

SISTEMA AUTOCONSTRUCTIVO SUSTENTABLE PARA MURO DE TARIMA DE MADERA RELLENAS CON TIERRA APLICADO EN CIUDAD JUÁREZ CHIHUAHUA, MÉXICO

Jorge Acevedo D^{1*}, Horacio Villarreal M¹, José Lazcano P¹, Mario Trejo A¹, Perla García C²

¹ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales SA de CV.

Blvd. Oceania 190, Fracc Saltillo 400. CP 25290, Apartado Postal 491, Saltillo Coahuila, México. Tel 01 (52) 84 44 11 32 00 ext 1145; Fax 01 (52) 84 44 16 98 31.

e-mail: jacevedo@comimsa.com.mx

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av Charro 450 norte, Col Partido Romero. CP 32310, Cd. Juárez Chihuahua, México

Palabras clave: tierra – autoconstrucción - material de desecho

Resumen

Una de las problemáticas que aqueja a parte de la población en la ciudad fronteriza de Ciudad Juárez, Chihuahua en México, es la falta de vivienda digna, en gran medida por la inmigración del interior de la república, así como de Centroamérica. Lo anterior genera un crecimiento poblacional anual del 5.3%, equivalente, aproximadamente a 50,000 habitantes, ocasionando que el gobierno se vea sobre pasado en sus expectativas para cubrir dicha demanda. La población mencionada, que por lo general cuenta con poco poder adquisitivo, ha encontrado como un recurso alternativo para satisfacer dicha necesidad, la autoconstrucción. El mecanismo de autoconstrucción, ha llevado por una parte, al desarrollo de vivienda no digna, fuera de especificaciones de construcción y, por otra parte, consecuencia de la falta de alternativas de materiales económicos al empleo de estos, sin considerar aspectos como el confort térmico, prioritario por las condiciones extremas de temperatura que presenta la ciudad. Por lo anterior, a fin de construir viviendas dignas al sector poblacional mencionado y considerando las condiciones climáticas presentes, se desarrollo un sistema autoconstructivo para muros a partir de un material considerado de desecho industrial, como lo es la tarima de madera abundante, por ser una de las regiones con mayor presencia de empresas maquiladoras. En conjunto con el material mencionado se emplea tierra de relleno, cuya función, por una parte, es generar un sistema aislante térmicamente y por otra, incrementar las propiedades mecánicas. Los resultados arrojaron el desarrollo de paneles modulares a partir de madera de desecho industrial, más económico, fáciles de habilitar con propiedades aislantes superiores a los sistemas de tradicionales de bloques de mezcla cortada y resistencias mecánicas (12.5 kg/cm^2) especificadas dentro de la normatividad de la construcción.

Introducción

Por diferentes razones, la frontera norte de México es una región singular. La lejanía del centro del país y su vecindad con los Estados Unidos de América ha definido en gran parte el desarrollo de su estructura social y económica. Desde el decreto de Zona Libre en 1937 y la ejecución del Programa de Industrialización Fronteriza (también conocida como Programa Maquilador)¹ en 1965, las entidades de la frontera norte y principalmente los municipios localizados en las orillas del río bravo han tenido constantes flujos de población e inversión en actividades económicas. Las ciudades de Tijuana, Baja California Norte y Ciudad Juárez, Chihuahua, las cuales desde los años ochentas, los asentamientos humanos se han visto favorecidos por la instalación de un gran número de maquiladoras son ejemplos típicos de lo mencionado. Adicionalmente, el crecimiento demográfico ha tenido otro factor originado por la afluencia de personas provenientes del interior de la República, Centroamérica y en menor cantidad del resto de mundo, en busca de alcanzar el sueño americano y consecuencia de no lograrse se queda asentado en dichas entidades. Por lo anterior, de acuerdo a datos del último censo poblacional del año 2000, tan solo en ciudad Juárez, fue de 5.3% anual, equivalente a aproximadamente 50,000 habitantes que se integran a la entidad municipal.

Si bien ciudad Juárez ha aumentado considerablemente la cobertura de ciertos mínimos de bienestar¹, los problemas derivados de esta dinámica fronteriza, como patrones inadecuados de la expansión urbana y el déficit de los indicadores sociales de bienestar están muy lejanos de los alcanzados por la población del El Paso, Texas, EUA.

