



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA



TESIS

**“PROPUESTA INNOVADORA DE VIVIENDA EMERGENTE A
BASE DE MATERIALES DE ORIGEN SOSTENIBLE PARA LA
ATENCIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA POR DESASTRES”.**

QUE PRESENTA

ARQ. CARLOS ALEJO ÁLVAREZ MÉNDEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA PARA LA INNOVACIÓN Y
DESARROLLO TECNOLÓGICO, OPCIÓN TERMIAL: SISMO-
RESISTENTE**

DIRECTOR DE TESIS

DR. ROBERTO ARROYO MATUS

CHILPANCINGO, GUERRERO, ENERO DE 2018

Dedicatoria

Al doctor Roberto Arroyo,
por la paciencia y apoyo para la
obtención de este grado. Toda su
sencillez me la llevo muy grabada.

Gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	4
ALCANCES.....	5
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO I . MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS.....	7
1.1 Marco referencial.	7
1.2 Aspectos Jurídicos	12
1.3 El uso de materiales alternativos para vivienda emergente en caso de desastres.....	14
1.4 El uso del bambú como material alternativo de construcción	19
1.5 Planteamiento de la hipótesis	22
1.5.1 Contenido y alcance	23
1.5.2 Procedimiento de investigación.	23
1.5.3 Limitaciones del proyecto	23
CAPÍTULO II . SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL BAMBÚ Y SUS CONEXIONES	24
2.1 Antecedentes sobre la construcción de bambú.....	24
2.2 Ventajas constructivas.....	266
2.3 Costos	277
2.4 Propiedades mecánicas del bambú	287
2.5. Pruebas de flexión.....	278
2.6 Pruebas de compresión.....	31
2.7 Cimentación para las estructura de módulos de bambú	32
2.8 Módulos de bambú	331
2.9. Tipos de cortes y uniones.....	32
2.10 Elementos metálicos.....	33
CAPITULO III. Armado y prueba de cortante del módulo de bambú.....	35
3.1 Armado del bastidor	35
3.2 Prueba por cortante.....	42

CAPÍTULO IV. PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA A BASE DE BAMBÚ	62
4.1 El proyecto arquitectónico.....	62
4.2 El sistema constructivo de la vivienda emergente.....	63
4.2.1 Cimentación	64
4.2.2 Muros	65
4.2.3 Techumbre	66
4.2.4 Instalación Sanitaria	69
4.2.5 Instalación Eléctrica	69
4.2.6 Instalación hidráulica.....	71
4.2.7 Acabados	72
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	77

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de las prácticas profesionales durante el verano del año 2012, se observó que los recursos para dar atención a las personas afectadas en su patrimonio por fenómenos naturales como sismos y lluvias torrenciales, se daba de forma lenta y poco eficiente, en el caso de la reconstrucción de vivienda, entre otros. Por lo tanto, se planteó la necesidad de optimizar y eficientar los recursos y la tecnología apropiada en la ejecución de los proyectos para población afectada por fenómenos naturales y dar una solución más optimizada.

Al inicio del trabajo de investigación es importante revisar los antecedentes en la ocurrencia de los fenómenos naturales más recurrentes en la zona de estudio y el grado de daño que causan estos a los asentamientos y las personas que los habitan. Se revisará la respuesta, en materia de vivienda, que han tenido las autoridades y diferentes actores de la sociedad, cuando sea el caso, para dar respuesta a las familias afectadas, después de ocurrido el fenómeno.

Para lograr hacer una propuesta de vivienda, es necesario revisar las propuestas que se han hecho en materia de vivienda emergente y cómo se ha dado respuesta a la población afectada en diferentes lugares donde han ocurrido estos fenómenos, tanto en el ámbito local como internacional.

Una vez revisados los casos análogos, se analizan los materiales que mejor respondan como elementos constructivos, que sean de fácil adquisición, con costos que sean menores a los de los materiales tradicionales y que su utilización no represente un impacto importante al medio ambiente.

Una vez que se tiene los materiales con los que se trabajará, es necesario proponer un sistema constructivo, que sea eficiente y económico, para que la respuesta a la necesidad de vivienda de las personas afectadas sea óptima y de calidad. La propuesta de vivienda tiene que contener los espacios suficientes y las instalaciones para que una vez construido el proyecto, pueda ser habitado de forma inmediata por la población afectada.

La investigación se llevó a cabo en el estado de Guerrero, principalmente en su zona centro, en el periodo comprendido del 2014 al 2016.

JUSTIFICACIÓN

El paso del huracán Ingrid y Manuel, dejó un total de 248,477 personas damnificadas en la República Mexicana y un total de 50,122 viviendas dañadas en todo el país (INEGI).

El proyecto de investigación debe contar con una perspectiva multidisciplinaria sobre el desarrollo y gerencia de proyectos en donde se desempeñan diferentes puntos laborales, y se contribuya al manejo, administración, mercadeo, mejora continua, manejo de sistemas de calidad y verificación del impacto ambiental de obras de construcción.

Existen muchos paradigmas que se forman en la práctica diaria, sin embargo, la investigación científica no sólo va acompañada de ciencia, se va logrando con los avances que da la experiencia en el campo donde se desarrolla la investigación; una arquitectura de excelente nivel, mejorar los sistemas, aprovechamiento de recursos y con mejores costos.

Al analizar la arquitectura contemporánea es indispensable tomar en cuenta, en todo su valor, la importancia que ha tenido el desarrollo de la eficiencia y calidad de los recursos en la planeación, construcción y evaluación de los procesos de la obra arquitectónica, permitiendo la realización en los últimos años de las grandes obras con nuevos productos y mejorar la calidad de los existentes, resolviendo las nuevas necesidades que la sociedad solicita. Pero esta rápida y continua evolución de la arquitectura redujo notablemente su calidad y eficiencia, por una parte, y por la otra, por falta de métodos en la organización y planeación de todas sus etapas.

De lo anterior se desprende que es muy importante tener una guía y métodos para lograrlo.

Por otra parte, estos conocimientos no se han proporcionado eficientemente en las universidades y son adquiridos en la práctica profesional deficientemente, a costa de grandes fracasos por lo que deben ser intensificados y actualizados.

Estos procesos indican cada día de manera más enérgica, la necesidad de elevar al máximo posible el rendimiento de los recursos que la sociedad confía a la arquitectura, en espacios organizados y eficientemente construidos. Elevar al máximo ese rendimiento significa conocer y dominar el arte de la gerencia de la obra arquitectónica y es precisamente este aspecto que toma y adquiere mayor importancia en el mundo en general pero más aún en México, porque es el aspecto que más directa y decisivamente incide sobre las posibilidades que la

sociedad de hoy puede obtener, para la satisfacción de sus críticas necesidades de todo tipo de obras arquitectónica, críticas tanto por su aceleradamente creciente volumen, como por la escasez relativa de recursos económicos y financieros de que se dispone.

Sin embargo, lo económico y lo financiero no son las únicas posibilidades al alcance de la sociedad para obtener la satisfacción referida, porque la ciencia pura y aplicada, la tecnología y el arquitecto actualizados e identificados con su medio son también productos, consecuencias e instrumentos de la sociedad para su propia superación.

ALCANCES

Se realizará la investigación para determinar la afectación que sufre en su vivienda la población afectada por sismos y fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en el estado de Guerrero y presentar una propuesta de vivienda que contribuya a dar respuesta pronta a los damnificados.

Para lo anterior, se realizará una propuesta de vivienda emergente con materiales sustentables con el fin de atender a poblaciones afectadas en casos de desastres, con prontitud, eficacia y a menor precio.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar una propuesta de vivienda a base de materiales sustentables para la mitigación de los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres para la población afectada.

Objetivos Específicos

1. Investigar casos de proyectos de vivienda con materiales sustentables que se han aplicado ante la ocurrencia de desastres.
2. Identificar materiales de fácil fabricación y transportación a los lugares que se encuentren incomunicados por los fenómenos naturales.
3. Determinar, mediante pruebas la viabilidad del bambú como material constructivo para vivienda que garantice durabilidad y seguridad estructural.

4. Optimizar la construcción y ejecución del proyecto de viviendas emergentes mediante un proceso constructivo con materiales sustentables y de rápida construcción.

Capítulo I . MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

1.1 Marco referencial

Uno de los problemas fácticos más evidentes que se presentan en nuestro país y sobre todo en el estado de Guerrero, es la falta de planeación para la atención de la población ante la ocurrencia de contingencias tanto de origen natural como antropogénicas.

La incapacidad de las autoridades para hacer frente a las contingencias empieza en la falta de previsión en la ocurrencia de contingencias, aunado a una ausencia de planeación del crecimiento urbano que contengan los asentamientos humanos en zonas detectadas como vulnerables, acciones inmediatas que atiendan una vez ocurrido el fenómeno y acciones a corto y largo plazo que den respuesta definitiva o por lo menos en un plazo mayor a las afectaciones ocurridas en el patrimonio de la población afectada.

En este trabajo de investigación se enfoca en revisar las afectaciones provocadas al patrimonio construido de la población, principalmente más vulnerable, por la ocurrencia de algún fenómeno. El rango territorial será el estado de Guerrero, que se caracteriza por la ocurrencia constante de fenómenos naturales que afectan a la población en su mayoría de escasos recursos. El estado de Guerrero se ha situado en los últimos lugares dentro de las entidades con mayor pobreza de nuestro país. Aunado a lo anterior, la constante ocurrencia de fenómenos naturales hace que su población se mantenga en alerta ante la vulnerabilidad de los asentamientos poblacionales y las viviendas.

La historia de ocurrencia de fenómenos naturales que afectan a la población se puede remontar mucho tiempo atrás, a manera de sólo mencionar los más recientes. La ocurrencia de movimientos telúricos es más constante y afecta a gran parte del Estado de Guerrero, en estos casos los daños siempre se registran en las viviendas e infraestructura de servicios. En 2011 ocurrió un sismo de 6.5 de magnitud en escala Richter, con epicentro en el municipio de Eduardo Neri. En el 2012 se registró un sismo de 5.4 grados con epicentro cercano a Pinotepa Nacional Oaxaca, pero con bastantes repercusiones en el Estado de Guerrero, sobre todo en los municipios limítrofes con el estado de Oaxaca donde cerca de 800 viviendas sufrieron de daños parciales y totales. (CNN México, edición 20 de marzo de 2012). Los sismos son los fenómenos que mayor daño provocan a la vivienda en diferentes escalas. Otro tipo de fenómenos que afectan al estado de

Guerrero son los hidrometeorológicos. Como ejemplo fue la concurrencia de dos fenómenos ciclónicos Manuel e Ingrid el 13 y 14 de septiembre de 2013 que ha sido de los más devastadores en cuanto a daños materiales y pérdida de vidas humanas en tiempos recientes.

Los daños provocados por estos fenómenos naturales fueron tanto en vivienda como en infraestructura. Una de las regiones más afectadas fue la zona centro del estado, en la ciudad capital el desbordamiento del principal escurrimiento “Río Huacapa” inundó varios asentamientos y colapso edificaciones a lo largo del cauce, además de interrumpir el servicio eléctrico y de telefonía (fig. 1.1.1).



Figura 1.1.1 Estragos ocasionados por la tormenta tropical Manuel en Chilpancingo, Septiembre del 2013.

Además de la capital del estado, varias localidades de municipios de la región centro se vieron seriamente afectadas, tanto en sus viviendas, infraestructura y accesibilidad, quedando incomunicadas total o parcialmente y haciendo aún más complicado atender la emergencia en los días posteriores a la ocurrencia del desastre.

Los programas de reconstrucción de vivienda e infraestructura casi siempre son implementados por las dependencias gubernamentales, en su mayoría federales. Por el grado de vulnerabilidad de muchas de las viviendas de los habitantes en donde se registran diversos fenómenos que las afectan, los daños son recurrentes y muchas veces considerables, de tal manera que la mayoría de las viviendas afectadas se vuelven inhabitables. La ayuda para la mejora o reconstrucción de las viviendas es en la mayoría de los casos, lenta y costosa, por lo que los afectados tardan años en calidad de damnificados.

Según datos de la SEDATU, Delegación Guerrero (1917), para los afectados del huracán Ingrid-Manuel se tenía estimada la construcción de 10,000 unidades de vivienda, distribuidas en las zonas de mayor afectación en el estado, para el año 2017 se tenía un avance del 80%.

El monto para cada vivienda fue de 120,000 pesos, más 70,000 pesos adicionales para urbanización, con un monto estimado de un mil 900 millones de pesos destinados para la reconstrucción de las viviendas afectadas en el estado.

Como un ejemplo del tipo de vivienda que se construyó para los damnificados, se tomó lo realizado en la localidad de Tepozonalco debido a que la zona baja de la localidad fue de las más afectadas por la contingencia ocurrida el 14 de septiembre de 2013.

La comunidad de Tepozonalco se encuentra ubicada en el municipio de Leonardo Bravo, región centro de Guerrero y por sus características físico-geográficas, es una región de pendientes pronunciadas con un escurrimiento principal en la parte más baja. Se ubica entre las cotas 1485 y la 1600 msnm, con pendientes de hasta 40% (fig.1.1.2).



Fig. 1.1.2 Vista aérea de la localidad de Tepozonalco Mpio. de Leonardo Bravo, Gro. (Google 2016).

El proyecto de unidad de vivienda construido en la localidad, fue de 50m² de construcción con dos recámaras, un espacio común de estancia, comedor y

cocineta y un baño. Los materiales que se utilizaron fueron prefabricados y de la región, construida a base de block, armex, cemento y agregados. Las instalaciones que incluía fueron la sanitaria, hidráulica y eléctrica, además de un tinaco y un biodigestor de 600 lt adjunto a la vivienda para las aguas negras. El servicio de agua fue solventado en su mayoría por los existentes en las localidades y el de la energía eléctrica por el ofrecido por la CFE.

Por el tipo de materiales utilizados, el suministro se vuelve lento y costoso, sobre todo en zonas de difícil acceso, y su aplicación o instalación requiere de mano de obra especializada, lo que impacta en el costo de la vivienda o en su calidad al finalizarla (fig1.1.3).



Fig. 1.1.3 Ejemplo de Vivienda emergente (SEDATU). Localidad Tepozonalco, Guerrero.

Se observa que aunque existen programas de atención a los damnificados, los apoyos son lentos y la reconstrucción puede ocurrir en periodos muy largos, incluyendo los eventos que se vayan acumulando en el transcurso de la reconstrucción y sumen más damnificados a la de por sí ya, larga lista existente.

Es importante mencionar que, desafortunadamente no existe una cultura extendida de la prevención de desastres, por lo que los programas se implementan una vez ocurrido el evento que daña, en diferentes grados, la infraestructura y vivienda de los asentamientos humanos más vulnerables.

De lo anterior surge la preocupación de ofertar un producto que proporcione condiciones de habitabilidad, seguridad estructural, de bajo costo, de rápida construcción y durabilidad en un mediado plazo.

Además es obligatorio considerar un tema de suma importancia que es la sustentabilidad y la importancia de utilizar materiales que no impliquen una carga ecológica en su extracción o utilización como insumos en la construcción de la vivienda. Sin embargo, la utilización de insumos sustentables deberán ofrecer también condiciones estructurales suficientes que garanticen un funcionamiento correcto en la ocurrencia de eventos naturales y sobre todo, que no presenten un deterioro importante en un corto plazo. Sobra decir que los materiales por sí solos no son suficientes para evitar el deterioro con el paso del tiempo; siempre es necesario adicionarles elementos que garanticen una mayor durabilidad. Para este caso, el material alternativo que se propone es el bambú.

En cuanto a la Sustentabilidad se consideran los tres ámbitos más importantes en el que se inscribe la propuesta de vivienda:

- Esfera ambiental: El proyecto privilegia el uso del bambú y de materiales o productos que no representen un daño directo o indirecto al medio ambiente; se incorporan ecotecnologías para el ahorro y/o la generación de energía, así como el manejo de las aguas servidas.
- Esfera social: El proyecto de vivienda responde a una necesidad social de ofertar un espacio digno a familias o personas que han perdido su patrimonio construido y sobre todo su vivienda y que se encuentran en un estado de muy alta vulnerabilidad. Para la gestión de las viviendas se pueden incentivar la creación de cooperativas para el manejo y producción de recursos y la autoconstrucción, ya que el proyecto considera módulos prefabricados de fácil colocación.
- Esfera económica: Por el uso de materiales alternativos, la vivienda reduce significativamente su costo tanto de producción, como de construcción. Es factible encontrar los mecanismos para que estas unidades de vivienda se integren en esquemas de apoyos o subsidios por parte de diversas instancias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales (ONG's).

1.2 Aspectos Jurídicos

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de proyecto de vivienda, es el jurídico. En este apartado es necesario revisar las principales leyes y reglamentos en materia de vivienda, en cuanto a los sistemas constructivos alternativos que sustenten la propuesta.

Empezando por el ámbito federal, la **Ley de Vivienda**, en el Título Segundo- De la Política Nacional de Vivienda- Capítulo I, Artículo 6, establece los mecanismos para que la construcción de vivienda respete el entorno ecológico, y la preservación y el uso eficiente de los recursos naturales. Además de que las acciones constituyan un factor de sustentabilidad ambiental, desafortunadamente no especifica, en sus apartados de crédito y subsidio, aspectos ecológicos en la vivienda que incentiven su producción.

A nivel estatal **La Ley de Vivienda Social del Estado de Guerrero Número 573** establece en su Título Séptimo -de la Producción y Distribución de Materiales de Construcción, Normas y Tecnología para la Vivienda en el capítulo II, de las Normas y Tecnología para la Vivienda, cita textualmente lo siguiente:

“Artículo 80.- Las normas de tecnología para la construcción de las viviendas deberán considerar:

- I. La calidad y tipo de los materiales, productos, componentes, elementos, procedimientos constructivos, sistemas de edificación y el uso de los mismos, conforme a cada localidad o región;
- II. La utilización de ecotécnicas y de ingeniería ambiental aplicables a la vivienda, entre otros aspectos deberá considerar la racionalización del uso del agua y sus sistemas de reutilización;
- III. Los componentes prefabricados y sus sistemas de construcción idóneos con el fin de consolidar una tecnología regional en la materia;
- IV. Los mecanismos para racionalizar la producción masiva de vivienda; y
- V. El aprovechamiento de fuentes alternas de energía.

Artículo 81.- El Instituto promoverá la aplicación de tecnologías de bajo costo y alta productividad para la construcción de vivienda y, en particular, apoyará la creación de tecnologías que puedan utilizar las personas o los grupos organizados que autoproductan su vivienda. Asimismo, buscará que la tecnología sea la adecuada a los requerimientos sociales y regionales y a las características de la población urbana y rural, estableciendo mecanismos de investigación y experimentación tecnológicas”.

