

MÓDULO PARA VIVIENDA EMERGENTE por SISMOS: EL MURO COMO COMPONENTE DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Module for emerging housing due to earthquakes: The wall as a component of the construction system

CASANDRA ANDREA TREJO-PIMENTEL*, JESÚS ENRIQUE DE HOYOS-MARTÍNEZ**

Fecha de recibido:
19 Julio 2022
Fecha de aceptado:
15 Febrero 2023

*Universidad Autónoma del Estado de México, México.
catp.0996@gmail.com

**Universidad Autónoma del Estado de México, México.
jedehoyosm@uaemex.mx

RESUMEN. El fenómeno sísmico en el centro y sur del país es recurrente y regular, el cual es causante de daños de diferente magnitud en las edificaciones y en particular en la vivienda. En este contexto, las afectaciones generadas por el S19 (sismo de septiembre de 2017) que afectó de forma importante el sur del Estado de México y al estado de Morelos. Las afectaciones del sismo propiciaron desalojos de forma importante en las comunidades rurales y pequeñas localidades urbanas, donde los procesos de recuperación fueron muy lentos y costosos para la población de bajos ingresos. Es por ello, que se propone el desarrollar el diseño de un módulo para vivienda emergente, el cual, busca facilitar el diseño apropiado y apropiable con materiales industrializados de polipropileno pallets que permitan su fácil edificación y estructuración, que permitan la edificación y que garanticen la estabilidad estructural con bajos costos y fácil apropiación por la comunidad tendiente al resolver problemas de habitación en situaciones emergentes.

El método de trabajo para el diseño contempla en un primer momento el análisis del fenómeno sísmico en México, posteriormente se observan los sistemas constructivos base para el diseño del módulo, así como, un breve análisis del material base del diseño de módulo, para finalmente proponer el diseño del módulo, mismo que define establecer los componentes que lo configuran. El artículo forma parte de la investigación con registro ante la Universidad Autónoma del Estado de México, en la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados, con registro 4593/2018/CIP, el cual desarrolla una propuesta de paneles para uso estructural aplicado a la vivienda"

Palabras clave: Módulo prefabricado, Vivienda emergente, Sistema constructivo.

ABSTRACT. The seismic phenomenon in the center and south of the country is recurrent and regular, which causes damage of different magnitudes in buildings and in particular in housing. In this context, the effects generated by S19 (September 2019 earthquake) that significantly affected the south of the State of Mexico and the State of Morelos. The effects of the earthquake led to significant evictions in rural communities and small urban towns, where the recovery processes were very slow and costly for the low-income population. For this reason, it is proposed to develop the design of a module for emerging housing, which seeks to facilitate the appropriate and appropriable design with industrialized polypropylene pallet materials that allow easy construction and structuring, that allow construction and that guarantee the structural stability with low costs and easy appropriation by the community aimed at solving housing problems in emerging situations.

The working method for the design contemplates at first the analysis of the seismic phenomenon in Mexico, later the base construction systems for the design of the module are observed, as well as a brief analysis of the base material of the module design, to finally propose the module design, which defines the components that configure it. The article is part of the research registered with the Autonomous University of the State of Mexico, in the Secretariat of Research and Advanced Studies, with registration 4593/2018/CIP, which develops a proposal for panels for structural use applied to housing".

Key words: Prefabricated module, Pop-up housing, Construction system.

I

NTRODUCCIÓN



FIGURA 1. PLACAS TECTÓNICAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA.

FUENTE: SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL, 2020.

Los daños ocasionados por un terremoto no se deben sólo a su magnitud, sino que es necesario considerar variables como las condiciones del suelo, la articulación estructural y no estructural de los edificios, su morfología, el tipo de fundaciones, las técnicas constructivas originales, la calidad de la técnica y de los materiales, las modificaciones que ha sufrido el edificio a través del tiempo y también el estado de conservación y de mantenimiento que presentan (Guidoboni y Ferrari, 2000). Los daños más importante suele ser por el número de personas afectadas por el desastre, pero incluso va más allá de eso, se habla del número de viviendas y edificaciones afectadas (derrumbadas, agrietadas, entre otros) que tiene en cuenta las pérdidas económicas que conlleva la destrucción de diferentes edificaciones, producto de problemas en los sistemas constructivos. De esta consideración nos preguntamos ¿cómo realizar un diseño para vivienda emergente en caso de destrucción total o parcial que sea digna y mitigue la vulnerabilidad de la población?

Con base en los análisis realizados por el Servicio Sismológico Nacional, México se encuentra en una zona de alta sismicidad debido a la interacción de 5 placas tectónicas: La placa de Norteamérica, la de Cocos, la del Pacífico, la de Rivera y la placa del Caribe (figura 1 y 2). Esta condición propicia la ocurrencia del orden de 40 sismos promedio por año con magnitud de 5 a 6 grados entre 2016 y 2022 (Instituto de geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 2022).



