

12. Aplicación de estrategias alternativas en la construcción para la vivienda vulnerable



JOSÉ MANUEL MACEDO PAREDES^{*}
EUNICE DEL CARMEN GARCÍA GARCÍA^{**}
ALFREDO CERQUEDA MÉNDEZ^{***}
FERNANDO NOEL WINFIELD REYES^{****}

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.12>

Resumen

El trabajo muestra una de las alternativas constructivas que, basándose en la experiencia y transferencia de conocimientos de arquitectura, busca el mejoramiento de la habitabilidad de la vivienda vulnerable en climas fríos, fundamentándose en conceptos de habitabilidad, producción social del hábitat, vivienda vulnerable y materiales, sistemas y procedimientos de la construcción asequibles y alternativos.

Se propone la utilización del microconcreto como material base para elaborar muros y tejas de cubierta como alternativa constructiva térmica se tiene como caso práctico la zona de Xico Viejo, Veracruz, así mismo se muestra el sistema constructivo global con el cual se pone de manifiesto la viabilidad de la propuesta.

Como resultados se espera confort térmico para un clima frío en las viviendas más vulnerables de una zona serrana, lo que coadyuva a la mejora de condiciones de habitabilidad de los usuarios del espacio intervenido,

^{*} Maestro en Energías Renovables, Arquitectura y Urbanismo. Profesor en la Facultad de Arquitectura Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4806-3098> ; correo electrónico: mmacedo@uv.mx

^{**} Doctora en Proyectos Arquitectónicos. Profesora-investigadora en la Facultad de Arquitectura Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8224-0259>

^{***} Maestro en Arquitectura. Profesor en la Facultad de Arquitectura Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9220-2382>

^{****} Doctor en Arquitectura. Profesor de la Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura Xalapa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5220-6401>

el acercamiento de alumnos a situaciones reales sobre las prácticas alternativas y la divulgación de la propuesta para su réplica en otros lugares como estrategia constructiva.

Palabras clave: *habitabilidad, estrategias alternativas constructivas, vivienda vulnerable*

Introducción

Referirse a la vivienda casi siempre hace pensar en ella como un producto comercial, aunque su concepción va más allá, es la segunda piel del habitador, lo cual aplica para todos los niveles socioeconómicos, culturales, psicológicos y fisiológicos. Pero un gran número de viviendas en nuestro país se autoconstruyen sin asesoría o con materiales o procedimientos discordes; en ese sentido, la academia juega un papel importante al transferir conocimiento y promover la producción social del hábitat.

En el presente escrito se muestra una opción de construcción de vivienda con procedimientos alternativos para un clima frío para una población en condiciones de vulnerabilidad. La propuesta se torna como una posibilidad de guía para mejorar el bienestar habitacional de los usuarios en mención, así como abonar en los retos planteados por la ONU-Hábitat para la vivienda en México.

Desarrollo

Planteamiento del problema

Según las estimaciones de la ONU-Hábitat, al menos el 38.4 % de la población mexicana reside en un hogar que no cuenta con las condiciones apropiadas; esto implica vivir en espacios reducidos, contruidos con materiales poco duraderos o que carecen de servicios mejorados de agua y saneamiento.

Dentro del conocimiento de las exigencias sociales inherentes a las viviendas más desfavorecidas, se detecta el problema de la escasa oferta de

materiales de construcción o métodos alternativos que posibiliten la reducción de costos o tiempos en su edificación.

Justificación

Se parte de los retos que arroja la ONU-Hábitat (2018) respecto a la urgencia para atender a la población cuyo hogar necesita mejorar sus condiciones de habitabilidad, por ello, desde la academia se propone un modelo constructivo que contribuya a una solución.

Se intenta favorecer a un porcentaje de los 12.6 millones de viviendas en condición de rezago, a la par de dotar de un mejoramiento térmico de la vivienda, para reducir el impacto ambiental de la vivienda y aumentar la resiliencia de esta para adaptarse al cambio climático, ayudando así a reducir el consumo energético al buscar confort térmico.

Objetivo

Se presenta como objetivo principal divulgar conocimiento constructivo alternativo entre los habitantes de la vivienda vulnerable en clima frío con la intención de mejorar sus condiciones de habitabilidad y asequibilidad.

A la par, este objetivo conlleva diversos beneficios colaterales que van desde una cohesión social a partir de la participación ciudadana para la implementación de este proceso constructivo, así como la valoración de los espacios arquitectónicos como propios al ser construidos en colaboración.

Difundir esta estrategia de abordaje de la vivienda vulnerable que ayude a los retos actuales de la ONU-Hábitat en relación con la vivienda y los objetivos de desarrollo sustentable para México y al Programa Nacional de Vivienda 2021-2024.