La anterior legislación específica de manera más concreta las características de la vivienda sustentable. Para el proyecto a desarrollar, se cumplen los requisitos mencionados en esta Ley.

La **Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Guerrero N. 211**, en el Capítulo V - *Sistema Estatal de Vivienda*-, en su artículo 75, establece como uno de sus objetivos la optimización de los procesos de producción de la vivienda, promoviendo, preferentemente la utilización de sistemas constructivos tradicionales y adecuados al medio, así como materiales de la región. Aunque no es una ley específica de vivienda, aborda de manera tangencial la vivienda y la importancia del cuidado al medio.

El **Reglamento de construcción para los municipios del Estado de Guerrero**, menciona entre otros aspectos, en su Capítulo III- Materiales y Procedimientos de Construcción, que cuando se proyecte utilizar en una construcción algún material nuevo, del cual no existan Normas Técnicas Complementarias o de Calidad, se deberá solicitar la aprobación previa del Estado para lo cual se deberán presentar los resultados de calidad del material en cuestión. Para este proyecto se realizaron cada una de las pruebas que garantizan seguridad estructural y de habitabilidad a los usuarios, dichos resultados se presentan más adelante.

En materia de gestión de los recursos para la construcción de las unidades de vivienda el **FONHAPO** (Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares) opera a través del Programa de Apoyo a la Vivienda, con cobertura nacional, dirigido a los hogares en situación de pobreza, con ingresos por debajo de la línea de bienestar, con carencia de calidad y espacios de la vivienda.

En las *Reglas de Operación del Programa Apoyo a la Vivienda, para el ejercicio fiscal 2017*, en su Capítulo 6. "Situaciones por Desastres Naturales, Proyectos Institucionales y Proyectos Especiales", se establece que en una situación de emergencia originada por un desastre natural, previa emisión de la Declaratoria de Desastre, el Programa podrá apoyar a la población afectada por fenómenos naturales con recursos federales no comprometidos, además de que se pueden incrementar los montos del subsidio federal del monto máximo establecido hasta en un 20%, cuando se trate de "Proyectos Especiales" que integren Procesos constructivos de UBV (Unidad Básica de Vivienda) y UBVR (Unidad Básica de Vivienda Rural) que adicionalmente a la planta arquitectónica mínima solicitada por la Instancia Normativa, incluyan ecotecnias tales como: sistemas de captación de agua pluvial, fotovoltaico, calentadores solares, biodigestores, baños secos, etc.

En este caso y para poder acceder a los subsidios del fideicomiso, se tendrían que ajustar las áreas mínimas que pide la dependencia con las del proyecto que se verán en el siguiente capítulo.

1.3 El uso de materiales alternativos para vivienda emergente en caso de desastres

La ciudad de Onagawa en Japón, se vio afectada por un terrible terremoto y posterior tsunami en marzo del 2011. Para esta ciudad, el arquitecto japonés Shigeru Ban diseñó un edificio realizado con contenedores para el alojamiento temporal de los damnificados. La ciudad costera de Onagawa, con 10,000 habitantes, sufrió serios daños tras el terremoto y tsunami de ese año, dejando 3,800 de sus 4,500 casas dañadas. Tras este trágico episodio, Shigeru Ban financiado por el gobierno, montó todo un plan estratégico para la construcción de viviendas temporales (Gordon, 2011).

Shigeru Ban se caracteriza por el diseño y construcción de obras de carácter liviano y temporal, donde materiales económicos, accesibles y muchas veces reutilizados, juegan un rol fundamental. Ban siempre ha contribuido con su arquitectura en situaciones de catástrofe, ideando viviendas o infraestructura fáciles de construir, transportar, resistentes y a bajo costo.

En la figura 1.3.1, se puede apreciar que se reutilizaron unos contenedores y que pueden realizarse grandes obras con excelente gusto y confort. Pero sobre todo, que es económico, con una facilidad de movilidad, y resuelve los problemas de vivienda en forma emergente (Shigeru Ban Architects, 2011).



Figura 1.3.1 Edificio de contenedores. Fuente: Shigeru Ban Architects.

En la figura 1.3.2, se observa la vivienda terminada con materiales económicos para las viviendas de alojamiento temporal, ante un desastre natural, utilizando contenedores que ya no se usaban, dándole un acabado de bienestar y agradable confort para recibir a sus nuevos habitantes (Shigeru Ban Architects, 2011).



Figura 1.3.2 Vivienda temporal con material económico. Fuente: Shigeru Ban Architects.

A pesar del devastador terremoto que asoló parte de Japón en el 2011, las personas afectadas de la Región de Tohoku (zona del epicentro) tienen muy claro que quieren seguir viviendo allí, pero el reto ahora es proporcionarles un hogar seguro, garantizarles una especie de renacimiento sostenible. La palabra '*renai*' significa renacimiento, y resulta un nombre muy apropiado para la **Renai House**, ya que está pensada para servir de refugio tras uno de estos desastres, (Gordon, 2011).

La figura 1.3.3 es un proyecto de casa prefabricada que tiene la facultad de obtener calor por los rayos solares. A bajo costo se obtiene este modelo de vivienda emergente, para casos totales de devastación. Tiene la finalidad de crecimiento. Se puede obtener de forma temporal o permanente a bajo costo (casa For Emergency post-Natural Impact eXtreme, 2014). Es un proyecto de casa prefabricada solar cuya finalidad principal es dar refugio a personas afectadas por catástrofes naturales, pero también es una vivienda que destaca por su modularidad y flexibilidad, ya que se puede actualizar y ampliar para configurar como hogar permanente para una familia.



Figura 1.3.3 Casa prefabricada. Fenix.

Este proyecto fue presentado en el SD2014 (Solar Decathlon Europa, 2014) por estudiantes y profesores de la Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso, Chile y por otros del Instituto Universitario de Tecnología de la Universidad de La Rochelle, Francia. El Equipo FENIX finalizó la competición en un 6º lugar, consiguiendo un segundo premio en el concurso de “Sostenibilidad”, y terceros premios en los de “Ingeniería y Construcción”, “Balance Energético”, y “Comunicación y Concienciación Social” (Hormozábal, 2014).

La figura 1.3.4 es un proyecto que tiene la peculiaridad de estar hecho con productos que se encuentran en el entorno, para su mayor movilidad y respetar el medio ambiente de forma sostenible. Este proyecto es sólo para personas que se encuentran en un trance de premura y desolación ante un fenómeno natural con resultados devastadores, ya que es muy pequeña y sólo tiene 20 m² (Dazne, 2010).



Figura 1.3.4 Vivienda prefabricada pequeña, confortable y sostenible

La figura 1.3.4 muestra un ejemplo de vivienda pequeña, confortable y sostenible presentada durante los pasados Juegos Olímpicos de Vancouver. La pequeña casa L41 se ha venido convirtiendo desde entonces en un punto de interés para muchos sitios de la red dedicados a las viviendas prefabricadas. Apenas tiene 20 m² de superficie, pero viene con todo lo suficiente para cubrir las necesidades de todos aquellos a los que les es imposible adquirir una casa convencional. Además de funcionar como un hogar confortable, es evidente que este modelo de vivienda está destinado para todos aquellos que además de pensar que ‘lo pequeño es bello’, también se preocupan por el medio ambiente, y es que L41 viene con una interesante lista de características verdes. Para empezar, su estructura es de tableros de madera laminada CLT, un producto relativamente nuevo y con resistencia suficiente para construir, incluso en altura; a ello hay que sumar ventanas de TRIPLE acristalamiento, electrodomésticos eficientes, iluminación LED, calefacción solar, y una cubierta verde.

Tras el terremoto de Niigata, la Universidad de Keio University y Shigeru Ban Laboratory diseñaron “*Paper House*”, una cabina para interior con una estructura realizada en tubos de cartón. Pese a la funcionalidad con la que se ideó, Paper House no se empleó finalmente como estancias para las familias, pero sí como zonas de juegos para los niños y clínica temporal para ancianos. Entre los proyectos más recientes de arquitectura para emergencias en Japón Shigeru Ban

desarrolló Paper House, en Niigata en 2004, y el Paper Partition System, tras los terremotos de Fukoka y Fujisawa, en 2005 y 2006 La Universidad de Keio University y Shigeru Ban Laboratory (Minner, 2011).

La figura 1.3.5 muestra la forma de ensamble para la elaboración de una habitación dentro de unas canchas de juego. Se les expone un ejemplo a los afectados para que puedan armarlo por sí mismos, empleando un instructivo de armado, que hace la tarea más fácil.



Figura 1.3.5 Panel de armado con tubos de cartón

En la figura 1.3.6 se muestra el armado inicial del panel para interiores donde hay un estándar de módulos, pero con la facilidad de ampliarse en caso de que la familia sea numerosa y necesite más espacio. Este proyecto tiene la posibilidad de ofrecer privacidad dentro de un mundo de personas que se encuentran en las canchas deportivas.



Figura 1.3.6 Proyecto de panel para interiores.

Para atender la catástrofe de Fujisawa, se desarrolló una versión mejorada del sistema, la estructura se realizó empleando tubos de cartón y paredes de tela, con uniones de contrachapado, y unas cuerdas que hacen las veces de refuerzo. Este elemento, con materiales baratos de adquirir en caso de emergencia, podía montarse en sólo 30 minutos por cualquier persona, sin necesidad de emplear clavos (Minner, 2011).

1.4 El uso del bambú como material alternativo de construcción

En México existen 34 especies nativas de bambú y otras introducidas. *El Colectivo Potosino Kima* construye casas ecológicas hechas a base de bambú, con las que se puede reducir el uso de concreto en hasta un 80%, y sus precios van de los mil 500 a 5 mil pesos por metro cuadrado.

La figura 1.4.1 es un ejemplo de una edificación en construcción, donde el principal material de construcción es el bambú.



Figura 1.4.1 Estructura de bambú (Colectivo Kima de Bambú).

Debido a las condiciones climáticas de la Huasteca Potosina, donde el verano puede pasar los 40 grados centígrados a la sombra, en Ciudad Valle, San Luis Potosí, se incursiona en el ramo de vivienda de bambú para reducir los efectos del clima en la vida diaria. Ricardo Ortiz combina su profesión de arquitecto, con la agricultura, para ofrecer una alternativa de vivienda. Luego de un año viviendo en Malasia, Ortiz experimentó el boom que se vive en algunos países de Asia por la construcción de casas con bambú (Ortiz, 2015).

La figura 1.4.2 muestra la conclusión de la construcción de dos pisos, conocido como *El gigante gótico*.



Figura 1.4.2 Terminación de una casa de bambú, Arq. vietnamita Vo Trong Nghia.

El despacho del arquitecto vietnamita Vo Trong Nghia diseñó un centro de eventos y dos restaurantes en el estado de Morelos. El proyecto es la estructura de bambú más grande en la que haya trabajado esta firma asiática, ya que cada uno de los comedores abarcará un área de 1,200 m². El proyecto, actualmente en etapa de planeación, tiene como cliente a la empresa morelense Jardines de México, y está planeado para ser construido en un jardín botánico ubicado cerca de la ciudad de Cuernavaca (Ortiz, 2015).

El arq. Dante Lepe Gallardo y la unión de productores de bambú del occidente realizaron prototipos de viviendas emergentes para desastres naturales a base de bambú (Lepe, 2015). El sistema que propone Lepe, se basa en un módulo prearmado plegable de elementos rollizos de bambú con uniones metálicas articuladas (fig 1.4.3).



Figura 1.4.3 Estructura de proyecto de una casa de bambú

El sistema de montaje debe realizarse en un tiempo máximo de un día, en su primera etapa, que lleva lona de PVC para fácil montaje, los elementos constructivos por su ligereza se pueden montar por sólo dos personas.

En una segunda etapa, las estructuras se recubren en muros y techo con bahareque encementado y teja de fibra de bambú. El módulo de vivienda queda finalizado con dos recámaras, sala comedor cocina y baño (fig. 1.4.4).



Figura 1.4.4. Vivienda terminada de una casa de bambú

Con este sistema de construcción se pretende dar respuesta expedita para cualquier contingencia que requiera vivienda de manera inmediata, además de ser ligero, sustentable, sismo resistente, económico y de no requerir mano de obra calificada.

1.5 Planteamiento de la hipótesis

Con el conocimiento de métodos de investigación y análisis y su aplicación, que permitan la eficiencia en los procesos en el proyecto y obra arquitectónica, se logrará la optimización de recursos y la implementación de nuevas tecnologías, gracias al empleo de vivienda a base de paneles de bambú.

1.5.1 Contenido y alcance

Con la correcta coordinación de las metodologías para llevar a buen término la supervisión, aplicada por la gerencia, dirección o responsables en las áreas de control de presupuesto, ejecución de obra, eficiencia de los recursos, planeación de obra, calidad total en los procesos constructivos, cuidado en el confort térmico y eficiencia energética, administración de los recursos humanos, y administración de marketing, permitirá que la arquitectura que se propone se pueda poner al alcance de las mayorías para hacer que el ser humano pueda vivir mejorando su calidad de vida.

1.5.2 Procedimiento de investigación.

a) La investigación se llevará a efecto siguiendo los pasos de información bibliográfica o documental, bibliotecas, periódicos, documentos, investigación de campo, (observación).

b) La información se analizará para determinar su importancia y pertinencia en el proyecto.

C) Finalmente llevar a efecto una propuesta con recomendaciones y conclusiones

1.5.3 Limitaciones del proyecto

a) La investigación será un proyecto multidisciplinario entre la ingeniería sismo-resistente y la arquitectura y debido al tiempo de investigación se plantea en empresas dedicadas al diseño y a la construcción.

Capítulo II . SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL BAMBÚ Y SUS CONEXIONES

2.1 Antecedentes sobre la construcción de bambú.

El bambú es un material que se ha utilizado para el diseño y construcción de viviendas en Asia y América Latina desde el neolítico. Particularmente, fue en India, China, Colombia y Perú donde se desarrolló esta práctica en donde se volvió parte de la tradición de estos pueblos. En Colombia, el desarrollo de los sistemas constructivos con bambú tuvo un fuerte impulso en la segunda mitad del siglo XIX y no fue sino hasta las últimas tres décadas del siglo XX que esta forma de construcción fue desplazada por la edificación con mampostería y concreto. El hecho de haber creado una identidad cultural a través de la utilización de sistemas constructivos basados en bambú produjo que la sociedad colombiana tuviera la necesidad de crear un Reglamento de Construcción que normara la edificación con este material (NOM E-100).

La necesidad de construir en México, y muy particularmente en el estado de Guerrero, es ante la demanda de viviendas emergentes que resuelvan la necesidad imperiosa de construir rápido y económico, ya que es fácil de cortar, de transportar y es fácil de cargar por su peso ligero.

Es importante señalar que no es un sistema constructivo utilizado como bahareque, donde se utiliza barro para la realización de paredes, ni tampoco para la construcción de palapas, sino que es un material disponible que puede ser utilizado por los humanos siendo de fácil manejo y de facilitar la construcción de muchos hogares.

De esta forma se ponen de manifiesto las cualidades del bambú, resaltando que utilizando esta planta como material de construcción se evitaría la necesidad de deforestar los montes para la construcción de vivienda, con las consecuencias ambientales que ya todos conocemos.

El uso del BAMBÚ tiene antecedentes prehispánicos, como los totonacas, en Veracruz, los huastecos en Hidalgo y Tamaulipas y teotihuacanos en el centro de México, así como los Mayas-Chontales en Tabasco (Cedeño, 2100). La figura 2.1.1 muestra la maravillosa planta considerada el oro verde, que se da a pie de carretera. El entorno natural del estado de Guerrero, hace que esta planta nazca de forma espontánea sin la necesidad de cultivarla.



Figura 2.1.1 Chilapa Guerrero, México.

La planta de bambú se encuentra dentro del medio ambiente y no se hacen devastaciones de cerros para cumplir con la demanda ante un caso de desastre natural.

El cultivo del Bambú se realiza en estados del trópico húmedo, con bosques mesófilos de tropicales y montañas, como son en el estado de Guerrero (fig. 2.1.2), Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Michoacán, Veracruz, Guadalajara y Sinaloa, entre otros.



Figura 2.1.2 Cultivo de bambú en Tixtla Guerrero.

El bambú ha estado presente durante toda la existencia del ser humano, el cual tiene la capacidad de transformar su entorno en un lugar mágico, con las

bondades de la naturaleza, que tiene un gran potencial en sus distintos matices de colores que pueden ser aprovechados.

La presencia del primer ser humano en México se remonta a 21,000 a.C. Estos seres prehistóricos, al albergarse en cuevas y refugios, empalizaban la entrada con bambú o madera para protegerse, según la región donde se encontraran (Cedeño, 2011).

El bambú ha estado con el ser humano desde hace miles de años, donde este hermoso material crecía en las cercanías de arroyos y ríos, es un material renovable de un entorno inmediato. Como material de construcción es una promesa de excelente proyecto, donde se abaten los costos tanto de traslado como de construcción, tiene un fácil manejo, es fresco, natural y moderno.

El bambú es considerado por todos los pueblos que lo cultivan como un bien invaluable por todos los beneficios que genera: Construcción del tejido social en las comunidades que lo cultivan, reforestación, alimento, ecosistemas que propician la preservación de los suelos, sistemas bioclimáticos que capturan el bióxido de carbono y regulan el ciclo hidrológico, además de que permite la construcción de la vivienda. En México el uso del bambú no se ha generalizado en la construcción, entre otras razones, por considerarse como símbolo de pobreza y atraso (NOM E-100).

2.2 Ventajas constructivas del bambú

Es un material natural de fácil acceso que sirve por igual para construir proyectos de playa o sitios de resguardo ante inundaciones, temblores y huracanes:

- Se renueva rápidamente y a diferencia de los árboles, no se tiene que cortar toda la planta para recolectar las varas.
- Cada bambú puede vivir hasta 100 años.
- Mientras que en promedio las especies forestales deben crecer durante 20 años para ser aprovechados, las varas del bambú se pueden cortar a los cuatro años.
- Las construcciones de bambú pueden soportar vientos huracanados de hasta de 278 kilómetros por hora (Vasconcelos, 2012).

2.3. Costos del bambú

En la tabla 2.3.1 se observan los costos por pieza en forma actualizada, que se adquirió con la finalidad de compararlos con los demás materiales de construcción y mostrar que la propuesta pueda ser competitiva.

Tabla 2.3.1 Precios de piezas de bambú 2016.

Tipo de bambú	Longitud	Diámetro	Precio por pieza
Bambú Oldhamii preservado	6.00 mts	2" +/- ¼"	\$72.00
Bambú Oldhamii preservado	6.00 mts	2 ½" +/- ¼"	\$96.00
Bambú Oldhamii preservado	6.00 mts	3" +/- ¼"	\$120.00
Bambú Oldhamii preservado	6.00 mts	3 ½" +/- ¼"	\$144.00
Bambú Oldhamii preservado	6.00 mts	4" +/- ¼"	\$156.00

2.4. Propiedades mecánicas del bambú

Tabla 2.4.1 Propiedades mecánicas de Guada Aculeata. Misantla, Veracruz México (Kgf/cm²).

