eje de muro.....	100
44.	Cimiento en vivienda de bajareque.....	102
45.	Cimiento en vivienda de adobe.....	102

46.	Varillas de refuerzo en vivienda de bajareque	103
47.	Refuerzo en vivienda de bajareque.....	104
48.	Traslape de refuerzos en esquina de vivienda de bajareque	105
49.	Detalle de amarre en esquina de refuerzo	106
50.	Muro de bajareque con mal estado de recubrimiento	108
51.	Esquina de vivienda con daño en esquina de muro.....	108
52.	Estado de recubrimiento en esquina de muro.....	109
53.	Estado de nudo en vivienda sin protección	109
54.	Vivienda ubicada en ladera	110
55.	Vivienda ubicada en zonas altas.....	112
56.	Vivienda ubicada en zona baja	112
57.	Pozo de captación de agua subterránea.....	113
58.	Sistema de tubería en vivienda de bajareque	115
59.	Letrina abonera	116
60.	Asiento de letrina	116
61.	Cocina de tierra y comal de tierra.....	117
62.	Distribución porcentual del método constructivo	119
63.	Encaminamiento hacia la zona de estudio	119
64.	Vivienda de adobe	120
65.	Vivienda de adobe con recubrimiento	121
66.	Vivienda de adobe con muro descubierto	122
67.	Vivienda de adobe sin recubrimiento	122
68.	Vivienda de adobe sin sistema viga - columna	124
69.	Unión del muro y estructura de techo.....	124
70.	Tamaño de mortero entre uniones de adobes	126
71.	Muro de vivienda de adobe con daños.....	127
72.	Cimiento en vivienda de adobe	128
73.	Detalles constructivos en vivienda de adobe	129
74.	Muro de adobe con deterioro en el recubrimiento.....	130

75.	Región del estudio	132
76.	Comunidad del municipio de Monjas	133

TABLAS

I.	Criterios de razonamiento para la selección de indicadores.....	8
II.	Criterios relacionados con la calidad estadística	10
III.	Cuadro FODA sobre la necesidad de caracterización	26
IV.	Relación de diferentes espesores de muro y altura libre en metros	45
V.	Modelación de indicadores	57
VI.	Definición de indicadores: características y diseño constructivo	64
VII.	Definición de indicadores: factores ambientales.....	71
VIII.	Definición de indicadores: habitabilidad.....	77
IX.	Modelo de caracterización	80
X.	Distribución del tipo de construcción.....	90
XI.	Presencia y estado del recubrimiento de paredes y suelo en la vivienda.....	94
XII.	Características tipológicas del diseño de la vivienda	97
XIII.	Detalles estructurales de vivienda	101
XIV.	Estado e intervención de la vivienda.....	107
XV.	Riesgos ambientales.....	111
XVI.	Sanidad y servicios	114
XVII.	Distribución del tipo de construcción.....	118
XVIII.	Presencia y estado del recubrimiento de paredes y suelo en la vivienda.....	121
XIX.	Características tipológicas del diseño de la vivienda	123
XX.	Detalles estructurales de vivienda	125
XXI.	Estado e intervención de la vivienda.....	130
XXII.	Riesgos ambientales.....	131

XXIII. Sanidad y servicios 134

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura
A	Área
cm	Centímetros
d	Distancia
v	Distancia desde rostro de muro hacia extremo de zapata
e	Espesor
L	Longitud
m	Metros

GLOSARIO

Adobe	Masa de barro mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al aire, que se emplea en la construcción de paredes o muros.
Arriostramiento	También conocido como encadenado, solución constructiva realizada al efecto de mejorar las prestaciones de un elemento constructivo en determinadas situaciones. Puede realizarse con objeto de mejorar las características propias del elemento constructivo.
Bajareque	Sistema de construcción a partir de palos entretrejidos con cañas y tierra.
Cantidad	Proporción de una magnitud.
Caracterización	Determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás.
Confort	Condiciones materiales que proporcionan bienestar o comodidad perceptibles por los habitantes.

Criterio	Norma que establece un parámetro. Punto de comparación de un fenómeno en una escala establecida.
Cualidad	Elemento o carácter distintivo de la naturaleza de alguien o de algo. Calidad, condición o naturaleza de algo o de alguien.
Cualitativo	Relativo a la cualidad.
Cuantitativo	Relativo a la cantidad.
Digno	Que se corresponde, está en consonancia o está en proporción con las cualidades o méritos de cierta persona o cosa.
Escala	Sucesión ordenada de valores distintos de una misma cualidad.
Factor	Elemento, circunstancia, influencia que contribuye a producir resultados.
Habitabilidad	Cualidad de lo que es habitable. Cualidad de habitable de un local o una vivienda, conforme a determinadas normas legales.
Habitable	Que puede habitarse o reúne las condiciones adecuadas para ello.

Hacinamiento	Estado de un ambiente que se distingue por el amontonamiento o acumulación de personas u objetos.
Indicador	Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.
Modelo científico	Representación abstracta de fenómenos y procesos científicos que pretende explicarlos.
Parámetro	Elemento o dato importante desde el que se examina un tema. Variable que aparece en una ecuación cuyo valor se fija a voluntad.
PIB	Producto interno bruto.
Plaga	Concentración de cualquier clase de organismos animales.
Refuerzo	Piezas que aportan mayor resistencia mecánica o tolerancia a esfuerzos mecánicos a un elemento o sistema constructivo.
Repello	Capas delgadas, lisas y generalmente impermeables de materiales de construcción, utilizados para cubrir elementos constructivos.

Resiliencia	Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido. Capacidad de adaptación.
Salud	Estado en que un ser u organismo vivo no tiene ninguna lesión ni padece ninguna enfermedad y ejerce con normalidad todas sus funciones. Serie de condiciones físicas en que se encuentra un ser vivo en una circunstancia o un momento determinados.
Sanidad	Cualidades que hacen considerar sano el estado de algún objeto o ser. Características que permiten resguardar la salud de un ser vivo.
Tímpano	Espacio en conjunto de la estructura armada en forma circular o triangular entre el final de un muro que sostiene el techo.
Validez	Estado que se le atribuye a un estudio gracias a la aplicación por medio de la experimentación, en la cual se ha puesto en práctica la temática abarcada y con lo cual se demuestra el objetivo del planteamiento inicial.

RESUMEN

En este trabajo se diseñó y evaluó una propuesta para la caracterización de viviendas de tierra en dos distintas zonas del país, seleccionadas por la técnica constructiva que predomina en cada una, bajareque en San Agustín Acasaguastlán departamento de El Progreso y adobe en Monjas, departamento de Jalapa.

Aplicando la teoría extraída de la documentación sobre la construcción y formulación de un modelo científico a partir de la elaboración de indicadores, se encaminó la investigación a la caracterización de viviendas construidas con tierra, enfatizando en las características inherentes de la vivienda descritas en los objetivos de desarrollo sostenible, establecidos en la agenda 2030 de las Naciones Unidas.

La parte experimental se llevó a cabo gracias a reiteradas visitas con el apoyo en la formulación de la logística de las áreas de Tecnología de los Materiales y Ecomateriales, del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se realizaron visitas preliminares para el reconocimiento del lugar y el diálogo con los líderes comunitarios que apoyaron la investigación, en el acompañamiento en la toma de datos que se realizó en compañía del equipo de investigación auxiliar.

La evaluación incluyó la recopilación de datos descritos en cada indicador por medio de encuestas, entrevistas y otras técnicas de medición en campo.

OBJETIVOS

General

Validar la propuesta de un modelo científico de caracterización de viviendas de tierra, evaluando las tecnologías constructivas de adobe y bajareque presentes en dos distintas comunidades del país.

Específicos

1. Estudiar el proceso para la propuesta de un modelo científico con base en la elaboración de indicadores.
2. Diseñar la base de criterios de evaluación correspondientes a los indicadores para el modelo científico, partiendo de los objetivos de desarrollo sostenible.
3. Elaborar un modelo de caracterización científica, desarrollando indicadores cuantitativos.
4. Caracterizar viviendas de tierra, desarrolladas con las dos tecnologías de construcción con tierra, predominantes en el país.

INTRODUCCIÓN

Guatemala ha contado con la tierra como material de construcción en gran parte de la historia antigua, y aún en la actualidad su aplicación sigue conservándose de manera resiliente; sin embargo, la carencia de normas constructivas y la construcción informal a gran escala dan como resultado un déficit en la calidad, en la que resulta su mayor aplicación, la vivienda. Se evidenció en el terremoto ocurrido 1976, y más recientemente en 2014, lo débil y peligroso que resulta la elaboración de viviendas de tierra sin controles ni consideraciones de ningún tipo, continuando la tendencia de errores constructivos típicos en la aplicación de las técnicas del adobe y el bajareque.

La caracterización es una herramienta útil para el proceso de evaluación, permitiendo detectar los errores que se cometen al aplicar una técnica constructiva. Conociendo la relación intrínseca que existe entre dicha relación, análisis e información, se describe en el siguiente trabajo la investigación y desarrollo, desde su base hasta su concepción, de un modelo de caracterización científica, con el cuidado de poder estudiar, tanto zonas urbanas como rurales; su base estará conformada por aspectos estructurales, ambientales y habitacionales, orientado a los criterios que aseguren la dignificación de las personas con su entorno de vida.

1. INDICADORES: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INTERPRETACIÓN

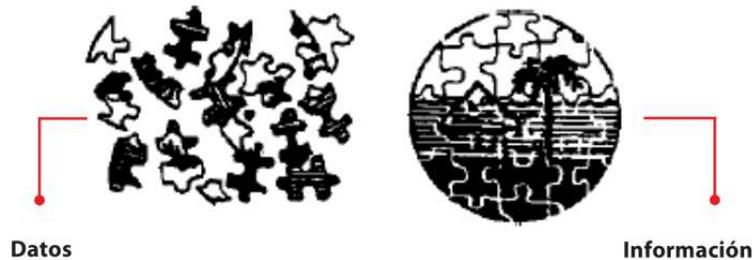
1.1. Importancia y uso de la información

Una investigación tiene sus bases en la información que le brindan significado y lógica al fenómeno estudiado, con lo cual la calidad y validez científica aportan los datos proyectados a recolectar, con el objetivo de responder una hipótesis. Debido a esto se dice que el registro de la información que interviene en el estudio debe ser coherente y suficientemente descriptivo para evitar errores en el proceso de interpretación de los resultados.

Los datos deben de tener una relación lógica que complemente de buena manera su uso; por definición son simplemente unidades de información que incluyen percepciones, números, observaciones, hechos y cifras, pero que, al estar desvinculadas de un contexto definido, carecen de sentido informativo.

La información es un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje sobre un determinado fenómeno y proporcionan significado a un caso en particular. Los datos se convierten en información cuando aportan significado, relevancia y entendimiento en un contexto definido. Por ello, la relevancia de la información para una situación específica puede carecer de importancia para otro caso. Lo anterior se puede interpretar más fácilmente como se ilustra en la figura 1.

Figura 1. **Datos e información**



Fuente: DANE. *Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores*. p. 11.

El hecho de ordenar, procesar y presentar de manera gráfica la información recopilada en el trabajo de campo, facilita el análisis de esta. La medición es parte fundamental del proceso, debido al tipo de relación que posean los datos extraídos, si describe o no al fenómeno de estudio. Definirla es fundamental para la culminación de la idea y se basa en la comparación de una magnitud con un patrón preestablecido, lo que permite observar el grado en que se alcanzan las actividades propuestas dentro de un proceso específico.

Este proceso permite planificar con mayor certeza y confiabilidad para llegar a escoger con mayor precisión las oportunidades de mejora de los procesos a desarrollar y analizar el curso de los hechos; es decir que la metodología que se desarrolla para la medición de datos en la experimentación orientará en la misma línea de investigación y esto aportará valor a la información que se extraiga de ella y evidenciará la que no siga dicha orientación. El proceso de depuración de datos y extracción de información definirá si la investigación cumple con su objetivo o debe de ser analizada de nuevo.

1.2. Indicadores

Un indicador cumple con la función de describir un rasgo característico del fenómeno que observa, por lo cual, existen muchas categorías que lo define en base a su contenido y otras cualidades.

1.2.1. Generalidades

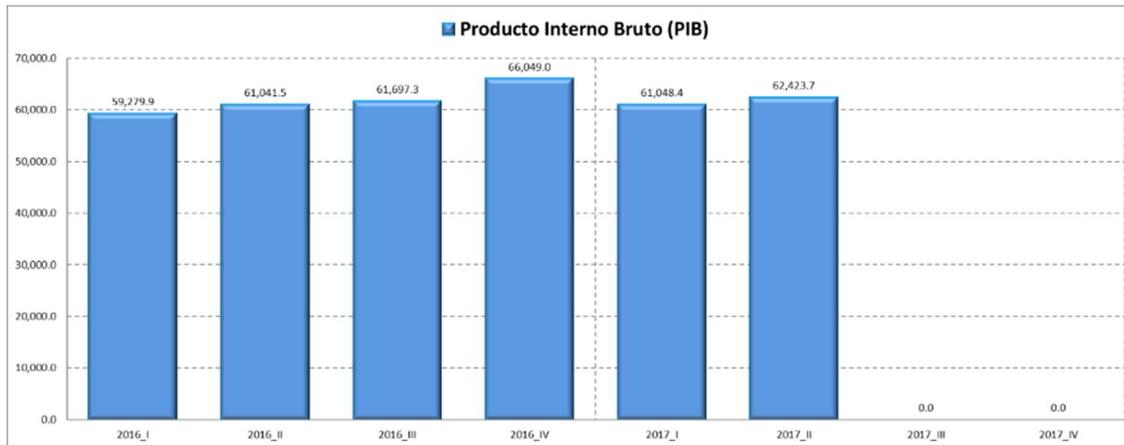
A continuación se listan las generalidades más representativas que definen los indicadores para su mejor comprensión en el estudio.

1.2.1.1. Definición

Parte de ser una expresión, tanto cualitativa como cuantitativa y observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, lo que, comparada con registros anteriores, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo.

Como se aprecia en la figura 2, una de las muchas aplicaciones de indicadores que se puede ejemplificar como el producto interno bruto, el cual mide el valor de la actividad económica de un país, es decir, calcula cuál fue la producción en bienes y servicios en cierto período de tiempo (variable observable y medible), y se utiliza para medir el comportamiento económico, entre otras variables, comparándolo con registros anteriores (variable medible y comparable).

Figura 2. Evolución del PIB, utilizado como indicador.



Fuente: Banco de Guatemala.

<https://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=84369&aud=1&lang=1>. Consulta: enero 2018.

1.2.1.2. Características básicas

- Simplificación

Se debe formular un indicador con el objetivo de que sea orientado hacia una necesidad específica, es decir, medir solamente una característica o parámetro, aunque sea parte de una red multidisciplinaria no puede abarcarlas todas, esto con el fin de recopilar datos individuales y representativos orientados al objeto de estudio.

- Medición

Debe permitir la comparación del parámetro extraído del estudio respecto a un parámetro ya establecido, o que se establecerá. Esto permite la interpretación de datos actuales con tendencias previas, como el crecimiento

del producto interno bruto, o describir un estado o un diagnóstico de una situación, como el nivel de azúcar en la sangre y el rango en que este es normal o significa un padecimiento.

- Comunicación

Un indicador debe de poder transmitir información acerca de un tema en particular y permitir tomar decisiones cuando entran en interpretación, esta idea puede desarrollarse de mejor manera en el subtítulo 1.1. IMPORTANCIA Y USO DE LA INFORMACIÓN.

1.3. Objetivos de un indicador

- Generar información útil que ayude en el proceso de toma de decisiones, el proceso de diseño, implementación o evaluación de un plan.
- Monitorear el cumplimiento de metas o necesidades a satisfacer.
- Cuantificar los cambios en cualquier tipo de situaciones, problemáticas o no.
- Efectuar seguimientos a los distintos planes, programas y proyectos, que permitan tomar decisiones correctivas oportunas en momentos efectivos.

1.4. Tipología de indicadores

Se puede distinguir cuatro clasificaciones básicas de indicadores: medición, nivel de intervención, jerarquía y calidad. Sin embargo, en muchos casos se observará la dificultad para hacer una clara distinción entre ellos y es por eso por lo que se debe tomar en cuenta que estas clasificaciones no son excluyentes entre si, y que dependerá de las necesidades del estudio y del proceso analítico de la información para hacer una agrupación correcta de ellos.

Con el objeto de ahondar en el tipo de indicador que se pondrán en práctica en el estudio, se definen únicamente los indicadores de medición y sus dos categorías principales:

- **Indicadores cuantitativos**

Este tipo de indicador representa la realidad observada interpretada por un valor adquirido de una escala numérica; su característica más importante es la de poder utilizar para su interpretación una escala o patrón de medición entre los datos, con lo cual se pueden diferenciar valores con mayor o menor jerarquía de un fenómeno.

- **Indicadores cualitativos**

Este grupo de indicadores da mayor libertad a la interpretación de información, tomando en cuenta la heterogeneidad, amenazas y oportunidades del entorno observado. Su característica principal es que los resultados están vinculados a una escala de cualidades y/o percepciones de quien maneje la información, como lo pueden ser categóricos: bueno, aceptable, regular o malo; o binarios: sí o no.

1.5. Metodología en la elaboración de indicadores

La base para la construcción de indicadores radica en la clara definición del objeto de estudio a partir de elementos tan fundamentales de observar como lo son:

1.5.1. Formulación del problema

Conocer la situación que pretende evaluarse ayuda a identificar el objeto de medición. Los indicadores deberán formularse de manera que proporcionen información concreta acerca de dicho objeto. La información y su modo de recolección relacionado a él tiene que ser lo más representativo posible; y en el evento en que se realice la toma de datos, las preguntas deben ser bien formuladas; se debe determinar cuál es el aspecto específico que interesa evaluar de dicho objeto de medición. Esta actividad no deja cabida a dudas frente a lo que se pretende medir y facilita la construcción de un indicador adecuado, disminuyendo las incertidumbres que rodean los problemas planteados.

1.5.2. Definición de las variables

Una vez establecido qué se pretende medir, se procede a la elaboración del indicador, para lo cual se establecen las variables que involucran y la relación entre ellas para que se produzca la información que se requiere; aunque al principio pueda sonar redundante, se debe recordar que un indicador puede ser tan sencillo como el color de un objeto, pero la información recolectada puede ayudar a definir el estado, situación, característica, entre otras cualidades del estudio.

Lo que pretende realizar una unidad de análisis, conocido como elemento mínimo de estudio, observable o medible, es investigar sus características y cualidades; una vez identificadas las variables, se deben definir con la mayor objetividad posible asignándoles un sentido claro para evitar que se originen ambigüedades y discusiones sobre su resultado. Además, deben de tener

claridad de cómo y quién produce dicha información para mejorar el criterio de confiabilidad.

1.5.3. Selección de indicadores y calidad de los datos

Fundamentalmente un indicador debe ser de fácil comprensión e interpretación, y permitir la interrelación con otros indicadores del estudio o relacionados a él. El proceso de selección de indicadores depende del contexto teórico en que se les requiera, es decir, dependen de las características del objeto a evaluar; el inicio de tal proceso comprende una reflexión teórica, conceptual y metodológica que se constituye en las bases de las etapas subsiguientes de producción y análisis.

La tabla I pretende ser una herramienta de apoyo para una breve evaluación de indicadores con base a tres aspectos fundamentados: funcionalidad, disponibilidad y confiabilidad. Cabe mencionar que el proceso final de selección de indicadores va de la mano con las circunstancias y el razonamiento que el investigador crea más conveniente en la experimentación.

Tabla I. **Criterios de razonamiento para la selección de indicadores**

Criterio	Pregunta para tener en cuenta	Objetivo
Funcionalidad	¿El indicador es monitoreable?	Verifica que el indicador sea medible, operable y sensible a los cambios registrados en la situación inicial.

Continuación tabla I

Disponibilidad	¿La información del indicador está disponible?	Los indicadores deben de ser contruidos a partir de variables sobre las cuales exista información estadística, de tal manera que puedan ser consultados cuando sea necesario.
Confiabilidad	¿De dónde provienen los datos?	Los datos deben ser medidos siempre bajo ciertos estándares y la información requerida debe poseer atributos de calidad estadística.

Fuente: DANE. *Metodología línea base de indicadores*, 2009. p. 23

1.5.4. Criterios relacionados con la calidad estadística

Cuando existen fuentes de datos que puedan ser utilizadas para responder uno o más indicadores, la calidad estadística es fundamental para brindarle validez a la nueva aplicación. Se debe evitar ambigüedades con el nuevo estudio, para lo cual la tabla II describe cinco criterios básicos que deben de identificarse en la fuente que se pretende utilizar; sin embargo, esto no descarta poder utilizar la información, incorporándola con nuevos indicadores.

Tabla II. **Criterios relacionados con la calidad estadística**

Criterio de selección	Objetivo
Relevancia	Va de la línea del grado en que resulta útil para la resolución del problema por el cual fue buscada por los usuarios.
Credibilidad	Evalúa si los indicadores están soportados "en estándares estadísticos apropiados y que las políticas y prácticas aplicadas sean transparentes para los procedimientos de recolección, procesamiento, almacenaje y difusión de datos estadísticos" (INE Colombia. 2007)
Accesibilidad	Evalúa la "rapidez de localización y acceso desde y dentro de la organización". (OECD, 2003, p.9)
Oportunidad	Evalúa el cumplimiento del "tiempo transcurrido entre su disponibilidad y el evento o fenómeno que ellos describan". (OECD, 2003)
Coherencia	Evalúa que el proceso estadístico posea una adecuada consistencia y coherencia.

Fuente: DANE. *Metodología línea base de indicadores*, 2009. p. 24

1.6. Requisitos para la obtención de datos

Con objeto de apoyar el proceso de validez de la nueva información que se extraerá en el proceso de investigación, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Recolectar los datos de la(s) misma(s) fuente(s) para evitar sesgos causados por efectos de cambios en la metodología de la investigación.

- Verificar de la(s) fuente(s) habitual(es) que los datos suministrados sigan la misma metodología. Los cambios metodológicos pueden hacer incomparables los datos.

Cuando los datos constituyen series temporales de información se deben considerar si existen cambios significativos entre un período y otro, con el fin de establecer la causa que sustente el cambio.

1.7. Proceso de elaboración de indicadores

- Identificación del contexto

Se debe de tener un conocimiento definido sobre los factores que intervienen en el medio del objeto que se pretende estudiar, lo que ayuda a que los datos que se pretende obtener sigan una única tendencia, ya sean cualitativos o cuantitativos, o ambos. Se deben determinar los usos específicos que tendrá cada indicador y en qué manera puedan reflejar una cualidad, carencia o estado que conlleve una conclusión.

- Fuentes, información y manejo de la información

Se debe identificar las fuentes de información y las características que las describen, así como los procedimientos más adecuados de recolección y manejo de la información. Se trata de conocer la disponibilidad, aplicabilidad e interpretación en la manera cómo se define en la investigación y los posibles métodos a implementar para su recolección; dichas fuentes pueden contener información previamente recolectada, registros estadísticos, o carecer totalmente de una, con lo cual se debe considerar la implementación de

instrumentos de medición elaborados especialmente para medir el resultado o estudios de campo de tipo cuantitativo o cualitativo.

No basta con la obtención de una base de datos, pues en esencia, no necesariamente esta representa la información, pero sí constituye el mejor concepto para su materia prima. La conversión de la materia prima a información requiere de revisión, depuración, procesamiento, organización y ser analizada para un fin específico, en el caso de que la investigación se apoye en dichas fuentes de datos para generar nueva información.

Es indispensable tener pleno control sobre la recolección de datos, es decir, que la fuente que puede ser definida como el grupo de personas destinadas a la recolección de datos, tenga presente las bases y proyección de la línea de investigación, con el fin de evitar sesgos causados por efectos de cambios en la metodología de la experimentación. Si los datos requeridos fueron recolectados por otra fuente, se debe verificar que dicha información haya seguido la misma metodología. Otro punto de suma importancia es su relevancia a razón de un período, como consecuencia de si los datos, en cada período recolectado, son provisionales o definitivos, de tal forma que exista congruencia de los resultados derivados de estos.

- Documentación del indicador

Establecida la fuente de información y todo lo concerniente a su recolección, lo siguiente es la definición de manera concreta y coherente de los elementos que configuran el grupo de indicadores. Una ficha técnica de un grupo de indicadores debe de contener:

- Nombre de los indicadores: es la expresión verbal, precisa y concreta que identifica el indicador.
- Objetivos: propósitos que se persigue con su medición, es decir, describe la naturaleza y finalidad de los indicadores.
- Definición de conceptos: explicación conceptual de la base de los indicadores.
- Método de medición: corresponde a la explicación técnica sobre el proceso para la obtención de los datos utilizados y la medición del resultado del indicador.
- Unidad de medida: es en la que se cuantifican los indicadores.

2. DESARROLLO SOSTENIBLE Y MODELOS CIENTÍFICOS

El desarrollo sostenible ha sido definido por un comportamiento permanentemente resiliente de procesos cíclicos, que en su proyección no comprometen la capacidad de satisfacer las necesidades de futuras generaciones. Su objetivo es superar gradualmente la desigualdad a consecuencia de las diferencias sociales y económicas, aplicando un futuro inclusivo, sostenible y resiliente para las personas y el planeta. Su línea de trabajo se define mediante los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) gestados en la Conferencia de Las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, Río de Janeiro 2012, y aprobados en la Cumbre del Desarrollo Sostenible dentro de la Agenda 2030.