Hipótesis

A través de la transferencia de prácticas constructivas alternativas que incluyan opciones asequibles de materiales, sistemas y procedimientos de la edificación, los usuarios de la vivienda vulnerable de clima frío podrán conocer y construir hábitats que coadyuven a mejorar su bienestar habitacional.

Marco teórico

Como elementos teóricos que fundamentan el planteamiento de este estudio se exponen ciertos conceptos que se creen primordiales para el éxito del modelo de construcción para las viviendas vulnerables. Comprender vías alternas de construcción partiendo de una base científica llevadas a un ámbito popular puede generar beneficios para los habitantes de una comunidad para mejorar su habitabilidad.

Habitabilidad

Se hace necesario partir de la idea global del concepto de habitabilidad como las condiciones óptimas que una vivienda debe tener para garantizar el bienestar y la comodidad de sus habitantes. Factores como la calidad del aire, la iluminación, la temperatura, el nivel de ruido, el acceso al agua potable y al saneamiento, y la seguridad estructural influyen directamente en la calidad de vida de las personas.

Una vivienda que cumple con los parámetros de habitabilidad adecuados contribuye a proteger la salud física y mental de sus residentes, y les brinda un entorno seguro, confortable y propicio para el descanso, el desarrollo personal y la convivencia familiar. Por lo tanto, la habitabilidad es un aspecto fundamental para tener en cuenta en las viviendas vulnerables de México, ya que su falta puede tener un impacto negativo en la calidad de vida de las personas que las habitan.

Desde una visión antropológica la vivienda está ligada con la territorialidad, a una apropiación del lugar que se da del sujeto individual y social para generar identidad de barrio o de comunidad (Ortiz, 2012).

Este trabajo se centra en la vivienda al ser el espacio arquitectónico que mayormente ocupa el territorio, sin embargo, no hay que olvidar que también es un derecho constitucional que se establece en el artículo 4º “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917, p. 10). Por otro lado, la Ley de Vivienda para el Estado de Veracruz dice en su artículo 3:

Las familias que habitan en el Estado, tienen derecho de acceso a una vivienda digna y adecuada, entendida ésta como el lugar habitable, seguro, accesible y salubre que permita la integración social y humana, que cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad y legítima posesión. (INVIVIENDA, 2017, p. 6)

Es por ello el interés de esta investigación proponer una posible solución para mejorar la habitabilidad de las viviendas vulnerables en climas fríos. Cabe mencionar la importancia de la población como el principal actor, usuario y benefactor de la vivienda, por eso, partiendo de una visión interdisciplinar y apoyándose en estrategias contemporáneas de participación, es necesario indagar en la mirada de la producción social del hábitat, para ayudar a una apropiación y valorización de la vivienda dentro de una comunidad, barrio o sector social.

Producción social del hábitat

La producción social del hábitat es un enfoque que promueve activamente la participación de la comunidad en el proceso de construcción y mejora de sus viviendas. Se basa en la idea de que quienes viven vulnerables son protagonistas de su propio desarrollo, y que su participación activa y su empoderamiento son fundamentales para alcanzar viviendas adecuadas y sostenibles que respondan a sus necesidades. Este enfoque implica una colaboración estrecha y efectiva entre actores sociales, organizaciones

comunitarias, gobiernos y entidades de la sociedad civil, unidos para promover la autogestión, la solidaridad y, sobre todo, la valiosa participación ciudadana en la producción de viviendas (Cilley y Markovina, 2021).

La colaboración de los actores sociales busca garantizar que las viviendas sean dignas y respeten los derechos humanos y fomentar la creación de un ambiente comunitario sólido y positivo. Con esta colaboración, se busca que quienes habitan estas viviendas adquieran habilidades, conocimientos y recursos necesarios para construir, mantener y mejorar sus hogares. La producción social del hábitat propone un modelo de desarrollo basado en la solidaridad y la participación ciudadana, donde las comunidades se convierten en protagonistas de su propio cambio y progreso.

La producción social del hábitat es una estrategia que busca fomentar la inclusión social, la equidad y la justicia, reconociendo que todas las personas tienen derecho a un hogar digno y adecuado, sin importar su condición socioeconómica. Además, la producción social del hábitat también busca promover la sostenibilidad ambiental. Se busca la utilización de recursos locales, la implementación de técnicas de construcción amigables con el medioambiente y la generación de conciencia sobre la importancia de vivir de manera sostenible (Newell et al., 2022).

Se cree en este estudio que la vía para empoderar a los habitantes de las viviendas fundadas en zonas de riesgo o con un grado de vulnerabilidad es a través de la participación ciudadana en la construcción de sus propios espacios.

Vivienda vulnerable

La vivienda es el primer lugar de la ocupación del espacio de la ciudad, y entre ellas se genera espacios de relación, pero cuando la propia vivienda y por ende los espacios que la rodean no tienen acceso adecuado a viviendas seguras y adecuadas. Esto puede incluir a aquellos que viven en viviendas precarias, con falta de servicios básicos o en condiciones de hacinamiento. Además, también se considera a personas que viven en asentamientos informales o en áreas expuestas a riesgos naturales, como inundaciones, terremotos o deslizamientos de tierra.