Propiedad	B	M	E
	Bambú	Madera	Concreto
Cortante	45.13	57.19	62.86
Compresión E _{sfmax}	247.53	331.02	446.2
Compresión E	82,059	137,490	187,657
Tensión MOR	600.68	664.88	988.33
Tensión MOE	141,179	166,256	246,469

Observando los valores de resistencia que se encuentran en la tabla 2.4.1, el bambú tiene propiedades mecánicas altas con relación a la madera y aun con el mismo concreto. Esto es un potencial extraordinario que muy poco se utiliza para

la construcción de la vivienda en México, a excepción de algunos países que tienen una gran tradición en el uso del Bambú, como China, India, Malasia, Colombia y Costa Rica. En este sentido es importante mencionar que en México no se han desarrollado reglamentos de construcción o normas técnicas que permitan establecer estándares de resistencia y diseños basados en la experiencia y la investigación avalados por organismos públicos y privados, instituciones y colegios de la industria de la construcción, situación que ya no tienen países como Colombia con su NSR-10-2010, Perú y su Norma Técnica E-100 Bambú publicada en 2012 y Ecuador con su Norma Técnica 2013 (Méndez y Esteban, 2014), solo de países latinoamericanos.

Con base a las propiedades mostradas en la tabla anterior, considerando en este trabajo de tesis se propuso un modelo de vivienda emergente que compitiera con las cualidades mecánicas de la madera y la facilidad de transportación fuera de la misma manera, así como de su armado en sitio y con nulo conocimiento en procesos constructivos.

2.5. Pruebas de flexión

A fin de conocer el comportamiento mecánico de la propuesta de vivienda, se propuso ejecutar una serie de pruebas experimentales las cuales consistieron en lo siguiente:

Se realizaron pruebas de flexión en el laboratorio de materiales, en las cuales se midieron las muestras para obtener los datos preliminares. Posteriormente se ensayaron en la prensa Modelo *Porter*. Se obtuvo el centro de cada muestra y se ensayaron de manera continua (fig. 2.5.1. a y b)



a)



b)

Figura 2.4.1. Pruebas de flexión en tramos de bambú.

Tabla 2.5.1 Resultados de las pruebas de flexión

MUESTRA N°	CARGA (KG)	LONGITUD (M)	FLECHA (CM)
1	910.5	1	5.108
2	822	1	4.591
3	1,031.50	99.8	5.284
4	747.5	1.2	4.319
5	988.5	1.1	4.961
6	1,128	1	4.762
7	864.5	99.7	4.628

MEDIA	927.5
DESVIACION ESTANDAR	142.96
COEF. DE VARIACION	15.41

En la tabla 2.5.1, se muestran los resultados obtenidos, como lo son la carga aplicada y la flecha que resultó de la deformación del espécimen de bambú.

2.6 Pruebas de compresión

Se realizaron las pruebas de compresión en el laboratorio de materiales, en el cual se enumeraron y pesaron las muestras, posteriormente se cabecearon con azufre, para mejorar el área de contacto al bambú, ya que, por el corte disparejo, las cargas no se repartirían uniformemente (fig. 2.6.1)



Figura 2.6.1. Pruebas de compresión axial.

Tabla 2.6.1 Muestras y resultados a la compresión

N° MUESTRA	CARGA KG/CM2	MASA (GRAMOS)	ALTURA (CM)	DIAMETRO (CM)	CON NODO	SIN NODO
1	466.66	409.2	19.5	9.2	X	
2	262.34	360.8	19.7	9.5		X
3	507.49	405.6	19.0	9.3	X	
4	293.2	235.4	18.1	8.7		X
5	338.33	385.8	19.3	9.1		X
6	483.29	160.8	12.5	6.2		X
7	508.24	198.6	12.6	6.3	X	
8	393.58	173.4	12.4	6.2	X	
9	408.16	202.8	13.9	6.9		X
10	379.25	210.6	12.5	6.2	X	

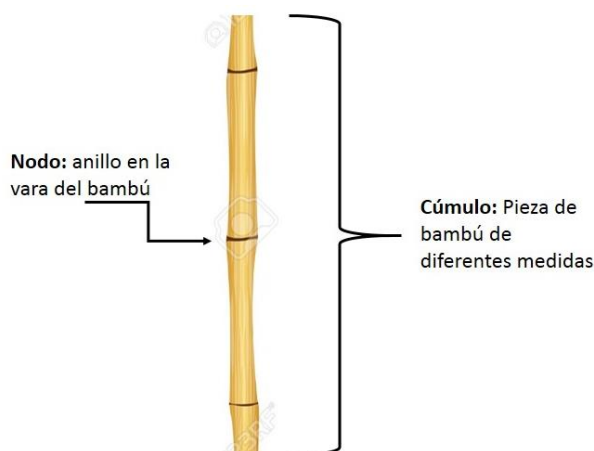


Fig. 2.6.2 Descripción de un cúmulo de bambú

Una vez cabeceado el espécimen, se colocó en la prensa para someterlo a carga. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.6.1, donde se puede observar que se ensayaron dos diferentes tipos de diámetros 2.5 pulgadas (6.2 cm) y 3.5 pulgadas (9.2 cm) respectivamente. Se puede apreciar en los resultados que las cargas son más altas donde la muestra presenta un nudo, al contrario que cuando no lo presenta.

2.7. Cimentación para las estructuras de módulos de bambú

El empleo de postes de bambú, en lugar de cimiento convencional para casas económicas, puede verse en ambos hemisferios. A menos que sean tratados con algún producto químico preservativo, no es de esperarse que tales postes duren unos dos o tres años promedio o cinco años, a lo más, en condiciones favorables poco comunes. Aunque no hay datos experimentales, parece razonable esperar que las clases duraderas de cañas de bambú puedan durar un tiempo mayor, hincadas en el suelo, mediante la aplicación del pentaclorofenol en una forma apropiada. Mientras se estudian tratamientos convenientes y económicos para la preservación del bambú en condiciones en que se humedezca frecuentemente o

que esté en contacto con la tierra húmeda, se considera conveniente emplear para los cimientos algún material que sea mejor que el bambú no tratado, por ejemplo el concreto, la piedra, el ladrillo, o alguna madera dura. Si se emplea el bambú como soporte en casas de bajo costo, las cañas deberán tener un diámetro mayor, paredes gruesas y nudos más próximos, para proporcionar un máximo de resistencia al pandeo. Cuando no se pueden obtener piezas grandes de bambú es conveniente emplear pequeños bambúes, con características estructurales adecuadas, amarrados y formando pilares compuestos (Castillo, 2011).

El propósito de la vivienda emergente a base de materiales sustentables es el ensamble de la misma en forma inmediata para poder atacar las necesidades de las personas que sean afectadas por fenómenos naturales.

En la siguiente imagen, se especifica cómo se realiza la cimentación para la construcción rápida de vivienda emergente (fig. 2.7.1)

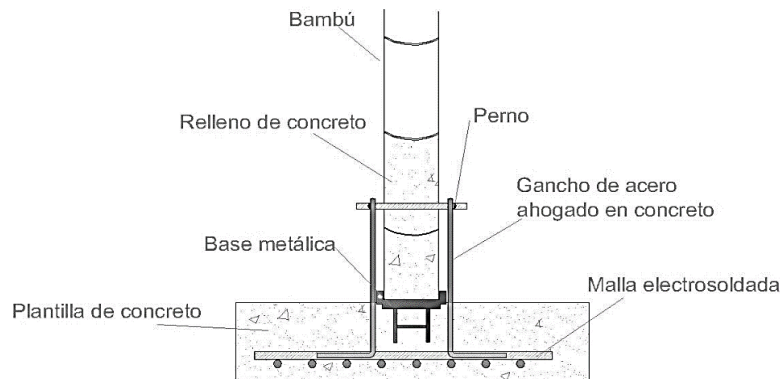


Figura No. 2.7.1 Cimentación del Bambú.

Para iniciar el desplante de la vivienda de bambú, se deja empotrada a la cimentación una base metálica con dos varillas de 9mm de diámetro como mínimo. Estas varillas tendrán una longitud mínima de 40 cm sobre la cimentación. Se coloca un pasador (perno) con diámetro mínimo de 9mm, que unirá las dos varillas Platinas, sujetando la columna de bambú (Castillo, 2011).

2.8. Módulos de Bambú

La figura 2.8.1 muestra un bastidor propuesto de 5 metros de ancho por 2.5 metros de alto. A cada metro de distancia se coloca un contraventeo para dar más soporte a los movimientos sísmicos y velocidades de viento que azoten contra la vivienda, ofreciendo más seguridad y confianza a las personas que la habiten.

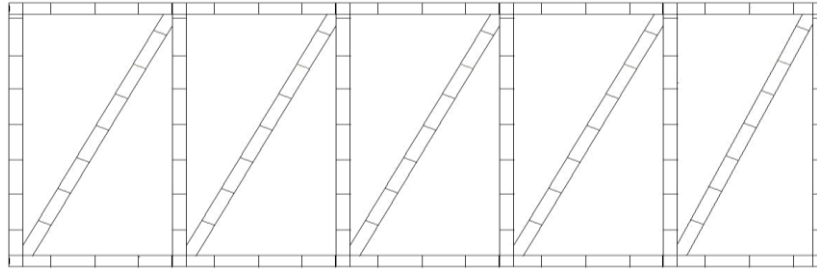


Figura 2.8.1 Bastidor propuesto para vivienda emergente

Debido a las puertas y ventanas, se manejan medidas estándar, por lo cual se adaptaron los bastidores, de un metro de ancho cada uno, para su colocación y armado.

2.9. Tipos de cortes y uniones

En el caso del bambú, las conexiones son muy importantes, ya que de esto depende su funcionalidad y su apariencia. La debilidad de este material se encuentra en sus conexiones y si estas fallan, podrán hacer también a toda la estructura.

Las uniones comunes en el bambú son a base de cuerdas y sogas, pero desde el punto de vista estructural, esto no funciona, bajando el coeficiente de resistencia entre las uniones o conexiones por las holguras producidas.

En la figura 2.9.1 se muestra, marcado en rojo, los tipos de cortes que se utilizaron en la formación de los bastidores, ya que estos se adaptan a las formas necesarias, como es el pico de flauta (este corte va en los contraventeos diagonales) y la boca de pescado, que unirá a las piezas horizontales y las verticales. Los otros modelos de cortes y uniones no se adaptan a las necesidades de este modelo de bastidor.

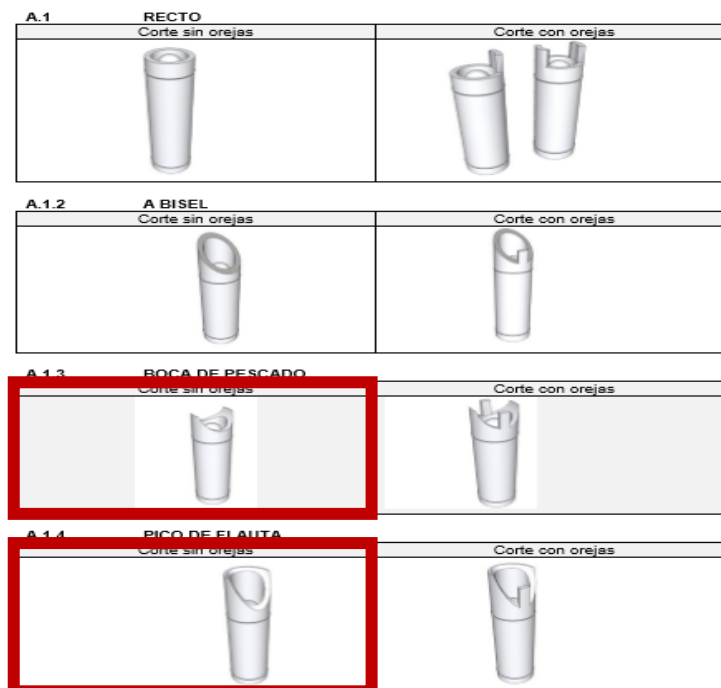


Figura 2.9.1. Explicación gráfica de cortes para ensambles

Después de analizar los cortes y las conexiones del bambú, así también el modelo de bastidor que se utilizaría, en la figura 2.9.2 se muestra un ejemplo más general de cómo es el conjunto de las piezas. De esta forma se puede ensamblar un panel de forma rápida y segura.

La figura 2.9.2 presenta los detalles para lograr un panel con una adecuada resistencia en la cual, los bambúes no deben tener un diámetro inferior a 80 mm.

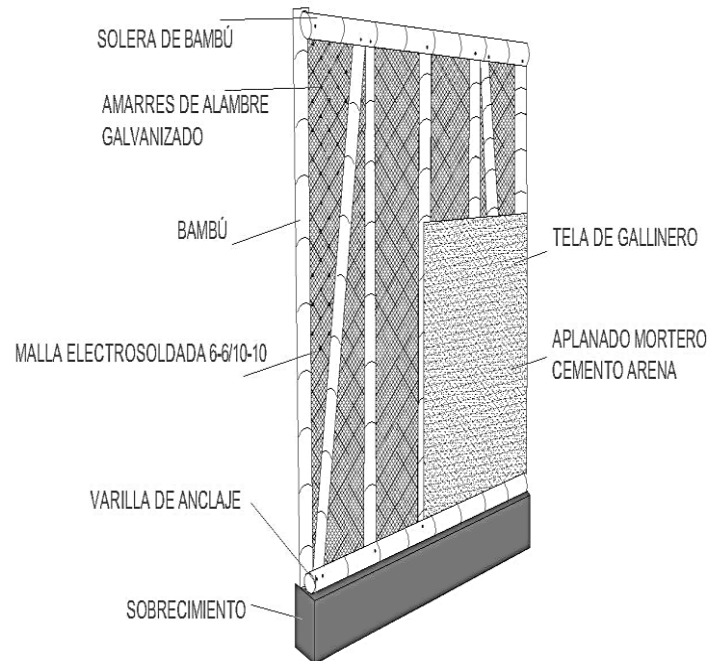


Figura 2.9.2. Panel de malla y tela de gallinero con amarres de alambre galvanizado.

La distancia entre los pies derechos y el número de diagonales estará definido por el diseño estructural.

2.10. Elementos Metálicos

Son elementos metálicos de unión, anclaje y de refuerzo: Las tuercas de acero, pernos, tornillos y arandelas.

El mortero de cemento para el relleno de los entrenudos deberá ser en una proporción máxima de 1:4 (cemento – arena gruesa).

Malla de alambre trenzado con diámetro máximo de 1,25 mm de abertura hexagonal no mayor a 25,4 mm.

Se utilizará una armadura tipo *Pratt*, con una longitud de 7.m, por una altura de 0.90 m. Esta armadura se utilizará para soportar la cubierta, la cual se propone a base de una lámina de policarbonato, que es térmica y esto hace que se mantenga en condiciones óptimas el interior de la vivienda, ya sea clima cálido o clima frío (fig.2.10.1).

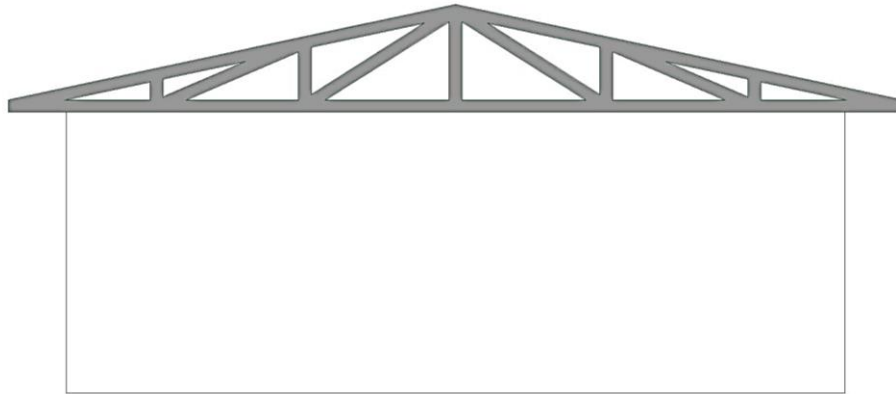


Figura 2.10.1 Techo de una estructura, a bajo costo 2016.

La ventaja de este tipo de armaduras y el tipo de lámina que se plantea en este caso es que no se necesitan de equipos pesados para su colocación y una de las ventajas de esto es que se puede colocar desde el inicio de la construcción y así poder trabajar en la sombra durante el periodo que dure la obra. Otra de sus cualidades es que es sumamente ligera, esto ayuda a que el peso que soporta la estructura sea mínimo, a comparación de otros materiales.

Esta propuesta, como se muestra en la figura 2.10.1, es a dos aguas, para lograr una mejor aceptación en cuestión social y por parte del usuario.

Capítulo III. Armado y prueba de cortante del módulo de bambú

3.1. Armado del bastidor módulo de bambú

En esta sección se revisa el proceso constructivo de los módulos prefabricados de bambú que permitirán la construcción del proyecto de unidad de vivienda para las familias que resulten damnificadas en casos de desastre.

Se empieza con la construcción de los módulos de bambú de 1.22 m de ancho por 2.40 m de alto, para lo cual se siguen los pasos que se describen a continuación:

Como se aprecia en la figura 3.1.1 se inicia con el corte de boca de pescado usando un taladro y un sacabocados de 4" de diámetro, para que de esta forma se ajuste al mismo diámetro del cúmulo y posteriormente embonar el larguero. Estos cortes sólo se hacen en los dos extremos verticales. Este corte se tiene que hacer con extremo cuidado, ya que si no se tiene bien sujetadas cualquiera de las dos partes, ya sea el bambú o el taladro, el sacabocados puede girar fuera de su eje y lesionar al trabajador.



Figura 3.1.1 Corte Boca de pescado

Para perforar el bambú y no dañarlo, se hizo con una broca de madera de $\frac{1}{4}$ de pulgada para poder introducir los pernos que sujetarán a los largueros, como se muestra en la figura 3.1.2.

La colocación de pernos en este sistema sirve para mantener fijo el travesaño y éste no se mueva durante algún esfuerzo. Además se utilizaron rondanas y tuercas de la misma medida del perno. Cabe mencionar que se apretaron las tuercas hasta que el bambú se sienta fijo, de lo contrario se escucha un pequeño tronido que avisa que está en su máximo esfuerzo.