Figura 3. **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



Fuente: Organización de Naciones Unidas.

<http://www.gt.undp.org/content/dam/panama/img/ODS.png>. Consulta: mayo 2018.

2.1. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La Agenda 2030 está integrada por los 17 ODS que expresan los deseos, aspiraciones y prioridades de la comunidad internacional en los próximos 25 años (Agenda 2030 y ODS, Naciones Unidas 2016):

- Fin de la pobreza
- Hambre cero
- Salud y bienestar
- Educación de calidad
- Igualdad de género
- Agua limpia y saneamiento
- Energía asequible y no contaminante
- Trabajo decente y crecimiento económico
- Industria, innovación e infraestructura
- Reducción de las desigualdades
- Ciudades y comunidades sostenibles
- Producción y consumo responsable
- Acción por el clima
- Vida submarina
- Vida de ecosistemas terrestres
- Paz, justicia e instituciones sólidas
- Alianzas para lograr los objetivos

2.2. Vivienda y dignidad humana

La vivienda y su concepción en la sociedad moderna ha trascendido más allá de la referencia a la construcción física, es decir, aquella visión estrictamente formal que se le atribuye al espacio de construcción legalmente

delimitado y donde alguien posee un domicilio. Condiciones inadecuadas de habitabilidad y la vulnerabilidad del hábitat son los factores más determinantes para definir el déficit habitacional que existe actualmente, además de otros, como la ausencia total de un lugar en el cual sobrevivir y los recursos que condicionan el estado de una vida digna, es decir, contar con instalaciones sanitarias, acceso a electricidad, agua potable, tecnología y medios de comunicación, educación, etc.

La dificultad para solventar la falta de vivienda y asegurar las condiciones apropiadas para el desarrollo humano, provoca un sesgo entre las personas que conforman una sociedad, en el cual se evidencia las carencias que repercuten en una población, a tal punto de generar exclusión. La dignidad, en este contexto, que debe de ofrecer una vivienda, se define como el conjunto de recursos y condiciones que se encuentran a disposición de los moradores, de tal manera que se valore la calidad de vida.

2.3. La vivienda y los ODS

En su concepción, los ODS son incluyentes e influyen en todos los aspectos que definen la situación de vida, convivencia y desarrollo de las personas, en torno al medio ambiente y la sociedad que los rodea; por lo tanto, es comprensible que busquen el mejoramiento de las condiciones de un aspecto tan fundamental como lo es la vivienda. Si bien el alcance de esta investigación no contempla abarcarlos todos, a continuación, se listan aquellos más afines a la línea de investigación que se pretende desarrollar:

2.3.1. Salud y bienestar

De acuerdo con el ideal de dignificar el valor de la vida, es fundamental garantizar la salud de las personas buscando una vida saludable a partir de asegurar el acceso a los recursos necesarios, para satisfacer las necesidades más básicas, previniendo enfermedades y entornos insalubres, y buscar reducir la mortalidad infantil. El acceso de agua limpia y el saneamiento, el control de insectos transmisores de enfermedades, hacer frente a numerosas y variadas cuestiones persistentes y emergentes relativas a la salud, es la orientación del objetivo.

Las metas del objetivo con relación a la vivienda son:

- Lograr cobertura sanitaria.
- Acceso a servicios esenciales.
- Reducir la contaminación del aire, agua y suelo.
- Reforzar la capacidad en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos.

2.3.2. Agua limpia y saneamiento

La disponibilidad de agua consecuente con una gestión sostenible y el saneamiento necesario para su consumo es una necesidad primaria en todos los hogares del mundo. Garantizar un recurso libre de impurezas y accesible para todos es de primera necesidad para países con estratos sociales tan marcados como el nuestro. Los problemas generados por la escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado, repercuten negativamente en la seguridad alimentaria y el aseo personal.

Los problemas que surgen a partir de las malas condiciones generadas de un mantenimiento deficiente de sanitarios y cuartos de servicio generan una mayor exposición a enfermedades y proliferación de insectos que incrementan la exposición de condiciones insalubres en menores, adultos mayores y personas con discapacidades. Una buena educación y un manejo adecuado de los recursos son determinantes para la mitigación de muchas de las afecciones que generan estos riesgos a la salud.

Las metas que implica el objetivo con relación a la vivienda, son:

- Acceso universal al agua potable.
- Acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y poner fin a la defecación al aire libre.
- Mejorar la calidad del agua, reduciendo la contaminación.
- Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos y asegurar la sostenibilidad de extracción que satisfacen a las comunidades.
- Proteger de contaminación los ecosistemas relacionados con el agua.
- Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y saneamiento.

2.3.3. Energía asequible y no contaminante

El acceso a la energía, servicio de calidad continuo y un uso seguro y consciente, forman parte de nuestra visión como sociedad. La utilización de energía es imprescindible para casi todos los desafíos y oportunidades que hace frente el mundo. La constante modernización en zonas centrales crea una brecha, limitando recursos en zonas más alejadas, lo que acarrea la falta de infraestructura para la distribución de energía eléctrica o cualquier otro tipo de problemas como la interrupción del servicio. Está clara la necesidad de una

responsable y eficiente utilización de energía eléctrica, en la cual, parte del reto, radica en asegurar el acceso universal al servicio.

Las metas que implica el objetivo con relación a la vivienda, son:

- Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
- Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos.

2.3.4. Ciudades y comunidades sostenibles

Se debe proyectar en cada intervención realizada a las comunidades y asentamientos humanos la inclusión, seguridad y sustentabilidad. Las ciudades representan el foco de desarrollo necesario para el crecimiento de las personas como una sociedad unificada e incluyente; problemas como la congestión urbana, carencias en la disponibilidad de servicios básicos, escasez de vivienda adecuada y el deterioro de la infraestructura, son aspectos que deben de superarse para continuar con el crecimiento y aprovechamiento de los recursos, reduciendo la contaminación y la pobreza. El futuro que se proyecta requiere de ciudades con oportunidades, con acceso a los servicios básicos, energía, vivienda, transporte y más facilidades.

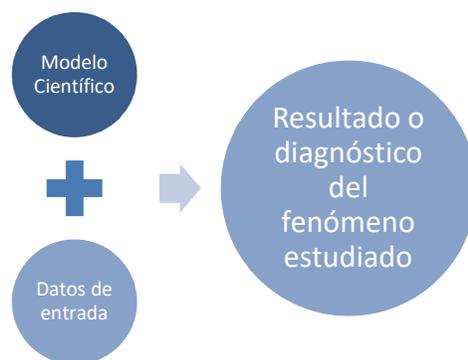
Las metas que implica el objetivo con relación a la vivienda, son:

- Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles.
- Reducir el número de muertes causadas por los desastres naturales.
- Reducir los déficits de habitabilidad.

2.4. Modelo científico

Un modelo científico es una representación tangible y definida de una idea o proceso abstracto, al cual se pretende delimitar, con el objetivo de darle un significado en un contexto preciso o hacerlo parte de un proceso de investigación, con el fin de analizar, describir o explicar los fenómenos o procesos que lo conforman. Al poner en práctica un modelo se pretende obtener un resultado o diagnóstico final a partir de unos datos de entrada, tomando una relevancia fundamental en cualquier proceso de investigación científica.

Figura 4. **Proceso de un modelo científico**



Fuente: elaboración propia.

Los modelos y la modelización científica constituyen los principales instrumentos de la ciencia moderna y por ello imprescindibles en la práctica científica. A pesar de que los modelos y su aplicación no cubren a totalidad los detalles del objeto que estudian, un trabajo bien orientado puede proporcionar información de calidad y representativa sobre su funcionamiento. Los beneficios que implica el estudio de modelos científicos es la determinación de riesgos y

factores del ambiente estudiado, es por ello por lo que, gran parte de la investigación científica se centra en estudiar modelos más que en la realidad misma.

Los modelos científicos brindan un manejo completo de datos, de tal manera que construyen, prueban, comparan y revisan información, con el fin de validar o desestimar teorías proyectadas en procesos de investigación. Su uso es tan valioso que puede que, en muchos casos según sus circunstancias, la investigación se realice en mayor parte, a partir del modelo que, en la realidad misma, da mucho más valor a la calidad de los datos que se introducen a él.

2.4.1. Aspectos sobre los modelos científicos

- Significado de modelo científico

Un modelo se puede describir como una representación de un objeto (el referente en el estudio). El referente en un modelo puede estar representado por diversas entidades como objetos, fenómenos, procesos, ideas o sistemas. Un modelo científico puede actuar como enlace para relacionar una teoría científica con el fenómeno de estudio, debido a que aporta al desarrollo de la teoría desde la obtención de datos y conecta la información con el mundo natural.

- Propósito de la modelación

La misión de un modelo científico está enlazada con la función que debe desempeñar, la cual radica en describir, explicar y predecir fenómenos naturales, así como la comunicación de ideas científicas.

- Funcionalidad de los modelos científicos

Su funcionamiento y validez radica en ser un instrumento para pensar y comunicarse, facilitándose cuando su expresión no depende de una comunicación estrictamente lingüística, apoyándose en otros recursos como la utilización de analogías y permitiendo simulaciones mentales y externas al modelo.

- Multiplicidad de modelos científicos

El estudio de un objeto específico no se limita a una sola interpretación, lo cual genera una variedad en el contexto de la investigación; sin embargo, es posible trabajar con diversos modelos simultáneamente, esto es posible debido a la existencia de recursos expresivos disponibles para la elaboración de un modelo.

- Limitaciones de los modelos científicos

Los modelos científicos estudian aspectos específicos del fenómeno que interpretan, con un nivel de precisión limitado únicamente por cuán específico llegue a ser. Por lo cual, se necesitan varios modelos si es que se busca una explicación más completa del objetivo de estudio.

- Cambios en los modelos científicos

Los modelos científicos deben de probarse conceptual y empíricamente, por lo cual están sujetos a cambios durante el proceso de desarrollo del conocimiento y experimentación científica.

2.4.2. Tipos de modelos científicos

Un modelo científico que pretenda evaluar condiciones físicas se debe de clasificar por su estructura interna y no por los datos que requiere o la información que presente, y sobre esa definición se pueden estructurar de la siguiente manera:

- Modelos físicos

Representación a escala de un objeto de interés, con el objetivo de conocer sus características y relaciones geométricas, o el de someterlo a pruebas en distintas circunstancias.

- Modelos matemáticos

Representación de fenómenos o su relación mediante la formulación matemática.

- Modelos conceptuales

Su contenido puede representarse como un diagrama o mapa de conceptos y las interrelaciones que tienen las ideas que las componen, incluyendo suposiciones o preconcepciones sobre la naturaleza, tanto de los objetos de estudio como de sus relaciones. Este tipo de modelo requiere un alto nivel de conocimiento y abstracción; es decir, poder concentrar la temática de estudio a tal manera de aislarla conceptualmente de otros fenómenos o condiciones que puedan cambiar el sentido de la investigación, y de esta manera enfocándose el objeto de investigación en un solo sentido.

3. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS

3.1. Objetivo de realizar una caracterización

El fin de caracterizar un sujeto de estudio es el describir las cualidades que lo definen; es decir, extraer de forma analítica información que se considere relevante y coherente a los fines de la investigación. Continuando la línea de pensamiento, y considerando los objetivos propios de la presente investigación, se han identificado tres aspectos fundamentales a caracterizar en una vivienda: calidad constructiva de la estructura, el ambiente con relación a factores de riesgo y la calidad de vida cuantificada en la percepción de habitabilidad por sus moradores.

La resiliencia que existe en la utilización de tierra como material de construcción local de la mano con la creciente demanda de vivienda, crea la necesidad de un conocimiento profundo sobre la manera en que las personas habitan y se desarrollan en un ambiente que consideran propio y representativo. Prevalciendo mayormente esta clase de construcción en zonas rurales y de escasos recursos en el país, y considerando las limitantes que eso infiere en la compra de materiales utilizados de manera más tradicional, se genera un escenario de exigencia de información, evaluación e intervención, en los casos más críticos.

El razonamiento sobre el proceso de caracterizar una vivienda y aplicar dicha información en un contexto de diagnóstico e intervención en zonas de alta vulnerabilidad se detalla en la tabla III:

Tabla III. **Cuadro FODA sobre la necesidad de caracterización**

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de información cualitativa y cuantitativa acerca de las condiciones de habitabilidad en viviendas de tierra en zonas rurales. • Resiliencia en la utilización de tierra para la fabricación de viviendas. • Déficit habitacional. • Bajo poder adquisitivo para la obtención de materiales de construcción convencionales, en zonas rurales. • Cultura constructiva de los habitantes. • Calidad térmica y acústica del material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja importancia para priorizar estudios de vivienda de tierra por parte de las autoridades. • Necesidad de recursos para la realización de estudios de investigación en zonas rurales. • La recolección y calidad de la información obtenida depende de la disposición de los dueños de la vivienda en la evaluación física. • Existencia limitada de información relevante, relacionada con el tema de investigación.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Información relevante y descriptiva del estado y nivel de exposición a riesgos ambientales de viviendas en zonas rurales. • Necesidad de intervención de parte de las autoridades en casos críticos para disminuir el índice de déficit de calidad habitacional. • Control y manejo de las técnicas constructivas con tierra. • Construcciones viables para zonas rurales y disminución del déficit habitacional. • Propuestas para mejoras de la vivienda y posibilidad de mejorar el sentido de pertenencia de las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinterés en evaluar e intervenir viviendas en zonas rurales. • Negación a capacitación y cambio sobre técnicas constructivas con tierra, por parte de los constructores locales. • Negación por parte de los moradores de las viviendas en comunidades rurales que impediría el extraer información. • Costos elevados en el transporte del equipo de trabajo desde su partida en la ciudad capital hacia el lugar de estudio.

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Sobre factores de caracterización y su relevancia

La planificación y el desarrollo de un proyecto integral de construcción de vivienda considera recursos fundamentales a cubrir en zonas urbanizadas con los servicios ya establecidos, temas como la distribución de luz eléctrica, abastecimiento de agua potable y recolección de desechos, quedan en segundo plano, priorizando mayormente aspectos arquitectónicos, como dimensión y distribución de ambientes, estilo de fachada, tipología de la construcción, entre otros. Sin embargo, en zonas rurales y de estratos económicos bajos, la dotación de dichos recursos, proyectados a satisfacer las necesidades fundamentales de las personas, significan una importante y ardua labor, además de poder encontrar más obstáculos como la falta de infraestructura.

En consecuencia, el proceso de caracterización busca extraer información sobre las cualidades constructivas, así como del estado de los elementos estructurales, además de las condiciones y servicios que presta, esto último con base al término de “habitabilidad, desarrollo sostenible e incluyente”, que se han extraído y descrito de la Agenda de Desarrollo 2030 y sus objetivos de desarrollo sostenible en el capítulo anterior.

Se han establecido tres temáticas con las cuales se profundizarán los criterios de caracterización:

- Sistema constructivo, características constructivas de los elementos constructivos y su unificación como vivienda.
- Ubicación y ambiente de la vivienda, considerando factores como el clima de la zona y topografía del terreno.
- Condiciones de habitabilidad, definidas en la misma línea que trabaja los objetivos de desarrollo sostenible.

3.2. Sistema constructivo y estructura de la vivienda

Los métodos constructivos, sismo resistentes, funcionan a partir de un comportamiento monolítico de cada uno de los miembros estructurales; sin embargo, se tiene que considerar las condiciones y recursos materiales disponibles en el lugar, por lo que la selección del tipo de sistema debe considerarse a partir de las siguientes características:

- Condiciones del lugar y el tipo de sistema constructivo que trabajaría mejor.
- Tipo de material que requiere el sistema constructivo y existencia de bancos de materiales en la zona.
- Características físicas y geológicas del suelo.

A pesar de que parecen características muy básicas, no siempre están presentes en el proceso de proyección, con mayor incidencia en aquellas donde interviene mano de obra no calificada. A continuación, se describen cada uno de los criterios que se formarán la base para la elaboración de los indicadores y la formulación del modelo:

3.2.1. Método constructivo

La elección de un adecuado método constructivo es importante debido a que este proyectará la técnica que se va a utilizar, factores propios del lugar como el clima y el tipo de material presente deben considerarse cuidadosamente para conocer cuáles son las características, las más idóneas para las condiciones locales. En climas semiáridos es recomendable utilizar la técnica de bajareque, y en climas más templados se recomienda la elección de bloques de adobe. Ambas técnicas proveen distintos tipos de aislamientos térmicos y

con un adecuado sistema de cubierta, ayudan a regular la temperatura dentro de la vivienda.

El terreno también forma un factor determinante en la elección del conjunto constructivo, debido a que existen ocasiones en las que estabilizar el suelo representa un enorme trabajo, ya sea por las características del suelo presentes en el lugar, cantidad excesiva de material cohesivo o de suelos estratificados con longitudes muy grandes a profundizar para hallar las condiciones adecuadas de cimentación.

Para los casos donde se encuentran las condiciones anteriormente descritas, la estabilización de los muros que presenta la técnica de bajareque, es la elección más favorable; pero incluso en condiciones muy difíciles de trabajar, esta solución no representa una mayor ventaja, con lo cual se recomienda el uso de puntales para separar la cubierta de los muros, careciendo de mucho del sentido estructural para lo cual están diseñados y formando simplemente tabiques para el recubrimiento a la intemperie.

3.2.1.1. Adobe

Puntos a considerar:

- Ideal para conservar temperaturas cálidas dentro de la vivienda
- Evita la necesidad de encofrado en el proceso de levantado de muros
- Cultura local y técnicas constructivas habituales

3.2.1.2. Bajareque

Puntos a considerar:

- Construcción por entramados, encofrados estabilizantes para el levantamiento.
- El proceso constructivo permite mejorar la estabilidad del sistema.
- Cultura local y técnicas constructivas habituales.

3.2.2. Protección y mantenimiento de la estructura

Los muros de tierra requieren de un repello para la prevención de posibles afecciones futuras, como el surgimiento de plagas que habitan las paredes, el deterioro acelerado de los elementos, la contaminación del aire por partículas de tierra desprendida de los muros y el suelo, el mejoramiento de la imagen que proyecta la fachada, mejoras estéticas, entre otros.

El repello puede ser de tierra, cal o tierra estabilizada con cal, cemento o asfalto (betún). No debe aplicarse repellos de cemento debido a que este es frágil y quebradizo, así como demasiado rígido, y por ello poseen la tendencia de crear fisuras provocadas por las cargas térmicas que expanden y contraen el material, esfuerzos provocados por fuerzas sísmicas o cualquier otro tipo de impactos mecánicos. Si el agua penetra por estas fisuras la tierra se expande y el repello tiende a perder su adherencia y su posterior desprendimiento.

Los muros de bajareque no requieren de repello, basta con proteger la superficie en estado húmedo con ayuda de una plancha de madera y aplicar posteriormente una pintura como protección contra la erosión provocada por la lluvia. Esta pintura debe ser de cal.

Independientemente del tipo de construcción, en cualquier caso, es necesario proteger los muros para extender la vida útil del material y protección, ante las mayores amenazas de la tierra como lo son: ambientes húmedos o con exposición a la humedad, erosión o desgaste del material y exposición a plagas que utilizan los muros de acogida.

3.2.2.1. Sistema de piso

Puntos a considerar:

- Recubrimiento del suelo
- Hundimientos por desgaste en suelos sin recubrimiento
- Mantenimiento y exposición de partículas en el aire
- Efectos que produce a la salud
- Sentido de confort de las personas
- Mejoramiento estético

3.2.2.2. Revestimiento y pintura

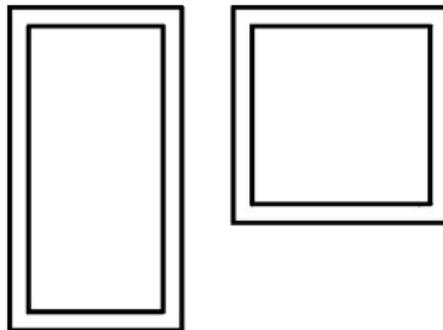
Puntos a considerar:

- Protección de la exposición a la intemperie de la estructura
- Recubrimiento contra exposición a la lluvia y humedad
- Mantenimiento y exposición de partículas en el aire
- Acogida de plagas, como el mal de chagas
- Mejoramiento estético
- Sentido de confort de las personas

3.3. Diseño de la vivienda

Los sistemas sismo resistentes requieren de estabilidad en el conjunto constructivo, debido a las condiciones que generan los eventos sísmicos. El tipo de planta de la construcción es muy importante y deben de evitarse las formas irregulares en tamaño y altura. Una vivienda que consta con un perímetro cuadrado actúa de mejor manera que una vivienda rectangular y, del mismo modo, una vivienda circular, es mucho más adecuada que una vivienda cuadrada (fig.5):

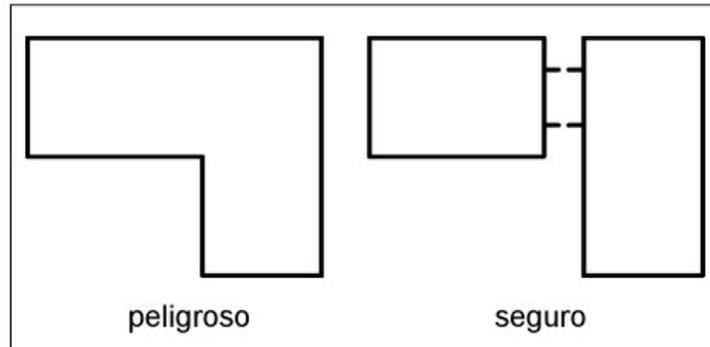
Figura 5. Tipo de plantas usuales de vivienda



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.9.

Debido a que se busca un comportamiento estable cuando la estructura es sometida a cargas dinámicas, las plantas poligonales no deben de circunscribir ángulos mayores a 180 grados, si estas fuesen necesarias se recomienda la separación de espacios para guardar la homogeneidad estructural, y dicha unión debe de ser flexible y liviana (fig. 6):

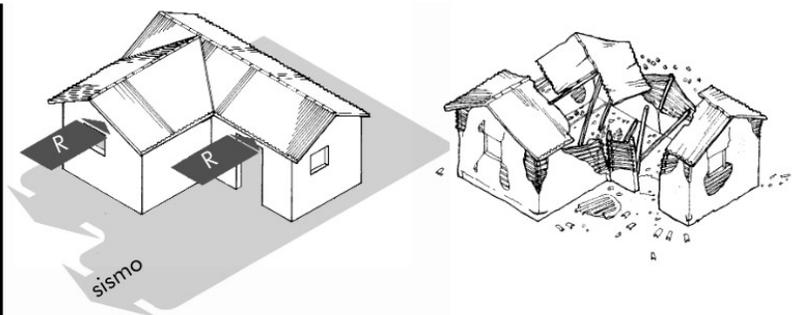
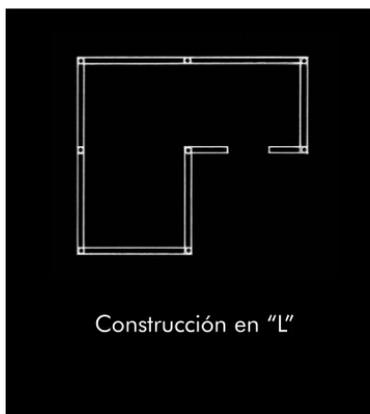
Figura 6. **Separación de áreas para asegurar la estabilidad en planta**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.9.

Durante un evento sísmico se generan movimientos horizontales y verticales, con lo cual los daños varían según la severidad de uno u otro. En nuestra zona geológica se presenta con mayor predominancia los movimientos laterales, por lo cual, en las figuras 7,8 y 9 se presentan los efectos que causan este tipo de movimiento a distintos tipos de planta en viviendas:

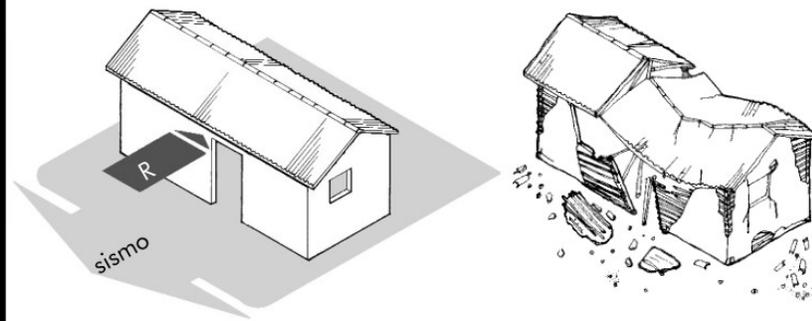
Figura 7. **Efectos de sismos en una construcción en “L”**



Esta vivienda tiene muros de diferentes dimensiones que frente a un sismo se van a comportar de manera deficiente haciendo que esta se caiga más rápidamente.

Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.4.