Según las estimaciones de la ONU-Hábitat, al menos el 38.4 % de la población mexicana reside en un hogar que no cuenta con las condiciones apropiadas; esto implica vivir en espacios reducidos, contruidos con materiales poco duraderos o que carecen de servicios mejorados de agua y saneamiento (ONU-Hábitat, 2018).

La falta de viviendas adecuadas puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de estas personas y familias, afectando su salud, seguridad y bienestar general. Por lo tanto, es decisivo comprender este contexto y desarrollar estrategias integrales para abordar estas problemáticas.

Estas estrategias pueden incluir la mejora de las viviendas existentes, la construcción de nuevas viviendas seguras y asequibles, la implementación de infraestructuras básicas, como sistemas de agua y saneamiento, y la adopción de medidas de mitigación de desastres naturales. Asimismo, es fundamental promover la participación activa de las comunidades afectadas en la toma de decisiones y en la implementación de soluciones sostenibles. Solo a través de un enfoque integral y colaborativo, se podrá lograr mejorar la situación de estas viviendas vulnerables y garantizar un entorno habitable y seguro para todos.

Materiales y sistemas constructivos alternativos

Existen diversos tipos de estrategias alternativas en la construcción que pueden aplicarse en la vivienda vulnerable. Ejemplos de ello son el uso de materiales reciclados o reutilizables para construir muros y techos. Otra estrategia es la implementación de técnicas de construcción sostenible, como la utilización de sistemas de captación de agua de lluvia u otros.

También se pueden aplicar sistemas de autoconstrucción asistida, que viene muy de la mano de la producción social del hábitat, en donde las comunidades son capacitadas para construir sus propias viviendas con la ayuda de profesionales.

En adición a estas estrategias, también es importante considerar el uso de tecnologías innovadoras en la construcción de viviendas vulnerables. Para este trabajo se propone utilizar materiales convencionales mezclados

para una mejor eficiencia energética de las viviendas y reducir los costos de calefacción y refrigeración.

Lo ideal sería también implementar políticas de vivienda asequible que permitan a las personas de bajos ingresos acceder a viviendas de calidad y asequibles, garantizando así una mayor equidad en el acceso a la vivienda.

La educación y la capacitación son aspectos fundamentales para promover la implementación de estas estrategias. Es necesario brindar información y formación a los residentes sobre los beneficios de estas tecnologías y prácticas, así como fomentar la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con el diseño y la construcción de viviendas.

Además, es importante establecer alianzas entre organismos gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas para impulsar iniciativas conjuntas y compartir recursos y conocimientos (Morillo y Castro, 2024).

Microconcreto

El microconcreto puede definirse como el resultado de la mezcla de cemento, agua y agregados como arena y grava, esta última con una granulometría tal que caracteriza el nombre de “microconcreto” por el tamaño máximo del agregado grueso que no excede de los 10 mm. Es importante considerar la expulsión del aire de la mezcla por medio del vibrado de la misma con el objeto de densificar la mezcla y así obtener mejores resistencias a la compresión simple del orden entre 150-400 kg/cm (SKAT, 1989).

Para obtener elementos constructivos de buena calidad se deben cuidar aspectos como la calidad del cemento, la calidad del contenido de limos y arcillas que pueden afectar el resultado final de la mezcla. De igual forma se debe determinar el contenido de humedad de las arenas utilizadas ya que puede afectar la relación agua/cemento y, en consecuencia, afectar las resistencia y porosidad de la mezcla que inciden en la permeabilidad de los elementos a fabricar (paneles para muros y tejas para cubierta).

Para lograr una buena calidad de la mezcla se deben implementar pruebas de laboratorio con pruebas sencillas que deben realizarse durante la producción, preparación, desmoldeo y control final.

Estos ensayos son los siguientes:

- Laborabilidad. Controlar las proporciones correctas de la dosificación.
- Desmolde y curado. Dimensiones y forma. Que consiste en cuidar los espesores y escuadría. Previo al desmoldeo, el curado inicial se efectúa dentro del mismo molde plástico que está diseñado para apilar 50 moldes, uno encima del otro, de tal forma que se crea una cámara de curado entre moldes que impide la pérdida de humedad acelerada. El curado posterior al desmolde se puede efectuar preferentemente en tanques de curado para sumergir el elemento o cubrirlo con plástico con el propósito de que las piezas conserven la humedad generada por el fraguado del microconcreto.

Control final.