Figura 3.1.2 Colocación de pernos

En la figura 3.1.3 se puede observar el procedimiento de la inserción del travesaño sobre el corte *boca de pescado*. Previamente se dejó preparado el perno para recibirlo. El ajuste del perno se hace con una llave mixta de 9/16 para apretar la tuerca y rondana. Este procedimiento se hace hasta que se sienta fijo el material, ya que si se aprieta demasiado, se puede llegar a escuchar un tronido del bambú que lo puede fracturar. Este procedimiento, como se mencionó anteriormente, nulifica el movimiento del cúmulo a los lados.



Figura 3.1.3 Inserción del travesaño

Para continuar con el armado del bastidor en tamaño real, se terminaron de apretar las tuercas de los dos extremos, como se puede apreciar en la figura 3.1.4, quedan totalmente sujetos e inmovilizados los dos elementos.



Figura 23. Esquina terminada y ensamblada con pernos.

Al ser presentado este cúmulo sobre el bastidor, se marcó donde sería cortado, con la finalidad de tener un corte preciso y tratar de que el bastidor tuviera cortes limpios. Esto es porque el bambú es una planta gramínea y cada espécimen es diferente uno de otro.

El corte pico de flauta se realizó con un esmeril convencional, como se muestra en la figura 3.1.5, en el cual el disco atravesó el cúmulo por las dos partes de forma diagonal, dando así la apariencia de la boquilla de una flauta. Primero se colocó el marco previamente armado y ensamblado y posteriormente se presentó el bambú que será el contrafuerte del bastidor y que recibirá la carga lateralmente, por eso la necesidad de este elemento.

En la figura 3.1.6 se observa cómo queda el espécimen después de hacer el corte pico de flauta, que posteriormente se perforó y se le insertaron pernos de $\frac{1}{4}$ de pulgada para que también fuera sujetado y así poder armar el bastidor de la casa.



Figura 3.1.5 Corte pico de flauta en bastidores.



Figura 3.1.6 Resultado del corte pico de flauta.

En la figura 3.1.7 y 3.1.8 se muestra como es el procedimiento de ensamble con pernos, rondanas y tuercas de diámetro $\frac{1}{4}$ de pulgada. Previamente perforado el bambú con broca de madera del mismo diámetro.

Con la realización de estos pasos, se concluye el proceso constructivo del bastidor con sus cortes necesarios. Cabe mencionar que el contrafuerte colocado en diagonal con el corte pico de flauta, sirve para soportar las cargas laterales que sean ejercidas sobre el muro, ya que sin este elemento, el módulo quedaría suelto y muy frágil.



Figura 3.1.7 Ensamble de contrafuerte con pico de flauta en bastidor



Figura 3.1.8 Bastidor terminado

El siguiente paso para el armado del muro fue colocar el cartón en rollo para impermeabilizar, este material es de fácil adquisición en tiendas donde venden impermeabilizantes. En este caso se colocaron tres capas de cartón (fig. 3.1.9) sobre el bastidor, ya que la altura del rollo es de 1 metro y tiene que llevar traslapes mínimos de 10 cm, con la finalidad de evitar que al colocarle el aplanado la mezcla de concreto penetrara al interior del bastidor y entrara en contacto con el material, que en este caso es bambú, y pudiera dañarlo a largo plazo.

El cartón fue asegurado con grapas de $\frac{1}{2}$ pulgada de longitud. Estas se pueden encontrar en cualquier ferretería y fueron colocadas con una engrapadora común alrededor del bastidor para de esta manera evitar el movimiento del cartón al momento de aplicar el aplanado.



Figura 3.1.9. Colocación del Cartón en el bastidor.

Posteriormente a la colocación del cartón, se coloca la malla hexagonal Cal. 20. En este caso, también se colocaron tres tramos de este material, ya que el rollo mide 1 metro de altura y como se hizo de manera previa con el cartón para impermeabilizar, los traslapes fueron de 10 cm (fig. 3.1.10). La malla se fijó al bastidor con grapas de $\frac{1}{2}$ pulgada de longitud. Esto con la finalidad de evitar que se moviera al momento de aplicar el aplanado sobre el módulo. La malla se utilizó para lograr una estructura de ferrocemento y evitar cuarteaduras posteriores por contracción y de esta forma ayudar al aplanado a mantener una apariencia uniforme



Figura 3.1.10 Colocación de malla hexagonal Cal. 20

Para terminar la colocación de la malla hexagonal y continuar con el aplanado del muro, se ajustó con más grapas alrededor del bambú, con la finalidad de que no se levantara el alambre; para hacer este proceso se recomienda utilizar guantes especiales de carnaza para evitar lesiones con los extremos de la malla en la que los alambres quedan levantados. De igual forma, se le puede golpear suavemente con un martillo para doblar estos extremos, como se muestra en la figura 3.1.11.



Fig. 3.1.11 Ajuste de malla hexagonal a los costados del módulo

3.2. Prueba de carga por cortante

Esta prueba se realizó para determinar la resistencia al cortante del módulo. Como se muestra en la figura 3.2.1, el muerto de concreto se ancló al suelo y este a su vez a la cimentación del edificio. Cada muerto tiene 6 perforaciones alrededor del mismo, y con esto se aseguró al piso mediante barras tipo cold-rolled roscados de 1 pulgada con sus respectivas rondanas. De esta manera se puede asegurar que la prueba tendría un bajo margen de error con respecto a movimientos de esta base.



Figura 3.2.1 Muerto de concreto en laboratorio de materiales

Una vez que se tuvo listo el muerto de concreto colocado en su lugar y bien asegurado, se colocó el bastidor de bambú. El aplanado del módulo se hizo posterior a la colocación porque quedó muy pesado con el aplanado de concreto y esto dificultó su plomeo (fig. 3.2.2).



Figura 3.2.2 Colocación de muro sobre muerto de concreto.

Una vez colocado el muro en su lugar, se hizo una pequeña cimbra por la parte posterior del muro con triplay de 3 mm (fig 3.2.3.), lo anterior con la finalidad de evitar que al aplicar la mezcla, el cartón o la malla hexagonal se desprendiera de sus grapas y pudiese dañarse el material. Además, esto sirve para hacer una base rígida y evita que el muro se abulte quedando una apariencia terminada uniforme, como si fuera un aplanado común en un muro ordinario de tabique.

El aplanado se realizó con mortero arena-cemento (5-1) con la finalidad de cubrir y proteger al bambú de humedad o algunos otros factores que pudieran dañarlo, como se muestra en la figura 3.2.4. El aplanado quedó uniforme y de una apariencia homogénea.

Posterior al aplanado, se colocó cartón en los canales del muerto de concreto, para que este sirviera de separación entre el concreto que se aplicó y se tuviera una especie de cimentación que sujetara adecuadamente al módulo ya aplanado. El concreto fue elaborado con una resistencia de 250 kg/cm^2 y se dejó madurar por más de 20 días para que llegara a su máxima resistencia.

Se necesitó colocar dos guías sobre el módulo, apoyadas en la estructura del laboratorio, para evitar que al momento de ejercer fuerza sobre un costado, el módulo tuviera cierta desviación y de este modo se obtuviera un resultado inapropiado. Se cuidó que estas guías no tocaran el módulo ni contribuyeran a la resistencia, solo permitieron que su desplazamiento fuera totalmente alineado. Estas guías fueron sujetadas con soldadura 70/18 sobre el bastidor de bambú.



Figura 3.2.3. Cimbra con triplay al muro.



Figura 3.2.4 Aplanado de muro y colocación de concreto en la base.

Una vez que endureció la mezcla del aplanado, se pintó el muro de blanco con una combinación de 500 ml de sellador 5 a 1, 2 kilos de cal y media cubeta de agua. Estos se mezclaron hasta crear una pasta homogénea para pintar con una brocha común del #5 y recubrir todo el módulo (figura 3.2.5). Se pintaron los módulos a dos manos de pintura, resultando más blanco, para poder observar más apropiadamente los patrones de agrietamiento que se generarían durante los ensayos (figura 3.2.6).



Figura 3.2.5 Mezcla de sellador, cal y agua



Figura 3.2.6 Muro pintado de blanco

Para poder monitorear el desplazamiento lateral del módulo por la parte posterior se colocó una cinta métrica de 100 cm, fijada de los extremos del marco de la estructura donde se realizó la prueba como se muestra en la figura 3.2.7. Junto con esta cinta se colocó un tripié con una cámara, para videograbar y monitorear el desplazamiento horizontal (figura 3.2.8). Se cuidó que la cinta métrica no interfiriera con el movimiento del módulo, ni con el movimiento del gato hidráulico.

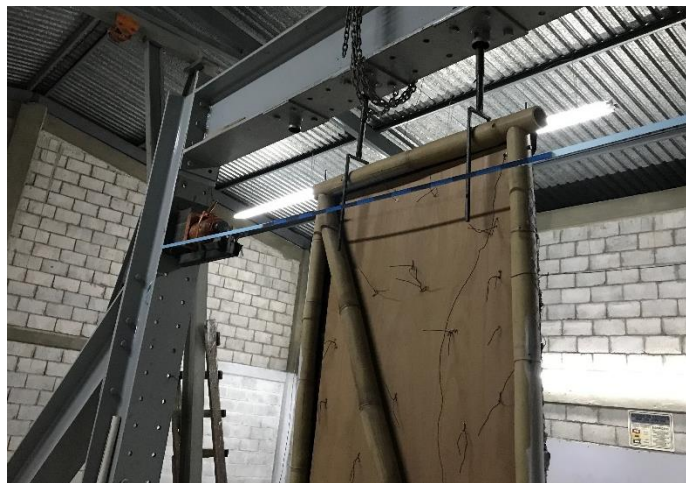


Figura 3.2.7 Cinta métrica.



Figura 3.2.8 Cinta métrica.

La figura 3.2.9 muestra cómo se colocó el tripié con una cámara, para grabar el desplazamiento producido por la fuerza que generó el gato hidráulico. Este tripié se colocó por la parte posterior, ya que por la orientación del laboratorio, la luz solar estaba justo enfrente y se obtenía un reflejo en la cámara, lo que impedía grabar de manera apropiada para generar resultados fiables. La cámara se mantuvo grabando durante cada prueba para monitorear el desplazamiento. Para empezar a grabar se revisó el espécimen y se continuó con la prueba (3.2.10).



Figura 3.2.9 Uso de tripié



Figura 3.2.10 Presentacion del espécimen.

Antes de iniciar la prueba se colocó un gato hidráulico con capacidad de 20 toneladas de carga en el extremo superior del módulo (figura 3.2.11). Posteriormente, se colocó una celda de carga que ayudaría a registrar la fuerza ejercida sobre el módulo. La distancia de separación del bastidor de bambú al gato fue de 1.5 m. Se tuvo que añadir un tubo acero que sirviera de extensión entre el gato y la celda de carga para poder llegar hasta el módulo y poder ejercer la fuerza lateral. Este se colocó sobre un perfil (ángulo) soldado al marco de la estructura del laboratorio, que permitiera llegar a hacer contacto con el extremo superior del bastidor. El gato, la celda de carga y el tubo de extensión, fueron sujetos con alambre recocido (#2) para evitar movimientos extraños de extensión que alteraran la prueba.

En el extremo del tubo de extensión, al igual que entre la celda de carga y el tubo, se colocaron guantes de carnaza, con la finalidad que el contacto entre los dos extremos fuera uniforme y no sólo sobre un punto que concentrara toda la carga (figura 3.2.12).



Figura 3.2.11 Colocación de gato hidráulico para la aplicación de la carga lateral.



Figura 3.2.12 Tubo de extensión y guante de carnaza al extremo

En la figura 3.2.13, se muestra la colocación de la celda de carga para probar los equipos de medición. Se utilizó un módulo en el que se registró la carga aplicada al muro de bambú, lo cual se registró con la celda de carga que se colocó previamente en el ángulo soldado a la estructura. En la figura 3.2.1 se observa la calibración de los aparatos de medición antes de iniciar la prueba.



Figura 3.2.13 Colocación de celda de carga en la estructura.



Figura 3.2.14 Calibración de aparatos previos a la prueba

Una vez probados y calibrados todos los aparatos de medición, se inició con la aplicación de carga lateral al módulo, que fue aplicada en la parte superior derecha, para que la carga fuera puntual y se iniciara el desplazamiento, como se muestra en la figura 3.2.15. La aplicación de la fuerza con el gato hidráulico fue manual, empleándose un pequeño tubo para ir desplazando el gato hidráulico poco a poco.

Con el sensor de carga se fue registrando la aplicación de fuerza y, al mismo tiempo, se llevó a cabo la grabación del desplazamiento lateral. Con esto se detectó el desplazamiento conforme se aplicaba la carga aplicada al módulo.



a)



b)

Figura 3.2.15. Aplicación de carga al módulo de bambú.

Posterior a la prueba, se descargó el gato hidráulico y se retiraron tanto la celda de carga como tubo de extensión. En la figura 3.2.16 se puede apreciar el punto de contacto entre el tubo y el guante de carnaza, en el cual se produjo una pequeña grieta al alcanzar los 600 kg. Previamente a la prueba, se marcaron las grietas preexistentes en las barras de bambú pero estas representaron una disminución en su resistencia. Como se muestra en la figura 47 b, dichas fisuras preexistentes fueron señaladas con marcador negro.



Figura 3.2.16 Lugar de contacto del gato y la extensión, y las grietas existentes marcadas previamente a la prueba.

El cúmulo en diagonal que se colocó de manera estructural como contrafuerte, fue el que recibió la mayor parte de los esfuerzos ejercidos sobre el módulo, los dos laterales simplemente no tuvieron mas daños. En el contrafuerte se apreciaron algunas grietas generadas por la acción del esfuerzo aplicado y también en las uniones de ésta se pueden apreciar (figura 3.2.17.) Se detectó que las tuercas de unión se aflojaron de la varilla roscada que atravesaba la unión. Solo estos dos daños fueron los más significativos en el módulo.



Figura 3.2.17 fallas después de la prueba en el módulo de bambú.

En cuanto al aplanado, se produjeron algunas grietas horizontales tal y como se muestran en las figuras 3.2.18 y 3.2.19, respectivamente. Éstas no produjeron ninguna falla estructural relevante el muro ni comprometió el comportamiento estructural del módulo. El espesor de las grietas varió entre 0.1 mm hasta 3 mm.

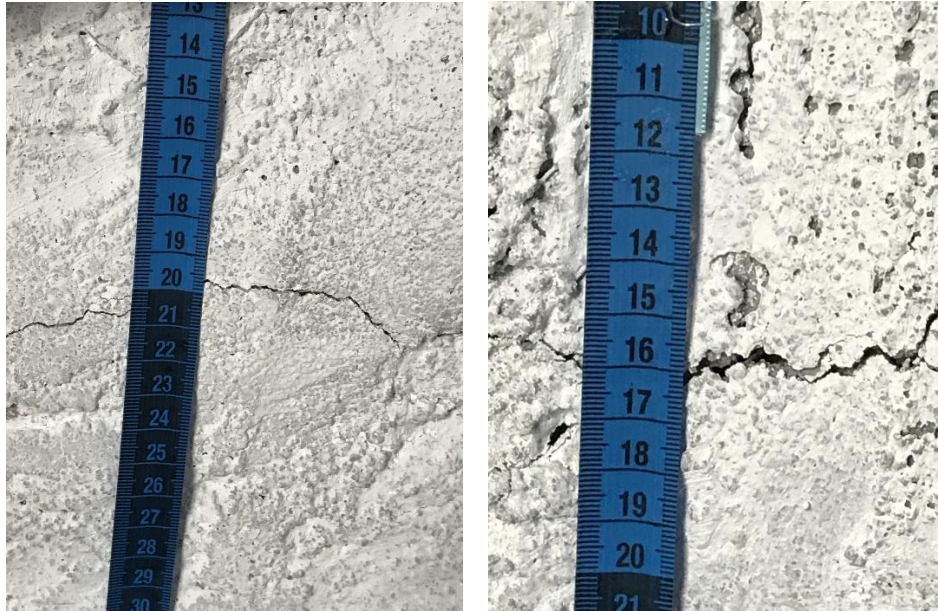


Figura 3.2.18 Medida de las grietas en el aplonado.



Figura 3.2.19 Patrón de agrietamiento producido por el esfuerzo aplicado.

Como se aprecia en la figura 3.2.20, las fallas severas que presentaron los muros fueron en el anclaje de los bastidores, sobre el muerto de concreto, antes de que se produjera el daño en la estructura del muro. La separación del anclaje con respecto al muerto de concreto fue de 3 cm de manera vertical, agrietamiento severo en el resto del anclaje. Este tipo de daño se observó en los dos muros que se probaron.

La estructura del muro de bambú no sufrió daño alguno, donde se presentó la falla fue en la base del anclaje del muro al muerto de concreto.



Figura 3.2.20 Cimentacion del muro con falla.

El desplazamiento máximo que se muestra en la figura 3.2.21, fue de 8 cm bajo una carga de 600 kg.

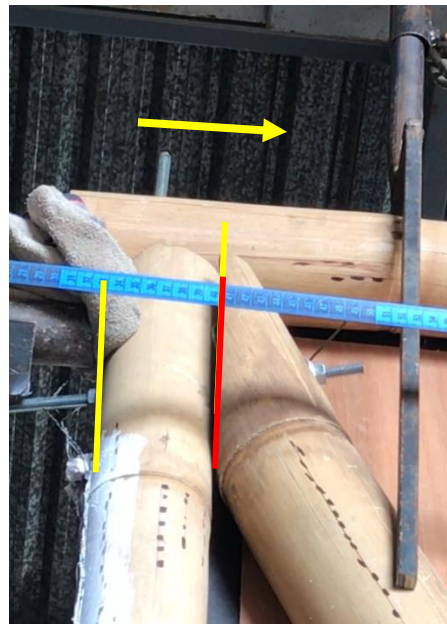


Figura 3.2.21 Nodo del módulo antes de la prueba.

La secuencia de la figura 3.2.22 muestra el proceso de carga aplicada al modulo. Se puede apreciar cómo la cámara captó el desplazamiento lateral conforme el paso del tiempo. De esta manera se elaboró la gráfica carga-desplazamiento.