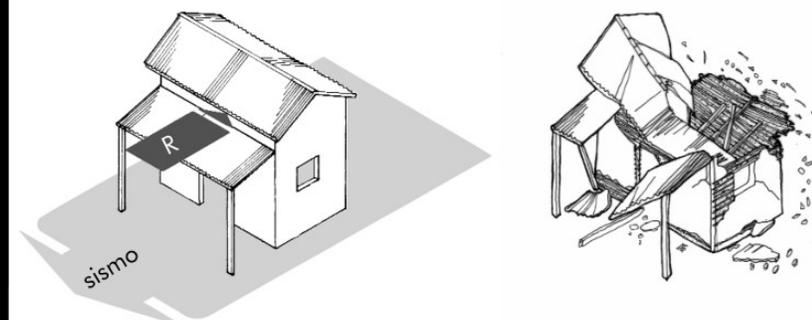
Figura 8. **Efectos de sismos en una construcción rectangular**



Las paredes más largas sin muros de arriostres intermedios y con ángulos débiles resisten menos al sismo provocando su colapso.

Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.4.

Figura 9. **Efectos de sismos en una construcción alta**



Estas por tener los muros muy altos y delgados tienen mayor flexibilidad y menor resistencia al sismo.

Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.4.

3.3.1. Forma de la planta

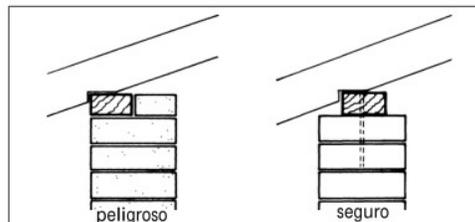
Puntos a considerar:

- Uso de ángulos rectos entre uniones de muros
- Uniformidad en planta
- Seguridad estructural
- Tipo de materiales disponibles

3.4. Encadenados de muro (viga solera)

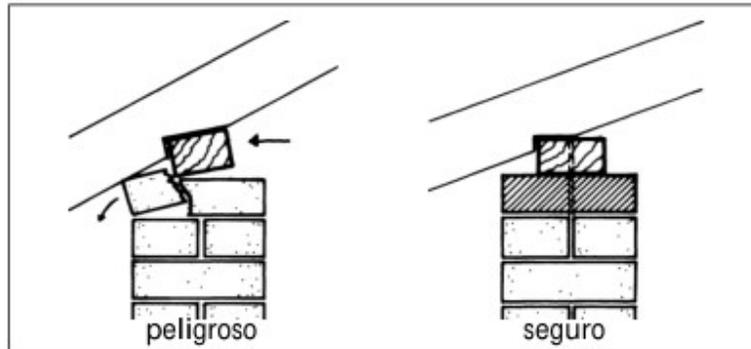
Las uniones entre el sistema de cubierta y los muros deben de cumplir con consideraciones mínimas para el buen funcionamiento constructivo. La manera más recomendable cuando se utiliza un sistema de encadenado es apoyarlo directamente sobre el eje del muro (fig.10), y no en el borde del muro. Debido a las características mecánicas propias de la tierra, como material de construcción, en sistema de adobes la unión no deberá de realizarse sobre el último bloque de la hilada, debido a su poca resistencia a la flexión, corre el riesgo que durante un movimiento sísmico ocurra una falla, y deberá descansar sobre un ladrillo de arcilla cocida (fig.11).

Figura 10. **Emplazamiento del encadenado sobre el muro**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.36.

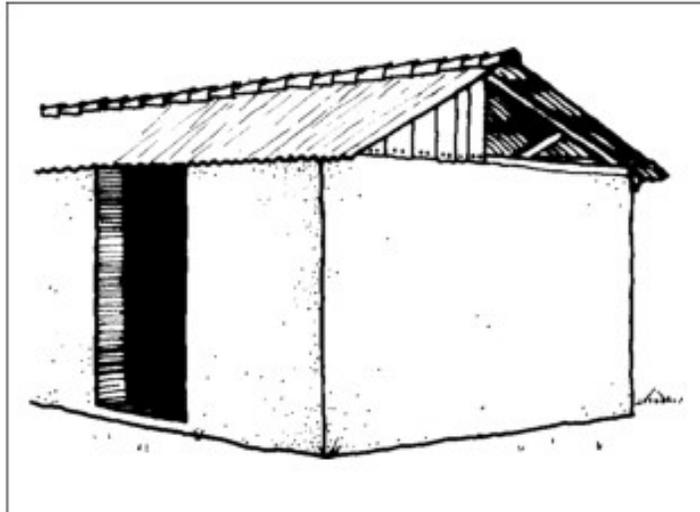
Figura 11. **Distribución de las cargas a través de una hilada de ladrillos cocidos sobre un muro de adobe.**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.36.

Debido a las características mecánicas que posee la tierra como material de construcción, la cubierta o techo debe de ser tan liviana como sea posible. La utilización de materiales muy pesados no es recomendable debido a que se genera la amenaza que caigan dentro de la vivienda. Para el diseño de vivienda sismo resistente se recomienda el tipo de cubierta a cuatro aguas, debido al tipo de apoyo que estas requieren. Para las cubiertas a dos aguas poseen la ventaja de que el proceso constructivo es mucho más sencillo, pero requieren estructuras auxiliares como dinteles y apoyos; el conjunto de estos miembros estructurales son conocidos como tímpano, que no es recomendable utilizar, debido a que un mal diseño puede hacer que la cubierta colapse.

Figura 12. **Sistema de cubierta a dos aguas y tímpano**

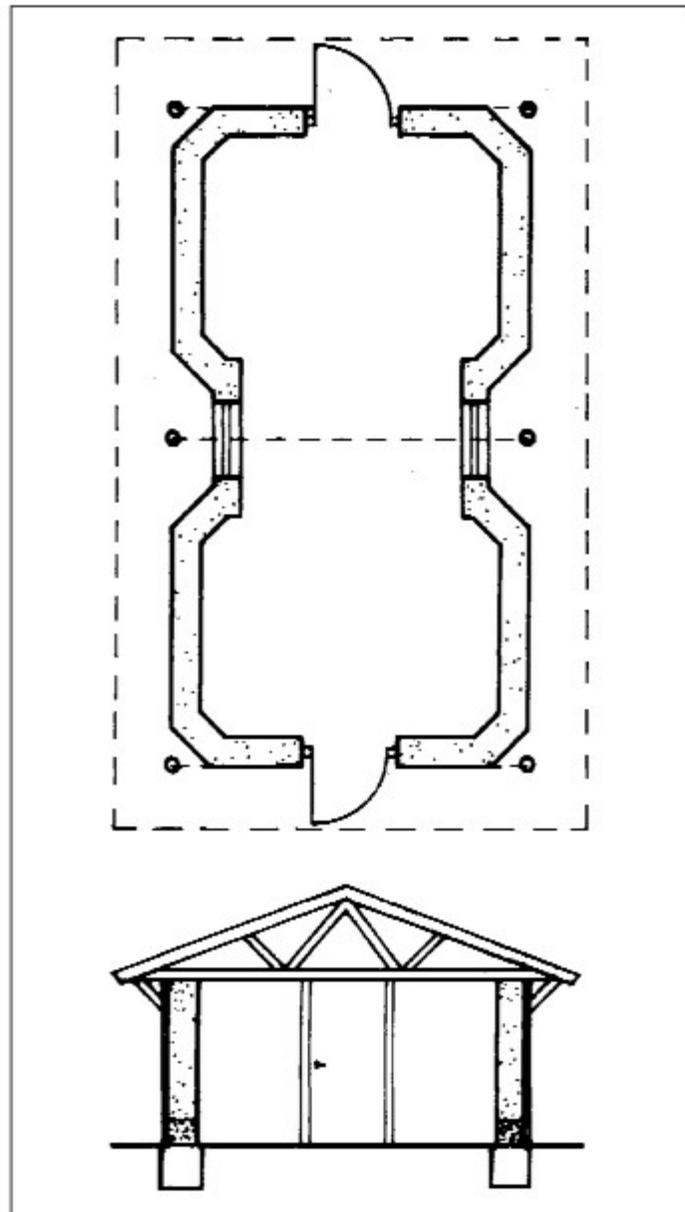


Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.37.

Existen casos donde el tipo de suelo disponible en el lugar no llega a satisfacer las propiedades mecánicas necesarias como material de construcción, lo que impide realizar una construcción lo suficientemente resistente a los esfuerzos que se desarrollan, debido a las fuerzas laterales presentes en un evento sísmico, y si además se considera que el techo y los muros tienden a obtener frecuencias de movimiento diferentes, las condiciones propician, en mayor medida, escenarios de falla de los elementos que integran la vivienda.

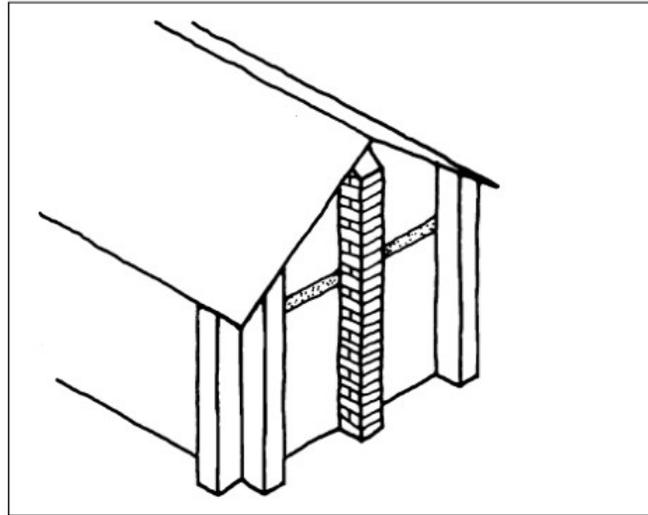
Para tales casos es recomendable soportar la estructura del techo directamente sobre columnas y evitar, de esta manera, cargar los muros como se puede observar en la fig. 13:

Figura 13. Sistema de cubierta a dos aguas con tímpano y apoyadas en muros auxiliares.



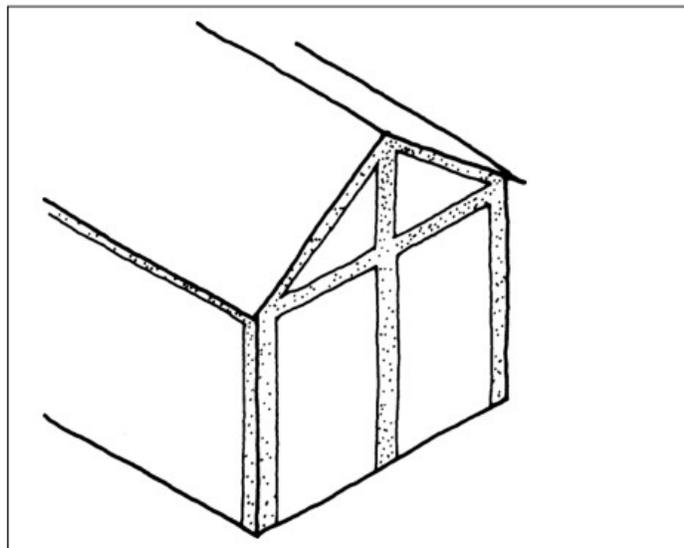
Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.38.

Figura 14. **Tímpano estabilizado con contrafuertes**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.37.

Figura 15. **Tímpano estabilizado con concreto armado**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.37.

3.4.1.1. Unión entre cubierta y columna.

Puntos a considerar:

- Uniones flexibles y livianas
- Tipo de material utilizado como amarre
- Calidad del material de construcción
- Correcta integración entre muros
- Correcta integración con vigas

3.4.1.2. Sistema de cubierta

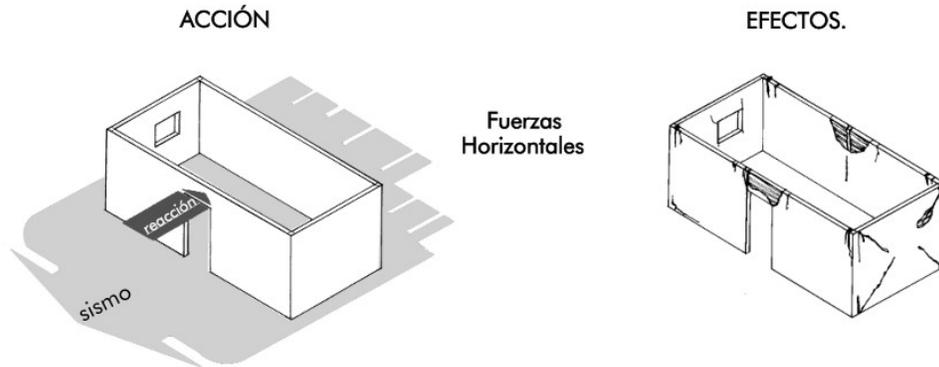
Puntos a considerar:

- Tipología de una, dos o cuatro aguas
- Características del material que conforma el techo
- Sobrecarga en la cubierta

3.5. Aspectos estructurales

Cuando ocurre un evento sísmico, la estructura de una vivienda es sacudida en sentido del movimiento de oscilación provocada por el movimiento telúrico, la naturaleza del movimiento puede ser horizontal, vertical o torsión; todo esto al mismo tiempo. La respuesta mecánica dependerá de sus características: su forma y tipo de material.

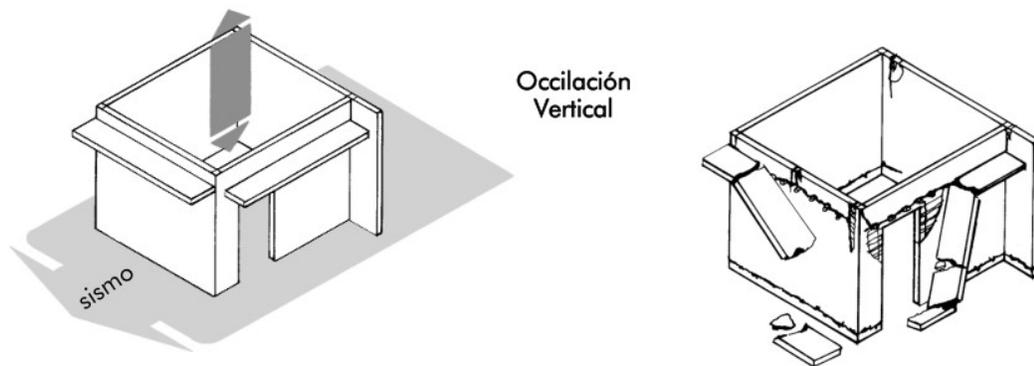
Figura 16. **Fuerzas sísmicas horizontales**



Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.3.

Comportamiento debido a las fuerzas horizontales: el paso de las ondas sísmicas provoca vibraciones del suelo que originan esfuerzos horizontales, los cuales sacuden, balancean, deforman y derrumban la construcción. La flexión y punzonamiento del muro provocan desprendimientos y deslizamientos con respecto a la cimentación.

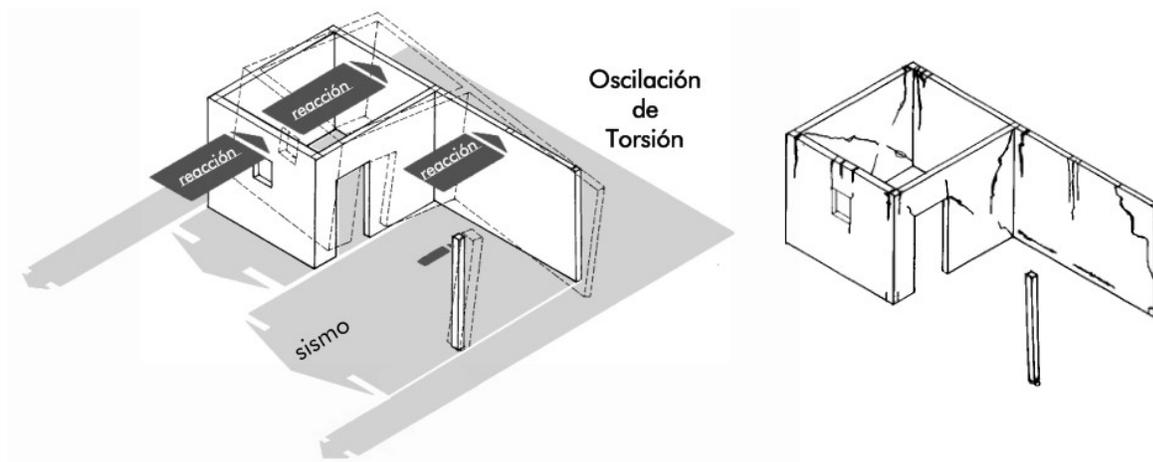
Figura 17. **Fuerzas sísmicas verticales**



Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.3.

Este otro tipo de movimiento que se produce durante un sismo provoca efectos con daño considerablemente bajo; únicamente los elementos que posean un mayor peso serán afectados, tal es el caso de arcos, columnas, la estructura de techo, y también elementos suspendidos o en voladizo, como balcones y aleros, etc.

Figura 18. **Combinación de fuerzas sísmicas y torsión.**



Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.3.

La oscilación resulta de la combinación de ambos tipos de movimientos. Los efectos provocados por torsión dependerán de la forma de la estructura, estos son mayores en viviendas de formas irregulares en donde no coinciden el centro de gravedad con su centro de rigidez y, en consecuencia, la exposición a daños es mayor.

Tomando en cuenta la reacción mecánica de la estructura ante el movimiento provocado por un sismo, cada elemento estructural debe poseer un balance entre la técnica constructiva y los parámetros más básicos de diseño que aseguren su buen comportamiento mecánico. Debido a que la proyección

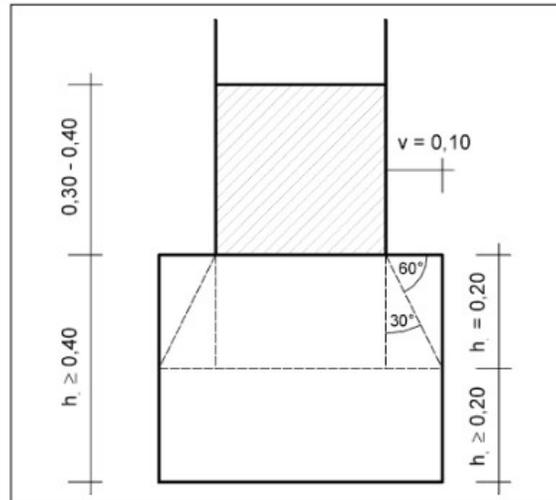
de la forma de la planta de la vivienda pertenece al proceso de diseño, en esta parte se profundizará en detallar los requerimientos mínimos que aseguren las condiciones mecánicas adecuadas para cada elemento estructural y así su integridad estructural no se verá amenazada a tal punto de provocar fallas demasiado profundas.

3.5.1. Cimentación

Puntos a considerar:

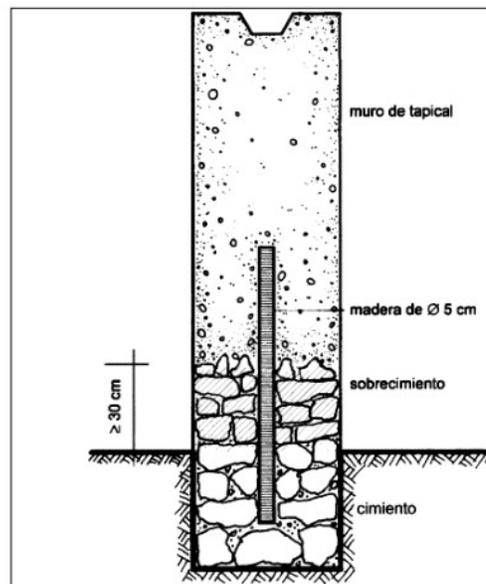
- Ancho mínimo de 40 centímetros, se recomienda 1,5 veces el ancho del muro
- Altura mínima de 40 centímetros, se recomienda 20 centímetros más 2v (ver imagen 19)
- Cimentación de concreto ciclópeo
- Mortero de cemento y arena
- Mortero de cemento y tierra en zonas no lluviosas de comprobada regularidad e imposible inundación
- Sobrecimiento de concreto ciclópeo o mampostería de piedra
- Sobrecimiento con mortero de arena y cemento
- El sobrecimiento debe tener una altura sobre el nivel de la rasante de al menos 20 centímetros

Figura 19. **Cimentación para muros perimetrales**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.34.

Figura 20. **Características de cimentación en muros de tapial**



Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.34.

3.5.2. Muros y arriostre

Puntos a considerar:

Sistema de adobes:

- El espesor de los muros debe estar en función a la altura y la distancia entre elementos de confinamiento vertical:

$$L_{\max} = \frac{64e_m^2}{h_l} \text{ ó } 10e_m$$

Donde:

e_m = espesor del muro arriostrado

h_l = altura del muro

Todas las medidas en metros

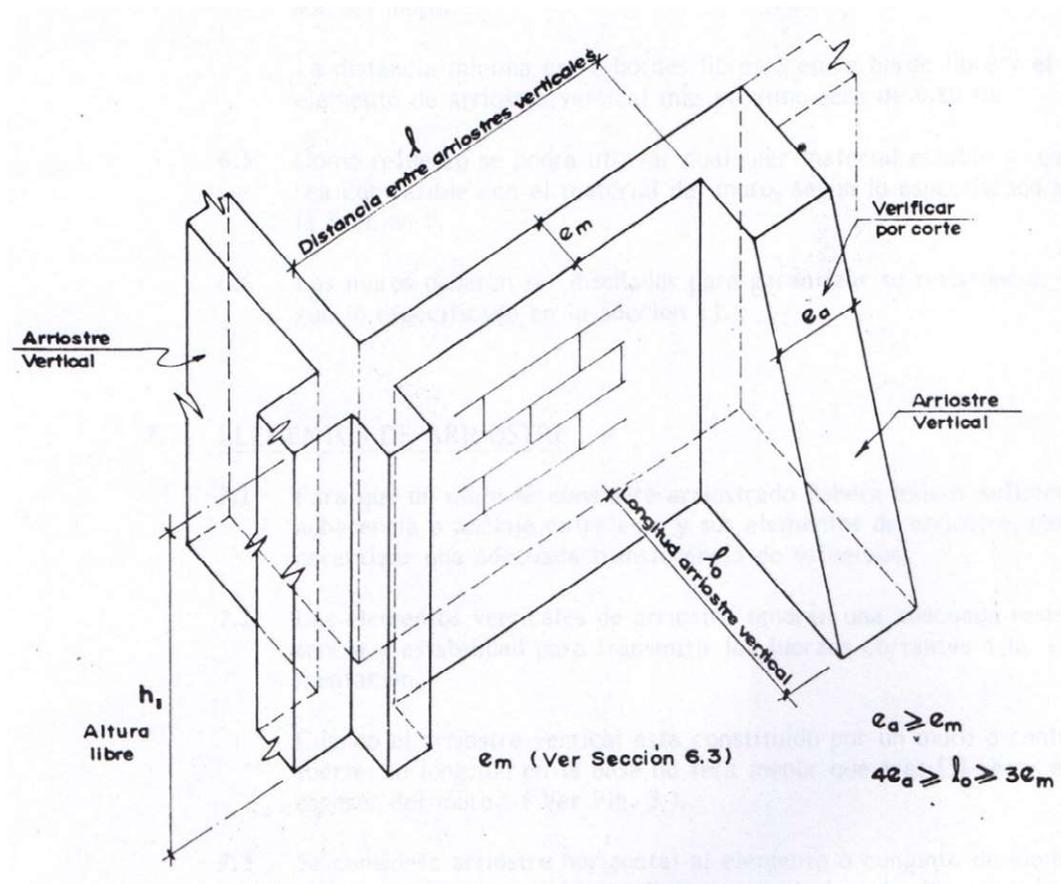
Para facilitar el cálculo consultar la tabla e ilustración:

Tabla IV. **Relación de diferentes espesores de muro y altura libre en metros**

Espesor de muro en metros (E_m)	Altura libre del muro en metros (H_l)							
	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00
0,25	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00
0,30	2,50	2,40	2,30	2,20	2,10	2,00	2,00	1,90
0,35	3,40	3,20	3,10	3,00	2,90	2,80	2,70	2,60
0,40	4,00	4,00	4,00	3,90	3,80	3,60	3,50	3,40
0,45	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,40	4,30
0,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Muros y arriostres



Fuente: Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda, INIVI. *Adobe*. p. 9.

- La longitud entre el borde libre del muro y el elemento vertical de arriostre más próximo no deberá ser mayor a 4 veces el espesor de muro.
- Distancia mínima entre bordes libres o borde libre y elemento de arriostre vertical más próximo será 80 centímetros.
- Cuando el arriostre vertical está constituido por un muro o contrafuerte, su longitud de la base no debe ser menor a 3 veces el espesor del muro.
- Se considera obligatorio la utilización de arriostres verticales y horizontales.

Bajareque:

- La distancia entre arriostres verticales debe de estar en el rango de 80 – 120 centímetros.