FIGURA 2. ZONAS SÍSMICAS EN MÉXICO.

FUENTE: CIRES A.C., 2021.

En 2017 se registraron dos sismos en México de gran magnitud,¹ que se mide en Mw.² El primero fue el 7 de septiembre de 2017 en el Golfo de Tehuantepec, Chiapas, originado en la Placa de Cocos, con magnitud de 8.2 Mw y el segundo el 19 de septiembre de 2017, conocido como el S-19 con una magnitud de 7.1 Mw con con epicentro entre los estados de Puebla y Morelos, la repercusión en el sur del Estado de

1 La magnitud de un sismo es un número que busca caracterizar el tamaño de un sismo y la energía sísmica liberada. Se mide en una escala logarítmica, de tal forma que cada unidad de magnitud corresponde a un incremento de raíz cuadrada de 1000, o bien, de aproximadamente 32 veces la energía liberada. Es decir que, un sismo de magnitud 8 es 32 veces más grande que uno de magnitud 7, 1000 veces más grande que uno de magnitud 6, 32,000 veces más grande que uno de magnitud 5, y así sucesivamente (Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica, UNAM, 2021).

2 Esta magnitud de momento Mw, se determina a partir del momento sísmico, que es una cantidad proporcional al área de ruptura (i.e., al tamaño de la falla geológica que rompió) y al deslizamiento que ocurra en la falla (Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica, UNAM, 2021)

México fue importante, el impacto en espacios urbanos ciudades y pueblos del sur de la entidad (Servicio Sismológico Nacional, 2017).

EL SISMO Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Un sismo puede causar afectaciones dependiendo de: la hora, duración del fenómeno, magnitud, distancia del epicentro, geología, densidad de población (Dr. Kostoglodov & Dr. Pacheco, 2018) entre otros daños de diversos impactos en la población. “Generalmente, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre los muros divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de esta, [...] Los elementos no estructurales de las construcciones rígidas se comportan, en general, mejor que en las flexibles, al sufrir menor daño al limitarse el desplazamiento relativo entre pisos” (H. Barbat & Pujades, 2004).

La vivienda emergente en el contexto de los desastres naturales producto del sismo

La vivienda emergente es un instrumento de diseño que permite atender las necesidades de vivienda en condiciones de afectación provocado por accidentes y devastaciones naturales. Esta clase de diseño de vivienda busca ser un primer paso de la calamidad a la vivienda definitiva. Es una casa de fácil y rápida construcción, con requerimiento mínimo de mano de obra, de bajo costo, económicamente viable al tiempo de garantizar los principios de calidad ambiental al interior en rangos de confort, con principios fundamentales de análisis y diseño estructural, que tiene el propósito de garantizar un óptimo comportamiento estructural, a partir de una geometría simple. Es una propuesta de adecuada y pertinente modulación, que puede generar la prefabricación y con ello el ensamble de algunas piezas antes del envío, lo que posibilita la entrega a tiempo, para atender la emergencia generada de un fenómeno natural (Salingaros, Brain, Duany, Mehaffy & Petit, 2019).

METODOLOGÍA

El diseño de un módulo a partir de componentes constructivos no estructurales para la delimitación del espacio edificado para uso tanto vertical como horizontal, que se integra por elementos de 100 X 120 cm por elemento, mismo que articulado permite establecer un sistema de delimitación de espacio al interior y el exterior.

La propuesta metodológica se define como experimental y las etapas son:

- Realizar un análisis bidimensional, por un lado, de *seguridad estructural de un sistema constructivo*.
- Conocer el material base de la propuesta de elaboración, en específico, los polímeros que se identifica como materia prima existentes en el mercado.
- Analizar los sistemas constructivos en los que quedara inscrito el módulo diseñado.
- Diseñar los elementos o componentes del módulo de muro para vivienda y su sistema constructivo.

El diseño del módulo de vivienda emergente a partir de un sistema formado con base en pallets de Polipropileno PET. Así también, se propone una breve revisión de los procesos y sistemas constructivos, posteriormente se revisa las modificaciones de mayor importancia que se ha realizado a la normatividad en materia de edificación, para con ello, realizar una propuesta de módulo y modulación de diseño.

GENERALIDADES PARA EL MÓDULO

En la propuesta se aborda la *seguridad estructural de un sistema constructivo*, en relación con sus ocupantes, por el uso de materiales industrializados con altos componentes químicos. Por lo que la propuesta se centró en la selección de materiales para la edificación, con base en tecnologías industriales con procesos químicos, para generar al final un sistema híbrido muy común en el proceso de edificación.

SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO

En un país como México que presenta alta sismicidad producto de la interconexión de las cinco placas tectónicas y de su continuo movimiento y fricción. Esto implica para la ingeniería y la arquitectura mexicana, atender y revisar continuamente las normas existentes en la materia, y con ello los sistemas constructivos.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Estos sistemas constructivos pueden ser: *muros de carga (muros portantes)*, *marcos rígidos (pórtico resistente)*, *sistemas mixtos (sistema dual)*, los cuales ofrecen el soporte de cargas para trabajar de manera conjunta y dar mayor resistencia y rigidez estructural.

A. Muros de carga: es un sistema altamente utilizado como forma estructural, donde las losas y trabes transmiten las cargas a los muros o mampostería a la cimentación. Es un elemento sujeto a compresión. Las características de los materiales para este sistema deben estudiarse para trabajos mecánicos específicos. Por tipo de material, estos pueden ser de materiales naturales o bien artificiales, sus medidas estarán sujetas a la carga que soportan y a la fatiga de trabajo de sus componentes en relación directa con la fatiga del suelo.

B. Marco rígido: que se reconoce también por sistema aporticado, estructuras aporticadas y pórtico resistente. Este sistema considera estructuras configuradas por columnas, trabes, las cuales se unen con uniones rígidas, que son capaces de transmitir los elementos mecánicos en las vigas sin contemplar que hay desplazamientos lineales o angulares entre sistemas extremos y las columnas en las que se apoya.

C. Sistema mixto: es un sistema que se emplea preferentemente cuando se tendrán diversos tipos de fuerzas en el edificio, ya sea por compresión, flexión o tracción. Es propio para proyectos con características

especiales como grandes volados, cargas concentradas en ciertos puntos y en regiones sísmicas.

El PET material base de la propuesta de módulo Para el diseño del módulo para la vivienda emergente, se propone materiales industrializados a base de PET, que se articulan para permitir la estructuración del módulo con pallets de PET. La construcción prefabricada como sistema contempla en primer lugar la posibilidad de una función estructural, puede ser por su densidad ligera o bien pesada, la cual consiste en los ensambles para su articulación y montaje, a partir de juntas o conexiones desmontables o bien conexiones permanentes por su forma de sujeción.

MATERIALES PROCESADOS A BASE DE PET

El PET es el elemento base para el desarrollo del módulo para vivienda. Se realizará una breve contextualización de éste, como propuesta para la fabricación del módulo de muros para vivienda.

Por lo que toca a los productos y sus características en sus propiedades físicas del PET son: buenas propiedades térmicas, buen comportamiento a los esfuerzos, muy buena barrera de CO₂ (bióxido de carbono) y aceptable barrera a O₂ (oxígeno) y humedad total, totalmente reciclable, alta resistencia al desgaste, alto coeficiente de deslizamiento, buena resistencia química, y ligero (Reyes Palapa, 2013: 2).

Por lo que corresponde al producto de PET, se reconocen con grado textil, grado botella y grado film. También se tiene un código de identificación de resinas de plástico, que son: 1 PETE, polietileno teresflalato, 2 HDPE, polímetro de alta densidad, 3 V, policloruro de vinilo, 4 LDPE, polietileno de baja densidad, 5 PP, polipropileno, 6 PS, poliestireno, y 7 OTHER, otros (Reyes Palala, 2013: 5).

CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE RESINAS DE PLÁSTICO



FIGURA 3. CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE RESINAS DE PLÁSTICO.

FUENTE: (TECNOLOGÍA DE PLÁSTICOS, 2011).

LAS CLASIFICACIONES DEL PET:

1 PETE, polietileno teresflato, su método de moldeo se realiza por Inyección, extrusión, inyección/soplado, termo formado, extrusión de película plana (Reyes Palapa, 2013: 5).

2 HDPE, polímetro de alta densidad, su método de moldeo se realiza a través de Inyección, rotomoldeo, extrusión y soplado, extrusión, extrusión de película plana y extrusión con soplado adicional (Reyes Palapa, 2013: 6).

3 V, policloruro de vinilo, (PVC), su modo de moldeo se realiza a través de Inyección, extrusión, soplado por inyección, y termoformado. Su método de moldeo se realiza a través de Calandrado, extrusión, inyección, soplado, vaciado, moldeo rotacional, sinterización, lecho fluidizado, aspersión, electricidad y electrónica, compresión, inmersión (Reyes Palapa, 2013: 7).

4 LDPE, polietileno de baja densidad, su modo de moldeo se realiza a través de Extrusión, inyección, troquelado, soplado en molde (Reyes Palapa, 2013: 8).

5 PP, polipropileno, su modo de moldeo se realizan a través de Inyección, extrusión, soplado por inyección, termoformado (Reyes Palapa, 2013: 9).