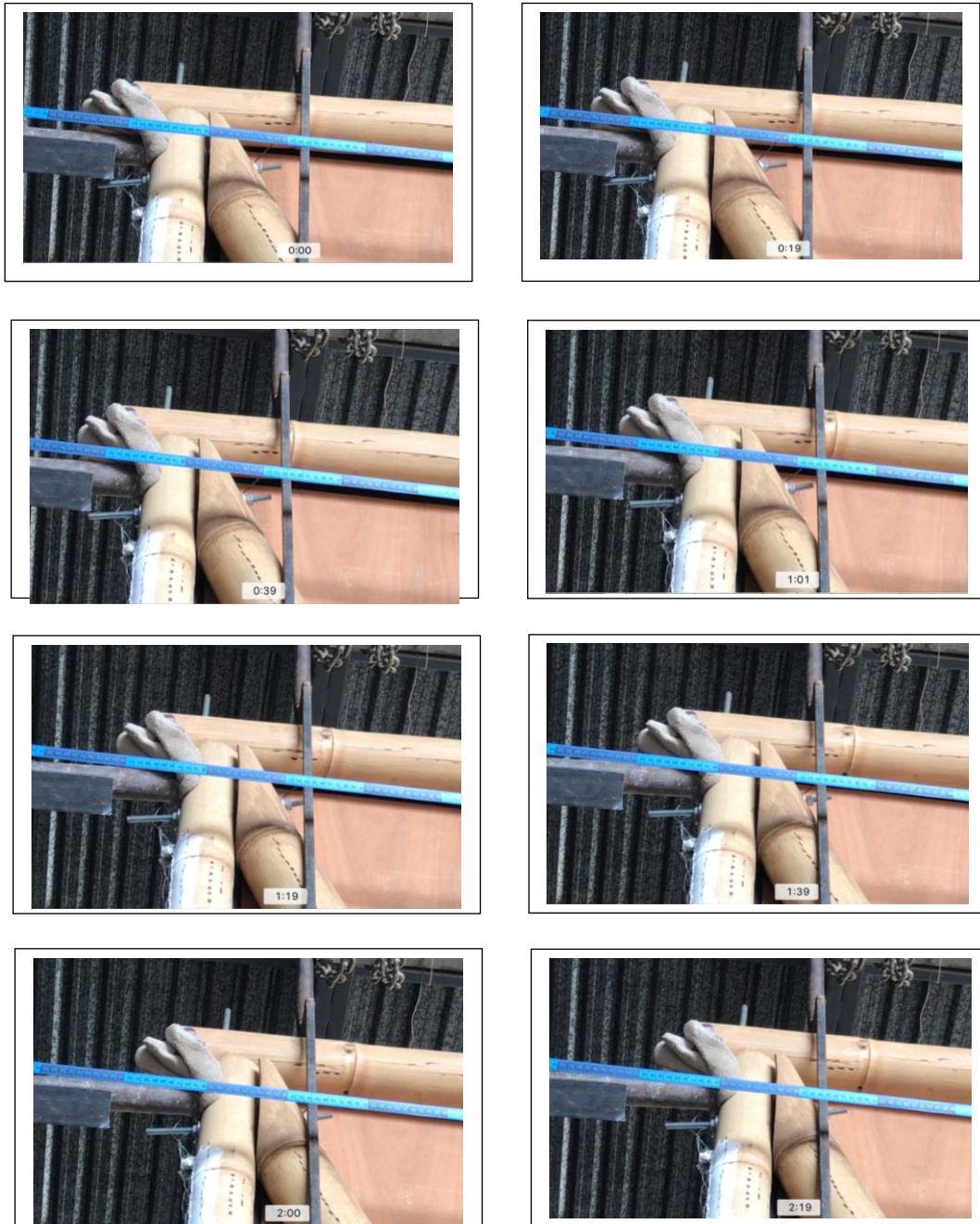
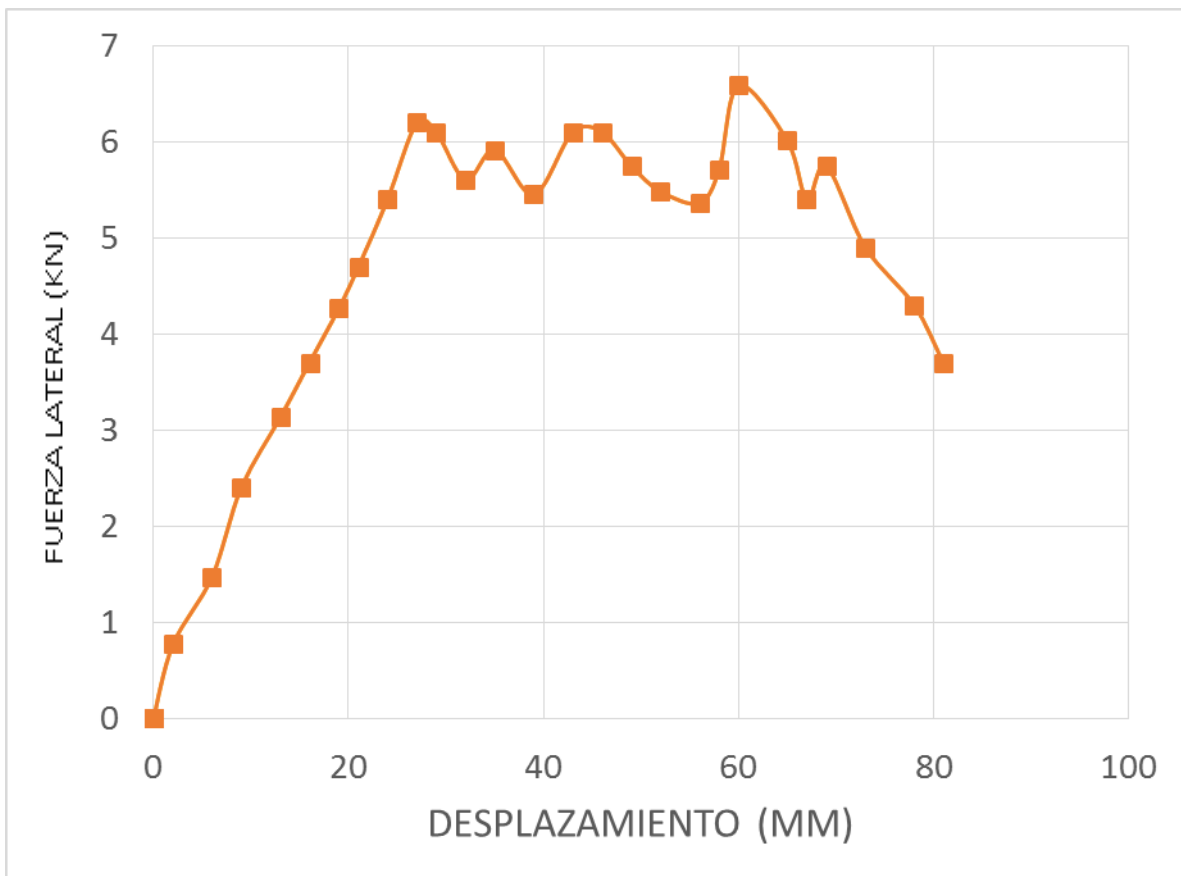


Figura 3.2.22 Sucuencia de imágenes con desplazamiento lateral creciente en el módulo de bambú.

3.3 Tratamiento de la información experimental

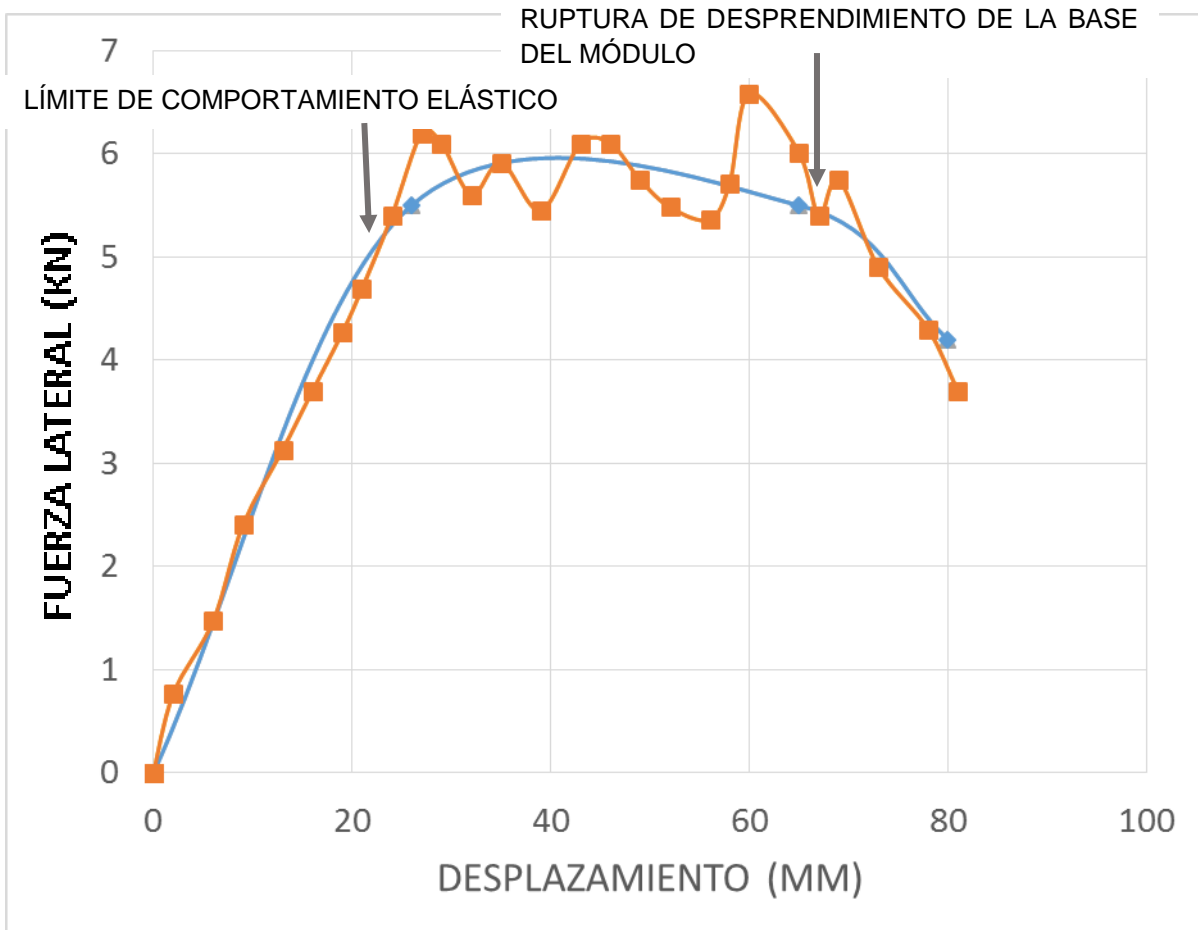
Una vez terminadas las pruebas en el laboratorio de materiales, se analizaron los resultados obtenidos, como se muestra en la gráfica 3.3.1. La relación existente entre fuerza y desplazamiento, muestra la pendiente de la gráfica hasta 25 mm aproximadamente una fuerza constante de 600 kg, Esto significa que hasta los 25 mm de desplazamiento lateral, el módulo puede regresar a su forma original sin sufrir deformación alguna, una vez pasando este valor y si se dejara de aplicar carga, ya no regresaría a su forma inicial, si no que presentaría una deformación permanente.

Las variaciones que se observan en la gráfica son el resultado de la carga que se ejercía con el gato, se observa que una vez que se regresaba el maneral para volver a aplicar la carga, el vástago del gato retrocedía un poco.



Gráfica 3.3.1 Relación carga y desplazamiento del módulo de bambú.

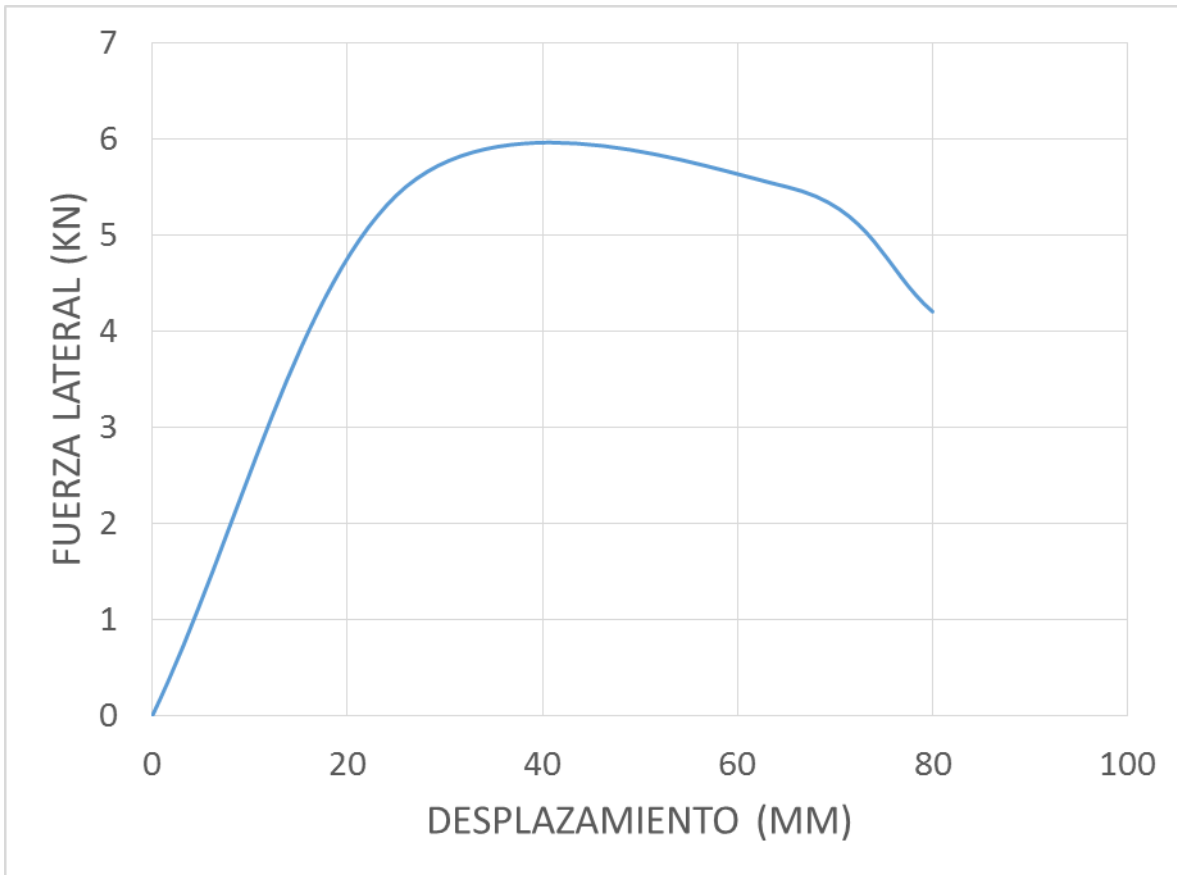
Se generó una curva de falla con relación a la gráfica 3.3.1. Esto, con la finalidad de poder interpretar mejor el comportamiento del módulo, como se muestra en la gráfica 3.3.2.

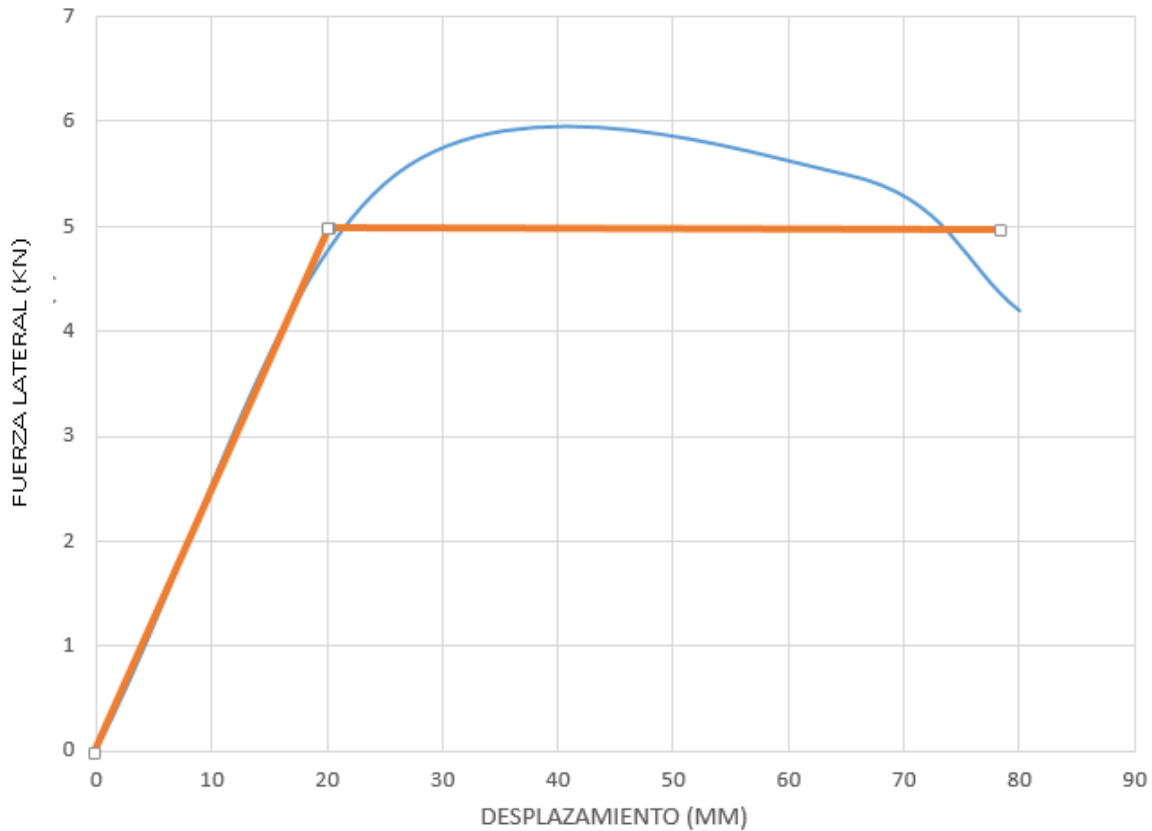


Gráfica 3.3.2 Propuesta de curva suavizada de falla.

En la gráfica 3.3.3 se muestra la curva suavizada generada, para la interpretación del comportamiento del módulo con respecto a la carga aplicada lateralmente (gráfica 3.3.4). Como se mencionó anteriormente, la cimentación de la estructura fue la que se desprendió primero de la base donde se colocó. Es por eso que la curva muestra una disminución en la carga recibida, no por la falla del marco de bambú como tal.

Gráfica 3.3.3. Curva de falla del módulo.





Gráfica 3.3.4. Interpretación de curva de falla.

2 tramos rectos:

$$m = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1)$$

m = pendiente de la recta inclinada

b = Punto de intersección de la recta inclinada con el eje vertical, 0

$$y = mx + b$$

$$y = x/4 \text{ para } 0 < x < 20$$

$$y = 5 \text{ para } 20 < x < 80$$

Finalmente el comportamiento del módulo de bambú, podría representarse mediante la curva elastoplástica perfecta de la figura 3.3.4 cuya ecuación es:

$$y = x/4 \text{ para } 0 < x < 20$$

$$y = 5 \text{ para } 20 < x < 80$$

Donde x es el desplazamiento en milímetros y y es la fuerza total aplicada en KN .