3.5.3. Tímpanos

Puntos a considerar:

- La altura de tímpano deberá ser igual o menor que 1 metro
- Diseño triangular que asegure su comportamiento como diafragma (rígido y flexible)
- La longitud desde la cara de la columna hasta el final de la cubierta debe estar dentro del rango de 50 a 100 centímetros

3.6. Trabajos posteriores y modificaciones

Las distintas necesidades que demanda un núcleo familiar para su desarrollo se van dando en continuo cambio y la vivienda satisface algunas, por tal motivo es muy usual que se reacondicionen o creen nuevos ambientes dentro de la vivienda. Se debe de tener ciertas consideraciones cuando se planea realizar dichos trabajos, pues se puede debilitar la estructura que posee la vivienda y generar escenarios de falla en los elementos. Todo trabajo posterior no debe modificar de forma negativa la funcionalidad de los ambientes en la vivienda; por lo tanto, se describen aspectos a considerar para determinar si se ve afectada la construcción y seguridad estructural:

3.6.1. Intervención de la estructura original

Puntos a considerar:

- Acoplamiento de nuevos elementos al sistema estructural ya construido
- Tipo de material con el que se realizan los nuevos elementos
- Acondicionamiento a elementos estructurales
- Modificación por daños a elementos estructurales

3.6.2. Sobrecargas

Puntos a considerar:

- Capacidad de carga del sistema constructivo
- Acumulación de agua en el techo
- Hacinamiento de objetos en el techo
- Características mecánicas de los materiales constructivos

3.7. Factores ambientales

Las características ambientales son importantes de considerar, cuando se planifica una construcción; factores como el clima o la topografía pueden generar escenarios donde existan riesgos potenciales a la integridad de la vivienda. Para seleccionar el terreno sobre el cual cimentará la construcción se necesitan criterios básicos de reconocimiento, donde el mejor escenario lo brindará un terreno plano y seco con un suelo estable. Se debe evitar zonas no adecuadas para la construcción como, pantanos, barrancos, cercanas a ríos o sobre relleno sanitario.

El clima también requiere de especial atención; como se ha mencionado antes es preferible construir utilizando la técnica del bajareque para regiones áridas, es decir, que las lluvias no tienen una periodicidad ni intensidad considerable y así no afectar a las viviendas que carezcan de recubrimiento. La construcción, al final, de taludes muy pronunciados, hace que la escorrentía afecte de manera directa los muros, que con un mal refuerzo lateral puede provocar volcamientos o contener grandes cantidades de agua que lleguen a provocar inundaciones.

Construir en partes altas con discontinuidades muy pronunciadas (en la cima de barrancos) propicia un escenario de falla mecánica del suelo, deslizamientos, y en zonas fangosas y blandas, los sismos pueden producir un efecto de licuación que puede provocar asentamientos diferenciales y como mayor consecuencia, hundimientos.

3.7.1. Ubicación

Un buen lugar en donde se ubique la vivienda asegura la integridad de la construcción, evitando ser expuesta a los diferentes factores ambientales que pueda haber en la zona, disminuyendo los efectos que puedan ocasionar daños a la estructura, tales factores pueden ser producidos por el clima, las condiciones del terreno o la cercanía a ríos y laderas. Si la zona es foco de grandes intensidades de lluvia, se puede construir desniveles a partir del sobrecimiento hacia el exterior o canales que rodeen la vivienda, con el fin de drenar la escorrentía y prevenir inundaciones mitigando daños. Si en cambio el lugar es de alta concentración sísmica, se debe contar con un área desde los muros hacia el exterior sin árboles de muy grande altura que puedan caer sobre la vivienda u obstaculizar el paso en un desalojo.

3.7.1.1. Precipitación, escorrentía e inundaciones

Puntos a considerar:

- Características de los materiales de construcción
- Deterioro de los elementos constructivos de la vivienda
- Arrastre de materia orgánica
- Drenaje de escorrentía
- Prevención de acumulación e inundaciones

3.7.1.2. Sismicidad

Puntos a considerar:

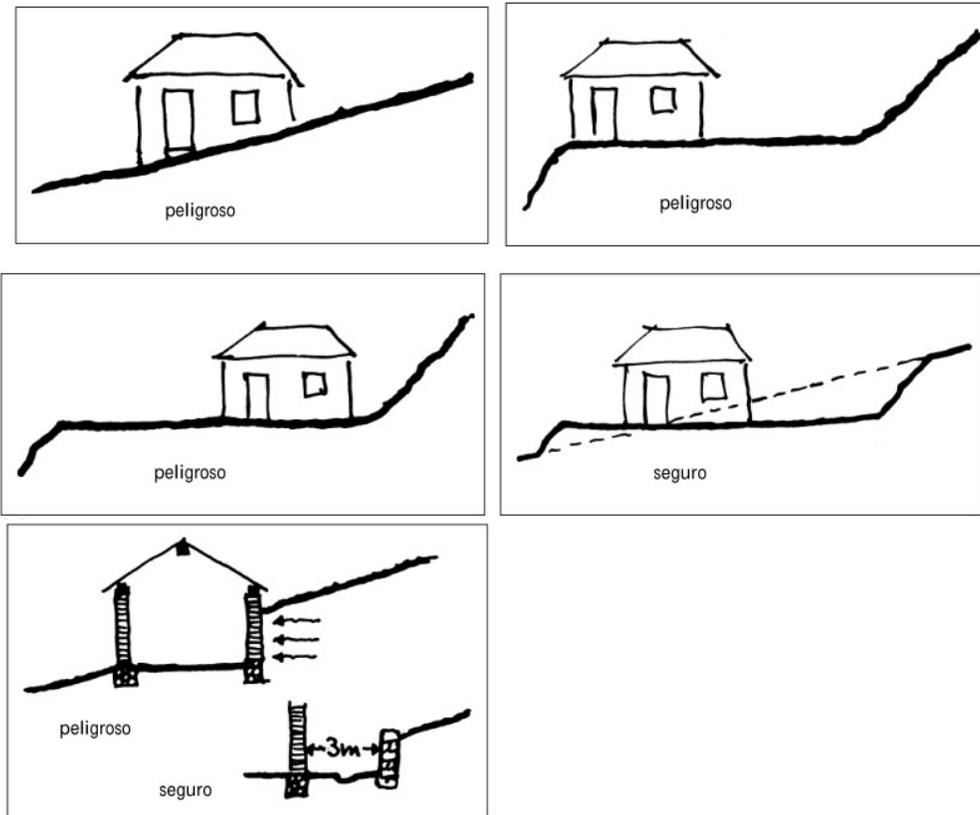
- Material utilizado para realizar amarres
- Hacina de objetos en rutas de salida de la vivienda
- Amenaza de licuación del suelo por exceso de agua presente

3.7.1.3. Deslizamientos

Puntos a considerar:

- Longitud libre desde muro hacia el corte del terreno al menos 3 metros
- Ubicación de la vivienda sobre pendiente
- Evitar desniveles de la vivienda, si fuesen necesarios separar al menos 1 metro y debe construirse como espacios aislados

Figura 22. **Emplazamiento de una vivienda en pendiente**



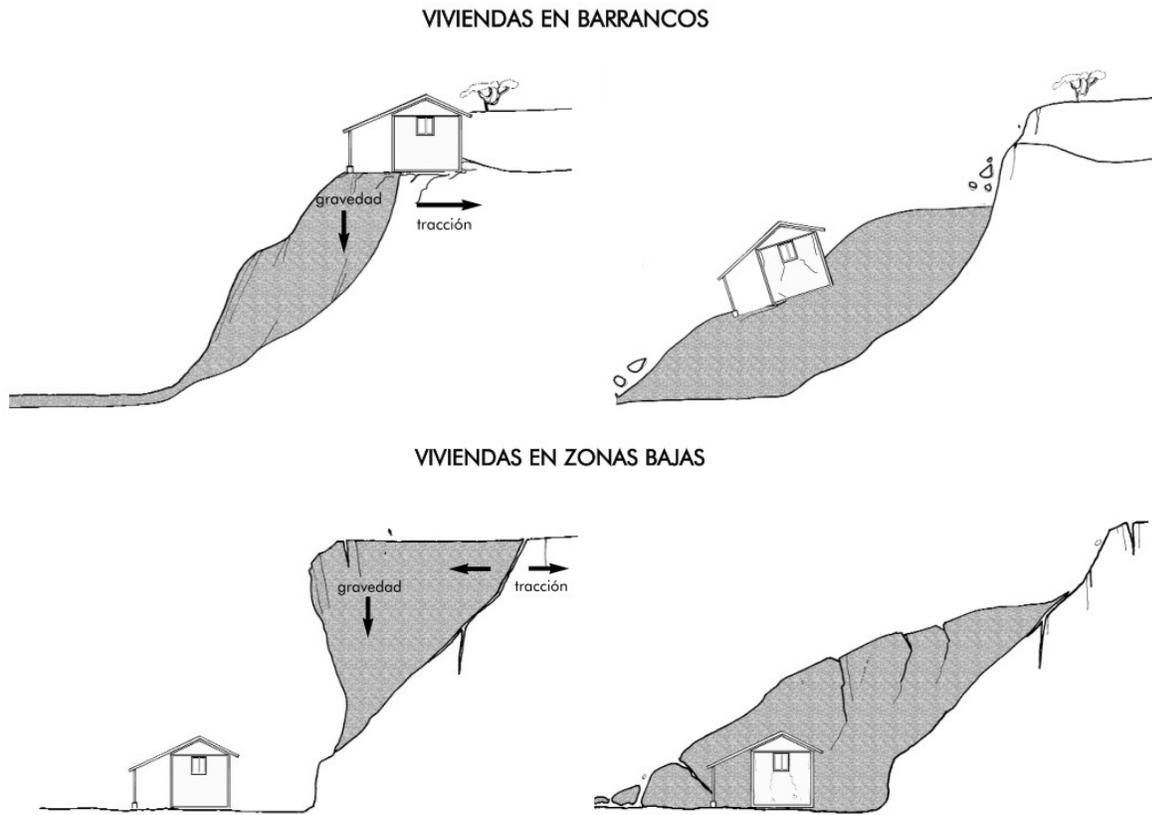
Fuente: MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. p.8.

3.7.1.4. Estabilidad del suelo

Puntos a considerar:

- Viviendas ubicadas en terrenos con pendientes deben tener una plataforma con suficiente distancia hacia los bordes de la pendiente.
- Evitar efecto de desprendimiento del suelo por tracción (vivienda en zonas con muy alta pendiente).
- Hundimiento del suelo o asentamiento diferencial.

Figura 23. Estabilidad del suelo



Fuente: CARAZAS, Wilfredo. RIBERO, Alba. *Guía de construcción parasísmica*. p.6.

3.8. Habitabilidad

La habitabilidad es determinada por las características y recursos que brinda a las personas un ambiente y que permite que dentro de él se puedan desarrollar las acciones con las cuales ha sido concebido, es decir, que un espacio sea adecuado a las necesidades que pretenda satisfacer. Dichas necesidades están compuestas por todos los indicadores medibles o cuantificables que tienen relación directa con la percepción que poseen los habitantes en relación con su vivienda.

Para la vivienda rural las condiciones de confort se ven limitada a los recursos y servicios disponibles en la zona, los accesos y libre tránsito, conexión con caminos y carreteras, entre otros. Aunque la necesidad de satisfacer estas demandas sea universal cuando hablamos de habitar, los problemas particularmente en zonas rurales radican en el limitado acceso de servicios básicos como la luz eléctrica, red de distribución de agua potable, red de drenajes, basureros, manejo de desechos, entre otros.

Considerando las limitaciones presentes en zonas rurales, la sanidad representa la necesidad más importante si se toma en cuenta la manera en que un deficiente acceso a ella afecta a las personas, convivencia y desarrollo de las tareas más cotidianas, por ello es fundamental solucionar dichas problemáticas.

3.8.1. Sanidad

La vivienda es considerada como factor determinante del estado y la afección de la salud de sus moradores, se ha establecido que las personas en el ambiente de la vivienda resisten menos las presiones ambientales y llegarían

de menor manera a desequilibrios diversos, antes que, en ambientes con igual o mayor presión. En este contexto, las personas que conviven en una vivienda demandan mayores condiciones ambientales favorables que las que presentaría un sujeto sano en otros ambientes. Las condiciones de la vivienda pueden considerarse factores de riesgo o, por el contrario, agentes de la salud de los residentes, según el grado de conciencia, voluntad y los recursos humanos de la persona que la ubica, diseña, construye y habita, según la concepción de la Organización Mundial de la Salud.

Las enfermedades que están más relacionadas con la vivienda son las del tipo respiratorias, debido al hacinamiento, insalubridad, ventilación. Digestivas, vinculadas a malas condiciones sanitarias. Mentales, relacionada a la falta de aislamiento, el ruido y el hacinamiento. Por otra parte, los accidentes que se relacionan a defectos de la construcción e instalaciones inadecuadas, como también al mal uso que hacen de la vivienda las personas. Queda claro que existe un vínculo permanente entre la salud de los habitantes y la vivienda, por lo cual se debe de presentar un mayor cuidado al manejo de servicios de consumo diario y las condiciones dentro de la vivienda.

3.8.1.1. Agua potable

Puntos a considerar:

- Realizar los tratamientos de desinfección de agua potable
- Condiciones seguras en el almacenamiento de agua

3.8.1.2. Manejo de desechos orgánicos

Puntos a considerar:

- Evitar la exposición de residuos
- Evitar la concentración de moscas y otros insectos
- Manejo de los desechos, evitar quema de basura

3.8.1.3. Letrinas

Puntos a considerar:

- Mantenimiento y correcto manejo de letrinas
- Ubicación y manejo de olores

3.8.1.4. Contaminación del aire

Puntos a considerar:

- Evitar la exposición de humo dentro de la vivienda provocado por el uso de madera en la cocina de alimentos
- Implementación de chimeneas para evacuar el humo

3.8.2. Servicios y sensación de *confort*

La disponibilidad de servicios en zonas rurales se ve limitada por el escaso desarrollo de infraestructura de la región y muchas veces con ausencia de redes de alumbrado público, sistemas de alcantarillado, vías y carreteras de acceso, conexión telefónica, entre otros. Los servicios no sólo satisfacen una

necesidad, también brindan facilidades a las personas, les ayudan en la realización de sus actividades diarias brindándoles herramientas y sentido de seguridad y bienestar. El *confort*, sin embargo, no depende únicamente de los recursos disponibles, pues también está arraigado a las sensaciones que se pueden percibir de la calidad de dichos recursos, como la iluminación natural, espacios ordenados y la ventilación.

3.8.2.1. Transporte

Puntos a considerar:

- Acceso al servicio
- Caminos, calles y carreteras de circulación

3.8.2.2. Energía eléctrica

Puntos a considerar:

- Acceso al servicio de electricidad
- Continuidad del servicio

3.8.2.3. Confort

Puntos a considerar:

- Iluminación natural
- Carencia de hacinamiento
- Ventilación

4. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE CONSTRUCCIONES CON TIERRA

Los indicadores se modelarán en grupos, según los criterios de caracterización que se definieron en el capítulo anterior, detallado en la siguiente tabla:

Tabla V. **Modelación de indicadores**

Grupo	Características y Diseño Constructivo
Temas	Método Constructivo
	Recubrimiento, Protección y Mantenimiento de la Vivienda
	Diseño de la Vivienda
	Aspectos Estructurales
	Trabajos Posteriores y Modificaciones
Grupo	Factores ambientales
Tema	Exposición y Riesgos Ambientales
Grupo	Habitabilidad
Tema	Sanidad y Condiciones de la Vivienda

Fuente: elaboración propia.

Se definirá el objetivo general del grupo y la definición de conceptos según la temática de cada uno. El nombre de cada indicador y su método de medición se realizará de manera individual y por motivos prácticos se presentará al final de cada tema, desarrollados en una tabla.

Proyectando la elaboración de tres tablas que abarcarán los temas de estudio de cada indicador que conformarán la base del modelo de caracterización; el modelo propuesto se presentará al final del capítulo cuando la totalidad de indicadores hayan sido definidos de manera individual.

4.1. Características y diseño constructivo

A continuación se definirán las bases constructivas y estructurales a considerar en una vivienda sismo resistente.

4.1.1. Elección de método constructivo

- Objetivo general

Coherente elección de método constructivo a utilizar en la elaboración de la vivienda orientada según las características climáticas y ambientales de la región, tales como zona climática, temperatura promedio y periodicidad de lluvia.

4.1.1.1. Definición de conceptos: Zona climática – Elección de sistema constructivo

Parámetro: comportamiento climático. El clima es producto de los factores astronómico, geográfico y meteorológico, adquiriendo características particulares por la posición geográfica y topográfica del país. Climáticamente se ha zonificado al país en seis regiones perfectamente caracterizadas por el sistema de Thornthwaite (INSIVUMEH). Protección de los materiales de la vivienda, mejorar la condición térmica de los habitantes.

Ámbito de relevancia: confort térmico, comportamiento climático, características ambientales.

Criterio: elección del método constructivo según zona climática.

4.1.2. Recubrimiento

- Objetivo general

Existencia y estado de recubrimiento. En qué medida se protege, y se proyecta alargar el período de vida útil del material de construcción, y los elementos constructivos que conforman la vivienda contra el desgaste producido por la exposición a la intemperie, acogida de plagas y daños causados por presencia de humedad. Aspecto estético de la vivienda en interiores y exteriores; fallas encontradas en el recubrimiento (grietas), mantenimiento para evitar infiltraciones de agua a las paredes. Recubrimiento del suelo.

4.1.2.1. Definición de conceptos: Revestimiento – Sistema de muros y pisos

Parámetro: recubrimiento de elementos constructivos. El suelo (piso) sin recubrimiento en una vivienda rural está expuesto a mayor desgaste provocado por la movilidad de las personas, dando como resultado diferencia de niveles, hundimientos (agujeros), dispersión de partículas, y en caso de exposición al agua, humedad. Para el resto de los elementos constructivos (muros) su desgaste mecánico es considerablemente más delicado además del riesgo del albergue de plagas y debilitamiento de los muros.

Pinturas. La percepción visual y estética de los habitantes hacia la vivienda mejora en presencia de muros pintados tanto en exterior como interior, se mejora el sentimiento de representación de la vivienda a la familia y da lugar al sentimiento de pertenencia.

Ámbito de relevancia: protección al desgaste, vida útil, percepción de la vivienda.

Criterio: existencia de revestimiento en muros y piso, estado del revestimiento, inspección de presencia de grietas y/o plagas.

4.1.3. Diseño de la vivienda

- Objetivo general

Distribución del conjunto de elementos constructivos (muros y tabiques), correcta forma de la planta de la vivienda, tal que, al momento de estar expuesta a esfuerzos provocados por fuerzas sísmicas tenga estabilidad y reduzca la posibilidad de fallas por colapso. División de espacios que cambien la tendencia segura en planta de la vivienda. Diseño de la cubierta (techo), longitud del techo fuera del perímetro del muro.

4.1.3.1. Definición de conceptos: Diseño de la vivienda – Estabilidad y distribución en planta, forma de cubierta

Parámetro: tipología de la planta. Estabilidad en la proyección en planta de la vivienda, distribuciones cuadradas y rectangulares, división de ambientes que alteren la forma en planta.

Unión entre espacios. Correcta integración a elementos constructivos si fuese necesario, uniones flexibles y livianas.

Diseño de la cubierta. Sistema a dos o cuatro aguas de cubierta, peso del material que la compone, sistema de apoyo a la estructura, correcto amarre si los muros cargan con ella, calidad de tímpanos.

Tímpanos y estructura de cubierta. Sistema de cubierta (techo), altura del tímpano, diseño del tímpano, longitud horizontal del tímpano.

Ámbito de relevancia: forma de la planta, estabilidad, tipo de cubierta, unión entre elementos constructivos.

Criterio: tipo de planta (cuadrada o rectangular), división de ambientes, sistema de techo (una o dos aguas), tipo de anclaje de la estructura de techos.

4.1.4. Aspectos estructurales

- Objetivo general

Estándares y recomendaciones constructivas de la estructura y elementos constructivos que componen la vivienda, seguridad y buena construcción de elementos de arriostre, bloques y muros, y cimentaciones. Correcta elección de los materiales de construcción para cimentaciones.

4.1.4.1. Definición de conceptos: Diseño de la vivienda – Calidades y características constructivas

Parámetro: cimentación. Características constructivas del elemento, material que componen la cimentación, estándares constructivos mínimos en el elemento.

Muros y arriostre. Dimensiones en altura y espesor de los muros de adobe, relación altura-espesor de muro, arriostramiento vertical y horizontal, distancia entre arriostre vertical.

Ámbito de relevancia: características de los elementos constructivos, materiales de construcción, características de arriostramiento.

Criterio: profundidad de cimiento y altura de sobrecimiento, técnica constructiva, materiales de construcción, espesor de muros, distancia entre arriostres verticales, refuerzos.

4.1.5. Trabajos posteriores

- Objetivo general

Adherencia de nuevos elementos a los ya existentes, debilitamiento de arriostres, uniones y uniones debido a trabajos posteriores. Mantenimiento de pisos, paredes y techos, uniones constructivas. Reconstrucciones de elementos.

4.1.5.1. Definición de conceptos: Trabajos posteriores – Mantenimiento y modificaciones

Parámetro: intervención a la estructura. Reconstrucciones a elementos que hallan fallado en condiciones de servicio, o ausencia de reacondicionamiento. Acoplamiento de muros o cualquier elemento constructivo.

Debilitamiento de la estructura. Sobrecarga a los muros, debido al hacinamiento de objetos en el techo, integridad de la estructura de techo.

Ámbito de relevancia: mantenimiento, reacondicionamiento de elementos constructivos, acoplamiento de nuevos muros, sobrecargas.

Criterio: intervención y mantenimiento a elementos que presenten fallas. Acondicionamiento general del recubrimiento y pintura. Conexión de nuevos muros a dinteles o muros ya existentes.

Tabla VI. **Definición de indicadores: características y diseño constructivo**

Evaluación		Muy bueno	Bueno	Mínimo	Deficiente	Malo
		5	4	3	2	1
1.1	Método constructivo					
1.1.1	Zona climática	Zona oriental. Deficiencia de lluvia	Planicie costera del pacífico. Lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo	Bocacosta y franja transversal del norte. Se registran los mayores niveles de lluvia en el país	Planicie del norte. Lluvioso durante todo el año. Junio a octubre precipitación es más intensas	Meseta y altiplano. Lluvias no tan intensas. Mayo a octubre precipitaciones más intensa
1.1.2	Tipo de clima	Árido	Cálido	Semi cálido	Templado	Frío
1.2	Recubrimiento, protección y mantenimiento de la vivienda					
1.2.1	Recubrimiento de piso	Totalidad del piso	Parcialmente con recubrimiento	Sin recubrimiento.	Sin recubrimiento. Sin exposición a considerables cantidades de agua	Sin Recubrimiento. Expuesto a creación de lodos
1.2.2	Estado del piso sin recubrimiento		Uniforme	Levemente inclinado por uso (percepción baja)	Hundimientos puntuales	Desniveles muy marcados
1.2.3	Posible dispersión de partículas de tierra en los ambientes de la vivienda.	Piso y paredes con recubrimiento, sin entrada de tierra en ventanas o puertas	Piso y paredes con recubrimiento, entrada de tierra en ventanas o puertas	Piso con recubrimiento o paredes no	Sin recubrimiento en piso y paredes, sin entrada de tierra en ventanas o puertas	Sin recubrimiento en piso y paredes, entrada de tierra en ventanas o puertas

Continuación tabla VI

1.2.4	Protección de muros	Recubrimien to interior y exterior de muros en buenas condiciones	Recubrimien to interior y exterior de muros sin mantenimien to, daño leve (área expuesta menor a la totalidad del área del muro más pequeño en exterior)	Recubrimien to exterior con daños, sin infiltración directa de agua hacia el muro	Recubrimien to exterior con daños, con infiltración directa de agua hacia el muro	Sin recubrimient o de muros
1.2.5	Presencia de plagas	Sin presencia				Con presencia
1.3	Diseño de la vivienda					
1.3.1	Forma de la planta	Poligonal cuadrada	Poligonal rectangular	Poligonal con ambientes separados	Construcció n en L	Forma variable
1.3.2	Encadenad o en adobe (viga solera)	Viga de madera apoyada sobre solera de concreto	Viga de madera sobre eje del muro y apoyada en ladrillo de arcilla	Viga de madera sobre eje de muro y apoyada en encadenado de madera	Viga de madera sobre eje del muro y apoyada en adobe	Viga de madera con excéntrica d al eje del muro y apoyada en adobe
1.3.3	Encadenad o en bajareque (viga solera)	Viga de madera apoyada sobre solera de concreto	Viga de madera sobre eje del muro y amarrada a varillas del muro en forma continua	Viga de madera con excéntrica d al eje del muro y amarrada a varillas del muro en forma continua	Viga de madera sobre eje del muro y amarrada a varillas del muro en uniones con alambre de amarre (hierro)	Viga de madera sobre eje del muro y amarrada a varillas del muro con uniones débiles
1.3.4	Sistema de parte aguas del techo	Techo a cuatro aguas	Techo a dos aguas	Techo en una dirección con pendiente marcada	Techo en una dirección con pendiente leve	Techo sin pendiente

Continuación tabla VI

1.3.5	Carga del techo	Generada únicamente por los materiales de construcción				Hacinamiento o de objeto sobre el techo
1.3.6	Longitud desde rostro de columna hasta final de la cubierta	$100 \text{ cm} > d < 50 \text{ cm}$		$D < 50 \text{ cm}$		$D > 100$
1.3.7	Altura de tímpano	$L < 1\text{m}$		$L = 1\text{m}$		$L > 1\text{m}$
1.3.8	Diseño del tímpano	Triangular con riostras inclinadas		Triangular		Sin tímpano
1.4	Aspectos estructurales					
1.4.1	Ancho de cimiento	$B > 1.5$ veces el espesor del muro	$1.5 \text{ Emuro} > b > 40 \text{ cm}$	40 cm	Menor a 40 centímetros	Igual al espesor del muro
1.4.2	Altura de cimiento	$H > (20 \text{ cm} + 2b)$	$(20 \text{ cm} + 2b) > h > 40 \text{ cm}$	40 cm		Menor a 40 centímetros
1.4.3	Sistema constructivo de cimentación	Concreto	Concreto ciclópeo			
1.4.4	Altura de sobrecimiento	$h > 20\text{cm}$		20 cm	$h > 20 \text{ cm}$	Ausencia de sobrecimiento
1.4.5	Altura de muros (adobe)	$L < L_{\text{max}} = \frac{64e_m^2}{h_1} \text{ ó } 10e_m$		$L = L_{\text{max}} = \frac{64e_m^2}{h_1} \text{ ó } 10e_m$		$L > L_{\text{max}} = \frac{64e_m^2}{h_1} \text{ ó } 10e_m$
1.4.6	Distancia entre arriostre vertical y borde libre del muro (bajareque)	$D < 4$ veces espesor de muro		$D = 4$ veces espesor de muro	$D > 4$ veces espesor de muro	Existencia de arriostre únicamente en extremos de muro

Continuación tabla VI

1.4.7	Tipo de conexión entre arriostre vertical y horizontal (bajareque)	Todo arriostre llega a encadenado y se construye como muros independientes	Todo arriostre llega a encadenado	Dintel de puertas arriostrado hasta encadenado	Dinteles crean discontinuidad de arriostre (forman pórticos que no llegan a la solera)	Sin conexión homogénea debido a la falta de viga de corona
1.4.8	Arriostre horizontal		Distancia homogénea entre varillas (bajareque) Sistema de viga intermedia (adobe)		Distancia no homogénea entre varillas (bajareque) Ausencia de viga intermedia (adobe)	Sin arriostre horizontal
1.5	Trabajos posteriores y modificaciones					
1.5.1	Muros con fallas	Derribamiento y levantado de nuevo	Construcción de contrafuerte y arriostre vertical	Intervención y reparación		Sin intervención
1.5.2	Uniones constructivas	Muros y amarres unidos por viga y dintel de concreto	Muros y amarres unidos por viga de concreto	Muros y amarres aceptables	Muro y/o amarres débiles, peligra la estabilidad de la estructura	Muro y/o amarres con falla
1.5.3	Revestimiento y pintura	Mantenimiento periódico		Mantenimiento casual		Sin mantenimiento
1.5.4	Conexiones y debilitamiento de muros.	Sin conexiones a los muros originales		Conexiones tipo tabique (sin modificar muros existentes)		Conexiones a muros existentes

Fuente: elaboración propia.