Uno de los sectores donde el rezago se ha hecho sentir con mayor aplomo, es el de la vivienda, el cual de las 286,121 totales, el INEGI según el censo poblacional del año 2000 reporta la construcción de 55,119 viviendas con muros de materiales considerados como precarios, las cuales principalmente se encuentran en los sectores más desprotegidos. La población mencionada, que por lo general cuenta con poco poder adquisitivo, ha encontrado como un recurso alternativo para satisfacer dicha necesidad, la autoconstrucción, definida como la participación activa de los ciudadanos en la solución de su problema habitacional², es una forma de cooperación laboral que generalmente involucra redes familiares y vecinales y se sustenta en la incorporación del valor agregado, por vía del trabajo familiar, que, en otras circunstancias, impactaría el costo de la construcción al erogarse el pago de operarios. Sin embargo, el mecanismo de autoconstrucción, ha llevado, por una parte, en gran medida, al desarrollo de vivienda fuera de especificaciones y, por otra parte, consecuencia de la falta de alternativas de materiales económicos, al empleo de estos, sin considerar aspectos técnicos, prioritario para las regiones donde las condiciones extremas de temperatura prevalece.

En este contexto se desarrolló la presente investigación, la cual dio inicio en la entidad fronteriza de ciudad Juárez, Chihuahua, México, en el año del 2004. Este proyecto de innovación tecnológica aplicado a la autoconstrucción tenía la finalidad de desarrollar materiales y sistemas autoconstructivos alternativos para la población de escasos recursos, para el mejoramiento, construcción o ampliación de viviendas de acuerdo a las condiciones climáticas, geográficas y culturales presentes en la entidad municipal.

El proyecto se orientó a las familias donde algunos de los diferentes miembros podrían dedicar un "tiempo" diariamente destinado para la realización de actividades referente al desarrollo de los materiales y sistemas constructivos propuestos.

Resultado de la búsqueda de materiales y sistemas autoconstructivos aplicados en la región en cuestión se detectó entre otros, la utilización de madera, principalmente para techos y en menor proporción para muros. Estos últimos contruidos de tarima de madera, material de desecho de la industria maquiladora. Sin embargo, la aplicación ha sido de forma incorrecta lo que ha originado viviendas en estado precario. En base, a lo observado se planteo el desarrollo y evaluación de muros a partir de desecho de tarimas de madera rellenas de tierra. La tierra se selección por las siguientes características: bajo costo, fácil de manipular, transportar, así como por sus propiedades térmicas.

Desarrollo

En función de los objetivos planteados y de la información recabada entre el sector involucrado, a través de un estudio social realizado por Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales SA de CV (COMIMSA), se llevó al planteamiento de desarrollo de un sistema constructivo con las siguientes características: -Fácil de asimilar y manipular, -Económico, -sin necesidad de tener conocimiento ni experiencia de construcción y, -sin requerimiento de herramienta especializada para armarlo

Materiales, equipo y herramientas.

Materiales

- Tierra
- Cemento
- Agregados grueso
- Agregados finos

Equipo y Herramental

- Pala cuadrada.
- Serrucho o cierra circular para madera.
- Escuadra metálica.
- Martillo para carpintero.
- Clavos para madera de 2".
- Nivel de gota.
- Hilo o cordel.
- Clavos para concreto de 2".
- Cuchara de albañil o cualquier otra herramienta afín.
- Nivel de gota.
- Cubeta de 19 L.
- Cinta métrica.
- Marcador de tinta indeleble.
- Mazo de hule.

Requerimientos de la tarima de madera

- No esté rota.
- Floja, carencia de clavos.
- Podrida.
- Apolillada.
- Quemada.
- Severamente dañada en su estructura.
- Que sean de las mismas medidas, preferentemente.

Acondicionamiento de tarimas de madera:

Una vez seleccionados las tarimas, retirar las tablas superior e inferior de la tarima, enseguida cerrar los huecos que quedan en la tarima de tal forma que quede lo más hermético posible, esto incluye en los costados y por ambas caras de la tarima. Si la tarima presenta algún "volado", eliminarlo procurando que queden al mismo nivel, esta operación se realiza con la ayuda del martillo, el serrucho o cierra y la aplicación de clavos para madera de dos pulgadas. Una vez sellada la tarima, proceder a preparar la tarima para ser alojada en la base o dala de desplante, para esta actividad instalar una tabla que quede sobrada aproximadamente 10 cm, la cual permitirá instalarla. La parte superior debe quedar sin la tabla para que sirva como embone del siguiente nivel.