Conclusiones del comportamiento observado en las pruebas experimentales

Pudo observarse que se tuvieron niveles de deformación de hasta 80mm bajo la carga máxima aplicada la cual resultó de 5KN.

Esto significa que una vivienda con hasta 12 módulos por dirección, podría resistir hasta aproximadamente 60 KN, lo cual es significativamente alto, considerando que la fuerza basal máxima que podría ejercerse podría ser de máximo 18 KN. Esto significa que la vivienda tendría un factor de seguridad de 3.33, lo cual garantiza un comportamiento sismo-resistente muy adecuado.

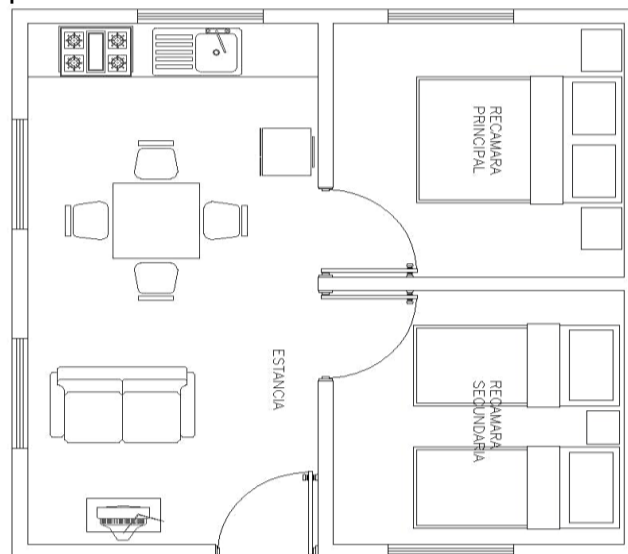
CAPÍTULO IV. PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA A BASE DE BAMBÚ

En este capítulo se describe el proyecto arquitectónico de la vivienda a desarrollar para utilizarla en caso de contingencias. El proyecto debe ofrecer las condiciones mínimas de espacio y habitabilidad a las personas y familias que la ocupen, para lo anterior es necesario revisar leyes y reglamentos que indiquen los parámetros a cumplir, y que, en alguna forma permitan gestionar los recursos para su construcción.

Una vez analizadas las propiedades y posibilidades constructivas del bambú, se desarrolla el sistema constructivo de la vivienda, donde se muestra paso a paso, como se construye el proyecto de vivienda, tomado en cuenta las características del bambú como el material de construcción más importante en el proyecto.

4.1 El proyecto arquitectónico

En la fig. 4.1.1, se observa el proyecto del acceso a la vivienda emergente 2016, con un bajo costo para casos de desastres naturales.



ACCESO

PLANTA ARQUITECTÓNICA

Figura 4.1.1 Planta arquitectónica de la vivienda emergente

Como se muestra en la figura anterior, la planta arquitectónica cuenta con una pequeña estancia, comedor, cocina y dos recámaras que en total dan 36 m²

Cada uno de los espacios fue analizado para garantizar la calidad de la vivienda y fijar los espacios mínimos habitables de acuerdo con la Ley de Vivienda. Para este proyecto se refiere a las dimensiones mínimas de vivienda que establece el INFONAVIT que a su vez extrae de los reglamentos aplicables a nivel estatal o local de acuerdo con la entidad federativa que se trate. Para el estado de Guerrero, se obtuvieron los valores de la siguiente tabla:

Tabla 4.1.1 Comparativa de dimensiones mínimas de vivienda de acuerdo con disposiciones y reglamentos oficiales. Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el INFONAVIT.

	HABITABLES			NO HABITABLES		ALTURA LIBRE MÍNIMA
	EST-COM	REC PRAL.	REC. ADIC.	COCINA	BAÑO	
	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	
REGLAMENTO	13.80	7.00	6.00	3.00		2.30
PROYECTO	13.94	8.50	8.50	3.26	2.00	2.50

Por lo anterior se observa que cada uno de los espacios del proyecto, cumple con las dimensiones mínimas establecidas. Se muestran también la fachada y un corte de interior (fig. 4.1.2)

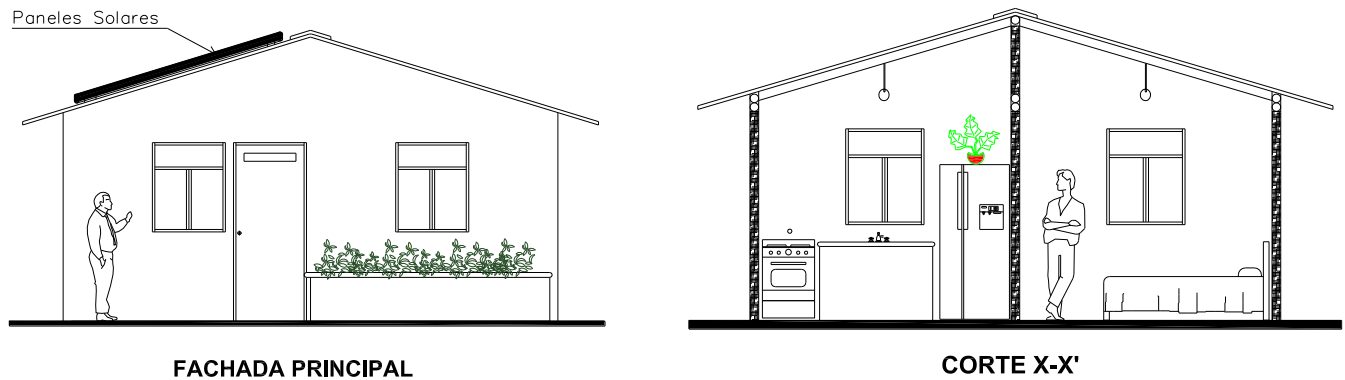


Figura 4.1.2 Fachada y corte, vivienda emergente

4.2 El sistema constructivo de la vivienda emergente

El sistema constructivo de la vivienda es una de las partes más importantes del proyecto, debido a que de su eficiencia depende el tiempo de su edificación. Para esta unidad de vivienda los elementos prefabricados ayudarán a hacerla más eficiente.

4.2.1 Cimentación

Para desplantar la vivienda, se hace una losa de cimentación de un $F'c=250\text{kg/cm}^2$ reforzado, ella se coloca una base metálica de monten cal. 14 de 4 pulgadas donde se soporta la pieza de bambú para evitar el contacto con el concreto y así un posible daño a la pieza. A los costados, se colocan 2 ganchos de varilla de 3/8 de diámetro que se ahogarán en el concreto, estos deben de ir 40 cm de la base hasta arriba para dar un mejor soporte a la cimentación. Estos van soportados por un perno de 3/8, como se ve en la figura 4.2.1.1 con malla electrosoldada 6x6 -10/10. La medida de la losa es 6.10 x6.10 m. Con un espesor de 10 cm.

Este modelo se deberá de repetir por cada bambú vertical, que son 39 por toda la vivienda: Acero por lo menos 3.2 mm de espesor y la anchura del bambú.

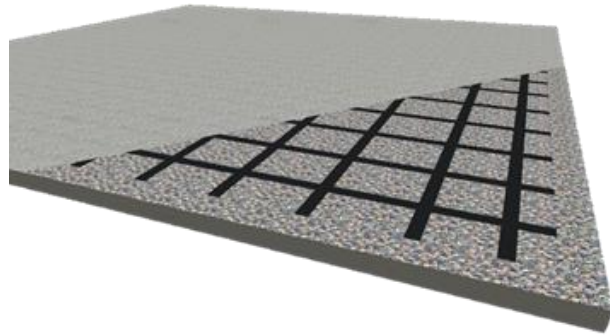
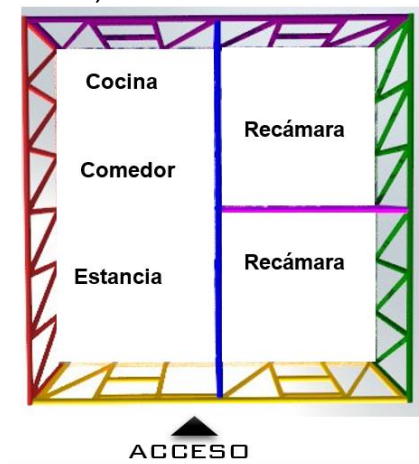


Figura 4.2.1.1 Losa de cimentación vivienda emergente.

Posteriormente se anclan a la malla electrosoldada las bases metálicas, a la que se colocaran, según el módulo correspondiente, de acuerdo con los espacios del proyecto.(fig.4.2.1.2)



Croquis de ubicación de los paneles o módulos de Bambú para la elaboración de vivienda emergente.

Con los diferentes colores se podrá identificar la ubicación de cada uno de ellos

Figura 4.2.1.2 Ubicación de espacios vivienda emergente

4.2.2 Muros

Se continúa con la colocación de módulos, los cuales irán anclados sobre las bases metálicas y estarán fijos con la ayuda de pernos, rondanas y tuercas. Los módulos se describen en orden de colocación. (fig. 4.2.2.1).

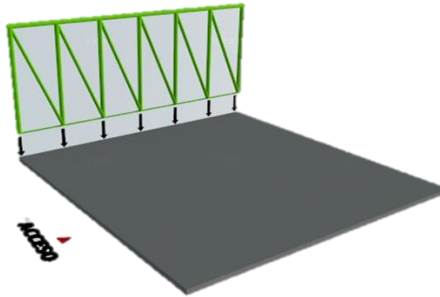


Figura 4.2.2.1 Módulo prefabricado vivienda emergente.

El módulo 1, es de muro exterior, posteriormente ira el módulo 2 que es módulo de muro divisorio de recámaras.(fig. 4.2.2.2).

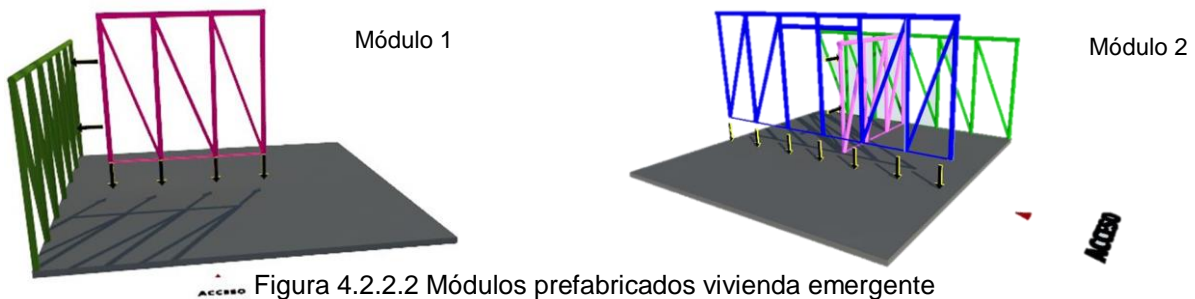


Figura 4.2.2.2 Módulos prefabricados vivienda emergente

Consecutivamente irá el módulo 3 perteneciente al muro, el cual tiene 2 puertas de acceso para las recámaras (fig. 4.2.2.3) Mientras que el módulo 4 es de muro exterior con 2 ventanas (4.2.2.4).

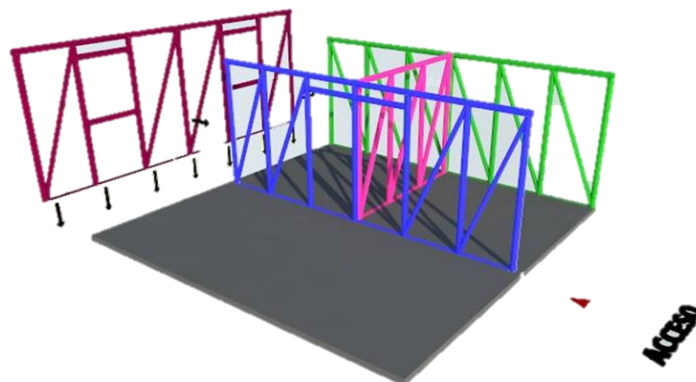


Figura 4.2.2.3 Módulo 3

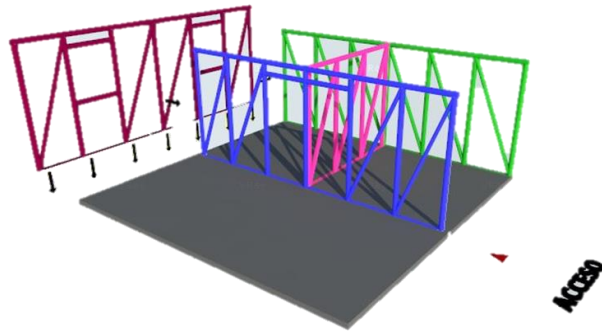


Figura 4.2.2.4 Módulo 4

El módulo 5, corresponde al muro de la fachada con dos ventanas y una puerta. (fig. 4.2.2.5).

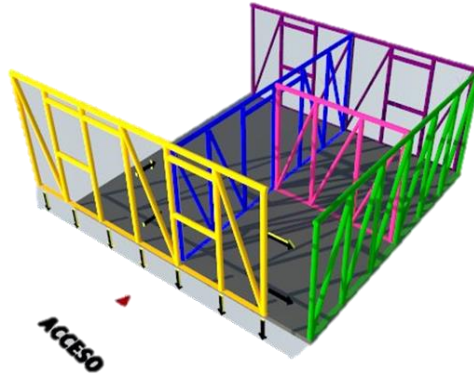


Figura 4.2.2.5 Módulo 5

El módulo 6, corresponde a un muro exterior, con el cual se finaliza la estructura portante de la vivienda (fig. 4.2.2.6).

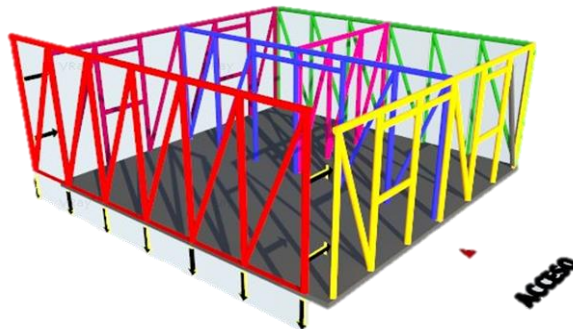


Figura 4.2.2.6 Módulo 6

4.2.3 Techumbre

Para la colocación del techo, se habilitarán 3 armaduras tipo Pratt hechas de bambú, conectadas con largueros para un techo a dos aguas. (fig 4.2.3.1).

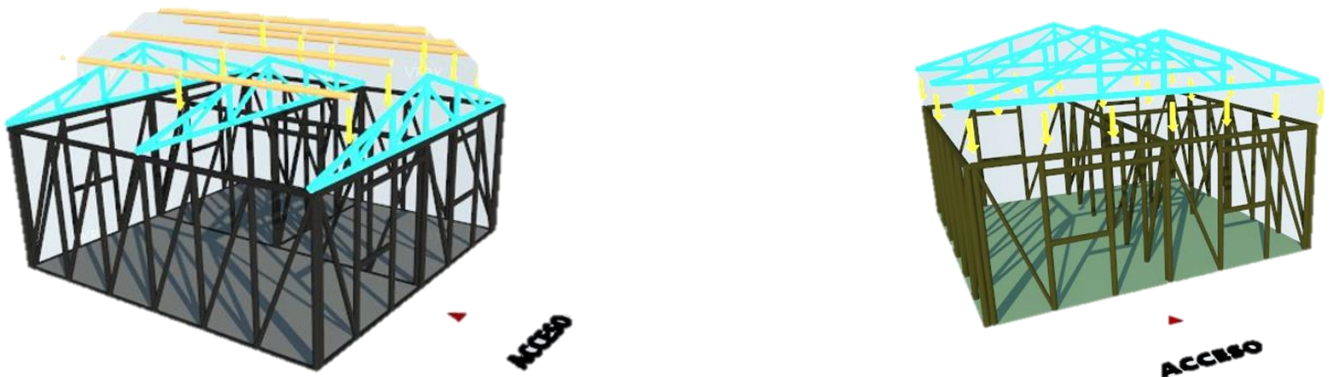
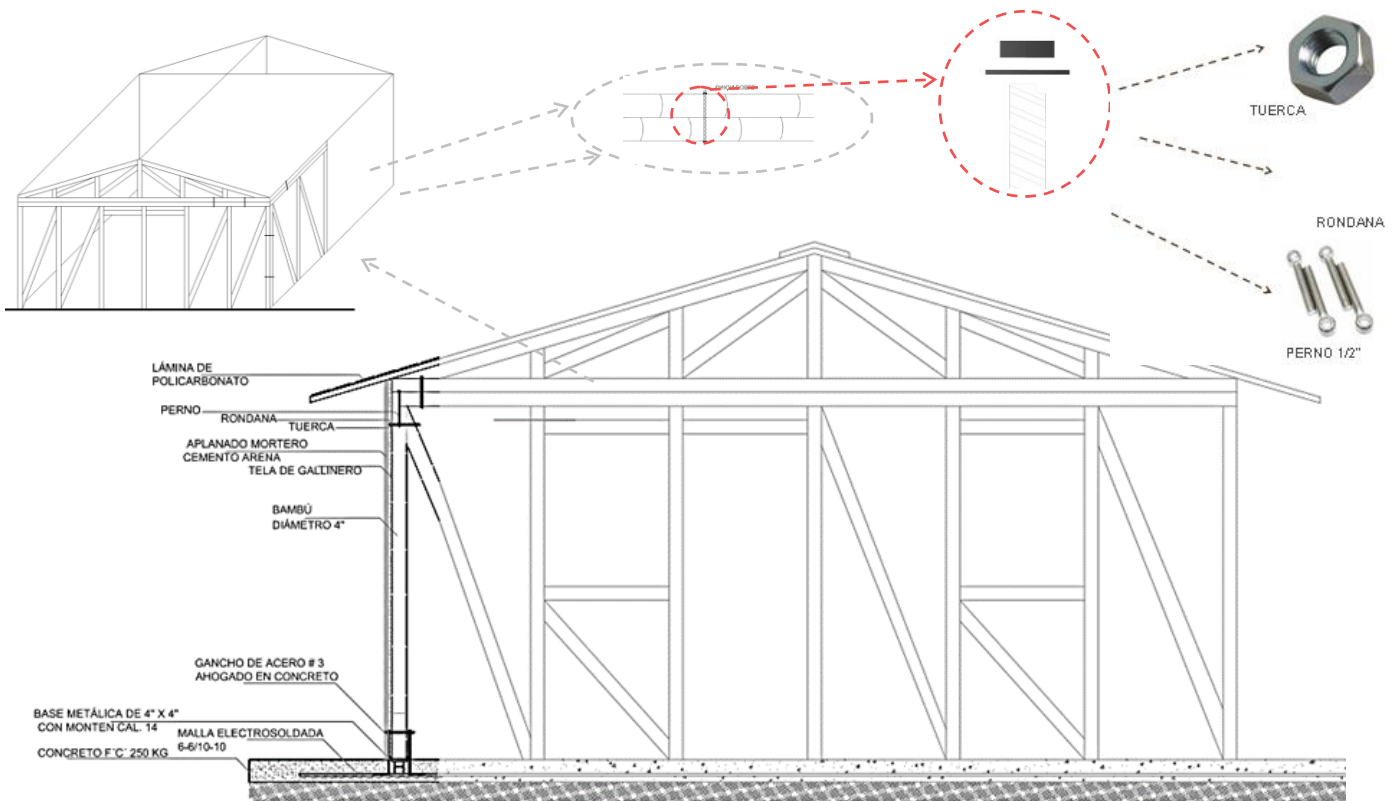


Figura 4.2.3.1 Estructuras Pratt en techumbre de vivienda

Existen muchas piezas clave para el armado de vivienda emergente hecha a base de bambú (fig. 4.2.3.2).