6 PS, poliestireno, su modo de moldeo para el poliestireno Cristal, se realiza a través de Inyección, extrusión, termoformado; en tanto que para el poliestireno de alto impacto es a través de Inyección, extrusión, termoformado; también se cuenta con el poliestireno expandido que su mol-

deado es Termoformado, inyección; y el PET como sistema alternativo para la construcción de muros en vivienda (Reyes Palapa, 2013: 10-11).

7 OTHER, se encuentran los policarbonatos y Nylon, otros su modo de moldeo se realiza es diverso (Reyes Palapa, 2013: 12).

SISTEMA MODULAR

El módulo se realiza a través de un patrón geométrico, este es posible mirarlo en los trabajos del modulator en Le Corbusier (1980), sismos que son referidos del cual nos habla con el que se genera el elementos o componentes de un objeto de forma susceptible de prefabricar, en campo o taller, que como proceso termina con la transportación y ensamblaje de las piezas o módulos para su posterior montaje.

Las propuestas de vivienda emergente que utilizan sistemas modulares incrementaron su desarrollo y variedad de propuestas. A nivel nacional, aún son empresas muy específicas las que resuelven el proyecto integral de la vivienda modular (Wadel, 2009: 117). La mayoría de éstas utiliza paneles de acero, poliestireno, entre otros materiales que pertenecen a los recursos no renovables para la fabricación de sus módulos (Wadel, Avellaneda & Cuchi, 2010: 47).

Los nuevos sistemas constructivos, como son los paneles y otros elementos prefabricados, se encuentran normados con especificaciones que deben cumplir para garantizar la calidad y seguridad estructural de la persona a través del

espacio y tienen ventajas en ahorro significativo en tiempo, un elevado control de calidad y flexibilidad para diseño (Martínez Andrade, 2021: 127).

Una de las principales ventajas de la construcción modular es evitar los imprevistos que caracterizan a la construcción de obra tradicional. Al contar con un espacio de construcción cerrado y al existir una planificación que no depende del clima ni de la ubicación del terreno lo que permite cumplir una planificación definida previamente (Wadel, 2009).

PROPUESTA

El diseño de un módulo para muro que como Bastidor será fabricado a partir de Pallet de Polipropileno PET, donde el funcionamiento será como muro en vivienda, no sometido a flexión, es decir, no auto portante. La propuesta se basa en el sistema de marco estructural de polipropileno de alta densidad por medios de eyección, existente en el mercado como pallet

de carga, el cual permite una carga de 2000 kg/m² (INDUSTRIAL PALLETS, 2022).

RESULTADOS

Entre los resultados del trabajo se encuentra el análisis de la modulación, el marco estructural, la unión y conexiones. Mismos que se presentan en los siguientes apartados.

MODULACIÓN

Se realizó una propuesta de modulación de orden general que fue útil tanto para el módulo como para la vivienda tipo general que nos permitirá desarrollar los elementos básicos de diseño de los módulos a base del pallet de PVC (figura 4).