- Porosidad y fisuración
- Resistencia (prueba del sonido)
- Ensayo de flexión
- Ensayo de tracción del tacón de fijación
- Prueba de permeabilidad
- Ensayo de peso
- Prueba de impacto

El resultado es obtener mediante esta tecnología elementos constructivos económicos, ligeros y resistentes que formen un sistema ligero para construir muros y cubiertas.

Metodología

Para describir la metodología hay que considerar que existe una visión global de la propuesta y otra más específica de los procesos realizados ya en conjunto con la participación comunitaria. Por lo que, al hablar de la visión global de la propuesta, se planteó como el ejercicio experimental

de un sistema constructivo alternativo con elementos constructivos fáciles de elaborar, ensamblar y que traerá beneficios para los habitantes que lo implementen.

Desde el ámbito técnico, en la propuesta se diseñaron las máquinas de elaboración de los paneles, tejas y cumbreras partiendo de la premisa de que son elementos fáciles de manufacturar y que la máquina pueda ser replicada en donde sea posible su uso. Se estudiara los materiales constructivos, así como los requerimientos técnicos en relación con sus proporciones, partiendo de sus características de resistencia, capacidad como aislamiento térmico y, sobre todo, considerando que brinden seguridad estructural para los futuros habitantes en búsqueda de una mejor habitabilidad de sus viviendas.

Este planteamiento previo se realizó en el marco de la Especialización en Vivienda de la Facultad de Arquitectura, la Dirección de Vinculación de la Universidad Veracruzana, donde colaboraron los profesores: Dr. Arq. Fernando Noel Winfield Reyes, Ing. José Manuel Macedo Paredes, el alumno en servicio social Edgar Martínez Muñoz y el Arq. Mario Fernández de la Garza con recursos asignados por el CONAFOVI (Consejo Nacional de Fomento a la Vivienda).

La población colaboró en la logística de aplicación en planeación, para implementar la situación real; alumnos, profesores y comunidad unieron fuerzas para llevar a la realidad lo planteado dentro de la materia.

Por otro lado, el planteamiento de la implementación comunitaria se basa en la investigación documental apoyándose en los conceptos del marco teórico para posteriormente desglosar los pasos a realizar para la correcta creación, ejecución e implementación de los paneles de microcemento y tejas en una vivienda vulnerable con clima frío.

La manera en cómo se operativiza la actividad comienza con la organización del trabajo comunitario, aunque también puede ejecutarse como un desarrollo individualizado. Se propone que la gente de la comunidad se divida en tres grupos para aprovechar el tiempo de capacitación para elaborar el panel, la teja y montaje de la estructura para producir el material de construcción y comenzar con el trabajo de la edificación.

Para la organización del espacio se plantea que la mitad se utilice para elaborar el panel y la otra mitad para la teja. La capacitación de la población es importante ya que el panel quedará con acabado aparente, por eso

necesita estar bien trabajado, igual que la teja bien ensamblada en el montaje global.

Las mezclas deben realizarse en un área contigua a la de elaboración, en un espacio semiabierto como protección de la lluvia.

Figura 1. Organización y operación de trabajo comunitario



Fuente: elaboración propia.

Materiales, herramientas y procedimiento constructivo

En esta sección se desglosa el proceso constructivo, las herramientas y los materiales empleados para la construcción y ensamblaje de las piezas a realizar, se especifican detalles técnicos que servirán para la correcta ejecución, previendo posibles problemas durante la creación.

Fabricación de la mezcla

Los materiales adecuados con los que se prepara la mezcla para la fabricación del panel de microconcreto y teja son cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (arenilla, granzón, grava triturada), agua limpia y aditivos de preferencia fluidificantes.

Los materiales para construcción deben colocarse en un lugar seco y cubierto para evitar la humedad del piso, se recomienda que antes de su uso se verifique que se encuentren libres de basura y cernirlos antes de preparar la mezcla.

Para elaborar las mezclas, hay que tener la herramienta adecuada para obtener mejores resultados en la fabricación de estas: palas, cubetas, cuchara de albañil, cernidores, cuchara dosificadora y botes de 19 litros limpios.

La mezcla se fabricará en el lugar más cercano al que será destinada, en un piso limpio, de preferencia nivelado y humedecido. Se debe prever que los materiales utilizables para la mezcla estén libres de impurezas o basuras. Con ello, las cantidades de los materiales dependerán de la especificación que maneje la proporción, en este caso, para el panel y teja corresponde a una proporción cemento-arena-agregado grueso 1:2:8.

Una vez colocados los materiales para la mezcla en el suelo con las características mencionadas se procede a revolver todo uniformemente agregando el agua dosificadamente, el resultado de la revoltura deberá tener una consistencia pastosa para su mejor manejabilidad, cuando la mezcla ya se encuentre lista, se deberá aplicar de inmediato antes de que pasen de 40 a 45 minutos, por ello es conveniente que se elabore solo la mezcla necesaria y repetir la operación tantas veces sea necesario.