Tabla 4.3.2.1 Elementos de la techumbre.

3 ARMADURAS TIPO PRATT:	10 LARGUEROS DE BAMBÚ DE 3.00 MTS.	48 PERNOS	48 RONDANAS	48 TUERCAS
				



BASE METÁLICA PARA SOPORTE Y ANCLAJE DE BAMBÚ, HECHA A BASE DE

GANCHO DE ACERO #3 AHOGADO EN CONCRETO, LONG. 60 CM

LOS MÓDULOS O PANELES CONSTITUYEN LA ESTRUCTURA PORTANTE DE LA VIVIENDA, MISMA QUE CONSTA DE SEIS MÓDULOS

Figura 4.2.3.2 Elementos de techumbre vivienda

La estructura es a base de 3 armaduras tipo pratt hecha de bambú, conectadas con largueros. Sujeta a esta estructura va colocada la lámina térmica de policarbonato espumado, que da un acabado rustico de teja (fig. 4.2.3.3).

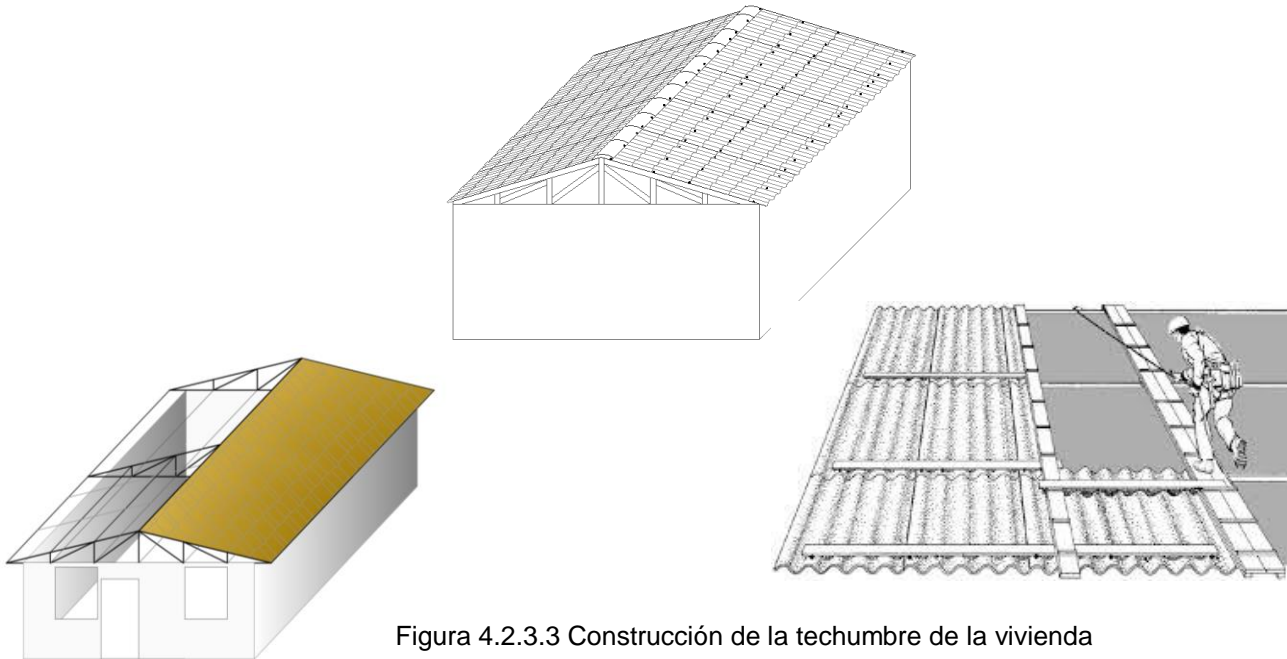


Figura 4.2.3.3 Construcción de la techumbre de la vivienda

El anclaje de la lámina se hace con pija broca de 1", como lo muestra la figura 4.2.3.4.

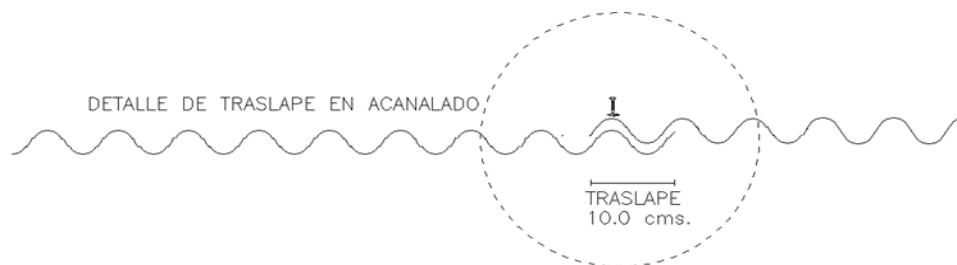


Figura 4.2.3.4 Detalle de anclaje de la lámina

4.2.4 Instalación Sanitaria

La instalación sanitaria se resuelve a través de una fosa séptica, que separa las aguas jabonosas (fregadero, lavabo y regadera) y las aguas negras (W.C.) (fig. 4.2.4.1)

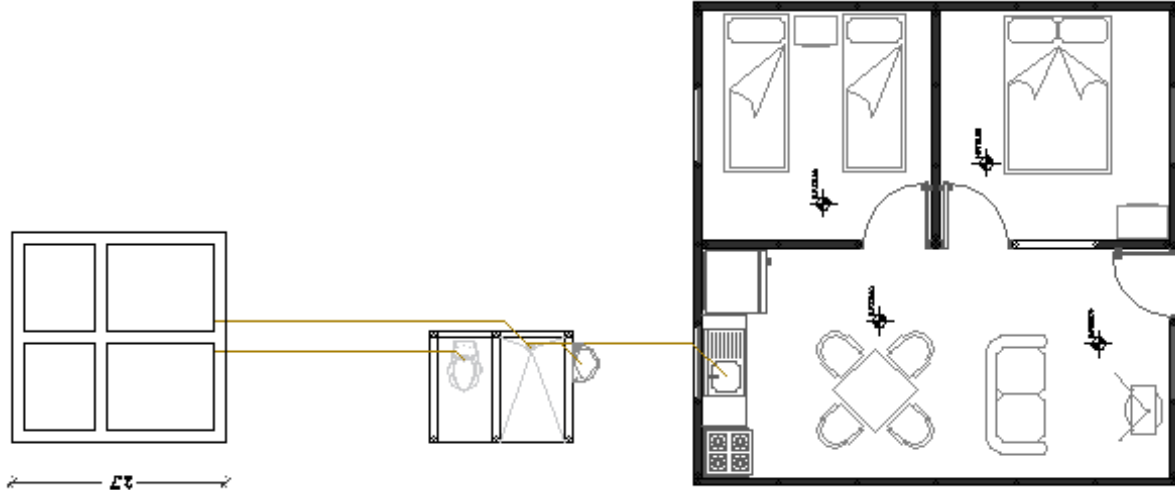


Figura 4.2.4.1 Instalación sanitaria vivienda

4.2.5 Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica se alimentará mediante el servicio público. Se buscará iluminar y proporcionar alimentación eléctrica a cada uno de los espacios de la vivienda (fig. 4.2.5.1).

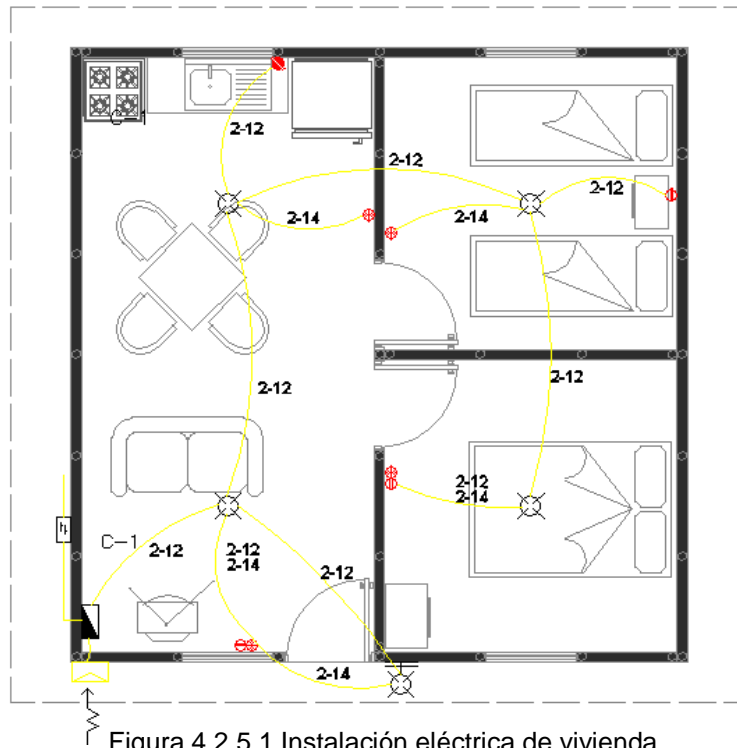


Figura 4.2.5.1 Instalación eléctrica de vivienda

Se calculó el consumo probable de la vivienda en watts para proponer los circuitos correspondientes y los elementos de la instalación eléctrica necesarios para ofrecer el mejor servicio. (fig. 4.2.5.2).

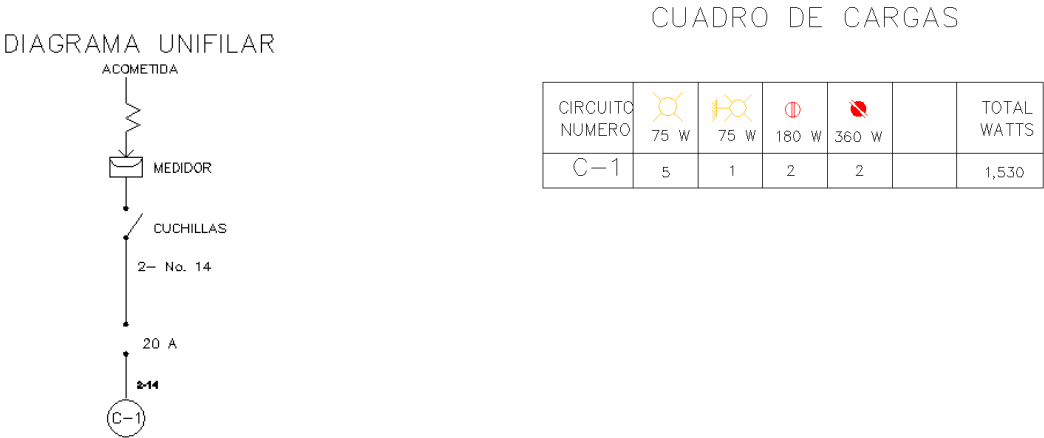


Fig. 4.2.5.2 Diagrama unifilar y cuadro de carga

Además de servicio público eléctrico, se buscarán alternativas de generación de energía por medio de paneles solares que reduzcan la dependencia del servicio público y disminuir la demanda de este servicio y por consecuencia del empleo de energías contaminantes para su generación (fig. 4.2.5.3).

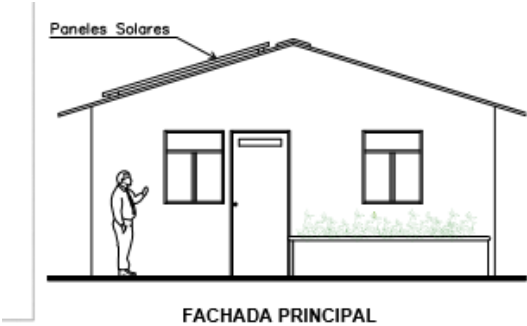


Figura 4.2.5.3 Instalación eléctrica vivienda.

4.2.6 Instalación hidráulica

La instalación hidráulica consiste en dos bajadas de agua, una para alimentación de regadera y W.C., y la otra para alimentación de lavabo y fregadero. (fig. 4.2.6.1).

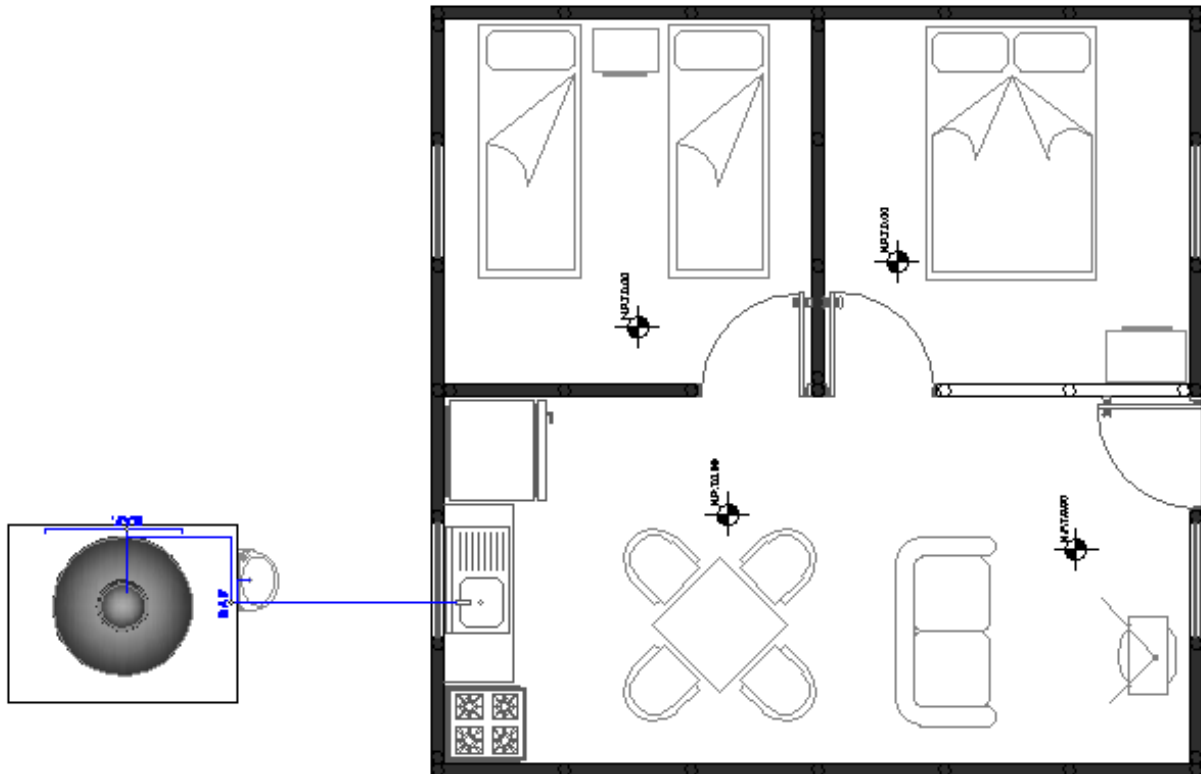


Fig. 4.2.6.1 Instalación hidráulica de la vivienda

Se buscarán sistemas alternativos de captación de agua para los meses con lluvias y una conexión directa a los servicios para garantizar el abasto continuo del vital líquido.

4.2.7 Acabados

Recubrimiento de muro

Para el recubrimiento de los módulos de bambú se utiliza tela de gallinero y malla electrosoldada, con un aplanado mortero cemento arena para evitar que los marcos de bambú tengan contacto directo con elementos que puedan reducir su vida útil (fig. 4.2.7.1).

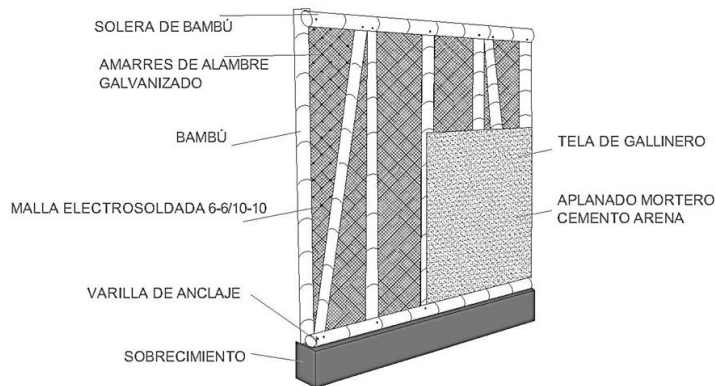


Fig. 4.2.7.1 Recubrimiento en muros de vivienda

Cancelería

Las puertas y ventanas prefabricadas para la vivienda serán de aluminio imitación de madera y estarán listas para el ensamblaje justo después de la colocación de módulos (fig. 4.2.7.2).