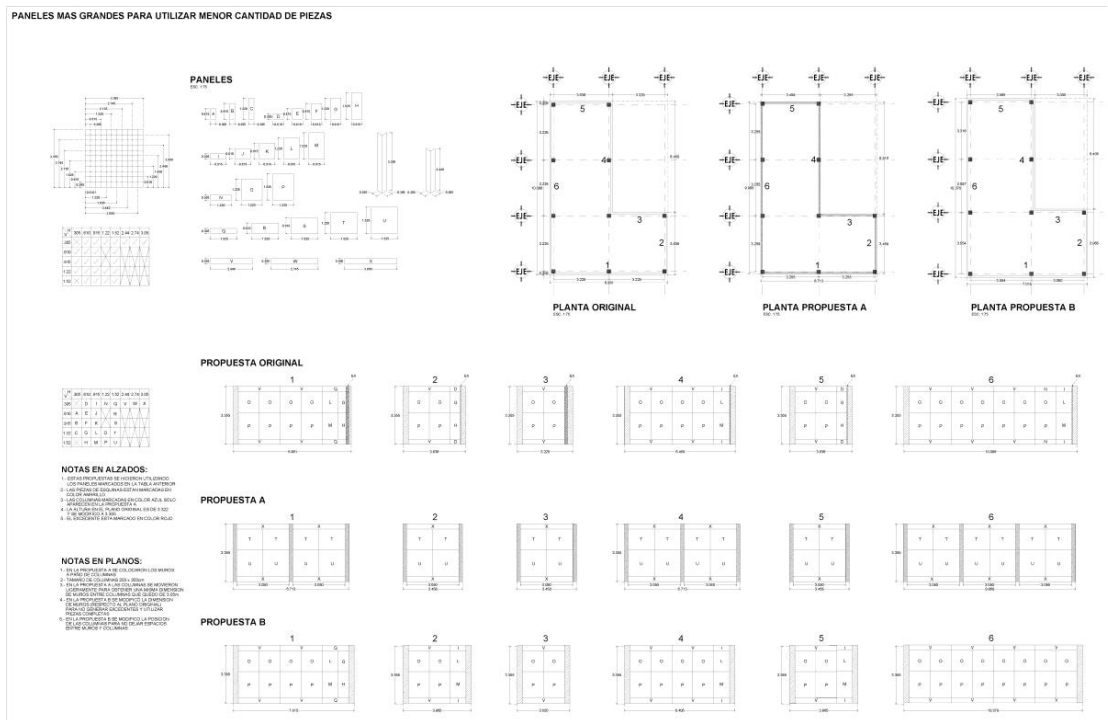


FIGURA 4. MODULACIÓN DE OBJETO DE DISEÑO
FUENTE: MTR. JORGE EDUARDO VALDÉS GARCÉS.

Se contempla un proceso de diseño que permita la construcción prefabricada del panel que, por su estructura, pueden ser portante y no portantes; por su densidad, ligero o pesado; por su maleabilidad, esta consideración está en el tipo de juntas que pueden ser permanentes o bien de conexión desmontable; con base en la ductilidad del sistema, este puede ser abierto o cerrado y por su función, esta será de tipo integral o complementario (figura 5).

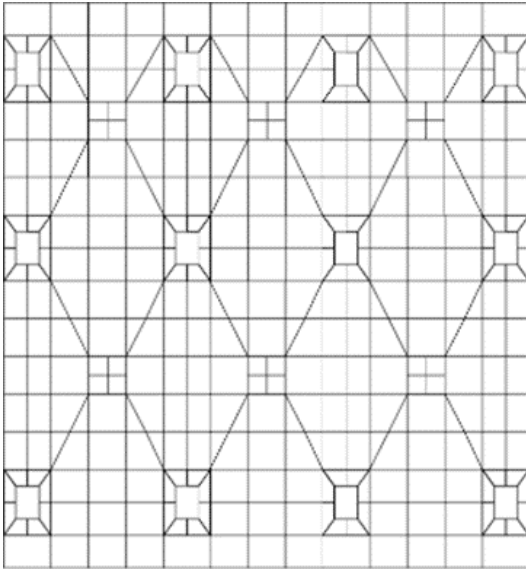


FIGURA 5. DIBUJO DE PALLET MÓDULO BASE.

FUENTE: DIBUJO DE CASANDRA ANDREA TREJO PIMENTEL.

MÓDULO DE PETE, POLIETILENO TERESFLALATO Y/O, HDPE POLÍMETRO DE ALTA DENSIDAD

La propuesta se desarrolla con un marco estructural de polietileno teresflalato, PETE, por numeración 1, considerando un soporte de plástico reciclado o bien del producto de tarima o pallet fabricado por la empresa Alveo, *Trafiplastic tipo TARIMA TA-15 40 x 48*. Con medidas de 1.01 m de ancho x 1.21 m de largo y 0.135 m de peralte, tiene capacidad de carga estática de 1 000 kg, y dinámica de 1 000 kg con un peso de 7.70 kg, Es de polietileno de alta densidad, este material es un copolímero apropiado para impartir dureza a los artículos que requieren alta rigidez con alta resistencia al ambiente (TARIMAS PLÁSTICA MX, 2022).

UNIÓN Y/O CONEXIÓN

La forma de unión es a través de mecanismo de atornillado o termofusión. El sistema de unión, engargolado y/o conexión se ha propuesto de forma experimental si contar con resultados de la adherencia y funcionamiento, ya que este proceso está en desarrollo. Se prevé la articulación de al menos dos tarimas como mínimo, una sobre otra y este mecanismo se puede incrementar como marcos continuos hasta en ocho pares de forma continua, es decir, que permitirá una longitud máxima de 8 metros lineales (figura 6).

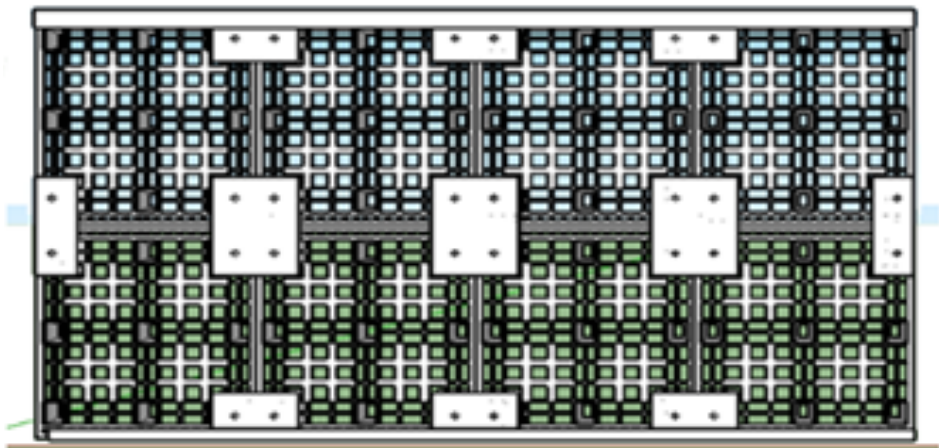


FIGURA 6. CONEXIONES DE TARIMAS.