Antes de hacer cualquier muestra, hay que hacer pruebas de granulometría. Primero se debe determinar el peso del cemento sin compactación que debe de caber en un jarro de 2 litros, para ello se debe dejar caer el cemento de 2 centímetros de altura enrasando el jarrón. Después, para preparar la arena, se debe secar extendida en una superficie a la sombra y ventilada, usando granos saturados sin humedad superficial.

Por su parte, para calcular la cantidad de agua, la mezcla debe tener una relación agua/cemento igual a .50. La cantidad de agua se calcula por peso de agua $(g) = \text{cemento (g)} \times A/C$, multiplicar el peso del cemento obtenido antes por 50 de la relación A/C (agua/cemento).

Para la preparación de la mezcla, debe verterse el cemento sobre una superficie lisa, medir y vertir también la cantidad de agua correspondiente mientras se mezcla con cuchara de albañil para obtener una mezcla uniforme. La cantidad de arena necesaria será el doble de la proporción del cemento.

Figura 2. *Proceso de elaboración de mezcla y herramientas a utilizar*

Fuente: elaboración propia.

Fabricación de paneles de microconcreto

El microconcreto está caracterizado como un concreto de altas prestaciones, para lograr efectos especiales a veces se usan colorantes y aditivos.

Las herramientas básicas para la elaboración del microconcreto son cuchara de albañil mediana, flexómetro o cinta de medición, pinzas de corte, palas, cubetas de 19 litros, cernidores, cuchara dosificadora, desarmadores, juego de llaves españolas y pinzas de presión.

El panel es una placa hecha a partir de microconcreto, armado con malla electrosoldada 4-4/10-10 para pisos; para muros se armará con una malla electrosoldada 6-6/10-10 con unas dimensiones de 61 cm de ancho, 122 cm de largo y un espesor de 2.54 cm.

La maquinaria para la elaboración del panel es una máquina vibratoria creada sobre un marco metálico con motor monofásico de 120 volts. Es importante contar con un accesorio complementario denominado molde metálico en un número de 15 a 20 piezas, sin olvidar 15 o 20 piezas de malla electrosoldada cortada en rectángulos de 57 cm de ancho por 120 cm de largo; como ya se mencionó, el calibre de la malla variará dependiendo si el uso es para piso o muro.

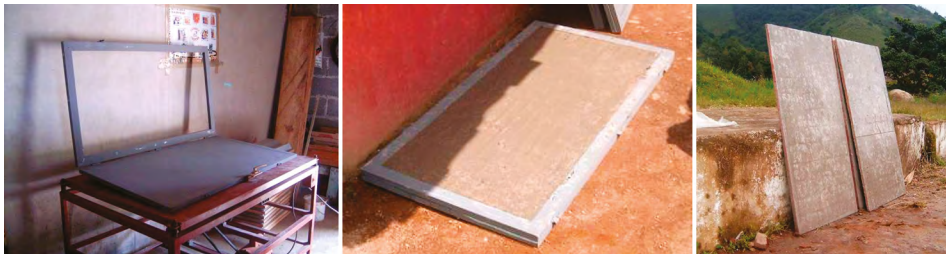
Los pasos para elaborar los elementos de microconcreto comienzan con el aprovisionamiento de materiales, tamizado del agregado fino y grueso para posteriormente realizar la mezcla de materiales.

A la par, debe colocarse el molde del panel y una lámina de plástico en la maquinaria para recibir la mezcla de concreto mencionada, para posteriormente cerrar el marco metálico del molde cuidando de que el plástico

quede lo más restirado posible para evitar burbujas de aire al colocar el concreto. Después se debe colocar la malla electrosoldada sin ondulamientos. Realizadas estas tareas, se debe verter la mezcla de concreto sobre el molde con la malla y el plástico mientras vibra la maquinaria. Al colocar la mezcla debe tenerse cuidado de que quede lo más lisa posible utilizando para ello cuchara de albañil.

Al tener listo el molde con el concreto ya vibrado y alisado, se debe colocar en un lugar seguro para su fraguado inicial, que dura un promedio de 24 horas; al concluir este periodo se retira del molde y se cubre con plástico para que el concreto alcance su máxima resistencia a los 28 días de elaboración, para poder utilizar el panel de microconcreto. El peso aproximado de cada pieza es de 45 kilos.

Figura 3. Proceso de elaboración de panel de microconcreto



Fuente: elaboración propia.

Fabricación de tejas y cumbreras de microconcreto

La teja de microcemento se utiliza para cubiertas, posee cualidades térmicas y acústicas y resistencia mecánica a los impactos.