Figura 4.2.7.2 Cancelería de vivienda

Presupuesto de la vivienda de bambú

Bambu de 10 cm de diametro					
CONCEPTO	CANT	LONG.	SUBTOTAL	PRECIO U	TOTAL
VERTICALES	39	2.4	93.6	\$ 25.00	\$ 2,340.00
DIAGONALES	26	2.44	63.44	\$ 25.00	\$ 1,586.00
LONGITUDINALES	2	6.1	12.2	\$ 25.00	\$ 305.00
	3	9.9	29.7	\$ 25.00	\$ 742.50
	1	2.9	2.9	\$ 25.00	\$ 72.50
DINTELES	11	0.9	9.9	\$ 25.00	\$ 247.50
DIAGONALES BAJO VENTANA	4	1.56	6.24	\$ 25.00	\$ 156.00
ARMADURA DE TECHO	1	59.2	59.2	\$ 25.00	\$ 1,480.00
TOTAL			277.18	\$ 25.00	\$ 6,929.50
					\$ 6,929.50
CONCEPTO	U	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Union para bambú, incluye pernos hechos a base de varilla corrugada 3/8", turca y rondana	pza	19.25	98	1886.5	\$ 1,886.50
					\$ 1,886.50
Losa de cimentacion					
CONCEPTO	U	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Concreto fc' 250 kg	M3	\$ 2,150.00	5.58	\$ 2,150.00	\$ 11,997.00
Malla electrosoldada 6-6/10-10	M2	\$ 29.51	37.21	\$ 28.62	\$ 1,098.07
Base metalica, hecha a base monten cal. 14 de 4" x 4"	pza	\$ 28.00	39	\$ 1,092.00	\$ 1,092.00
Gancho de varilla de #3, long. 60cm	KG	\$ 14.60	19.6	\$ 286.16	\$ 286.16
					\$ 14,473.23
CONCEPTO	U	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Puertas	m2	\$ 1,800.00	5.94	\$ 10,692.00	\$ 10,692.00
Ventanas	m2	\$ 1,500.00	3.96	\$ 5,940.00	\$ 5,940.00
					\$ 16,632.00
Lamina de policarbonato					
CONCEPTO	U	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Lamina de policarbonato	m2	\$ 217.19	38.8	\$ 8,426.97	\$ 8,426.97
					\$ 8,426.97
Malla de gallienero					
CONCEPTO	U	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Malla de gallienero	m2	\$ 11.32	71.7	\$ 811.64	\$ 811.64
					\$ 811.64
Aplanado con mortero 1:5					
CONCEPTO	U	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Aplanado con mortero 1:5	m2	\$ 160.00	71.7		\$ 11,472.00
					\$ 11,472.00
					\$ 60,631.84

CONCLUSIONES

Uno de los objetivos del sistema constructivo es que pueda realizarse de manera rápida por medio de elementos prefabricados y con mano de obra no necesariamente con mucha calificación. Al ir construyendo la vivienda se irán integrando las instalaciones, para que una vez terminada la estructura, no se haga complicado introducir los servicios a la vivienda.

El sistema constructivo de la vivienda se repetirá de manera que la producción se pueda considerar por unidad o construida en serie en el número que se requiera, de acuerdo a la necesidad para satisfacer la demanda, la capacidad de producción y suministro de las piezas prefabricadas, la mano de obra disponible y las condiciones necesarias del espacio de emplazamiento donde se ubicarán las viviendas, que cumplan con las condiciones de habitabilidad, aptitud de suelo, capacidad de dotación de servicios urbanos, accesibilidad, entre otras.

Otra de las ventajas de este sistema constructivo es su costo, en comparación con otros materiales, aun cuando el tiempo de vida útil del bambú se puede ver disminuido por diversos factores externos, se puede alargar su vida útil sin que represente un costo elevado. Sin embargo, el principal objetivo es proveer de vivienda a las personas que por la ocurrencia de algún fenómeno se vean afectadas en sus condiciones de habitabilidad y requieran con urgencias espacios que les provean el mínimo necesario para continuar con sus actividades de vida en condiciones seguras.

La historia de la ocurrencia de los desastres naturales en el estado de Guerrero muestra que su población presenta un alto grado de vulnerabilidad ante el embate, sobre todo de fenómenos hidrometeorológicos y sismos. Estos fenómenos seguirán presentándose y debido a diversos factores probablemente en mayor cantidad y con mayor intensidad.

Se ha comentado que el actuar de las autoridades es posterior a que se presentan los desastres y no existe una cultura de la prevención que pudiera mitigar en cierta medida el impacto de los fenómenos naturales en la vivienda y la infraestructura de los asentamientos humanos sobre en sus zonas de mayor riesgo.

Después de ocurrido el desastre, que en el mejor de los casos solo cause daños materiales, la sociedad civil es la que toma el mando en la contingencia inmediata, la posterior intervención de las autoridades ya en el proceso de solventar la necesidad inmediata de ofrecer habitabilidad a las familias afectadas en un corto y mediano plazo, a través de diversas dependencias y programas se van atendiendo y reconstruyendo las viviendas e infraestructura pertinentes en ayuda a los damnificados.

Por lo anterior, se vuelve urgente presentar una propuesta que permita dar una respuesta rápida y económica a las personas que resulten afectadas en sus viviendas y en un corto plazo asegurarles un techo donde puedan continuar con sus actividades cotidianas.

La propuesta que se presenta está construida a base de bambú, un material ligero de fácil adquisición y que garantiza seguridad estructural, para lo cual se realizaron las pruebas necesarias con el fin de comprobar la factibilidad estructural del bambú como material de construcción y garantizar al usuario con los debidos tratamientos y cuidados para una vida útil de largo plazo.

La viabilidad del proyecto para atender de manera pronta a los damnificados se basa tanto en la facilidad de adquisición y transporte de los materiales, como en su sistema constructivo y la posibilidad de utilizar elementos prefabricados que permitan construir las unidades de viviendas en plazos muy cortos, comparados con las construidas con materiales convencionales utilizados por los programas institucionales.

Adicional a lo anterior, el proyecto se inserta en el marco de la sustentabilidad el ser amigable con el ambiente, socialmente factible y económicamente viable. Se considera que los servicios de infraestructura de las viviendas sean opciones ecológicas y que su uso disminuya el impacto sobre el medio en donde se asientan.

En cuanto al marco normativo, existe una serie de incentivos económicos para los proyectos sustentables y que atiendan a la población en situación de emergencia, por lo que observando las reglas de operación de las diferentes dependencias y con la apropiada gestión, es posible la construcción de este tipo de vivienda en donde se le requiera.

El proyecto contempla los espacios necesarios y el área suficiente, según los reglamentos de construcción, y oferta condiciones para que las familias desarrollen sus actividades domésticas con normalidad.

Este trabajo de tesis solo aborda la parte de la unidad de vivienda y sus servicios básicos, pero, cabe mencionar que para que el proyecto sea sustentable es necesario que para cada caso específico de construcción de viviendas, en caso de desastres, será necesario hacer un diagnóstico para que los proyectos se construyan en espacios propicios y que no se asienten nuevamente en condiciones de riesgo y vulnerabilidad, además de procurar su inserción amigable en el medio sin alterar drásticamente las condiciones ecológicas originales.

Hace falta mucho trabajo en materia de prevención de desastres, para este caso, el impulso a la planeación urbana de los asentamientos humanos que reconozcan e incluyan las zonas de riesgo en su estrategia de usos de suelo será un paso importante para la mitigación del riesgo. Es también necesario que el estado ofrezca suelo seguro a las familias que por su condición de pobreza se vean orilladas a asentarse sobre zonas de alto riesgo, antes de que ocurran las contingencias. Hace falta mucho por hacer y la forma de colaborar es ofertar un producto de calidad y accesible que ayude a las familias que resulten damnificadas, sobre todo en esos momentos de contingencia y de mayor necesidad.

BIBLIOGRAFÍA

A

Alarcón, R. (2003): Cumbre Mundial sobre la sociedad de la información, Ginebra, diciembre:

*ALCA, ni acuerdo, ni libre, ni de América. (2002), El Economista de Cuba (Cu), noviembre- diciembre

B

Bacallao, E. (2002): Ciencia y Tecnología, condición para el desarrollo, Ciencia, innovación y desarrollo (Cu), Volumen 7, No.1

D

Dazne, Adfer “L41: prefabricada pequeña, confortable y sostenible” Publicado el: 25 junio, 2010. <http://blog.is-arquitectura.es/2010/06/25/l41-casa-prefabricada-sostenible-con-madera-ct/>.

C

Castillo, Abel. Universidad O&M en Rep. Dom. Viviendas de emergencia de Shigeru Ban post-desastre en Japón marzo-2011.

Cedeño Valviezo Alberto e Irigoyen Castillo Jaime. “El Bambu en México” núm.6 /segundo semestre de 2011 pp.223-240.

Cossio Ramirez, Orlando. Método para la supervisión y control de la ejecución de obras y presupuesto. Ed. Trillas.

E

El Desarrollo Integralmente Sustentable como Alternativa a la Globalización Neoliberal. 2001. Cuaderno de propuestas para el Siglo XXI. Fondation Charles Léopold Mayer pour le Progrès de l'Homme, Alianza por un mundo responsable, plural y solidario Polo de Socio-Economía Solidaria. <http://susdev.socioeco.org/>

Eric Kasten. Basics of projet basics of Project management. Ed. Amason, digital.

F

Fundamentos de gestión de proyectos para organizaciones de desarrollo. Ed. Lulú.

G

Gálvez, L. (1986): Ciencia, Tecnología y Desarrollo, Cuba

Gordon, Katerina. "En Construcción Noticias: Viviendas de emergencia de Shigeru Ban post-desastre en Japón" 30 sep 2011. ArchDaily México. Accedido el 19 Jun 2017. <<http://www.archdaily.mx/mx/02-111342/en-construccion-noticias-viviendas-de-emergencia-de-shigeru-ban-post-desastre-en-japon>>

H

Hormozabal, Nina, Pablo Sills. "Casa Fénix Casa for emergency post natural impact extreme Una vivienda para la emergencia Revista Márgenes", Diciembre 2014 Vol. 11, No. 15 <http://revistas.uv.cl/index.php/margenes/article/view/307/274>

L

Lepe, Dante. "Prototipos de vivienda emergente para desastres". 2015. naturales<http://www.worldbamboo.net/3cmb2016/Dante%20Lepe.docx.pdf>

Ley de Vivienda

La Ley de Vivienda Social del Estado de Guerrero Número 573

Lundvall, B-Å. (1992): National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning, Pinter, Londres.

M

MANUAL, Gerencia de proyectos y administración.

Martin, L. y Osberg, S (2007): Social Entrepreneurship: The Case for Definition, Stanford Social Innovation Review, pp. 29-39.

Minner, Kelly. "Paper Partition System by Shigeru Ban Architects" 18 Mar 2011. ArchDaily. Accessed 19 Jun 2017. <http://www.archdaily.com/120936/paper-partition-system/>

N

NOM E-100. Norma técnica E- 100 DE BAMBÚ, por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento de Perú.

Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de junio de 2006
TEXTO VIGENTE Última reforma publicada DOF 20-04-2015

O

Ortiz, Ricardo. Colectivo. Kima casas de bambú. El Financiero 22 de noviembre 2015.

R

Reedy, K. (1983): Algunos problemas de la generación de tecnología apropiada, en Robinson, A. (ed.): Tecnologías apropiadas para el desarrollo del tercer mundo, FCE, México D.F., pp.: 209-226.

S

Sánchez Corral, Javier. La vivienda “social” en México pasado - presente - futuro?. Sistema Nacional de Creadores de Arte Emisión 2008 Agosto 2009 - Julio 2012

Sidney M. Levy, Project MANAGEMENT IN construction, 5ª. Ed.

T

The Art of Project management ed. O’reilly Medina

V

Vasconcelos, Nora. Las construcciones con bambú ganan terreno en México. Septiembre 2012. <http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2012/08/31/las-construcciones-con-bambu-ganan-terreno-en-mexico>

Índice de figuras

	Descripción	Pág.
Capitulo I. MARCO TEORICO E HIPÓTESIS		
<i>Fig. 1.1.1</i>	<i>Estragos ocasionados por la tormenta tropical Manuel en Chilpancingo.....</i>	8
<i>Figura 1.1.2</i>	<i>Vista aérea de la localidad de Tepozonalco.....</i>	9
<i>Figura 1.1.3</i>	<i>Ejemplo de vivienda emergente (SEDATU) Tepozonalco</i>	10
<i>Figura 1.3.1</i>	<i>Edificio de contenedores.....</i>	14
<i>Figura 1.3.2</i>	<i>Vivienda temporal con material económico.....</i>	15
<i>Figura 1.3.3</i>	<i>Casa prefabricada.....</i>	16
<i>Figura 1.3.4</i>	<i>Prefabricada pequeña, confortable y sostenible.....</i>	17
<i>Figura 1.3.5</i>	<i>Panel de armado con tubos de cartón.....</i>	18
<i>Figura 1.3.6</i>	<i>Proyecto de panel para interiores.....</i>	19
<i>Figura 1.4.1</i>	<i>Estructura de bambú.....</i>	20
<i>Figura 1.4.2.</i>	<i>Terminación de una casa de bambú.....</i>	21
<i>Figura 1.4.3</i>	<i>Estructura de proyecto de una casa de bambú.....</i>	22
<i>Figura 1.4.4</i>	<i>Vivienda terminada de una casa de bambú.....</i>	22
Capitulo II. SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL BAMBÚ Y SUS CONEXIONES		
<i>Figura 2.1.1</i>	<i>Chilapa Guerrero, México.....</i>	25
<i>Figura 2.1.2</i>	<i>Cultivo en Tixtla Guerrero, México.....</i>	25
<i>Figura 2.4.1</i>	<i>Pruebas de flexión.....</i>	28
<i>Figura 2.6.1</i>	<i>Pruebas a compresión axial.....</i>	29
<i>Figura 2.6.2</i>	<i>Descripción de un cúmulo Bambú.....</i>	30
<i>Figura 2.7.1</i>	<i>Cimentación del Bambú.....</i>	31
<i>Figura 2.8.1</i>	<i>Bastidor propuesto para vivienda emergente.....</i>	32
<i>Figura 2.9.1</i>	<i>Explicación grafica de cortes para ensambles.....</i>	32
<i>Figura 2.9.2</i>	<i>Panel de malla y tela de gallinero con amarres de alambre galvanizado.....</i>	33
<i>Figura 2.10.1</i>	<i>Techo de una estructura, a bajo costo 2016.....</i>	34

Capítulo III. ARMADO Y PRUEBA DE CORTANTE DEL MÓDULO DE BAMBÚ

<i>Figura 3.1.1 Corte Boca de pescado.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.1.2 Colocación de pernos.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3.1.3 Inserción del travesaño.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3.1.4 Esquina terminada y ensamblada con pernos.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3.1.5 Corte pico de flauta en bastidores.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3.1.6 Resultado del corte pico de flauta.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3.1.7 Ensamble de contrafuerte con pico de flauta en bastidor.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3.1.8 Bastidor terminado.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 3.1.9 Colocación del Cartón en el bastidor.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.1.10 Colocacion de malla hexagonal Cal. 20.....</i>	<i>41</i>
<i>Fig. 3.1.11 Ajuste de malla hexagonal a los costados del módulo.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.2.1 Muerto de un muro de concreto en laboratorio de materiales.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.2.2 Colocación de muro sobre muerto de concreto.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.2.3 Cimbra con triplay al muro.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3.2.4 Aplanado de muro y colocación de concreto en la base.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3.2.5 Mezcla de sellador, cal y agua.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.2.6 Muro pintado de blanco.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3.2.7 Cinta métrica.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3.2.8 Cinta métrica.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3.2.9 Uso de tripié.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3.2.10 Presentacion del espécimen.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.2.11 Colocación de gato hidráulico para aplicar carga.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.2.12 Tubo de fuerza y guante de carnaza al extremo.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.2.13 Colocación de celda de carga en la estructura.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.2.14 Calibración de aparatos previos a la prueba.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.2.15 Aplicación de carga al módulo de bambú.....</i>	<i>52</i>

<i>Figura 3.2.16 Lugar de contacto del gato y la extensión, y las grietas existentes..</i>	52
<i>Figura 3.2.17 Se muestran las grietas y fallas despues de la prueba en el modulo</i>	53
<i>Figura 3.2.18 Medida de las gietas del aplanado.....</i>	54
<i>Figura 3.2.19 Patron de agrietamiento producido por esfuerzo aplicado.....</i>	54
<i>Figura 3.2.20 Cimentacion del muro con falla.....</i>	55
<i>Figura 3.2.21 Nodo del módulo antes de la prueba.....</i>	55
<i>Figura 3.2.22 Secuencia de imágenes</i>	56

Capítulo IV. PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA A BASE DE BAMBÚ

<i>Figura 4.1.1 Planta arquitectónica de la vivienda emergente.....</i>	62
<i>Figura 4.1.2 Fachada y corte, vivienda emergente.....</i>	63
<i>Figura 4.2.1.1 Losa de cimentación vivienda emergente.....</i>	64
<i>Figura 4.2.1.2 Ubicación de espacios vivienda emergente.....</i>	64
<i>Figura 4.2.2.1 Módulo prefabricado vivienda emergente.....</i>	65
<i>Figura 4.2.2.2 Módulos prefabricados vivienda emergente.....</i>	65
<i>Figura 4.2.2.3 Módulo 3.....</i>	65
<i>Figura 4.2.2.4 Módulo 4</i>	66
<i>Figura 4.2.2.5 Módulo 5.....</i>	66
<i>Figura 4.2.2.6 Módulo 6.....</i>	66
<i>Figura 4.2.3.1 Estructuras Pratt en techumbre de vivienda.....</i>	66
<i>Figura 4.2.3.2 Elementos de techumbre de vivienda.....</i>	67
<i>Figura 4.2.3.3 Construcción de techumbre de vivienda.....</i>	68
<i>Figura 4.2.3.4 Detalles de anclaje de lámina.....</i>	68
<i>Figura 4.2.4.1 Instalación sanitaria de vivienda.....</i>	69
<i>Figura 4.2.5.1 Instalación eléctrica vivienda.....</i>	69
<i>Figura 4.2.5.2 Diagrama unifilar y cuadro de carga.....</i>	70
<i>Figura 4.2.5.3 Instalación eléctrica de la vivienda.....</i>	70

<i>Figura 4.2.6.1 Instalación hidráulica vivienda.....</i>	71
<i>Figura 4.2.7.1 Recubrimiento en muros de vivienda</i>	72
<i>Figura 4.2.7.2 Cancelería vivienda.....</i>	72

Índice de tablas

Descripción	Pág.
Capitulo II. SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL BAMBÚ Y SUS CONEXIONES	Pág.
<i>Tabla.2.3.1 Precios de piezas de bambú 2016.....</i>	27
<i>Tabla.2.4.1 Propiedades mecánicas de Guada Aculeata</i>	27
<i>Tabla 2.5.1 Resultados de las pruebas de flexión.....</i>	29
<i>Tabla 2.6.1 Muestras y resultados a la compresión.....</i>	30
Capitulo IV. PROYECTO ARQUITECTONICO Y SISTEMA CONSTRUIDO DE LA VIVIENDA DE BAMBÚ	Pág.
<i>Tabla 4.4.1 Comparativa de dimensiones mínimas de vivienda.....</i>	63
<i>Tabla 4.3.2.1 Elementos de la techumbre.....</i>	67

Índice Gráficas

Descripción	Pág.
Capitulo III. ARMADO Y PRUEBA DE CORTANTE DEL MÓDULO DE BAMBÚ	Pág.
<i>Grafica 3.3.1 Relación carga y desplazamiento del módulo de bambú.....</i>	57
<i>Gráfica 3.3.2 Propuesta de curva de falla.....</i>	58
<i>Grafica 3.3.3 Curva de falla del módulo.....</i>	59
<i>Grafica 3.3.4 Interpretación de curva de falla.....</i>	60