FUENTE: DIBUJO DE CASANDRA ANDREA TREJO PIMENTEL.

La propuesta de módulo contempla la sujeción en campo a partir de soporte de concreto o bien de acero estructural en ángulo de 2"x2" 3/4" x 1/4" en la parte inferior, en la superior un canal de conexión (figura 7).

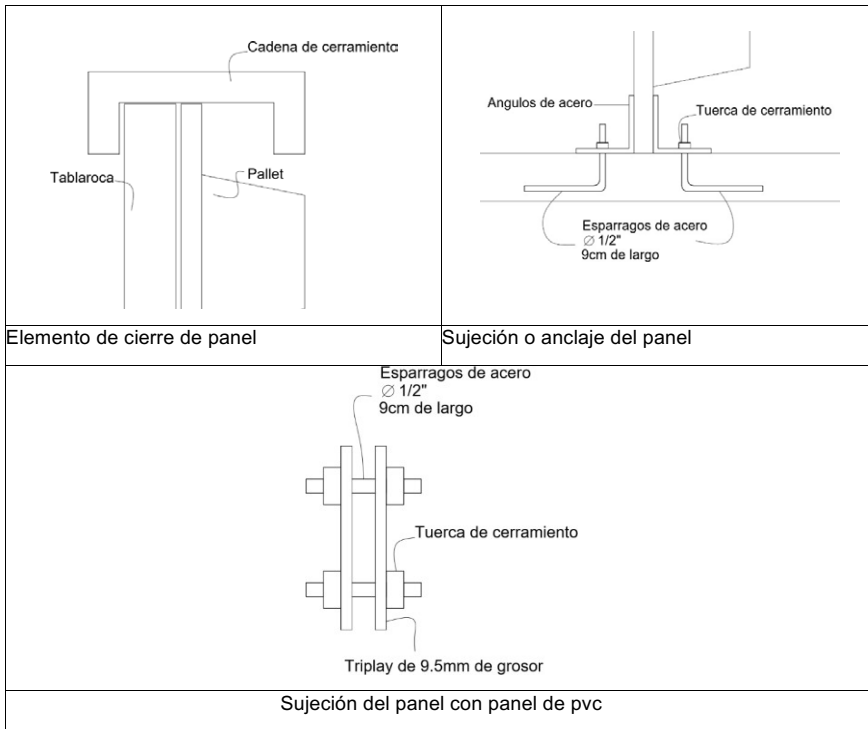


FIGURA 7. DETALLES DE CONEXIÓN Y UNIÓN ENTRE TARIMAS Y SUJECIÓN INFERIOR Y SUPERIOR DEL MÓDULO.

FUENTE: DISEÑO DE CASANDRA ANDREA TREJO PIMENTEL Y JESÚS ENRIQUE DE HOYOS MARTÍNEZ.

Detalles de sujeción o anclaje del módulo que se integran por ángulos y canal para la fijación del módulo (figura 8).