4.2. Factores ambientales

Las condiciones que propicia el ambiente donde se ubica la vivienda son factores importantes que pueden limitar la seguridad de una construcción, tal como se expone a continuación.

4.2.1. Exposición y riesgos ambientales

- Objetivo general

Grado de exposición a derrumbes de taludes y estabilidad de laderas en cercanía de la vivienda, sismicidad y los daños a la vivienda producto del movimiento, adecuadas condiciones para desalojo durante un período telúrico, amenaza de inundaciones por cercanías con ríos, exposición al paso de escorrentía y arrastre de materiales.

4.2.1.1. Definición de conceptos: Zona climática – Inundaciones y curso de escorrentía

Parámetro: cercanía con ríos. El sitio deberá ser evaluado regionalmente por sus características climáticas, récords de inundación y mapas que disponga el INSIVUHME, así como otras fuentes de consulta, con zonas susceptibles a inundación. La cercanía a ríos a 75 metros o menos a la redonda se considera potencialmente peligroso en zonas con crecidas muy altas en época de lluvia normal.

Curso de escorrentía. El sitio de la vivienda no deberá obstruir el paso del canal de escorrentía (sitio donde naturalmente cruza la mayor cantidad de lluvia en período normal) ni deberá estar expuesta a arrastres de materiales.

Ámbito de relevancia: inundación, arrastre de materiales.

Criterio: distancia en cercanías con ríos, exposición al paso de escorrentía y arrastre de materiales.

4.2.1.2. Definición de conceptos: Características del terreno – Estabilidad de laderas y derrumbe de taludes

Parámetro: proximidad con taludes. La distancia mínima con pendientes menores a 45° deberá ser al menos de 3 metros para evitar deslizamientos o arrastre de materiales.

Estabilidad de laderas. Las viviendas no deben de estar adecuadas a la pendiente natural del terreno ni a menos de un metro de distancia del borde cuando está ubicada en la parte alta de una ladera, se recomienda abundante vegetación como método para la estabilización del suelo.

Ámbito de relevancia: deslizamientos, estabilidad de laderas.

Criterio: distancia en cercanía de taludes, adecuación del suelo de la vivienda, estabilidad de taludes mediante vegetación.

4.2.1.3. Definición de conceptos: Sismicidad – Evacuación segura de la vivienda.

Parámetro: evacuación. El hacinamiento de objetos dentro de la vivienda obstaculiza una rápida evacuación del sitio de riesgo, exponiendo a los habitantes de un colapso de la estructura.

Rutas de salida. Debe de existir una ruta transitable en caso de emergencias, ya sean carreteras o caminos rurales.

Ámbito de relevancia: evacuación en situaciones de emergencias.

Criterio: ruta libre de obstáculos en una evacuación, caminos de tránsito.

Tabla VII. Definición de indicadores: factores ambientales

Evaluación		Muy bueno	Bueno	Mínimo	Deficiente	Malo
		5	4	3	2	1
2.1	Exposición y riesgos					
2.1.1	Proximidad a ríos	Sin proximidad a ríos	> 75 metros	75 metros		< 75 metros
2.1.2	Inundaciones en la región	Sin inundaciones previas		Constantes en períodos de tormentas tropicales y controlados		Constantes en períodos de tormentas tropicales, sin control
2.1.3	Exposición al paso de escorrentía	Escorrentía de intensidad leve y lejos de la vivienda		Escorrentía de intensidad leve, su trayectoria pasa por el perímetro de la vivienda	Escorrentía de intensidad alta, su trayectoria pasa por el perímetro de la vivienda y no arrastra sedimentos	Escorrentía de intensidad alta, su trayectoria pasa por el perímetro de la vivienda y arrastra sedimentos
2.1.4	Distancia de rostro de muros hacia taludes de pendiente positiva	Sin proximidad de taludes	> 3 metros	3 metros		< 3 metros
2.1.5	Distancia de rostro de muros hacia taludes de pendiente negativa	Sin proximidad de taludes	> 1 metro	1 metro		< 1 metro
2.1.6	Adecuación de la vivienda a la pendiente del suelo	Vivienda sobre suelo plano		Sigue tendencia del terreno natural, pendiente baja		Sigue tendencia del terreno natural, pendiente alta
2.1.7	Estabilidad de laderas y taludes	Sin proximidad de taludes		Suelos estabilizados con vegetación		Suelos áridos sin ningún tipo de estabilización

Continuación tabla VII

2.1.8	Tendencia de deslizamientos	Sin deslizamientos		Micro deslizamientos sin provocar daños		Deslizamientos provocan daño a las viviendas
2.1.9	Rutas de evacuación			Ruta de segura evacuación		Ruta accidentada y con obstáculos

Fuente: elaboración propia.

4.3. Habitabilidad

Una visión integral de vivienda debe analizar holísticamente como sus recursos son herramientas para sus habitantes, no solo cumpliendo estructural y arquitectónicamente, y esto involucra la percepción de habitabilidad de la misma.

4.3.1. Sanidad

- Objetivo general

Calidad, tratamiento y almacenamiento de agua potable, riesgo a padecimientos de enfermedades gastrointestinales derivadas de exposición a suciedad e insectos, manejo de desechos orgánicos derivados de las actividades cotidianas, tipo y sitio de servicio sanitario, manejo de los desechos, exposición directa al humo producido por leña.

4.3.1.1. Definición de conceptos: Agua potable – Captación, tratamiento y almacenamiento

Parámetro: fuente de captación. La exposición en el recorrido del agua marca la diferencia en la cantidad de agentes contaminantes que posea. Se plantean tres casos en la recolección, la obtención desde el cauce superficial, bombeo de agua subterránea o pozos subterráneos.

Tratamiento por cloración. Por ser uno de los métodos más utilizados para la desinfección del agua, pese a que no la purifica en su totalidad, la eliminación de microorganismos por cloración es un buen estándar mínimo en comunidades rurales que no cuenten con servicios de abastecimiento municipales.

Almacenamiento. La unidad de almacenaje de agua no debe de estar expuesta directamente a la intemperie, el calor producido en materiales como el PVC y otros derivados del plástico pueden generar el desprendimiento de compuestos químicos nocivos para la salud. Debe de estar correctamente sellada, sin cabida para insectos o exposición a moscas o mosquitos.

Ámbito de relevancia: agua para consumo, procesos de desinfección del agua, almacenaje sanitario.

Criterio: el agua de consumo debe de estar al menos tratada por cloración. Evaluar la fuente de captación y su exposición a contaminantes. Condiciones adecuadas para el almacenaje de agua.

4.3.1.2. Definición de conceptos: Desechos orgánicos – Manejo de residuos

Parámetro: exposición de desechos orgánicos. Todos los residuos orgánicos generados de la fabricación de alimentos para consumo deben de ser cuidadosamente almacenados para un posterior desecho y evitar la exposición y/o concentración de insectos y animales.

Ámbito de relevancia: manejo de desechos orgánicos.

Criterio: los desechos orgánicos resultantes del proceso de cocina de alimentos deben tener un almacenaje aislado.

4.3.1.3. Definición de conceptos: Servicio sanitario – Uso y mantenimiento de letrinas

Parámetro: uso. Debido a la función que desempeñan deben de cuidarse factores tan importantes como su mantenimiento, ubicación, los olores y su correcta ventilación.

Ámbito de relevancia: ventilación, servicio y mantenimiento de las letrinas.

Criterio: la distancia mínima horizontal entre la letrina y cualquier fuente de abastecimiento de agua será de 15 metros. Sistema de ventilación, 15 metros de distancia respecto a la vivienda más próxima o un máximo de 30 de las viviendas atendidas, uso de cal o ceniza.

4.3.1.4. Definición de conceptos: Aire – Ventilación y Contaminación

Parámetro: exposición de humo y partículas. Las áreas destinadas a utilizar leña para cocinar alimentos deben de estar situadas en zonas abiertas o contar con una chimenea o salida de aire. Las cenizas generadas deben ser aisladas y no estar expuestas a ser esparcidas y respiradas.

Ámbito de relevancia: manejo del humo y residuos de leña para cocina.

Criterio: la ubicación de cocina que utilice leña para generar calor debe de estar ubicada en un ambiente abierto; en lugares cerrados debe contar con chimenea.

4.3.2. Servicios y Confort

- Objetivo general

Existencia de servicios de transporte y electricidad, disponibilidad de los servicios, tiempo en que se encuentran disponibles los servicios. Hacinamiento de objetos en ambientes de la vivienda, circulación del viento, iluminación natural.

4.3.2.1. Definición de conceptos: Servicios – Disponibilidad y Sentido de Confort

Parámetro: servicio de transporte. Caminos, de preferencia pavimentados o caminos rurales nivelados, y servicio de transporte colectivo. Horarios de disponibilidad del servicio.

Energía eléctrica. Existencia de red de distribución de energía eléctrica, alumbrado público, disponibilidad y horarios de servicio.

Confort. Entradas de iluminación natural en el interior de la vivienda, libre circulación de aire, buena ventilación, hacinamiento.

Ámbito de relevancia: servicios de transporte y luz eléctrica, percepción de confort.

Criterio: existencia de caminos para el transporte de automóviles, caminos pavimentados, servicio de transporte colectivo, servicio de luz eléctrica, horarios de servicio, condiciones de confort en la vivienda, percepción de los habitantes.

Tabla VIII. Definición de indicadores: habitabilidad

Evaluación		Muy bueno	Bueno	Mínimo	Deficiente	Malo
		5	4	3	2	1
3.1		Sanidad y condiciones de la vivienda				
3.1.1	Fuente de captación de agua	Agua subterránea	Pozo subterráneo (agua sin movimiento)	Recolectada en nacimiento de cauce	Cauce superficial, libre de detergentes o contaminantes producidos por las personas	Cauce superficial, presencia de detergentes o contaminantes producidos por las personas
3.1.2	Tratamiento de agua	Distribución municipal	Hervir hasta punto de ebullición	Tratamiento por cloración		Sin tratamiento
3.1.3	Almacenamiento	Sellada, sin exposición a la intemperie		Sellada, expuesta a la intemperie	Almacenaje abierto y expuesta a la intemperie	No se almacena agua
3.1.4	Manejo de desechos orgánicos	Basura aislada de los alimentos y fuentes de agua y sin exposición		Basura alejada de los alimentos y fuentes de agua con exposición a los insectos		Basura cerca de los alimentos y fuentes de agua con exposición a los insectos
3.1.5	Distancia entre letrina y fuente de abastecimiento de agua		> 15 metros	15 metros		< 15 metros
3.1.6	Distancia desde la vivienda hacia la letrina		< 15 metros	15 metros		> 15 metros
3.1.7	Ventilación y manejo de olores de letrinas	Sistema de tubería de ventilación y uso de cal o ceniza	Sistema de tubería de ventilación	Uso de cal o ceniza		Sin control de olores

Continuación tabla VIII

3.1.8	Humo provocado por leña para cocina	Cocina ubicada en lugar apartado y ambiente abierto		Cocina ubicada en lugar encerrado, con chimenea		Cocina ubicada en lugar encerrado
3.1.9	Vías y carreteras de acceso	Camino pavimentado o del ancho para transitar dos vehículos	Camino pavimentado o del ancho para transitar un vehículo	Camino rural sin grandes obstáculos con espacio de circulación de vehículo agrícola	Camino rural con presencia de grandes obstáculos con espacio de circulación de vehículo agrícola	Sin caminos de circulación de vehículos
3.1.10	Servicio de transporte colectivo	Servicio disponible más de 4 horas diariamente	Servicio disponible más de 4 horas al menos 5 días	Servicio disponible al menos 4 horas al menos 5 días		Sin servicio disponible
3.1.11	Red de distribución eléctrica	Servicio de electricidad y alumbrado público		Servicio de electricidad		Sin servicio de electricidad
3.1.12	Continuidad del servicio eléctrico	Sin cortes de servicio		Cortes esporádicos	Cortes de servicio casi diario, duración menor de 1 hora	Cortes de servicio casi diario, duración menor de más de 1 hora
3.1.13	Necesidad de utilización de luz artificial			Luz natural dentro de la vivienda		Sin presencia de luz natural en la vivienda
3.1.14	Hacinamiento dentro de la vivienda	Buen orden y distribución de objetos		Aglomeración de objetos, ambiente aseado		Aglomeración de objetos, acumulación de suciedad e insectos

Continuación tabla VIII

3.1.15	Ventilación dentro de la vivienda	Libre circulación de aire, buena disposición de ventanas	Sin ventanas, con entrada de aire en tímpano y/o puerta	Sin entradas de aire
--------	-----------------------------------	--	---	----------------------

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Modelo de caracterización**

Evaluación		Muy bueno	Bueno	Mínimo	Deficiente	Malo
		5	4	3	2	1
1	CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO CONSTRUCTIVO					
1.1	Método constructivo					
1.1.1	Zona climática					
1.1.2	Tipo de clima					
1.2	Recubrimiento, protección y mantenimiento de la vivienda					
1.2.1	Recubrimiento de piso					
1.2.2	Estado del piso sin recubrimiento					
1.2.3	Exposición a partículas de tierra.					
1.2.4	Protección de muros					
1.2.5	Presencia de plagas					
1.3	Diseño de la vivienda					
1.3.1	Forma de la planta					
1.3.2	Encadenado en adobe (viga solera)					
1.3.3	Encadenado en bajareque (viga solera)					
1.3.4	Sistema de parte aguas del techo					
1.3.5	Carga del techo					
1.3.6	Longitud desde rostro de columna hasta final de la cubierta					
1.3.7	Altura de tímpano					
1.3.8	Diseño del tímpano					
1.4	Aspectos estructurales					
1.4.1	Ancho de cimiento					
1.4.2	Altura de cimiento					
1.4.3	Sistema constructivo de cimentación					
1.4.4	Altura de sobrecimiento					
1.4.5	Altura de muros (adobe)					

Continuación tabla IX

1.4.6	Distancia entre arriostre vertical y borde libre del muro (bajareque)					
1.4.7	Tipo de conexión entre arriostre vertical y horizontal (bajareque)					
1.4.8	Arriostre horizontal					
1.5	Trabajos posteriores y modificaciones					
1.5.1	Muros con fallas					
1.5.2	Uniones constructivas					
1.5.3	Revestimiento y pintura					
1.5.4	Conexiones y debilitamiento de muros.					
2	FACTORES AMBIENTALES					
2.1	Exposición y riesgos					
2.1.1	Proximidad a ríos					
2.1.2	Inundaciones en la región					
2.1.3	Exposición al paso de escorrentía					
2.1.4	Distancia de rostro de muros hacia taludes de pendiente positiva					
2.1.5	Distancia de rostro de muros hacia taludes de pendiente negativa					
2.1.6	Adecuación de la vivienda a la pendiente del suelo					
2.1.7	Estabilidad de laderas y taludes					
2.1.8	Tendencia de deslizamientos					
2.1.9	Rutas de evacuación					
3	HABILITABILIDAD					
3.1	Sanidad y condiciones de la vivienda					
3.1.1	Fuente de captación de agua					
3.1.2	Tratamiento de agua					
3.1.3	Almacenamiento					
3.1.4	Manejo de desechos orgánicos					
3.1.5	Distancia entre letrina y fuente de abastecimiento de agua					

Continuación tabla IX

3.1.6	Distancia desde la vivienda hacia la letrina					
3.1.7	Ventilación y manejo de olores de letrinas					
3.1.8	Humo provocado por leña para cocina					
3.1.9	Vías y carreteras de acceso					
3.1.10	Servicio de transporte colectivo					
3.1.11	Red de distribución eléctrica					
3.1.12	Continuidad del servicio eléctrico					
3.1.13	Necesidad de utilización de luz artificial					
3.1.14	Hacinamiento dentro de la vivienda					
3.1.15	Ventilación dentro de la vivienda					

Fuente: elaboración propia.

5. VALIDACIÓN DEL MODELO

5.1. Contexto

Con el fin de obtener representatividad en las muestras de cada técnica constructiva estudiada, se escogió dos lugares que demuestran esa predominancia necesaria para reconocer una técnica como autóctona.

5.1.1. Lugar

La caracterización de viviendas de tierra se llevó a cabo en los municipios de San Agustín Acasagustlán, departamento de El Progreso, y Monjas, departamento de Jalapa.

Figura 24. **Mapa satelital del municipio de San Agustín Acasagustlán, departamento de El Progreso**



Fuente: Google Maps. *Mapa satelital de San Agustín Acasagustlán.*

<https://google.com/maps/place/San+Agust%C3%ADn+Acasaguastl%C3%A1n/@14.9452821,-89.9787998,3052m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8f6200d75af6c1ff:0x3e837331962fb2a5!8m2!3d14.9476446!4d-89.9696802>. Consulta: febrero 2018.

Figura 25. **Mapa Satelital del municipio de Monjas, departamento de Jalapa**



Fuente: Google Maps. *Mapa Satelital de Monjas.*

<https://google.com/maps/place/Monjas/@14.5027042,-89.8804379,3058m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8f62704133d881a5:0x4db62b21dd38b5c1!8m2!3d14.5014143!4d-89.8738987>. Consultado: febrero 2018.

5.1.2. Tiempo

Para la toma de datos en el municipio de San Agustín Acasagustlán se necesitó únicamente un día para cubrir la población objetivo del estudio; en el caso de Monjas se llevaron dos días. Tomar en cuenta que se considera únicamente el tiempo que se destinó a la recolección de información, previamente se visitó la municipalidad para dialogar con las autoridades pertinentes y el contacto con los líderes comunitarios que nos acompañarían posteriormente, es decir, 2 visitas adicionales destinadas al reconocimiento de la población.

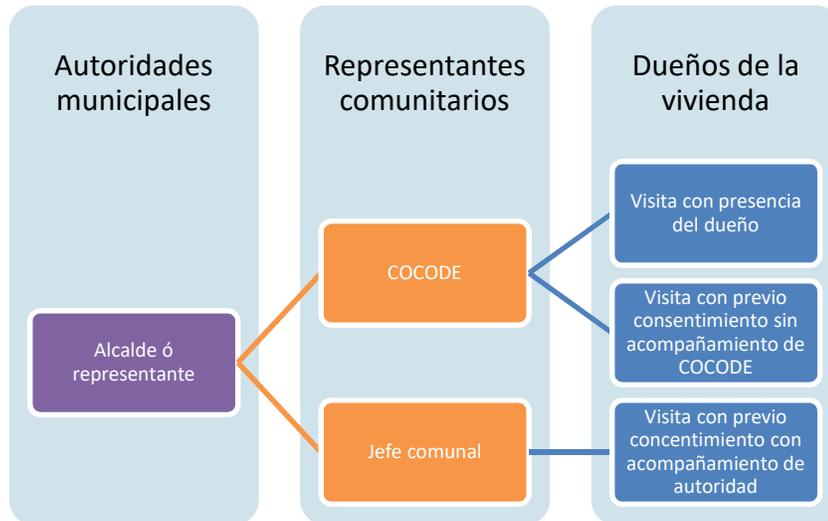
5.1.3. Acceso y autorizaciones

El diálogo con las autoridades inicia en la sección de planificación de la municipalidad en cuestión, quienes informaron que por la manera en que se pretende evaluar las viviendas, se debe de tratar con los representantes comunitarios miembros de los consejos comunitarios de desarrollo COCODE, que son aquellas personas que, en nombre de cada localidad rural, representan los intereses de los pobladores de la región; por lo tanto, representan la autoridad a avocarse para la petición de estudio de las viviendas de tierra locales. Se les debe informar acerca de los objetivos de la investigación y el alcance de la evaluación de campo, en este caso, con un trato directo con los habitantes de las aldeas y sus moradas.

En las visitas de campo se contó en todo momento con el acompañamiento de líderes comunitarios, quienes tomaron contacto anteriormente con los dueños de la vivienda, y nos guiaron con las personas que habían dado visto bueno a la evaluación. En este punto cabe mencionar que se le indicó al líder comunitario los requisitos del estudio. En la figura 26 se demuestra de mejor manera la línea de acceso a las viviendas; dicha metodología se aplicó para ambos departamentos.

Con apoyo del Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII- y de las secciones de Tecnología de los Materiales y Sistemas Constructivos y Ecomateriales, de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, se respaldó académicamente la intención del trabajo de investigación con los recursos de cartas y acompañamiento de los jefes de sección en las visitas.

Figura 26. **Línea de acceso para la evaluación de viviendas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Presentación de la investigación a la unidad de planificación municipal**



Fuente: municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Figura 28. **Exposición del proyecto a representantes comunitarios y autoridades municipales**



Fuente: municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Figura 29. **Diálogo con representantes comunitarios**



Fuente: municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

5.2. Población y muestra

A continuación se describirá los criterios que intervinieron para la elección del sujeto de estudio.

5.2.1. Tipo y procedencia

Las viviendas que se considerarían apropiadas para el estudio debieron de contemplar las siguientes observaciones para considerarse como una muestra representativa del tipo de construcción del lugar:

- Estar ubicada en una región con predominancia en construcción con tierra.
- Tener un mínimo de 6 viviendas evaluadas.
- Evaluar las viviendas con el método constructivo más utilizado en la región.

5.3. Procedimiento:

El proceso de toma y recolección de datos se encierra en dos pasos importantes, descritos a continuación.

5.3.1. Inmersión en el campo

Con la guía del representante comunitario se visitó cada vivienda que sería posteriormente evaluada, presentándose con los habitantes de la familia quienes estuvieron presentes y cuya participación era fundamental para la obtención de información.

5.3.2. Proceso de recolección de datos

Se implementó la utilización de recursos multimedia como herramienta auxiliar que ayudara a agilizar el proceso de evaluación de cada vivienda, además de validar la veracidad de la información que se extrajo, teniéndolo como una bitácora digital de cada una de las visitas de campo. Estas fueron las distintas maneras que se utilizaron para recopilar los datos:

- Entrevista videograbada con los habitantes de la vivienda.
- Videos de la recolección de información partiendo de la evaluación física y aspectos arquitectónicos de la vivienda.
- Fotografías de la vivienda, de aspectos puntuales, del municipio y autoridades locales y municipales que ayudaron en la visita.
- Entrevistas grabadas en audio.
- Bitácora o memoria escrita.

Figura 30. Toma de datos de una vivienda de adobe



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

5.4. Análisis y resultados

Cada caso de estudio estuvo sujeto a situaciones diferentes, por ello se describen de manera aislada y puntual para lograr así describirlas con mayor énfasis.

5.4.1. San Agustín Acasagustlán, El Progreso

Lugar en donde se encontraron muestras muy representativas de la construcción autóctona del bajareque.