Tabla 1. Definición de cualidades térmicas, acústicas y de resistencia mecánica a los impactos

Producto	Teja de 8 mm	Teja de 10 mm
Unidades / m²	12.5 u	12.5u
Dimensión neta (mm)	500·250	500·250
Dimensión útil (mm)	400·200	400·200

<i>Producto</i>	<i>Teja de 8 mm</i>	<i>Teja de 10 mm</i>
Peso (Kg) aprox. unidad	2.5	3.00
Peso (kg) aprox. m ²	31.2	37.5
Conductividad térmica	0.5 W/m°C	0.5 W/m°C
Durabilidad	Hay techos en buen estado con más de 20 años	
Resistencia flexión	Más de 60 kg	Más de 80 kg
Resistencia: Impacto aprox., con esfera de 220 g	Caída libre de una altura de 300 mm	Caída libre de una altura de 400 mm
Rendimiento cemento aprox. bolsa de 50 kg	80 u	64 u
Rendimiento cemento aprox. bolsa de 42.5 kg	68 u	54 u
Producción de tejas: HOMBRE / DÍA	100 a 200	100 a 200
Pendiente mínima recomendable	30 %	30 %

Fuente: elaboración propia.

Ventajas de la teja de microconcreto

Comportamiento físico: comportamiento acústico y térmico superior al de las láminas metálicas o de asbesto cemento.

Comportamiento climático: la teja de microconcreto ha demostrado en la práctica su adaptabilidad a los diferentes climas y a diversidad de fenómenos naturales. Se está utilizando en los Andes a más de 4.200 m sobre el nivel del mar, con buenos resultados para mantener el calor dentro de las viviendas, y también en el Caribe, donde se necesita fresco en el interior. También en esta área ha soportado sismos y huracanes sin mayores problemas; comprobado durante varios terremotos en Centroamérica y ante un número de huracanes como Gilbert, Lily, George, Mitch, Michelle y otros.

Colocación de la teja de microconcreto: requieren menos madera, bambú o perfiles metálicos para el soporte, en comparación con construcciones tradicionales; son más económicas e igualmente duraderas.

La maquinaria para la fabricación de la teja de microconcreto es una máquina vibradora de chasis corto con motor eléctrico a 12v/8A, la cual funciona autónomamente con batería de auto o paneles fotovoltaicos.

Como accesorios complementarios se necesitan 400 moldes plásticos para producir teja romana, 400 láminas de plástico de 40 cm de ancho por 60 cm de largo, una balanza y cucharas para dosificación, 400 tramos de alambre recocido de 10 cm además de marcos metálicos o madera para teja y cumbrera.

El proceso de fabricación comienza con el aprovisionamiento de los materiales, posteriormente con el tamizado del agregado fino y grueso, así como la mezcla de materiales para luego colocar una lámina de plástico en la máquina para recibir el concreto cerrando el marco metálico del molde cuidando siempre que el plástico quede lo más restirado posible para evitar burbujas de aire al momento de vaciar el concreto.

Se debe verter el concreto sobre la máquina vibradora mientras esté vibrando, cuidando que antes de quitar el marco metálico se colocará un gancho de alambre recocido en la parte superior de la teja. Al quitar el marco metálico, se deslizará el plástico hacia el molde de la teja para iniciar el fraguado inicial de 24 horas. Al concluir este periodo podremos quitarlo del molde para proceder al curado, ya sea por inmersión sumergiendo la teja durante 7 días o tapándolas con un plástico manteniéndolas húmedas. Una vez realizado este proceso se dejan secar a la sombra hasta que el concreto alcance su máxima resistencia a los 28 días para poder ocupar las tejas.

El concreto deberá quedar como se describe en el ensayo de laborabilidad, el cual consiste en vibrar con la máquina durante 10 segundos una muestra de la mezcla de microconcreto previamente moldeada en forma de cilindro de 5 cm de altura y 7 cm de diámetro. Enseguida se mide la muestra en ambos sentidos y se promedia. El resultado final dependerá de las condiciones de humedad de los agregados, el clima y la cantidad de agua en la mezcla. Demasiada agua puede provocar que los materiales se disgreguen en el momento del vibrado. Si la mezcla está demasiado seca o dura, habrá dificultades para extenderla sobre la placa de vibrado como se muestra en la siguiente figura (la puse en el otro archivo) para obtener óptimas piezas, el peso de cada teja es de 2.3 a 2.4 kilogramos.

Figura 4. *Proceso de elaboración de teja de microconcreto*



Fuente: elaboración propia.

El uso de microconcreto en la construcción de viviendas puede representar una reducción de emisiones de CO_2 de hasta un 30 % respecto al concreto tradicional, principalmente por la optimización en la dosificación de cemento y el aprovechamiento de agregados locales. Por ejemplo, mientras que la fabricación de concreto convencional puede emitir alrededor de 350 kg de CO_2 por metro cúbico, la variante de microconcreto optimizada puede situarse entre 200 y 250 kg CO_2/m^3 . Así, para una vivienda de 40 m^2 que requiere aproximadamente 20 m^3 de material, esto supone un ahorro estimado de entre 2 000 y 3 000 kg de CO_2 solo en la etapa de materiales estructurales.

