



ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES DE UN SISTEMA DE TÉCNICA MIXTA DE CONSTRUCCIÓN

German Alberto Parma Valenzuela¹, Rafael Alavéz Ramírez¹ y José Luis Caballero Montes¹.

Instituto Politecnico Nacional CIIDIR Unidad Oaxaca

¹parma.german@gmail.com; ²arrafael@yahoo.com.mx; ³josecamontes@hotmail.com

Palabras clave: Consumo energético, emisiones de CO₂, vivienda de emergencia

Resumen

Tras los sismos de septiembre de 2017 en el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, se construyeron viviendas de emergencia que no cumplieron con las condiciones para convertirse en alojamientos permanentes, no se adaptaron al clima del lugar y los materiales eran poco resistentes. Por eso se propuso un sistema constructivo de técnica mixta con paneles prefabricados de bajareque para dar solución a la problemática de vivienda ante la emergencia. Este trabajo tiene como objetivo analizar el impacto ambiental de los materiales de una vivienda de emergencia (VE) diseñada con arquitectura tradicional y sistema de construcción híbrida como una solución sustentable tras los efectos de los sismos del 2017 en el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca. Se empleó una metodología que evalúa el impacto de los materiales utilizados en la construcción usando la base de datos metaBase del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, en donde se brinda información con indicadores de impacto ambiental con base en el peso de los materiales de construcción más comunes. Se evaluaron dos de los indicadores de mayor impacto ambiental (emisiones de Co₂ y costo energético), y se desarrolló un estudio comparativo de la VE con una vivienda construida con materiales tradicionales e industrializados de mayor uso en el Istmo de Tehuantepec. Los resultados obtenidos muestran que la VE con sistema de paneles prefabricados de bajareque, al ser construida mayoritariamente de tierra, presenta un ahorro energético de 20.400 MJ y una cantidad 66% menor de emisiones de Co₂. Se concluye que es fundamental el diseño de viviendas con sistemas de construcción alternativos con materiales naturales como la tierra y la madera que por su origen son amigables con el medio ambiente

1 INTRODUCCIÓN

Para atender la emergencia ocurrida en comunidades del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca después de los sismos del 2017 se construyeron prototipos de vivienda temporal con dimensiones mínimas que no tomaron en cuenta las condiciones climáticas del sitio. Ante esta necesidad de vivienda post desastre se diseñó un modelo de vivienda de emergencia (VE) que tomó en cuenta aspectos arquitectónicos tradicionales de la región, así como el uso de técnicas constructivas con materiales locales.

La VE es resultado de uno de la investigación de Parma (2021), que propone un modelo de vivienda de emergencia sustentable. Dicha vivienda tiene un área de 34 m² con el tipo vernáculo del Istmo de Tehuantepec, con sistema constructivo de técnica mixta a base de paneles de madera, tierra y zacate¹ (familia *Poaceae*) y techo de lámina galvanizada, que tuvo previamente fases de conceptualización de su diseño bajo el enfoque de la sustentabilidad.

Ante el deterioro ambiental que se presenta en la actualidad como la devastación de la capa de ozono, deforestación, desertificación, calentamiento global y agotamiento de los bienes naturales, es muy difícil no atender una de las principales causas de este impacto, el sector de la construcción. El impacto ambiental es resultado del uso excesivo de materiales y de energía, por lo tanto, de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes (Kospomoulos, 2004) en su proceso de producción y transporte hasta el sitio de la obra.

¹ Nombre genérico de varias especies de hierba que sirven de pasto y forraje

Dentro de las investigaciones realizadas a la vivienda como objeto de estudio para evaluar su grado de sustentabilidad se encuentran aquellos que se enfocan al diseño bioclimático, a determinar el nivel de eficiencia energética, la evaluación económica, aspectos psicosociales, del impacto de materiales durante el ciclo de vida de las viviendas entre otros. Cada uno de estos trabajos aportan conocimientos importantes que permiten hacer mejoras a las viviendas para que éstas tiendan a ser cada vez más sostenibles e impacten en la calidad del hábitat de las personas.

Es importante destacar que la vivienda compone una gran proporción dentro de la edificación debido al crecimiento de la demanda en los últimos años, por consecuencia aumenta el consumo de materiales, el proceso de extracción de la materia prima, transformación, comercialización y traslado, todo esto genera un impacto en el ambiente que puede evaluarse por medio de indicadores como el peso, energía incorporada y emisiones de CO₂ (Arreaza et al., 2011). Por lo tanto, es de mucho interés conocer los factores relacionados con el impacto ambiental en la construcción y el valor de su funcionamiento ambiental, además de los aspectos técnicos y económicos, de esta manera, anticiparse hacia resultados sustentables en el diseño de las viviendas, haciendo una adecuada selección del sistema constructivo y de los materiales que lo conforman (Emmanuel, 2004; Thormark, 2006, como se citó en Caballero; Alcántara, 2012).