5.4.1.1. Método constructivo

El municipio se caracteriza por un clima caluroso y árido, con períodos de lluvia reducidos y de leve intensidad a lo largo del año, las viviendas que intervinieron en la caracterización se ubican en zonas bajas y a las faldas de laderas de características montañosas y de topografía accidentada. El principal método constructivo de la región es el bajareque con leve presencia de construcción con adobe y de otro tipo de materiales.

Tabla X. **Distribución del tipo de construcción**

Método Constructivo	Porcentaje	No. Viviendas
Adobe	61,54 %	8
Bajareque	15,38 %	2
Otros	23,08 %	3

Fuente: elaboración propia.

Se puede tomar como acertada la elección de tipología constructiva del bajareque en la mayoría de las viviendas de la zona estudiada, debido a las condiciones y el tipo de material disponible; en el mismo municipio en una zona más céntrica, existía presencia de construcción con tierra y se podía visualizar viviendas de adobe combinadas con otros materiales como bloques de pómez.

Figura 31. **Distribución porcentual del método constructivo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2011.

Figura 32. **Encaminamiento hacia la zona de estudio**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 33. **Vivienda de madera y de blocks**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 34. **Construcción de adobe en proceso**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

5.4.1.2. Recubrimiento

El departamento de El Progreso es uno de los 12 nombrados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en 2015, de características endémicas para el mal de Chagas. La transmisión de este y otro tipo de enfermedades se focaliza en zonas rurales y de extrema pobreza, realizando las condiciones no adecuadas de vivienda. Entre los factores de riesgo se encuentra:

- Ruralidad
- Casas de tierra no encaladas
- Techos de paja
- Condiciones de vivienda no adecuada
- Pobreza y extrema pobreza

Según lo expuesto en el “Manual de Mejoramiento de viviendas, Proyecto Chacas MINSA – JICA”, el recubrimiento en viviendas de construcción con tierra previene la proliferación de distintas plagas que proliferan en zonas rurales y se hospedan y reproducen especialmente en viviendas de tierra. Por lo tanto, el recubrimiento toma mayor relevancia en este tipo de construcción y como se detalla en la tabla XI, particularmente en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, las viviendas de la población que fueron caracterizadas continúan con muchas deficiencias en este aspecto.

Tabla XI. **Presencia y estado del recubrimiento de paredes y suelo en la vivienda**

Indicador	Resultado
Recubrimiento de piso	No
Estado del piso sin recubrimiento	Poco desgaste
Exposición a partículas de tierra	Muy poco
Protección de muros	10 % de viviendas posee recubrimiento
Presencia de plagas	30 % de incidencia

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Vivienda de bajareque sin recubrimiento



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 36. Vivienda de bajareque en proceso de recubrimiento tras aparición de plagas



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 37. **Vivienda de bajareque en proceso de recubrimiento con agujeros provocados por plagas**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 38. **Vivienda de adobe con recubrimiento y pintura**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Gran parte de las viviendas no cuentan con recubrimiento y las hace vulnerables a la proliferación de insectos, de no controlar este aspecto se continúa afectando potencialmente la integridad de los habitantes de la vivienda y su exposición a distintos tipos de enfermedades de gran predominancia en el departamento.

5.4.1.3. Diseño de la vivienda

El diseño y la tipología de la vivienda son tan similares entre las viviendas estudiadas que se puede decir existe uniformidad en la manera constructiva en la región; según los lugareños la mayoría de las viviendas de tierra fueron construidas por los mismos albañiles; por tal razón se encuentran los mismos problemas en todas las construcciones como nudos débiles y tímpanos pobremente reforzados. La planta de cada vivienda era de forma rectangular y los techos similares, con ligeros cambios aquellos que fueron reacondicionados.

Tabla XII. **Características tipológicas del diseño de la vivienda**

Criterio	Resultado
Forma de la planta	Rectangular homogénea
Encadenado en bajareque (viga solera)	Madera con uniones débiles
Sistema de parte aguas del techo	A dos pendientes
Carga del techo	Sin cargas adicionales
Longitud desde rostro de columna hasta final de la cubierta	(1,00 – 0,50) cm
Altura de tímpano	(1,00 – 1,50) m
Diseño del tímpano	Triangular

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Tímpano y techos en dos direcciones de lámina y paja**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 40. **Uniones en encadenado techo-muro débiles**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 41. **Deficiente amarre entre muros y estructura de techos**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 42. **Estructura de techo alto y tímpano reforzado**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 43. **Viga de madera sobre eje de muro**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Se evidencia que la mejor manera de unión techo-muro es a través de una viga longitudinal que recorra todo el perímetro del muro, evitando la aparición de grietas que se propagan cuando no existe dicha viga y se apoya en el muro directamente, tal caso se puede evidenciar en las figuras No.42 y 43, donde además en esta última por carecer de tímpano se utilizan vigas transversales al eje de muro sobre el cual está apoyada la viga principal de la estructura del techo.

5.4.1.4. Aspectos estructurales

La integridad estructural depende de un buen dimensionamiento de los elementos y la presencia de refuerzos, tanto longitudinales como transversales en muros, dinteles con buena calidad constructiva y uniones lo suficientemente fuertes para amarrar adecuadamente los elementos y poder funcionar monolíticamente ante fuerzas externas que provoquen todo tipo de esfuerzos en los materiales.

Tabla XIII. **Detalles estructurales de vivienda**

Refuerzo de la estructura	Resultado
Ancho de cimiento	> 40,00 cm
Altura de cimiento	40 cm mínimo
Sistema constructivo de cimentación	Ciclópeo
Altura de sobrecimiento	40 – 50 cm
Distancia entre arriostre vertical y borde libre del muro	1,00 – 1,20 m
Conexión arriostre vertical y horizontal	Bueno
Arriostre horizontal	Cada 20 a 25 cm

Fuente: elaboración propia.

Tanto el ancho como la altura de los cimientos son mayores que el mínimo recomendado y sin mayor carga generada por la estructura, cumplen plenamente su función estructural, además que son elaborados con concreto ciclópeo por la disposición de los materiales del lugar. El sobrecimiento oscila entre los 40 a 50 cm.

Figura 44. **Cimiento en vivienda de bajareque**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 45. **Cimiento en vivienda de adobe**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

El refuerzo longitudinal conformado por varillas de madera está espaciado de 20 a 25 cm entre ellas, la cual es una distancia prudente para asegurar el encadenamiento de los muros, sumado con que el refuerzo transversal se distancia de 1 a 1,20 m entre sí, se puede considerar demasiado pues la recomendación constructiva es de 60 a 80 cm. Se puede asegurar que los refuerzos cumplen su función a pesar de este espaciamiento, debido a que los muros largos no cuentan con una altura excesiva, y los cortos están amarrados con los dinteles de la puerta.

Figura 46. **Varillas de refuerzo en vivienda de bajareque**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 47. **Refuerzo en vivienda de bajareque**

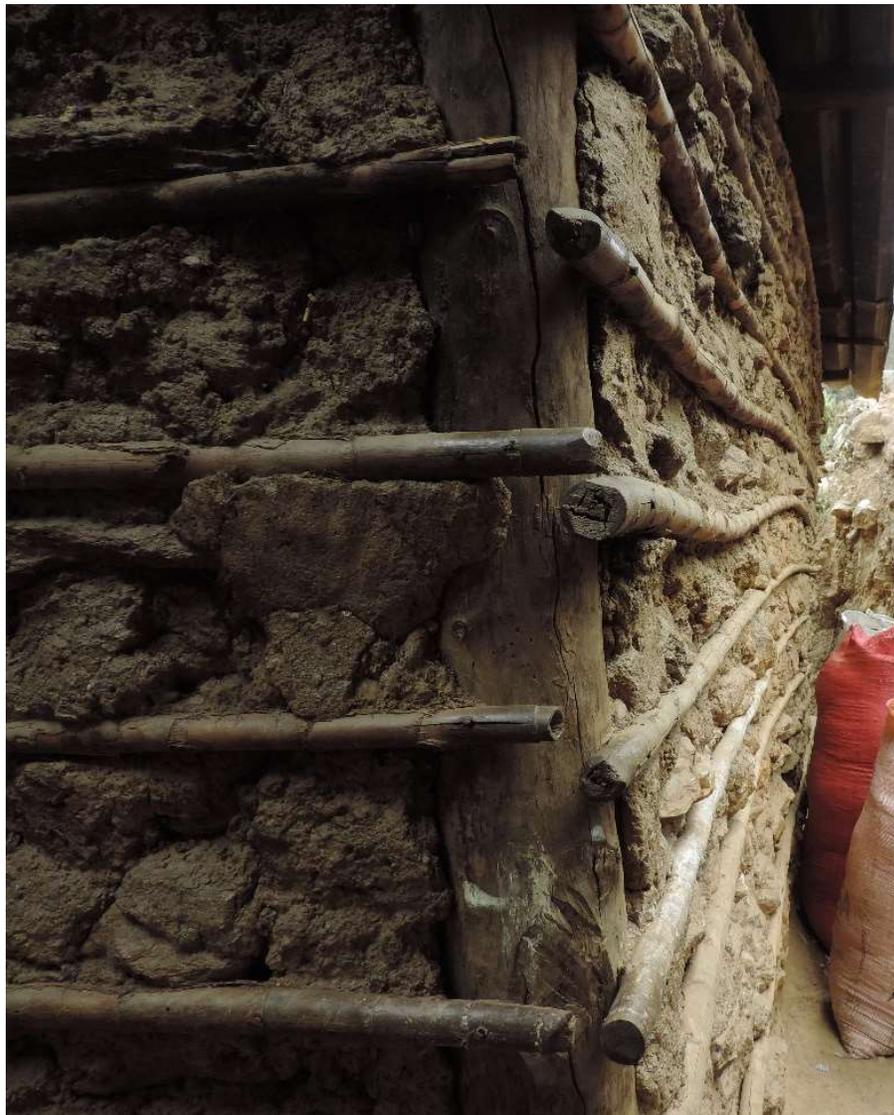


Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Los amarres entre refuerzos son sólidos y confinan de buena manera el material que compone al muro, además es importante considerar los comentarios de los pobladores que señalan que, en tiempos del terremoto de

1976, las viviendas de bajareque fueron las que menos daño sufrieron. Conociendo el proceso constructivo en esta técnica, es fácil intuir que debido al amarre que requiere cada traslape entre varillas, se aumenta la estabilidad del conjunto.

Figura 48. **Traslape de refuerzos en esquina de vivienda de bajareque**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 49. **Detalle de amarre en esquina de refuerzo**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

5.4.1.5. Trabajos posteriores

La tipología de las fallas presentadas en las viviendas de la zona depende de dos factores principalmente:

- Deficiente estado en zonas puntuales de los muros causado por la falta de mantenimiento en el revestimiento y la pintura a base de cal.
- Ausencia de cualquier tipo de protección de los muros ante el intemperismo propio del tipo de material y la exposición a plagas.

Las esquinas son las partes más vulnerables identificadas en las viviendas, evidenciadas en aquellas que carecen de protección alguna como se describe en la tabla XIV. No resultan daños considerablemente graves con lo cual una pronta intervención puede solucionar problemas que se puedan evitar en un futuro.

Tabla XIV. **Estado e intervención de la vivienda**

Mantenimiento y trabajos posteriores a la vivienda	Resultado
Muros con fallas	Sin daño severo, sin intervención
Uniones constructivas	Cumplen, se pueden mejorar
Revestimiento y pintura	Mal estado, deficiente mantenimiento
Conexiones y debilitamiento de muros.	No existen conexiones a la estructura original

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Muro de bajareque con mal estado de recubrimiento**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 51. **Esquina de vivienda con daño en esquina de muro**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 52. **Estado de recubrimiento en esquina de muro**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 53. **Estado de nudo en vivienda sin protección**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

5.4.1.6. Exposición a riesgos

La región cuenta con zonas altas y bajas no separadas por más de 2 Km, con lo cual se exponen dos tipos de casos, en los cuales las viviendas de zonas bajas no colindan con laderas y las altas están cimentadas sobre cortes que se realizaron al talud. En este caso existe vulnerabilidad contra derrumbes por la ubicación, sin embargo, por lo espaciadas que están las viviendas entre sí no generan cargas puntuales considerables y la existencia de vegetación ayudan a controlar las condiciones de estabilidad en laderas. A pesar de ello, no es recomendable la construcción sobre laderas por el peligro de derrumbes ante períodos sísmicos elevados.

Figura 54. Vivienda ubicada en ladera



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Tabla XV. **Riesgos ambientales**

Exposición a riesgos	Resultado
Proximidad a ríos	Sin proximidad a ríos
Inundaciones en la región	Sin incidencias
Exposición al paso de escorrentía	Controlada y sin afección a viviendas
Distancia de rostro de muros hacia taludes de pendiente positiva	> 1 m en viviendas ubicadas en laderas
Distancia de rostro de muros hacia taludes de pendiente negativa	> 1m en viviendas ubicadas en laderas
Adecuación de la vivienda a la pendiente del suelo	No, vivienda sobre terreno plano
Estabilidad de laderas y taludes	Sin ningún tipo de estabilización adicional a la vegetación en viviendas ubicadas en laderas
Tendencia de deslizamientos	Leves
Rutas de evacuación	Existentes

Fuente: elaboración propia.

En caso de desastres, las rutas de movilización de vehículos están disponibles en toda la zona, como se puede ver en la figura 54 y 55 se ejemplifican los casos que se dan de construcción en zonas altas, se realizan cortes lo suficientemente grandes en los cuales se puede construir la vivienda, pero la colindancia a taludes con diferentes pendientes no es la idónea.

Figura 55. **Vivienda ubicada en zonas altas**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 56. **Vivienda ubicada en zona baja**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

5.4.1.7. Sanidad y servicios

La calidad y disponibilidad del agua es muy buena en la zona debido a que se obtiene de pozos subterráneos al servicio de la comunidad, aunque las viviendas ubicadas en zonas altas de laderas la captan mediante una red de tubería de PVC desde la fuente o nacimiento hasta un chorro donde se sirven agua en cada vivienda. Normalmente se desinfecta el agua para consumo propio mezclándola con cloro y almacenándola en recipientes plásticos cerrados, cabe mencionar que por la temperatura del lugar y que algunas personas dejan los depósitos de agua expuestos al sol, el agua se contamina y da como resultado un sabor a “plástico” en propias palabras de los moradores.

Figura 57. Pozo de captación de agua subterránea



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Tabla XVI. **Sanidad y servicios**

Criterio	Resultado
Fuente de captación de agua	Buena
Tratamiento de agua	Cloración
Almacenamiento	Sellado
Manejo de desechos orgánicos	Almacenada sanitariamente
Distancia entre letrina y fuente de abastecimiento de agua	> 15 m
Distancia desde la vivienda hacia la letrina	10 - 15 m de la vivienda
Ventilación y manejo de olores de letrinas	Controlada con tubo de ventilación
Humo provocado por leña para cocinar	Controlada con chimenea o cocina en exterior
Vías y carreteras de acceso	Accesibles
Servicio de transporte colectivo	Disponible y con buena cobertura horaria
Red de distribución eléctrica	Disponible en zonas bajas
Continuidad del servicio eléctrico	Buena, sin cortes periódicos
Necesidad de utilización de luz artificial	sí
Hacinamiento dentro de la vivienda	Leve
Ventilación dentro de la vivienda	Mala

Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Sistema de tubería en vivienda de bajareque



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Las viviendas cuentan con letrinas abonera, utilizando cal preparada con tierra después de cada servicio, ubicada a una distancia prudente de la fuente de captación de agua potable y manejando los olores mediante tubos de ventilación. El uso y mantenimiento de la letrina es buena en gran parte debido a que la población cuenta con constantes capacitaciones de parte del ministerio de salud local.

Figura 59. **Letrina abonera**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

Figura 60. **Asiento de letrina**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

En la cocina las viviendas cuentan con dos tipos de estructura, aquellas en donde se construye un comal sobre una pared de tierra como se observa en la figura 61, o construyen un comal apoyado sobre cualquier otro objeto y en la intemperie. En ambos casos el humo producido por la leña es controlado y no se expone directamente a las personas.

Figura 61. **Cocina de tierra y comal de tierra**



Fuente: municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento El Progreso.

5.4.2. Monjas, Jalapa

Lugar en donde se encontraron muestras muy representativas de la construcción autóctona de adobe.

5.4.2.1. Método constructivo

El municipio presenta un clima tropical con periodos marcados de lluvia moderada con una temperatura promedio de 20 a 22 °C, la ubicación de las viviendas consideradas en la muestra es de la parte central del municipio. El principal método constructivo en la región son los bloques de adobe, sin presencia de bajareque en las viviendas de tierra.

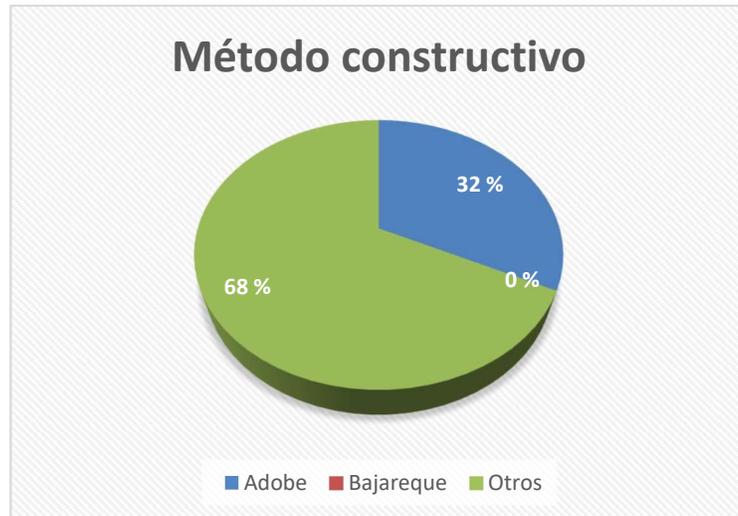
Tabla XVII. **Distribución del tipo de construcción**

Método Constructivo	Porcentaje	No. Viviendas
Adobe	32,26 %	10
Bajareque	0,00 %	0
Otros	67,74 %	21

Fuente: elaboración propia.

En la zona existe una mayor presencia de construcción con blocks que de cualquier otro material, ya sea madera, lámina o tierra; sin embargo, debido a que existen albañiles que siguen utilizando bloques de adobe, la construcción con tierra sigue estando presente, y por las viviendas que se caracterizaron, su técnica es muy buena y se nota en la solidez que demuestran las estructuras.

Figura 62. **Distribución porcentual del método constructivo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 63. **Encaminamiento hacia la zona de estudio**



Fuente: municipio Mojas, departamento de Jalapa.

Figura 64. **Vivienda de adobe**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

En la figura 64 se puede percibir la armonía que existe en el municipio alternando en una zona adoquinada una vivienda de adobe con recubrimiento al lado de una construcción con blocks, este panorama es muy común y se puede notar la calidad de las construcciones con tierra en el lugar.

5.4.2.2. Recubrimiento

La mayoría de las viviendas posee algún tipo de recubrimiento, esto debido a que las paredes colindantes con otras viviendas por lo general están descubiertas. No existen plagas de insectos en la región que puedan considerarse una amenaza para la integridad de la estructura.

Tabla XVIII. **Presencia y estado del recubrimiento de paredes y suelo en la vivienda**

Indicador	Resultado
Recubrimiento de piso	Si
Estado del piso sin recubrimiento	N/A
Exposición a partículas de tierra	Nulo
Protección de muros	90 % de viviendas posee recubrimiento
Presencia de plagas	Nulo

Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Vivienda de adobe con recubrimiento**



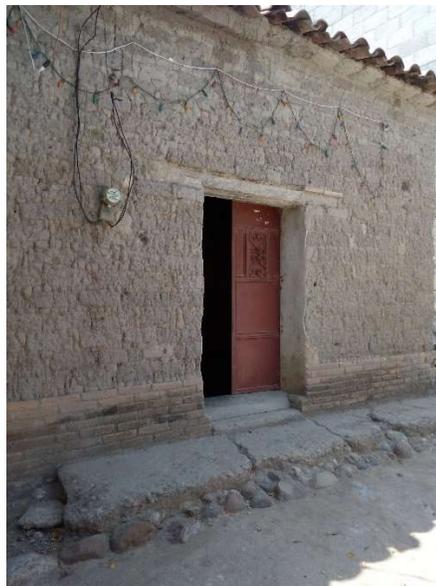
Fuente: Municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Figura 66. **Vivienda de adobe con muro descubierto**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Figura 67. **Vivienda de adobe sin recubrimiento**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

5.4.2.3. Diseño de la vivienda

En la comunidad existen dos tipologías marcadas en el sistema constructivo de viviendas de adobes, la primera como se puede visualizar en la figura 66 se auxilia de un marco de dos vigas, solera de humedad y corona, y columnas, utilizando una mezcla de tierra y cemento para reforzar la estructura. La segunda es la eliminación de estos elementos constructivos y el levantado de muros está compuesto únicamente por bloques de adobes como se visualiza en la figura 67. No se encuentran daños considerables entre uniones de muros, nudos o unión del muro con la estructura de cubierta.

Tabla XIX. **Características tipológicas del diseño de la vivienda**

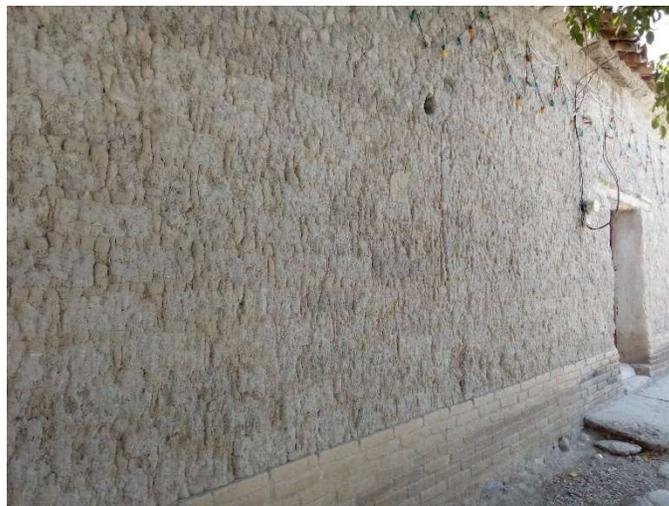
Criterio	Resultado
Forma de la planta	Rectangular homogénea
Encadenado en adobe (viga solera)	Madera con mortero de tierra-cemento unión sólida
Sistema de parte aguas del techo	En un sentido
Carga del techo	Sin cargas adicionales
Longitud desde rostro de columna hasta final de la cubierta	(0,00 – 0,20) cm
Altura de tímpano	Nulo
Diseño del tímpano	Sin tímpano

Fuente: elaboración propia.

La tipología de los techos es de un sólo sentido con una buena pendiente y libre de cargas adicionales, el material que sirve de cubierta es la lámina de

zinc y en la mayoría de las viviendas con tejas de barro para disminuir la temperatura dentro de la vivienda.

Figura 68. **Vivienda de adobe sin sistema viga - columna**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Figura 69. **Unión del muro y estructura de techo**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

5.4.2.4. Aspectos estructurales

La integridad estructural depende de las buenas características constructivas de los elementos y la presencia de refuerzos, tanto longitudinales como transversales en muros, dinteles con buena calidad constructiva y uniones lo suficientemente fuertes para amarrar adecuadamente los elementos y poder funcionar monolíticamente ante fuerzas externas que provoquen todo tipo de esfuerzos en los materiales.

Tabla XX. **Detalles estructurales de vivienda**

Refuerzo de la estructura	Resultado
Ancho de cimiento	> 40,00 cm
Altura de cimiento	40 cm mínimo
Sistema constructivo de cimentación	Concreto y Concreto Ciclópeo
Altura de sobrecimiento	> 20 cm
Altura de muros	1,80 a 2,00 m, no todas cumplen con la relación ancho altura
Conexión arriostre vertical y horizontal	Sólida
Arriostre horizontal	Sólo al principio/final del muro

Fuente: elaboración propia.

La tipología de la cimentación es buena y se construyó aplicando la técnica del concreto ciclópeo; presentan coherentes dimensiones, tanto del cimiento como del sobrecimiento, con lo cual cumplen con las recomendaciones de los códigos de construcción con tierra. Los muros cuentan con un encadenado en la parte superior e inferior, sin embargo no cuentan con columnas que cierren dicho confinamiento.

Figura 70. **Tamaño de mortero entre uniones de adobes**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Los problemas más delicados que se encuentran en la técnica se pueden visualizar en la figura 70, y se deben a el tamaño y cantidad de mortero que se utiliza para la unión de adobes, se recomienda que no sea mayor a 1 cm, además que en el lugar no existen grandes bancos de material explotados para la obtención de arcilla, y se utiliza un limo plástico confundiéndolo por los constructores por su apariencia, lo que de manera intuitiva no dará los resultados mecánicos esperados en comparación a una arcilla de buena calidad.

En la figura 71 se evidencia una fisura y desprendimiento del material en el muro provocados por las deficiencias constructivas en la técnica, como lo significa una desalineación en las hiladas de bloques de adobe además de las

uniones irregulares y de material inadecuado, y los esfuerzos mecánicos a los que se sometió la estructura en la instalación del sistema de apoyo para el techo; cabe mencionar que sobre tal línea de falla se encuentra apoyado a rostro de muro la viga de madera que sostiene la cubierta de lámina de zinc.