Instalación de tarima en muro:

Posicionar la tarima acondicionada con la tabla que dejamos sobrada, ensamblándola en la dala de desplante o base, pero debemos cuidar que esté alineada y nivelada lo cual lo podemos verificar con el apoyo del nivel de gota y el cordel, ambos nos sirven de referencia para asegurarnos que quede bien colocada. Con la ayuda del martillo aplicamos cuando menos tres clavos para concreto entre la tarima y la dala de tal forma que esta sujete a la tarima en la base, la siguiente tarima debe coincidir con la ya instalada, pero deberá cuidarse que quede lo mas pegada entre sí y después fijarla con clavos para madera de 2", así repetir cuantas veces sea necesario hasta completar la primera línea del muro. A continuación colocar la siguiente línea de tarimas, como la primera línea ya estaba preparada para recibir las tarimas del segundo nivel, ahora solo ensamblar la tarima donde esta la preparación, pero cuidando en todo momento su nivelación y alineación, acto seguido se fija donde así lo permita con clavos para madera y repetir la operación hasta concluir. Una vez terminado el muro, asegurarse que la parte superior, donde va a ser colocada la dala de cerramiento, que esté sellada para evitar que al vaciar el concreto, este se precipite dentro de las tarimas.

Instalación de malla metálica:

Esta actividad es indispensable para permitir que la protección tipo pasta o mortero se fije perfectamente en la tarima. La malla sugerida es aquella en forma de rombos pequeños; lo siguiente es clavarla en ambas caras del muro (interior y exterior) con clavos para madera de tal forma que quede bien sujeta, se recomienda aplicar cada 30 cm un clavo.

Para llevar a cabo la aplicación del recubrimiento utilizar la pasta o mortero con la siguiente proporción.

Material	Partes por volumen de cemento	Ejemplo
Cemento	1	1 pala de cemento
Arena	5	5 palas de arena
Agua limpia	Hasta consistencia de pasta	

Tabla 1 Relación de materiales empleados para la elaboración de la pasta

Mezclado de los materiales:

Iniciar el mezclado en seco de los materiales hasta que se incorporen los materiales, esto se realiza con la ayuda de la pala cuadrada. Con la misma pala crear un cráter al centro de la mezcla, la cual servirá para verter el agua necesaria de la mezcla en húmedo.

Mezclado en húmedo. Agregar tres cuartas partes aproximadas del agua medida justo al centro del cráter y proceder a mezclar e ir agregando poco a poco el agua restante hasta obtener una pasta con buena fluidez.

Aplicación de la pasta o mortero en el muro:

Con la ayuda de la cuchara de albañil o cualquier otra herramienta disponible y útil para este propósito aplicar la pasta o mortero en el muro, teniendo la precaución de sellar completamente las tarimas y que la capa de cobertura no sea mayor que 2 cm, siempre asegurándose que quede plano el muro, es decir evitar huecos o protuberancias. Esta pasta debe aplicarse en ambas caras, pero se recomienda sustituirla por yeso en la parte interior del muro.

Pruebas de resistencia a la compresión:

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Tecnología del Concreto del Instituto de Ingeniería Civil de la UANL. Empleando para la aplicación de la carga un sistema que consiste en pistones hidráulicos de 150 ton montados sobre marcos de carga a partir de acero estructural, anclados a una losa de reacción. La losa tiene la capacidad de soportar una carga a tensión en cada grupo de anclas de 50 ton. La carga fue aplicada mediante un pistón hidráulico a una velocidad de 1 t/min. Los paneles de pruebas rellenos con tierra para ensayo presentaron las dimensiones de 0.1x0.9x1.8 m.