Adicionalmente, la fabricación de paneles y tejas de microconcreto permite reducir el consumo de cemento hasta en un 25-30 % gracias a mezclas más eficientes y elementos más delgados, lo que disminuye tanto el uso de recursos como la generación de residuos. Esta eficiencia material, sumada a la producción local y la menor necesidad de transporte, contribuye a una menor demanda energética global del proceso constructivo. En conjunto, estos factores hacen del microconcreto una alternativa ambientalmente más favorable y adecuada para proyectos de vivienda social, especialmente en contextos donde la reducción de emisiones y el uso racional de recursos son prioritarios (Habert et al., 2020; SKAT, 1989; UN Environment, 2017).

Fabricación de cumbrera de microcemento

El sistema constructivo se complementa con la fabricación de cumbreras caballete de este microconcreto. Se define un caballete como a línea

horizontal resultante del encuentro de dos tendidos de tejado que desaguan en direcciones opuestas. El accesorio de microconcreto que se utiliza para cubrir el caballete se denomina teja de caballete y caballete y más apropiadamente, cumbrera.

El molde cumbrera se fabrica en madera o chapa metálica, un tablero lateral con listones clavados en sus extremos y colocados con una separación central de 4 cm. Las tablas del molde son de 30 cm por 2 cm. El ángulo entre las tablas de moldes es de 120 grados para las cumbreras. Para la elaboración de cumbreras se utiliza el mismo sistema que para la hechura de tejas de microconcreto.

Proceso constructivo global

En el siguiente apartado se describe el proceso constructivo global de edificación de una casa habitación en clima frío incorporando los elementos constructivos antes mencionados (paneles y tejas de microconcreto). Se debe precisar que fue una prueba realizada en una zona montañosa, específicamente en Xico Viejo, Veracruz, y que se puede replicar en otros lugares similares. Además servirá para cubrir las necesidades de habitabilidad de los usuarios y también para que agentes públicos la consideren y pueda ayudar a los objetivos de la ONU-Hábitat e, incluso, al Programa Nacional de Vivienda.

En primer lugar, se debe limpiar el terreno retirando capa vegetal, piedras, basura o excedentes que impidan la siguiente tarea, el trazo y nivelación de este. Se procede al trazo de la excavación: si el terreno está en pendiente, según por lo que el nivel del terreno baja, la profundidad de la excavación es mayor; en este caso la mínima es de 30 cm y máxima de 2 m.

Para la elaboración de la cimentación se construyen dados de 30 · 30 cm que funcionan como soporte para los palafitos de concreto de 20 cm de diámetro armados con Armex desde el dado, esta cimentación es adecuada ya que no requiere grandes cantidades de cemento y a la vez protege a la estructura de madera aislándola de la humedad de la tierra, para el cimbrado de los palafitos se utiliza sonotubo de 20 cm de diámetro, retirando éste a los 7 días.

La superestructura de la vivienda utiliza madera tratada con sales de boro, barrotes de 2" · 4" y polines de 4" · 4" con una longitud ambos de 2.44 metros. Para pisos, muros y cubiertas se ocupan las secciones de 4" · 4".

Así, el montaje del piso se comienza desde la parte superior de los palafitos, colocando una sección compuesta entre cada uno, siendo que el espacio central es el espacio para colocar las secciones verticales que forman los muros, para reforzar la estructura del piso se colocan cerchas que rigidizan. El armado de pisos, muros y cubierta se realiza simultáneamente lo que hace que se conforme un cuerpo.

Respecto a los muros, el módulo de la construcción es con base de 61 cm por lo que la colocación de los pies derechos es a cada 1.22 m, a la mitad de la longitud de los pies derechos, se coloca una sección de 2" · 4" como refuerzo.

Una vez que se han montado los refuerzos verticales, se comienza con la colocación de los paneles de microconcreto de .61 m x 1.22 m que deben unirse a los pies derechos por medio de tornillos para madera de cabeza hexagonal galvanizados ¼" · 2"-21/2". Este elemento constructivo es también el acabado final exterior, por ende, debe tenerse cuidado y calidad en la mano de obra.

El acabado interior de los muros es con base de ferrocemento, pero anterior a la malla se debe colocar una capa de material tal como polietileno, desperdicio de espuma de poliestireno o cartón comprimido que tiene la doble función como aislante térmico acústico y que evita que al colocar la mezcla esta ocupe mayor volumen y se desperdicie logrando que solo se aplanen de 2 a 3 cm de espesor; el resto del muro queda hueco lo que funciona también como aislante térmico.

Los conectores uniones que se plantean para fijar unas secciones de madera a otras son con base de lámina galvanizada cortando rectángulos de 4" · 12" cada uno. Las placas de lámina galvanizada se fijan a la madera por medio de clavos de 2".