Figura 71. **Muro de vivienda de adobe con daños**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Otro de los problemas más comunes es la mala unión que tienen los dinteles con el resto del muro, como evidencia la figura 72; además que se puede observar el aumento de la altura del muro con lo cual rompen con la relación ancho-altura de muro que se especifica en los indicadores de estructuras, aunque no termina ahí el problema, porque el material con el que se reacondicionó el muro no es el mismo que el de la construcción original, y la

unión entre estos nuevos materiales no se realizó con el mismo mortero, con lo cual se ve afectada dicha transición.

Figura 72. **Cimiento en vivienda de adobe**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Sin embargo, no en todas las aplicaciones de la técnica de adobes fueron deficientes, como se puede visualizar en la figura 73 una vivienda con más de 40 años de existencia que no presenta daños considerables más allá del desgaste en zonas puntuales de la fachada. Este caso sirve para ejemplificar cómo se puede llevar a cabo una correcta integración de un dintel con el resto del muro, además del encadenado que se realizó con los mismos bloques de adobe para apoyar el armazón del techo.

Figura 73. **Detalles constructivos en vivienda de adobe**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

5.4.2.5. Trabajos posteriores

La causa más común que provoca fallas en las viviendas es el deterioro, no se encuentran grandes fallas estructurales o sobrecargas a elementos constructivos. Sin embargo, las viviendas que presentan grietas son debido a la calidad constructiva del mortero que utilizan para levantado de bloques.

En la tabla XXI se encuentran los resultados obtenidos de la caracterización que se practicó en la zona:

Tabla XXI. **Estado e intervención de la vivienda**

Mantenimiento y trabajos posteriores a la vivienda	Resultado
Muros con fallas	Sin daño severo
Uniones constructivas	Buenas
Revestimiento y pintura	Habitual y con desgastes puntuales identificables
Conexiones y debilitamiento de muros.	No existen conexiones a la estructura original

Fuente: elaboración propia.

Figura 74. **Muro de adobe con deterioro en el recubrimiento**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

5.4.2.6. Exposición a riesgos

La comunidad se encuentra en una región rural, sin embargo, no hay taludes ni desniveles marcados, tampoco hay árboles muy altos. No existe riesgos de inundaciones ya que no hay fuentes de agua cercanas, se presentan los detalles de la zona en la tabla XXII:

Tabla XXII. **Riesgos ambientales**

Exposición a riesgos	Resultado
Proximidad a ríos	Sin proximidad a ríos
Inundaciones en la región	Sin incidencias
Exposición al paso de escorrentía	Ninguna
Adecuación de la vivienda a la pendiente del suelo	No, vivienda sobre terreno plano
Estabilidad de laderas y taludes	Sin taludes en la proximidad
Tendencia de deslizamientos	Nulo
Rutas de evacuación	Existentes y muy accesibles

Fuente: elaboración propia.

Figura 75. **Región del estudio**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Los automóviles transitan los caminos de terracería que se puede observar en la figura 75, el ancho permite el tránsito de un vehículo, sin embargo, no resulta mayor problema debido a que están bien identificados los sentidos de tránsito de carros que son los únicos que tienen restricción, las motos y otro tipo de vehículo más pequeño pueden transitar en cualquier sentido.

5.4.2.7. Sanidad y servicios

La municipalidad se encarga de distribuir agua a las viviendas, no cuentan con mayores interrupciones en el servicio. Es una zona rural con muy buena disposición de agua potable, luz eléctrica e incluso las viviendas no cuentan con letrina ni cocinan utilizando leña.

Figura 76. **Comunidad del municipio de Monjas**



Fuente: municipio Monjas, departamento de Jalapa.

Tabla XXIII. **Sanidad y servicios**

Sanidad y servicios	Resultado
Fuente de captación de agua	Buena
Tratamiento de agua	Municipal
Almacenamiento	Bueno
Manejo de desechos orgánicos	Municipal
Distancia entre letrina y fuente de abastecimiento de agua	Sin letrina
Distancia desde la vivienda hacia la letrina	Sin letrina
Ventilación y manejo de olores de letrinas	Controlado
Humo provocado por leña para cocina	Nulo
Vías y carreteras de acceso	Accesibles
Servicio de transporte colectivo	Disponible y con buena cobertura horaria
Red de distribución eléctrica	Disponible y con buena cobertura
Continuidad del servicio eléctrico	Buena, sin cortes periódicos
Necesidad de utilización de luz artificial	No
Hacinamiento dentro de la vivienda	No
Ventilación dentro de la vivienda	Buena

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El modelo de caracterización de viviendas de tierra se desarrolló a partir de la definición de los criterios de evaluación enfocados en los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por Naciones Unidas; además se estudiaron aspectos constructivos propios de los tipos de técnicas con tierra presentes en el país. Se agruparon en tres temas: características y diseño constructivo, factores ambientales y habitabilidad, de los cuales partieron la base de la construcción de indicadores, que juntos forman la propuesta final del modelo.
2. El estudio de caracterización de viviendas de tierra brindó una base de datos de más de 25 viviendas en la cual se describe sus características constructivas. La información validada posee una gran calidad con lo cual permite una utilización en posteriores estudios y, además, para conocer la situación actual de la vivienda rural construida con tierra en el país. Los modelos científicos con base en la elaboración de indicadores significan un recurso viable para satisfacer la demanda de información científica cuantificable y representativa necesaria en un proyecto de investigación.
3. La caracterización de viviendas permite conocer las carencias y errores constructivos más comunes de una población. En San Agustín Acasaguastlán se evidenció la deficiente unión de la estructura del techo con el filo del muro, lo que genera la aparición de grietas y desprendimientos, además siendo una de las zonas afectadas por el mal de chagas, las viviendas no cuentan con ningún tipo de recubrimiento. En Monjas se encontró una aplicación de la técnica constructiva mejor

implementada con pocas fallas, sin embargo, debido a que no se cuenta con un manual de construcción con tierra, la aplicación varía de una vivienda a otra.

4. Las malas condiciones sanitarias y el acceso de agua potable continúan siendo los problemas más graves presentes en la comunidad rural del municipio de San Agustín Acasaguastlán. En contraparte del otro sitio de estudio, esta comunidad, por ubicarse en zona de ladera, está completamente aislada del control y capacitación municipal. Según los ODS asegurar la sanidad de las personas y su inclusión con el resto de la sociedad son factores fundamentales para el desarrollo de las personas, y las condiciones que presenta gran parte de la población del área rural ejemplifica los efectos de la exclusión.
5. Se logró identificar errores constructivos con mucha incidencia en las comunidades causados por un desconocimiento sobre una correcta manera de aplicar la técnica, problema que se podría solucionar con una estandarización desarrollada en un código de construcción de viviendas de adobe y bajareque, que brindaría mejores resultados de la utilización de la tierra en la construcción, teniendo en cuenta la resiliencia que persiste en este tipo de construcciones en el área rural.
6. El modelo posee la ventaja de analizar algunos factores puntuales de mucha importancia relacionados con la vivienda, llevando de la mano aspectos habitacionales y estructurales. Su contenido es práctico y accesible, con lo cual no necesita conocimientos científicos profundos para llevarlo a la práctica; por lo tanto, está proyectado a diagnosticar de forma global el estado de una construcción con tierra.

7. Se logró extraer una base de datos con todos los criterios constructivos característicos que propone el modelo, formada por un conjunto de más de 45 viviendas en los dos departamentos analizados, además de otros departamentos alrededor del país. La investigación aportó una capacitación y transferencia de tecnología con aldeas ubicadas en el departamento de Huehuetenango, además de darla a conocer en el Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra por parte de la red PROTERRA, compuesto por expertos procedentes de muchas partes de Iberoamérica.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el desarrollo de investigaciones en el campo de las técnicas constructivas aplicadas con distintos materiales de construcción, con el objetivo de normalizarlas y prever los errores más comunes que se encuentran en campo y, de esta manera, permitir que las técnicas del adobe y bajareque tengan una mejor aplicación, y luchar contra el mito de la utilización de tierra como material de construcción.
2. Capacitar a la mano de obra rural que se desarrolla en estas técnicas de construcción con tierra y trabajar con las autoridades de los municipios con más incidencia en el uso de tierra, para que se involucren junto a su población para conocer las ventajas de utilizar de buena manera este material e incentivar a los albañiles a capacitarse mediante talleres de formación.
3. De parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería, incentivar a los estudiantes a desarrollar trabajos de investigación científica con un enfoque más analítico y no solamente práctico, que permita seguir difundiendo la ciencia y la investigación como un recurso factible para conocer el estado de nuestro campo constructivo en los diferentes sectores de la sociedad. Brindar más apoyo y preparación a los estudiantes que se inclinan a elaborar proyectos científicos en las diferentes temáticas de la carrera.
4. Como sociedad, trazarnos una línea de trabajo para avanzar en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con mayor

presencia en la idea de crear ciudades sostenibles y sociedades incluyentes.

5. Continuar la línea de elaboración de modelos científicos aplicados a la investigación, y desarrollar un atlas ambiental de Guatemala que nos permita conocer el estado del país y las principales problemáticas que requieren de intervención. Conocer la necesidad latente de investigación en el ámbito profesional y trabajar por lograr una interdisciplinariedad entre profesionales y estudiantes de las distintas facultades que posee la universidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO DÍAZ, José Antonio.; GARCÍA CARMONA, Antonio.; ARAGÓN MÉNDEZ, María del Mar.; OLIVA MARTÍNEZ, José María. *Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica* [en línea]. <<https://doi.org/10.14483/23448350.12288>> [Consulta: 12 de abril de 2018]
2. CARAZAS, Wilfredo.; RIVERO, Alba. *BAHAREQUE: Guía de Construcción Parasísmica*. 1a ed. Francia: Ediciones CRAterre, 2002. 28 p.
3. D'ALENCON, Renato.; JUSTINIANO, Catalina.; MÁRQUEZ, Francisca.; VALDERRAMA, Claudia. *Parámetros de Habitabilidad: Progresividad en los Estándares de Calidad para la Vivienda, el Entorno Inmediato y el Conjunto Habitacional*. Artículo de trabajo de investigación, Chile, 2008.
4. DEL CID, Alma.; MÉNDEZ, Rosemary.; SANDOVAL, Franco.; *Investigación, fundamentos y metodología*. 2da ed. México: Pearson educación, 2011. 213 p.
5. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Guía para el diseño, construcción e interpretación de indicadores*. Colombia: DANE, 2012. 37 p.

6. DÍAZ REYES, Carlos Alberto.; RAMÍREZ LUNA, Julia Aurora. *Calidad en la vivienda de interés social*. 1a ed. Colombia: Nuevas Ediciones, 2011. 65 p.
7. GARCÍA PEREYRA, Rutilio. *Métodos de elaboración de proyectos de investigación*. 1a ed. México: Dirección General de Difusión Cultural y Divulgación Científica, 2012. 668 p.
8. HERNÁNDEZ, Gustavo.; VELÁSQUEZ, Sergio. *Vivienda y calidad de vida. Medición del hábitat social en el México occidental*, Bitácora Urbano Territorial Vol.1 No. 24, México 2010, 16p.
9. MINKE, Gernot. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. 3a ed. Alemania: Universidad de Kassel, 2005. 51 p.
10. MONROY, Carlota. *Manual de mejoramiento de viviendas*. 1a ed. Nicaragua: Proyecto Chagas MINSAs – JICA, 2013. 21 p.
11. Naciones Unidas. *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una Oportunidad para Latinoamérica y el Caribe*. Chile: Naciones Unidas, 2016. 45 p.
12. VIÑUALES, Graciela María.; MARTINS NEVES, Célia.; FLORES, Mario.; RÍOS, Silvio. *Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*. 1a ed. Argentina: Centro Barro, 1994. 139 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Carta de propuesta de estudio en S.A.A. El Progreso



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala 2 de marzo del 2017

Julio Rodas
Director Municipal de Planificación
Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso

Asunto: Investigaciones en construcciones con tierra.

Deseándole éxitos en sus labores diarias, me dirijo a usted para solicitar su apoyo en el desarrollo de trabajos de graduación en investigaciones de construcciones con tierra, brindando su respaldo para el acceso a los lugares donde se realizarán las investigaciones académicas, por estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

Los trabajos de investigación abarcarán estudios de habitabilidad, en construcciones de casas de tierra, en áreas urbanas y rurales, del municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. Estos forman parte del programa de investigación que se desarrolla en la Sección de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se agradece su consideración a la presente.

Dr. Ing. Civil Virgilio Ayala Zapata
Jefe de la sección de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos
Centro de Investigaciones de Ingeniería



Apéndice 2. Carta de propuesta de estudio Monjas, Jalapa



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, 4 de abril de 2017

Honorables señores
Alcalde y Corporación Municipal
Municipio de Monjas, Jalapa
Su despacho

Por este medio se presenta a ustedes el más cordial saludo, deseándoles éxitos en sus labores cotidianas.

Las personas identificadas a continuación son estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quienes realizarán una investigación de campo en esa jurisdicción Municipal, sobre habitabilidad y viviendas, en zonas rurales construidas con tierra.

Nombre	No. De Carné	DPI
Josue David Porras Rodas	201709192	28082285500101
Jorge Alejandro Guerrero Barillas	201708954	
Wilson Guovanni Higueros Díaz	201700676	2994566170101
Marco Antonio Bran López	201708942	3009749140101

Por lo anterior, se ruega a ustedes, tengan a bien conceder el acompañamiento de un miembro de la comuna o del COCODE correspondiente para la realización de los estudios mencionados a continuación: construcciones con tierra, calles, avenidas, sistemas de drenajes, alumbrado público, transporte, agua potable, planes de forestación y reforestación, centros de salud, sistemas de comunicación, entre otros.

Agradeciendo de ante mano su respuesta favorable ante dicha petición, son los estudiantes suscritos sus atentos y seguros servidores.

Atentamente;

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. Moisés Méndez
Jefe Sección de Ecomateriales
Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

SECRETARÍA MUNICIPAL
MONJAS, JALAPA
RECIBIDO
Fecha: 05-04-17
Hora: 8:24 Por: [Signature]

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tabla de indicadores de servicios**

Se utilizaron tablas auxiliares para recopilar información que ayudara en la caracterización global del municipio, estas contienen expresamente información de fuentes oficiales como la compañía de servicio eléctrico, de servicio de agua y transporte de los municipios. Como se puede notar en la tabla los indicadores que se utilizaron para recolectar la información no son de autoría propia, muchos provienen de diversas fuentes, por su contenido tan específico no se consideró en el modelo final.

Indicadores de servicios				
Tema	Sub tema	Indicador	Unidad de medida	Resultado
Energía eléctrica	Servicio	Hogares de la ciudad con conexión autorizada a energía eléctrica	Porcentaje del área urbana	9.00%
		Costo de energía por Kwh/hogar	Moneda	Q0.69
		Consumo anual residencial de electricidad por hogar	KWh / hogar / año	6082.944
		Existencia, monitoreo y cumplimiento de las normas de eficiencia eléctrica		Si
		Porcentaje de energía renovable sobre el total de generación eléctrica	Porcentaje	84%
		Promedio de interrupciones del servicio al año por cliente	Cantidad	180
	Utilización	Tiempo promedio de utilización de luz eléctrica para iluminación	Horas/día	
		Electrodomésticos conectados por largos períodos de tiempo	Cantidad	
		Consumo mensual de electrodomésticos más utilizados	KWh/mes	

Continuación apéndice 3

		Saneamiento		
Agua residual y potable	Vivienda	Ambientes forzados a utilizar luz eléctrica	Cantidad	
		Ventanas externas de la vivienda que permite el ingreso de luz natural	Cantidad	
	Drenaje	Hogares con conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado (drenaje municipal)	Porcentaje	95.60%
		Aguas ya utilizadas y descargadas, tratadas de conformidad con las normas nacionales	Porcentaje	95.60%
	Gestión de residuos sólidos	Hogares afectados por las inundaciones más intensas de los últimos 10 años	Porcentaje	33.60%
		Población de la ciudad con recolección regular de residuos sólidos municipales	Porcentaje	39.00%
		Residuos sólidos municipales de la ciudad vertidos en rellenos sanitarios	Porcentaje	61.00%
		Residuos sólidos municipales de la ciudad vertidos en vertederos a cielo abierto, vertederos controlados, cuerpos de agua o quemados	Porcentaje	49.00%
	Consumo	Hogares con conexiones domiciliarias a la red de agua de la ciudad	Porcentaje	92.58
		Consumo anual de agua per cápita	Litros / persona	100
	Servicio	Continuidad de servicio de agua	24 horas / 365 días	83.00%
		Calidad del agua	Porcentaje	92.58%
		Agua no contabilizada	Porcentaje	7.42%
	Potable	Tratamiento de agua para consumo propio		
Costo por servicio de agua al mes		Tarifa fija o por media paja de agua		

Continuación apéndice 3

Uso del suelo	Ordenamiento territorial	Densidad (neta) de la población urbana	Hab / km ²	86					
					Sociedad y desarrollo	Desigualdad urbana	Viviendas que no cumplen con los estándares de habitabilidad definidos por el país	Porcentaje	3.74%
							Déficit de vivienda cuantitativo	Porcentaje	4.40%
Población por debajo de la línea de la pobreza	Porcentaje	35.84%							
Integridad y movilidad	Empleo	Viviendas ubicadas en asentamientos informales	Porcentaje	9.52%					
		Tasa de empleo	Promedio anual	30.00%					
	Educación	Tasa de alfabetismo entre los adultos	Porcentaje	86.72%					
		Relación estudiante / docente	Estudiante / docente	24.05					
		Población de 6 a 11 años matriculados en escuelas	Porcentaje	89.20%					
		Población de 12 a 15 años matriculados en escuelas	Porcentaje	44.30%					
		Población de 16 a 18 años matriculados en escuelas	Porcentaje	23.60%					
		Homicidios por cada 100,000 habitantes global de la región		8.90 - 29.90					
	Seguridad	Violencia doméstica (durante toda la vida)	Porcentaje	92%					
		Tasa de victimización		50.59 - 172.23					
Transporte		Kilómetros de vías totales del municipio	Km.	74					

Continuación apéndice 3

Desastres naturales	Vulnerabilidad	Kilómetros de pavimento y vía peatonal	Km.	31
		Accesibilidad de transporte y tiempo de servicio	Bus con destino a: - Cabecera departamental (cada 3 horas) -Ciudad capital (cada hora) -San Vicente, Rosario, El Arenal (cada 2 horas) Pickup con destino a: -Sunsapote, Plan de la Cruz, Lomas de San Juan, Santo Tomás (cada 2 horas) Precio: Entre Q7.00 y Q10.00	
	Existencia de mapas de riesgo en la región		si	
	Existencia de planes de contingencia adecuados para desastres naturales		si	
	Asignación presupuestaria para la gestión de riesgos de desastres		si	
Vivienda	Hogares en riesgo debido a construcción inadecuada o ubicación en áreas con riesgos no mitigables	Porcentaje	4.20%	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Formato de recolección de información: aspectos estructurales

Datos generales de información de tipo estructural

1. Últimos sismo en la zona. (Los más importantes) *2 meses atrás.*
 2. Que daños provocó. *grietas*
 3. Su casa fue afectada. *SI*
 4. Que antigüedad tienen las viviendas. (Si corresponden todas a después de un sismo u otra catástrofe natural)
40 años
 5. Quien construyó la vivienda. (Mano calificada o no) *calificada*
 6. Donde se obtuvo el material para construir la vivienda. (Tuvo que usar transporte o fue en el lugar, anotar distancia aproximada) *en el mismo lugar.*
 7. De que material está hecha (observación de ser posible, arcilla, limo, arenoso)
 8. Que elementos estructurales poseen las viviendas, cemento, sobre cemento, bloques, vara naturales, mortero... *→ Tierra.*
↳ cíclopeo con suelo.
 9. Se observa fallas estructurales en la vivienda. (Cuantas, tipo de falla, y en qué lugares en la estructura) *SI grietas en los muros*
 10. Las viviendas superan los 3 metros de longitud por ambiente. *NO*
-
- a. Qué uso se le dan a las estructuras (vivienda, bodega, comercio...) *vivienda*
 - b. Existen condiciones de constante humedad. *NO.*
 - c. Qué tipo de suelo hay en la vivienda. (Cerámica, torta de concreto, suelo) *suelo*
 - d. La Superficie de la vivienda es plana. *SI*
 - e. hay algún otro factor de riesgo a la vivienda (barranco, río, carretera, arboles muy antiguos...)
↓ 1/2 km. ↳ 50m ↳ no

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Formato de recolección de información: sanidad

vivienda limpia	VIVIENDAS EVALUADAS					unidad de medida
	indicadores	No.1	No.2	No.3	No.4	
seguridad personal con la vivienda	NO	NO	NO	NO	NO	si/no
se identifica con su vivienda	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
tipo de estructura de la vivienda	simple	reforzada	reforzado	reforzado	simple	reforzada/simple
distancia piso a techo	2 aguas	2 aguas	2 aguas	1 agua	1 agua	metros
tipo de construcción	adobe	bajareque	bajareque	bajareque	adobe	adobe/bajareque
antigüedad de la vivienda	30 años	35 años	30 años	15 años	30 años	años
tipo de piso de la vivienda	concreto	concreto	concreto	tierra	tierra y parte de adobe	tierra/concreto
estética de la vivienda, pintada	Si	Si	Si	NO	NO	si/no
decoración de la vivienda	Si	Si	Si	NO	NO	si/no
extensión de la vivienda, con patio	Si	Si	Si	Si	NO	si/no
orientación de la vivienda respecto al sol	← Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	buena/mala
temperatura ambiente	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor	calor/frío
hacinamiento	Si	Si	NO	Si	Si	si/no
existe tratamiento de aguas residuales	NO	NO	NO	NO	NO	si/no
estancamiento de agua sucia en patios, ambientes del hogar y calles	NO	NO	NO	NO	NO	si/no

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Formato de recolección de información: sanidad

uso de excretas de de los animales domesticos en cultivos	No	No	No	No	No	si/no
distribucion de ambientes en la vivienda	Si	Si	Si	Si	Si	buena/mala
iluminacion en la vivienda	mala	Mala	mala	mala	mala	buena/mala
existencia de chimeneas para la salida del humo	No	Si	No	No	No	si/no
uso de polletas para cocinar	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
cocina en el piso	Si	No	No	No	No	si/no
control de olores fetidos	No	NO Si	Si	No	No	si/no
acumulacion de excretas en lugares visibles	Si	NO	No	No	No	si/no
control de desechos solidos	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
existencia de basureros comunales	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
utilizan el rio como botadero de desechos	No	No	No	No	No	si/no
SANEAMIENTO						
Convivencia con animales domesticos	No	NO	No	Si	No	si/no
vivienda con revestimiento	Si	Si	Si	No	No	si/no
existencia de grietas en paredes	Si	Si	Si	Si	No	si/no
es constante el aseo del hogar	No	No	No	No	No	si/no
es constante el aseo personal	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
higiene en la preparacion de los alimentos	Si	Si	Si	Si	Si	si/no

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Formato de recolección de información: sanidad

techos libres de plagas o bichos	No	NO	NO	NO	NO	si/no
existencia de drenajes	No	NO	NO	NO	NO	si/no
conexiones de agua potable	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
conexiones de luz eléctrica	Si	Si	Si	Si	Si	si/no
existencia de centro de salud	NO	NO	NO	NO	NO	si/no
farmacias cercanas	No	NO	NO	NO	NO	si/no
practica la defecación al aire libre	No	NO	NO	NO	NO	si/no
instalaciones básicas para el lavado de manos en el hogar	No pilas	No pilas	pilas	pila	pila	si/no
existe uso de jabones para lavado de manos	NO	Si	Si	Si		si/no
tipo de sanitario	Letrina	Letrina	Letrina	Letrina	Letrina	sanitario,letrina
inundaciones por el río cercano	NO	NO	NO	NO	NO	si/no
existencia de pilas públicas	NO	NO	NO	NO	NO	si/no

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Validación de la información

La información reunida pasó por filtros de validación según la calidad de recolección de los datos, se analizaron cada muestra, es decir, encuesta, videos y notas de audio de la siguiente manera:

Contenido del proyecto (30%)		Material multimedia (30%)		Realización de visitas (40%)			Integración
Presentación datos de campo (15%)	Orden en cada vivienda (15%)	Calidad del material (15%)	Aspectos evaluados (15%)	Primera visita (15%)	Segunda visita (15%)	Seguimiento de instrucciones (10%)	
10%	3%	13%	15%	15%	15%	5%	76%
10%	3%	13%	15%	15%	15%	5%	76%
10%	3%	13%	15%	15%	15%	5%	76%
10%	3%	13%	15%	15%	15%	5%	76%
10%	3%	13%	15%	15%	15%	5%	76%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	10%	11%	15%	15%	0%	5%	61%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
5%	15%	15%	15%	15%	0%	5%	70%
0%	15%	3%	15%	15%	0%	0%	48%
0%	15%	3%	15%	15%	0%	0%	48%
15%	15%	9%	15%	15%	15%	10%	94%
15%	15%	9%	15%	15%	15%	10%	94%
15%	15%	9%	15%	15%	15%	10%	94%

Continuación apéndice 8

15%	15%	9%	15%	15%	15%	10%	94%
15%	15%	9%	15%	15%	15%	10%	94%
15%	15%	9%	15%	15%	15%	10%	94%
15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	100%
15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	100%
15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	100%
15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	100%
10%	15%	8%	15%	15%	15%	8%	86%
10%	15%	8%	15%	15%	15%	8%	86%
10%	15%	8%	15%	15%	15%	8%	86%
10%	15%	8%	15%	15%	15%	8%	86%
10%	10%	3%	15%	15%	15%	5%	73%
10%	10%	3%	15%	15%	15%	5%	73%
10%	10%	3%	15%	15%	15%	5%	73%
15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	95%
15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	95%
15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	95%
15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	95%
15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	95%
15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	95%
15%	5%	10%	15%	15%	15%	7%	82%
15%	5%	10%	15%	15%	15%	7%	82%
15%	5%	10%	15%	15%	15%	7%	82%
15%	5%	10%	15%	15%	15%	7%	82%
15%	5%	10%	15%	15%	15%	7%	82%
15%	5%	10%	15%	15%	15%	7%	82%

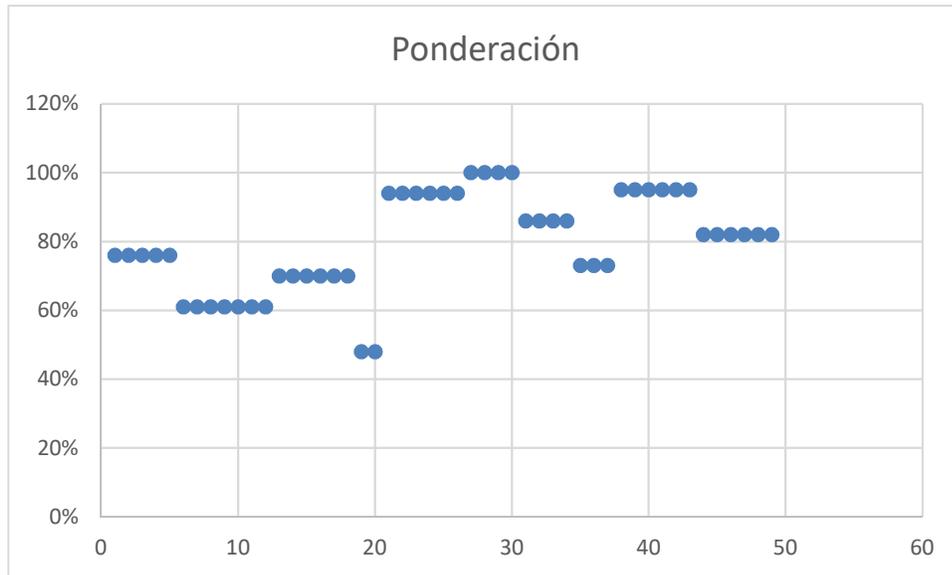
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Tabla resumen validación de la información**

Media	80%
Nota más alta	100%
Nota más baja	48%
Desv. Est.	0.14212

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. Gráfica resumen validación de la información



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Participación en el boletín no. 51 PROTERRA.