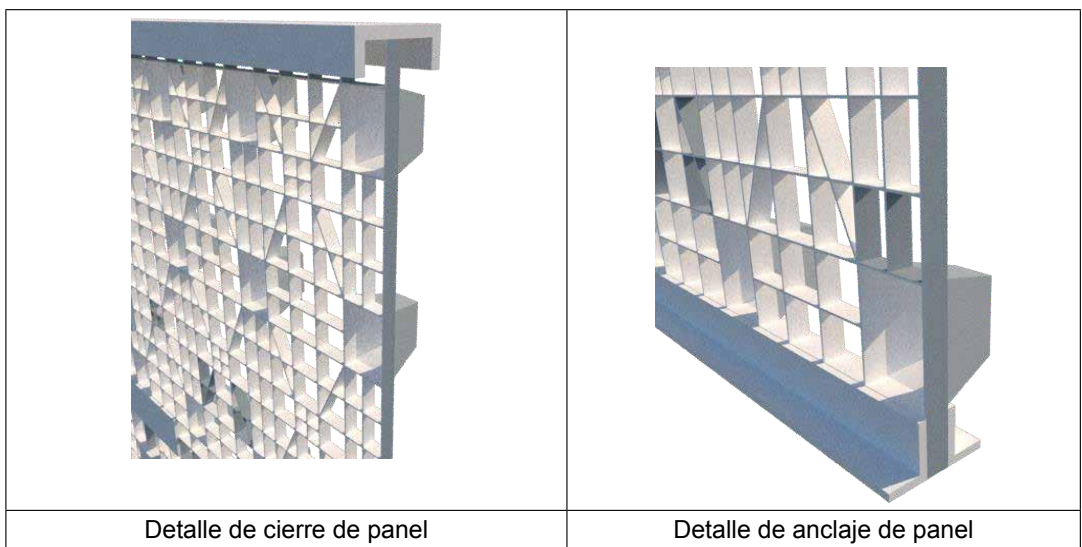


FIGURA 8. DETALLES EN ISOMÉTRICO DE ANCLAJE A PISO Y SUJECIÓN EN CUBIERTA.

FUENTE: DISEÑO DE CASANDRA ANDREA TREJO PIMENTEL.

Dado la configuración del módulo para muro se busca que sea de fácil de reemplazo en caso de que alguna pieza sufra de daños irreparables, su conexión surge a partir de los orificios que conforman el pallet, donde irán sujetados por dos placas de plástico y atornillados con espárragos de 5/8" al centro de cada vano en el pallet.

Su anclaje al suelo va de forma que el pallet este colado a la losa de cimentación y al pallet creando así una pieza uniforme que trabaja en conjunto para transmitir las cargas al suelo. En la parte superior del muro se colocará un canal c que funcionará como cerramiento del muro y anclaje de la losa.

La elaboración del módulo de muro para la vivienda emergente será a partir del desarrollo posterior del sistema constructivo híbrido que combinara modulación y prefabricación, el cual sería construido a base de pallets de polipropileno PET, con uniones, modulación y anclajes dando una visión resiliente y eficaz a las necesidades producto de siniestros como es el sismo.

CONCLUSIONES

En el desarrollo del trabajo se cumple con el objetivo general de diseñar un módulo de muro para vivienda, el cual se desarrolla a partir de pallets de polipropileno PET, como tecnología apropiada y apropiable con base en los productos existentes en el mercado, de fácil edificación y estructuración, que permitan el desarrollo de un módulo no portante de muro para vivienda que cumple con el propósito de hacer posible la edificación rápida y fácil, que sea capaz de realizar la comunidad afectada por emergencia. Módulo que busca establecer las condiciones de un adecuado funcionamiento mecánico sustentable que se ajuste a la normatividad aplicable para sus componentes.

El sistema modular se desarrolla también para las conexiones y uniones como parte modulares desarrolladas en prefabricación en taller. Se proponen como módulos prefabricados que se puedan trasladar con bajo peso y fácil acomodo y embalaje para el sitio de montaje. Se propone que sean módulos no portantes, es

decir, que serán ensamblados en marcos estructurales de madera o acero como componentes rígidos para el desarrollo del módulo vivienda emergente. Condición que ofrece la flexibilidad con base en los materiales empleados para la elaboración del módulo.

La propuesta se sustenta en pallets de polipropileno PET como material base dado que en su forma de canto tiene una capacidad de carga soportan hasta 12 ton de carga y son creados con PET reciclado, el cual se inyecta a un molde. El PET como material flexible deberá estar estructurado en un marco rígido. Tiene propiedades que permite resolver los problemas de vivienda para mitigar la emergencia por sismo principalmente.

Algo que deberá ser desarrollado en el futuro próximo son las pruebas del laboratorio y el desarrollo de una nueva mezcla para los polímeros que le permitan mitigar la inflamabilidad del pallet, el cual será desarrollado de forma conjunta con la facultad de química, mediante la formulación de trabajos futuros. También será necesaria la revisión de los resultados de laboratorio que ofrecen las conexiones entre pallets, así como, del anclaje a la cimentación para evitar deslizamiento del módulo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Autónoma del Estado de México y a la Empresa ARQUIMEX por su confianza en la integración de un convenio de colaboración el primero en su tipo para la relación Universidad Empresa. En particular al director general de ARQUIMEX el Arquitecto Rafael Carmona Vargas, así como, por un gran grupo de trabajo entre los que destaca el Maestro Arquitecto Jorge Eduardo Valdés Garcés, Doctora en Diseño Liliana Guzmán Romero, Ingeniero Diego Jorge Jaime Carrillo, Ingeniero José Luis Casarrubias Román y el Arquitecto Carlos Guía Gracia, así como a los estudiantes Doctorante Mónica Yesenia Andrade Martínez y pasante de arquitectura Fernanda Valeria Camacho Márquez.

FUENTES DE CONSULTA

Andrade Martínez, M. Y. (2021), Metodología para el desarrollo de paneles ecológicos para una arquitectura saludable. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México, Doctorado en Diseño, Tesis para la Obtención del Grado de Doctora.