Para la cubierta, esta se resuelve a dos aguas. En la parte central de la vivienda se coloca una viga cumbreira a un nivel más alto del cerramiento para otorgar la inclinación respectiva. Entre las vigas principales deben colocarse alfajillas de 1" · 4" cada 41 cm, para apoyar posteriormente la teja de microconcreto. Una vez que se tienen las alfajillas colocadas, se procede a

colocar la teja se apoya por el tacón mediante el alambre colocado dentro de ella, se clava utilizando clavo de 1”.

Al momento de la colocación, la teja ya debe estar tratada con impermeabilizante COMEX de 3 años líquido o similar para no que no presente filtración de agua en tiempo de lluvia.

Para efectos de instalaciones hidráulicas y eléctricas, este sistema constructivo permite implementarlas de manera rápida por los huecos originales en los muros evitando el ranurado. Por su parte, la instalación sanitaria también presenta ventaja pues como la construcción se encuentra levantada del nivel de suelo en la parte exterior inferior del suelo se pueden realizar los ramaleos correspondientes.

Figura 5. Vista de propuesta constructiva global con paneles y teja de microconcreto para clima frío



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La contribución de este trabajo abona modestamente a los retos de la ONU-Hábitat y al Programa Nacional de Vivienda 2021-2024, en donde se buscar aportar al indicador:

- 1.1.3 Elaborar y difundir lineamientos técnicos respecto a una vivienda adecuada, con criterios específicos sobre materiales en pisos, techos y muros, esquemas de construcción y acceso a servicios básicos, que reconozcan la

condición cultural y espacial de cada región para su aplicación por parte de todos los actores en el sistema de vivienda. (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2021, p. 39)

Nuestro papel como formadores del recurso humano a nivel licenciatura va más allá de solo transmitir el conocimiento básico para el desempeño profesional, sino que debe abonar a la formación integral, con un compromiso social, ética profesional y; sobre todo, el acercamiento a una realidad colectiva en un país en vías de desarrollo que cuenta con un alto porcentaje de viviendas con deficiencias graves en habitabilidad. Por ello, se plantea este trabajo con un doble objetivo: la formación del aprendiz en arquitectura y sobre todo el beneficio que tendrán las comunidades vulnerables con este tipo de propuestas en donde con fundamentos técnicos se intenta resolver una problemática general.

Así mismo, habrá que fomentar la interdisciplinariedad entre arquitectura, ingeniería y carreras afines motivando a estudiantes, docentes a insertarse en problemas de vivienda reales y sumando a la extensión de los servicios de la universidad.

Es importante que el trabajo colaborativo entre instituciones, con ejercicios que surgen de las necesidades sociales de las comunidades, se realice de manera continua como respuesta al compromiso de las instituciones académicas con la sociedad, ya que así se vincularán con bases teóricas, el conocimiento adquirido en las aulas y la realidad social, la cual necesita mayor intervención de la academia.

Referencias

- Cilley, M. y Markovina, L. (2021). La producción social del hábitat: la universidad, un actor central. *Masquedós: Revista de Extensión Universitaria*, 6(6), 1-12. <https://ojs.extension.unicen.edu.ar/index.php/masquedos/article/view/119>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. [C.M.] art. 3., 1917. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- INVIVIENDA. (2017). *Ley de Vivienda*. INVIVIENDA. <http://www.invivienda.gob.mx/Portals/0/2017/07%20Propuesta%20de%20Ley%20de%20Vivienda.pdf>

- Morrillo, J. E. V. y Castro, C. M. J. (2024). Materiales tradicionales y bioclimáticos: análisis comparativo para viviendas sociales. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(3), 95-102.
- Newell, J. P., Foster, A., Borgman, M. y Meerow, S. (2022). Ecosystem services of urban agriculture and prospects for scaling up production: a study of Detroit. *Cities*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103664>
- ONU-Hábitat. (2018). *Vivienda y ODS en México*. ONU.
- Ortiz Flores, E. (2012). *Producción social de la vivienda y el hábitat. Bases conceptuales y correlación con los procesos habitacionales*. Coalición Internacional para el Hábitat América Latina. <https://hic-al.org/2018/12/28/produccion-social-de-la-vivienda-y-el-habitat-bases-conceptuales-y-correlacion-con-los-procesos-habitacionales/>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2021). *Programa nacional de Vivienda 2021-2024*. Gobierno de México.
- SKAT. (1989). *Información básica sobre techos de microconcreto (TMC) y fibro concreto (TFC), introducción para arquitectos, técnicos, empresarios, instituciones de desarrollo y el público interesado en TMC y TFC*. SKAT.
- Stulz, R. y Mukerji, K. (1988). *Appropriate building materials, a catalogue of potencial solutions*, SKAT. IT Publications.