BOLETÍN 51
ENERO - MARZO 2017
ARTÍCULOS

CONSIDERACIONES SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA EN GUATEMALA

Por Virgilio Ayala, Alvaro Ramirez, Moisés Méndez (Guatemala)

La tierra representa un recurso invaluable para la construcción mundial, siendo en Guatemala utilizada por los pueblos indígenas y ladinos en el interior del país. En el censo habitacional del 2002 se ha podido constatar la considerable cantidad de viviendas a base de tierra, la cual asciende a un poco más de una cuarta parte del total de hogares en el país, aunque en muchos casos, no satisfacen las necesidades de protección humana y habitabilidad que demanda la sociedad, considerando que los requerimientos de desarrollo humano crecen exponencialmente.

Con fines de proyectar regionalmente el estado de la vivienda de muchas personas que pertenecen a las comunidades rurales del país, desde finales del año 2016 se ha conceptualizado un proyecto de "Caracterización y evaluación de construcciones con tierra" en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el invaluable apoyo del actual director, Javier Quiñónez, quien es miembro de PROTERRA, así como de investigadores que han ahondado y desarrollado todas las actividades consecuentes al proceso de investigación científica.

La investigación considera aspectos de habitabilidad en la vivienda, así como aspectos socio-culturales que involucren el entorno y socialización de las personas en un ambiente comunitario.

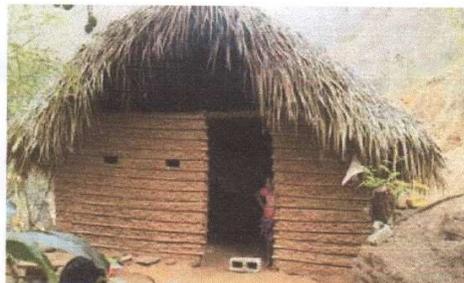
La metodología del proyecto se basa en estudiar dichos aspectos para generar indicadores que puedan describir tanto el estado como la convivencia en viviendas de zonas rurales con predominancia de adobe y bajareque, en la teoría, y en la práctica poder aplicarlo en todas las zonas con concurrencia de estas construcciones.

El equipo de investigación ha trabajado desde la introducción del proyecto a desarrollar, justificando la causa y los fines con los líderes y representantes comunitarios, en tres comunidades particulares en áreas rurales con predominancia de estos sistemas constructivos, para luego desarrollar las investigaciones in situ donde se validará el modelo propuesto. Hasta el momento se han evaluado criterios que se consideran de suma importancia para la convivencia, habitación y desarrollo humano tales como: factores estructurales, planificación, arquitectura, localización, diseño, habitabilidad, servicios, sanidad, tecnología y aspectos sociales.

En el campo se han visitado viviendas de bajareque y adobe en comunidades rurales, donde se ha establecido comunicación directa con los pobladores, quienes las habitan, recabando informaciones directas, las cuales se encuentran en proceso de análisis. Así mismo, con la participación de estudiantes universitarios, se están obteniendo informaciones de los indicadores en otros municipios en el occidente y oriente del país.



Estudiantes en casa de adobe en la Aldea Mojan, Municipio de San Agustín Acasaguastlán, Departamento de El Progreso, Guatemala (Créditos: Alvaro Ramirez)



Casa de bajareque en la Aldea el Chanrayo, Municipio de San Agustín Acasaguastlán, Departamento de El Progreso, Guatemala (Créditos: Esvin Mayor)

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. Aprobación y publicación de artículo científico.



Alvaro Francisco Ramírez Vásquez, Edgar Virgilio Ayala Zapata
rvalvarof@gmail.com; virgilioayala@yahoo.com;

Estimados autores

Junto con los saludos que enviamos en este mensaje, le informamos de que el Comité Científico ha aprobado el artículo MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN ZONAS RURALES DE GUATEMALA, de autoría de Alvaro Francisco Ramírez Vásquez y Edgar Virgilio Ayala Zapata, para ser presentado en la edición del 18° SIACOT, que se desarrollará entre el 22 y el 25 de octubre de 2018, en La Antigua Guatemala, Guatemala.

El mencionado artículo ha sido revisado por pares académicos y la publicación del mismo en las actas-memorias del congreso contará con ISBN, cuyo trámite se encuentra en proceso.

Sin otro particular, agradecemos su participación y aguardamos su presencia.

Cordiales saludos

Célia Neves

Coordinación del Comité Científico 18° SIACOT
siacot.art@gmail.com

31/8/2018

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

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Artículo enviado para el 18° SIACOT

MODELO PARA LA CARACTERIZACION DE CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN ZONAS RURALES DE GUATEMALA

Alvaro Francisco Ramírez Vásquez¹; Edgar Virgilio Ayala Zapata²

¹ Centro de Investigaciones de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, rvalvarof@gmail.com

² Centro de Investigaciones de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, virgilioayala@yahoo.com

Palabras clave: Caracterización, Vivienda, Sanidad, Sismicidad, Habitabilidad

Resumen

En este proyecto se desarrolló y validó una propuesta para la caracterización de viviendas de tierra estudiando las dos aplicaciones más desarrolladas en el país: adobe y bajareque. El modelo está compuesto por 51 indicadores que abarcan tres aspectos puntuales relacionados a la vivienda: características y diseño constructivo, factores ambientales y habitabilidad. La línea de investigación se basó en los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuesta por Naciones Unidas en la Agenda 2030. La parte experimental se desarrolló en reiteradas visitas a dos zonas con presencia marcada de una u otra técnica constructiva y se tomó como tamaño de la muestra al menos 10 viviendas en cada lugar. El objetivo de este estudio es desarrollar una herramienta que permita conocer el estado de las viviendas y los recursos que posean relacionado al desarrollo de las personas que habitan en ella, por lo cual su principal aplicación está orientada a brindar un diagnóstico de la situación de déficit habitacional que presenta el país considerando la presencia de incidencias más graves en las zonas rurales. Como resultado se obtuvo una herramienta modelada en base a normas de construcción con tierra, los ODS y guías que profundizan en la disminución de exposición a riesgos frente desastres naturales.

1 INTRODUCCIÓN

Guatemala ha contado con la tierra como material de construcción en gran parte de la historia y aún en la actualidad su aplicación sigue conservándose de manera resiliente; sin embargo, la carencia de normas constructivas y la construcción informal a gran escala, da como resultado un déficit en la calidad de la que resulta su mayor aplicación, la vivienda. Se evidenció en el terremoto ocurrido en 1976, y más recientemente en 2014, lo débil y peligroso que resulta la elaboración de viviendas de tierra sin controles ni consideraciones de ningún tipo, y aún en la actualidad, se siguen presentando errores constructivos en la aplicación de técnicas como el adobe y el bajareque.

La caracterización es una herramienta útil para el proceso de evaluación y detección de errores que se cometen al construir con tierra. Conociendo la relación intrínseca que existe entre dicha relación, evaluación e información, se describe en el siguiente trabajo la investigación y desarrollo desde su base, hasta la concepción de un modelo de caracterización. Con el cuidado de poder estudiar tanto zonas urbanas como rurales, su base estará conformada por aspectos estructurales, ambientes y habitacionales, orientado a los criterios que aseguren la dignificación de las personas con su entorno de vida.

Un modelo científico es una representación tangible y definida de una idea o proceso abstracto, al cual se pretende delimitar, con el objetivo de darle un significado en un contexto preciso o hacerlo parte de un proceso de investigación con el fin de analizar, describir o explicar los fenómenos o procesos que lo conforman.



Figura 1. Vivienda de bajareque en zona rural de Guatemala (créditos: Esvin Mayor)

Al poner en práctica un modelo se pretende obtener un resultado o diagnóstico final a partir de unos datos de entrada, tomando una relevancia fundamental en cualquier proceso de investigación científica.



Figura 2. Vivienda de adobe en zona rural de Guatemala (créditos: Esvin Mayor)

Los modelos y la modelización científica constituyen los principales instrumentos de la ciencia moderna y por ello imprescindibles en la práctica científica. A pesar de que los modelos y su aplicación no cubren a totalidad los detalles del objeto que estudian, un trabajo bien orientado puede proporcionar información de calidad y representativa sobre su funcionamiento. Como se menciona en el artículo: Modelos Científicos: significado y papel en la práctica científica (Acevedo, García, et al.), "Una parte significativa de la investigación científica se centra en los modelos más que en la realidad misma, porque al estudiar un modelo se pueden determinar hechos y riesgos del sistema que el propio modelo representa" (2017, pág. 156).



Figura 2. Representación del funcionamiento de un modelo (créditos: Alvaro Ramírez)

Los modelos científicos brindan un manejo completo de datos, de tal manera que construyen, prueban, comparan y revisan información con el fin de validar o desestimar teorías proyectadas en procesos de investigación. Su uso es tan valioso que puede ser, en muchos casos según sus circunstancias, la investigación se realice en mayor parte a partir del modelo que existe en la realidad misma, dando mucho más valor a la calidad de los datos que se introducen a él.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Validar la propuesta de un modelo de caracterización de viviendas de tierra evaluando las tecnologías constructivas de adobe y bajareque.

2.2 Objetivos específicos

Diseñar la base y criterios de evaluación de los indicadores para el modelo científico partiendo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Construir un modelo de caracterización de viviendas de tierra con base en indicadores científicos.

Caracterizar viviendas de tierra utilizando el modelo propuesto en comunidades con presencia de construcción con tierra.

3 MARCO TEÓRICO

Un modelo se puede describir como una representación de un objeto (el referente en el estudio). El referente en un modelo puede estar representado por diversas entidades como objetos, fenómenos, procesos, ideas o sistemas. Un modelo científico puede actuar como enlace para relacionar una teoría científica con el fenómeno de estudio, debido a que aporta al desarrollo de la teoría desde la obtención de datos y conecta la información con el mundo natural.

3.1 Propósito de la modelación:

La misión de un modelo científico está enlazada con la función que debe desempeñar la cual radica en describir, explicar y predecir fenómenos naturales, así como la comunicación de ideas científicas.

3.2 Funcionalidad de los modelos científicos:

Su funcionamiento y validez radica en ser un instrumento para pensar y comunicarse, facilitándose cuando su expresión no depende de una comunicación estrictamente lingüística, apoyándose en otros recursos como la utilización de analogías y permitiendo simulaciones mentales y externas al modelo.

3.3 Multiplicidad de modelos científicos:

El estudio de un objeto específico no se limita a una sola interpretación lo cual genera una variedad en el contexto de la investigación, sin embargo, es posible trabajar con diversos modelos simultáneamente, esto posible debido a la existencia de recursos expresivos disponibles para la elaboración de un modelo.

3.4 Limitaciones de los modelos científicos:

Los modelos científicos estudian aspectos específicos del fenómeno que interpretan, con un nivel de precisión limitado únicamente por cuan específico llegue a ser. Por lo cual se necesitan varios modelos si es que se busca una explicación más completa del objetivo de estudio.

3.5 Cambios en los modelos científicos:

Los modelos científicos deben de probarse conceptual y empíricamente, por lo cual están sujetos a cambios durante el proceso de desarrollo del conocimiento y experimentación científica.

3.6 Objetivo de realizar una caracterización

El fin de realizar una caracterización a un sujeto de estudio radica en determinar las cualidades que lo definen, es decir, extraer de forma analítica información que se considere relevante y coherente a los fines de la investigación. En esta línea de pensamiento, y considerando los objetivos propios de la presente investigación, se han identificado tres ideas fundamentales a caracterizar en una vivienda: calidad constructiva de la estructura, su ambiente con relación a factores de riesgo y, la calidad de vida cuantificada en la percepción de habitabilidad por sus habitantes.

La resiliencia que existe en la utilización de tierra como material de construcción local de la mano con la creciente demanda de vivienda, crea la necesidad de un conocimiento profundo sobre la manera en que las personas habitan y se desarrollan en un ambiente que consideran propio y representativo. Prevalciendo mayormente esta clase de construcción en zonas rurales y de escasos recursos en el país, y considerando las limitantes que eso infiere en la compra de materiales utilizados de manera más tradicional, se genera un escenario de exigencia de información, evaluación e intervención en los casos más críticos.

3.7 Sobre factores de caracterización y su relevancia

Para la planeación y desarrollo de un proyecto de vivienda existen recursos básicos a tomar en cuenta, en zonas urbanizadas con los servicios ya establecidos, los problemas como la distribución de luz eléctrica, abastecimiento de agua potable y recolección de desechos quedan en segundo plano, priorizando los recursos arquitectónicos como dimensiones y distribución de ambientes, estilo de fachada, tipología, entre otros. Sin embargo, en zonas rurales y de escasos recursos económicos la captación de dichos recursos proyectados a satisfacer las necesidades de las personas significan una importante labor, además que pueden existir otros agravantes como caminos para tránsito vehicular no definidos, falta de red de drenajes o servicios municipales.

En concordancia con el párrafo anterior, el proceso de caracterización buscará extraer información sobre las características constructivas, así como del estado de los elementos estructurales. Además de las condiciones y servicios que presta, con base al término de "habitabilidad, desarrollo sostenible e incluyente", que se han extraído y descrito de la Agenda de Desarrollo 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible en el capítulo anterior.

Se han encerrado tres temáticas de las que se trabajarán los criterios de caracterización, los cuales contemplan extraer información de:

- Sistema constructivo, características constructivas de los elementos constructivos y su unificación como vivienda.
- Ambiente donde está ubicada la vivienda, considerando los factores del clima y características físicas del terreno.
- Condiciones de habitabilidad definidas en la misma línea que trabaja los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

3.8 Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible ha sido definido como: "El desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades" (ONU, 1987). Su objetivo es el sobrepasar gradualmente la desigualdad a consecuencia de las diferencias sociales y económicas, aplicando un futuro inclusivo, sostenible y resiliente para las personas y el planeta. Su línea de trabajo se define mediante los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) gestados en la Conferencia de Las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, Río de Janeiro 2012, y aprobados en la Cumbre del Desarrollo Sostenible dentro de la Agenda 2030.

3.9 Sobre la vivienda y la dignificación humana

La vivienda y su concepción en la sociedad moderna ha trascendido más allá de la referencia a la construcción física, es decir, aquella visión estrictamente formal que se le atribuye al espacio de construcción legalmente delimitado y donde alguien posee un domicilio. Condiciones inadecuadas de habitabilidad y la vulnerabilidad del hábitat son los factores más determinantes para definir el déficit habitacional que existe actualmente, además de otros, como la ausencia total de un lugar en el cual sobrevivir y los recursos que condicionan el estado de una vida digna, es decir, contar con instalaciones sanitarias, acceso a electricidad, agua potable, tecnología y medios de comunicación, educación, etc.

La dificultad para solventar la falta de vivienda y asegurar las condiciones apropiadas para el desarrollo humano provoca un sesgo entre las personas que conforman una sociedad, en el cual se evidencia las carencias que repercuten con una población a tal punto de generar exclusión. La dignidad, en este contexto, que debe de ofrecer una vivienda se define como el conjunto de recursos y condiciones que se encuentran a disposición de los moradores, de tal manera que se valore la calidad de vida.

3.10 Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030 está integrada por los 17 ODS que expresan los deseos, aspiraciones y prioridades de la comunidad internacional en los próximos 25 años (Agenda 2030 y ODS, Naciones Unidas 2016). Para la formulación de indicadores se han considerado:

Continuación apéndice 13

Tabla 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Salud y Bienestar	Agua Limpia y Saneamiento
Energía Asequible y No Contaminante	Ciudades y Comunidades Sostenibles

3.11 Objetivos y metas

3.11.1 Salud y bienestar:

Lograr cobertura sanitaria

Acceso a servicios esenciales

Reducir la contaminación del aire, agua y suelo

Reforzar la capacidad en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos

3.11.2 Agua limpia y saneamiento: Acceso universal al agua potable

Acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y poner fin a la defecación al aire libre

Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación

Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos y asegurar la sostenibilidad de extracción que satisfacen a comunidades

Proteger de contaminación los ecosistemas relacionados con el agua

Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y saneamiento

3.11.3 Energía asequible y no contaminante

Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos.

4 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La metodología de la investigación se trabajó en tres líneas:

Fase de investigación bibliográfica: comprendió del proceso de investigación bibliográfica de los parámetros que se establecieron, (expuestos en la tabla 1) que fueran los temas que evaluaría la caracterización de viviendas. Se tomó en consideración manuales de construcción relacionados a la aplicación segura de la construcción con tierra en las técnicas del adobe y bajareque, además, en la línea de investigación se buscó la inclusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible presentada en la Agenda 2030 por Naciones Unidas y otros estudios que, profundizan en definir de manera filosófica la relación tan estrecha que tiene el ser humano con la vivienda, y en que punto, la vivienda dignifica al ser humano.

Inducción a los auxiliares de investigación: este es el punto intermedio que enlaza la propuesta desarrollada por el investigador y el apoyo del equipo de investigación para realizar la toma de datos y seleccionar la muestra. Aquí se expusieron los objetivos y alcances de la investigación a los auxiliares y se llegó a un censo sobre la metodología para la recopilación de los datos.

Continuación apéndice 13

Validación de la propuesta de modelo: consto de utilizar el modelo para caracterizar dos poblaciones que tuviesen presencia de alguna de las técnicas constructivas de tierra. Se escogió el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso por su gran cantidad de construcción en bajareque, y el municipio de Monjas, departamento de Jalapa con mayor presencia de construcción en adobe. La recolección de la información constó de medio escrito, archivos multimedia de audio y video, y fotografías de la experimentación en el lugar.



Figura 3. Toma de datos a vivienda de adobe (créditos: Esvin Mayor)

Luego de desarrollado y validado el modelo, este supone una herramienta para la investigación y conocimiento del déficit habitacional y los recursos en como este aventaja o atrasa al desarrollo de las personas.

Tabla 2. Parámetros de caracterización

Grupo	Características y Diseño Constructivo
Temas	Método Constructivo
	Recubrimiento, Protección y Mantenimiento de la Vivienda
	Diseño de la Vivienda
	Aspectos Estructurales
	Trabajos Posteriores y Modificaciones
Grupo	Factores ambientales
Tema	Exposición y Riesgos Ambientales

Continuación apéndice 13

Grupo	Habitabilidad
Tema	Sanidad y Condiciones de la Vivienda

5 CONCLUSIONES

Se logró elaborar y validar un modelo científico de caracterización con tierra que permite el estudio de viviendas rurales. Los alcances de la investigación fueron superados y gracias a ello se cuenta con una herramienta completa y bien fundamentada que puede utilizarse para cuantificar muchos de los factores que intervienen en los déficits habitacionales, además de ser una herramienta de consulta y diagnóstico para detallar el estado y calidad constructiva de una obra.

Gracias a que se consideraron los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se puede obtener una radiografía social de cada núcleo familiar caracterizado por su vivienda, y conocer los recursos y limitaciones que esta significa para su desarrollo. Por el alcance de los ODS también se puede estudiar el proceso de ciudades sostenibles y los fenómenos de exclusión, en este caso en particular, enfatizados en el estrato social más pobre y con mucha precariedad en cuanto a recursos y educación.

Se ha dado un paso firme en la proyección como grupo investigador de poder realizar un atlas ambiental de forma interdisciplinaria, con el objetivo de estudiar a profundidad el estado y acciones ambientales que se han desarrollado en el país, siendo también una herramienta para seguir desarrollando investigaciones en el país y llegar a crear una unidad enfocada a ello.

El proceso del modelado y de la validación fueron una gran fuente de trabajo e inspiración para el adentramiento en el mundo de la investigación, sin lugar a duda el poder trabajar junto a profesionales con una basta carrera en la ingeniería e investigación han sido puntos claves de formación profesional y de mucho crecimiento personal para continuar desarrollando a la persona en este entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Díaz, José Antonio.; García Carmona, Antonio.; Aragón Méndez, María del Mar.; Oliva Martínez, José María. Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica [en línea]. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288> [Consulta: 12 de abril de 2018]
- Carazas, Wilfredo.; Rivero, Alba. (2002). BAHAREQUE: Guía de Construcción Parasísmica. 1a ed. Francia: Ediciones CRAterre.
- D'alencón Renato.; Justiniano, Catalina.; Márquez, Francisca.; Valderrama, Claudia. (2008) Parámetros de Habitabilidad: Progresividad en los Estándares de Calidad para la Vivienda, el Entorno Inmediato y el Conjunto Habitacional. Artículo de trabajo de investigación, Chile.
- Del Cid, Alma.; Méndez, Rosemary.; Sandoval, Franco. (2011) Investigación, fundamentos y metodología. 2da ed. México: Pearson educación. 213 p.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2012) Guía para el diseño, construcción e interpretación de indicadores. Colombia: DANE, 2012. 37 p.
- Díaz Reyes, Carlos Alberto.; Ramírez Luna, Julia Aurora. (2011) Calidad en la vivienda de interés social. 1a ed. Colombia: Nuevas Ediciones, 2011. 65 p.
- García Pereyra, Rutilio. Métodos de elaboración de proyectos de investigación. 1a ed. México: Dirección General de Difusión Cultural y Divulgación Científica.
- Hernández, Gustavo.; Velásquez, Sergio. (2010) Vivienda y calidad de vida. Medición del hábitat social en el México occidental, Bitácora Urbano Territorial Vol.1 No. 24, México.

Continuación apéndice 13

Minke, Gernot. (2005) Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. 3a ed. Alemania: Universidad de Kassel.

Monroy, Carlota. (2013) Manual de mejoramiento de viviendas. 1a ed. Nicaragua: Proyecto Chagas MINSa – JICA.

Naciones Unidas. (2016) Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una Oportunidad para Latinoamérica y el Caribe. Chile: Naciones Unidas.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, a los auxiliares de investigación que intervinieron en el proceso y a las autoridades municipales que apoyaron las visitas de campo que sirvieron para obtener un proceso de investigación integral.

AUTORES

Alvaro Ramírez, guatemalteco, estudiante de ingeniería civil; miembro del Comité Organizador del 18 Seminario de Arquitectura y Construcción con tierra SIACOT. Investigador del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala de las Sección de Ecomateriales, y la Sección de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos.

Virgilio Ayala, Doctor en Ingeniería Civil, jefe de la sección de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos e investigador del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, miembro de PROTERRA, coordinador de la Red PROTERRA Centroamérica, miembro del Comité Organizador del 18 Seminario de Arquitectura y Construcción con tierra SIACOT.

Fuente: elaboración propia.