CIRES A.C. (9 de julio de 2021), Zonas Sísmicas. Blog Oficial del CIRES, A.C. Disponible en <https://blogcires.mx/tag/zonas-sismicas-en-mexico/>, consultado el 20 de septiembre de 2021.

Dr. Kostoglodov, V. & Dr. Pacheco, J. (29 de agosto de 2018). Cien años de Sismicidad en México. Geofísica UNAM. Disponible en <http://usuarios.geofisica.unam.mx/vladimir/sismos/100a%F1os.html>, consultado el 2 de mayo de 2022.

Guidoboni y Ferrari (2000), Variables históricas de efectos sísmicos: niveles económicos, escalas demográficas y técnicas constructivas.

H. Barbat, A. & Pujades, L. (2004), Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico. Obtenido de 6º Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica. Disponible en http://www.hms.civil.uminho.pt/events/sismica2004/229-252%20Alex%20Barbat%20e%20Lluis%20Pujades%20_24%20p_.pdf, consultado el 20 de septiembre de 2021.

INDUSTRIAL PALLETS (03 de junio de 2022). Industrial PALLETS. Traimas de Plástico medidas estándar. Disponible en https://www.todopallets.com/tarimas_estandar/?gclid=CjoKCQjwntCVBhDdARIsAMeWACkYyOu-FaLcK-4tOF7Rtl8oBo225eYl6Ogeg9w_uwwVAOnkPkhF8aAk7mEALw_wcB, consultado el 20 de febrero de 2021.

Instituto de geofísica, Universidad Autónoma del Estado de México (10 de junio de 2022). Sistema Sismológico Nacional. Estadísticas de los sismos reportados por el SSN. Disponible en <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/estadisticas/>, consultado el 6 de febrero de 2021.

Martínez Andrade, M. Y. (2021), Metodología para el desarrollo de paneles ecológicos para una arquitectura saludable. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México, Tesis Doctoral, Doctorado en Diseño. FAD. Disponible en https://wiki.salahumanitaria.co/wiki/Sismo_de_origen_volc%C3%A1nico, consultado el 6 de febrero de 2022.

Reyes Palapa, C. (2013), El PET como Sistema Alternativo para la Construcción de Muros de Vivienda. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, UAM-A. Tesis de Maestría en Diseño en Arquitectura Bioclimática.

Reyes Plama, C. (2013), El PET como sistema alternativo para la construcción de muros en vivienda. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Azcapotzalco. División de Ciencias y Artes para el Diseño, Especialización Maestría y Doctorado: UAM-A.

Salinas, N., Brain, D., Duany, A., Mehaffy, M. & Petit, E. P. (14 de noviembre de 2019). ArchDaily. Problemas y soluciones de la vivienda social en Latinoamérica. Disponible en https://www.archdaily.mx/mx/928389/problemas-y-soluciones-de-la-vivienda-social-en-latinoamerica?ad_source=searchad_medium=serch_result_all, consultado el 2 de mayo de 2022.

Servicio Sismológico Nacional (25 de septiembre de 2017). Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional, UNAM. Reporte Especial, Sismo del día 19 de Septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1). Disponible en http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2017/SSNMX_rep_esp_20170919_Puebla-Morelos_M71.pdf, consultado el 22 de febrero de 2022.

Servicio Sismológico Nacional (2 de septiembre de 2020). Evolución de la tectónica en México. Evolución de la tectónica en México. Disponible en <http://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Evolucion-tectonica-Mexico.html>

Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica. UNAM. (10 de julio de 2021). Servicio Sismológico Nacional. Magnitud de un Sismo. Disponible en <http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-un-sismo.pdf>, consultado el 6 de febrero de 2022.

TARIMAS PLÁSTICA MX (05 de junio de 2022). TARIMA PLÁSTICA MX. Traima de Plástico. Tarima TA-15. Disponible en https://www.tarimaplastica.mx/?gclid=CjoKCQjwntCVBhDdARIsAMeWACkYyOu-FaLcK-4tOF7Rtl8oBo225eYl6Ogeg9w_uwwVAOnkPkhF8aAk7mEALw_wcB, consultado el 20 de septiembre de 2021.

Tecnología de Plásticos (5 de marzo de 2011). Tecnología de los Plásticos. Códigos de los plásticos. Disponible en <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/codigos-de-los-plasticos.html>, consultado el 16 de diciembre de 2021.

Wadel, G. (2009), La sostenibilidad en la construcción industrializada la construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Construcción, Programa de doctorado Ámbitos de Investigación en la Energía y el Medio ambiente en la Arquitectura. Tesis Doctoral.

Wadel, G., Avellaneda, J. & Cuchi, A. (2010), "La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales". *Informes de la Construcción*, (62), 517, 37-51.