Figura 1 Modulo de tarima de madera sometidos a ensayos de resistencia a la compresión

Pruebas de comportamiento térmico:

Con el objetivo de estudiar el comportamiento de los muros propuestos, se realizó una serie de pruebas, consistentes en aplicar un flujo de calor constante a una pieza representativa del sistema de aproximadamente 100cm^3 . El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Saltillo, implementando un dispositivo conformado por una parrilla eléctrica con un área de contacto de $30\times 30\text{cm}$, una tarjeta y programa de adquisición de datos Work Bench. El procedimiento aplicado fue, primeramente, cubrir la pieza con material aislante (colcha cerámica) de manera que solo quede descubierta las caras que están en contacto con la placa de calentamiento y su paralela. Aislado parcialmente la pieza, colocar los termopares en las caras descubiertas. Enseguida colocar el material problema en estudio sobre la placa de calentamiento e iniciar la prueba. El inicio de la prueba consiste en estabilizar el sistema, una vez alcanzada, continuar la recolección de la información por 24 horas. Finalmente, transcurrido el tiempo señalado retirar la pieza.

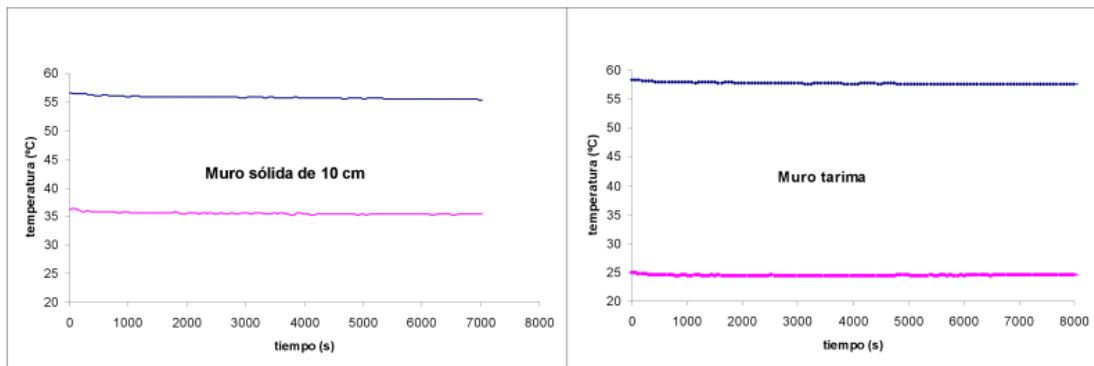


Figura 2. Comportamiento térmico de un muro sólido y muro de tarima de madera

Aplicación del sistema autoconstructivo en ciudad Juárez, Chihuahua:

Una vez desarrollado y evaluado el sistema constructivo, se procedió a la aplicación en un en la colonia La Conquista. La selección del lugar se realizó por la Dirección de Desarrollo e Infraestructura Urbana del municipio de ciudad Juárez. Proporcionada la persona, se procedió a la capacitación. La capacitación incluyendo a un grupo de usuarios potenciales y a personal de la Dirección de Desarrollo. La capacitación incluye, conocimiento básico de los materiales a emplear, acondicionamiento e instalación de tarima. Finalmente, cabe mencionar que la capacitación se realizó con personal técnico de la Corporación.



Figura 3. Aplicación del sistemas autoconstructivo para muro de tarima



Figura 4. Muro de tarima aplicado en la construcción de una vivienda en Ciudad Juárez, Chihuahua

Resultados y conclusiones

Desarrollo viable de un sistema autoconstructivo a partir de un material considerado de desecho industrial.

La prueba de resistencia a la compresión realizada alcanzo un promedio de 14 kg/cm^2 suficiente para cumplir ampliamente con las especificaciones de 5 kg/cm^2 especificado en la norma.

El costo por metro cuadrado instalado y con acabado es de \$80.00 pesos mexicanos equivalente a 7.3 dólares. Lo anterior arroja un ahorro del 45% respecto al sistema constructivo de bloque de concreto.

La tierra cumplió con los siguientes objetivos, incrementar el comportamiento mecánico del sistema y generar un sistema con propiedades más aislantes respecto a los tradicionales.

El sistema propuesto presento un mejor aislabilidad térmica con referencia a la presentada por un muro con concreto celular con peso volumétrico de 1800 kg/m^3 , lo que permite suponer que representa un sistema potencial para aplicarse en regiones con temperaturas extremas.

Bibliografía

1 *Diagnóstico Integral de la Frontera Norte*, El Colegio de la Frontera Norte. México. 2004.

2 ROMERO N. Lourdes, HERNÁNDEZ R Mauricio y ACEVEDO D Jorge, "Vivienda y autoconstrucción. Participación femenina en un proyecto asistido" En: *Frontera Norte*. El Colegio de la Frontera Norte. México. 2005. 107-131.