Esta investigación tiene el propósito de analizar el impacto ambiental de los materiales de construcción propuestos en el diseño de una vivienda de emergencia (VE) para el Istmo de Tehuantepec con elementos de arquitectura tradicional y sistema de construcción de técnica mixta como una solución sustentable tras los efectos de los sismos del 2017, también se realizó un estudio comparativo con una vivienda tradicional Istmeña (VTI) con la finalidad de validar los beneficios ambientales de la VE diseñada. Para esto se tomaron en cuenta dos indicadores de impacto ambiental más relevantes relacionados con la construcción; el costo energético y las emisiones de CO₂.

2 METODOLOGÍA ADOPTADA

2.1 Análisis del impacto ambiental en la VE

De acuerdo con Chen et al. (2001), los elementos del sistema constructivo que se deben tomar en cuenta para la evaluación energética de una edificación son la estructura, la envolvente, elementos interiores, acabados e instalaciones. Para la realización de esta investigación se tomaron en cuenta los tres primeros elementos del sistema, ya que representan el 70% de los materiales utilizados en una construcción.

Para llevar a cabo el análisis de impacto ambiental del modelo de VE diseñado se hizo una adaptación de la metodología de Arguello y Cuchi (2008) quienes investigaron sobre el impacto de los materiales utilizados en la construcción de acuerdo con una base de datos de metaBase del ITeC (2003).

Primero se elaboró un modelo en 3d detallado de las dos viviendas en estudio identificando cada una de las partes del proceso constructivo, para de esta manera, cuantificar los materiales utilizados en su construcción. Para esto se utilizó el software de dibujo Sketchup. Se tomaron principalmente los materiales de las partidas de: estructura, muros y cubierta de las viviendas. No se tomaron en cuenta, puertas y ventanas, instalaciones eléctricas, ni hidrosanitarias, ya que varían mucho de un caso a otro.

Posteriormente se enlistaron los materiales utilizados y se registraron en una sola unidad de medida, en kilogramos, de acuerdo con su masa, esta es la unidad que se utiliza para medir el impacto ambiental. Se tomaron en cuenta la energía incorporada y la emisión de CO₂ ya que son los indicadores con mayor incidencia en el impacto ambiental en el planeta y están relacionados con el calentamiento global y el deterioro de la capa de ozono.

Actualmente no se cuenta con una base de datos del impacto generado por los materiales de construcción en México, así que se tomó como referencia la información de metaBase

del ITeC (2003). De este listado se utilizaron los datos de los materiales que cuentan con materia prima o procesos similares en su fabricación.

Después se realizó el cálculo de la energía incorporada y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de los materiales de construcción y el transporte hasta el sitio de la obra, con base en el peso de los materiales utilizados (kg de material, MJ/kg de material, kg de CO₂). Finalmente, los datos se trasladaron a tablas que permiten observar el impacto ambiental de los materiales seleccionados para el análisis. Con estos datos se hizo una evaluación comparativa de la VE con la VTI de mayor uso en las viviendas en el Istmo de Tehuantepec.

Se tomaron en cuenta la energía incorporada y la emisión de CO₂ ya que son los indicadores con mayor incidencia en el impacto ambiental en el planeta y están relacionados con el calentamiento global y el deterioro de la capa de ozono.

2.2 Descripción del sistema constructivo

Se analizó el diseño de la VE de 34 m² con el sistema constructivo de técnica mixta propuesto a base de bajareque prefabricado (figura 1), en el que la estructura principal es de madera y los muros son de paneles construidos con marcos de madera y un entramado de carrizo que se rellenan de una mezcla de pasto con tierra, la cimentación es de concreto y la cubierta es de estructura de madera con relleno de zacate con tierra y lámina galvanizada.

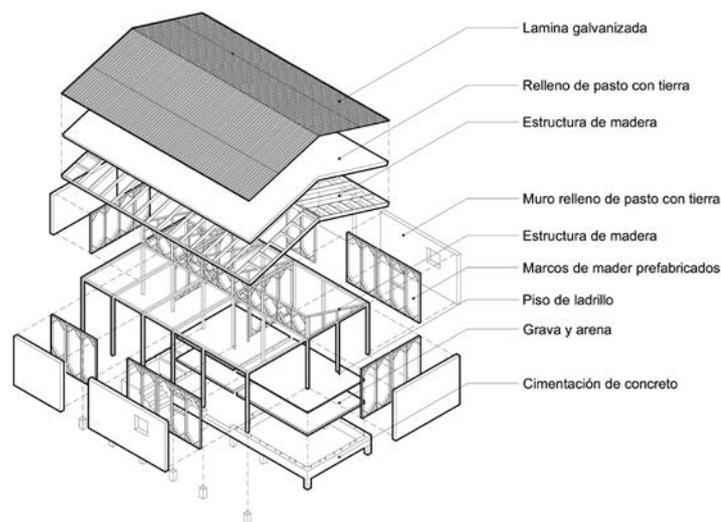


Figura 1. Despiece de la Vivienda de Emergencia

Con el objetivo de comparar el impacto ambiental del sistema híbrido propuesto en la VE, se realizó un análisis de una vivienda tradicional Istmeña con dimensiones y características similares (figura 2). La cimentación es de piedra junteada con mortero de cal, los pisos son de firme de concreto, los muros son de ladrillo rojo doble, no utilizan castillos, pero si cerramientos de concreto, la cubierta es de estructura de vigas madera con una losa de concreto y finalmente teja cerámica.

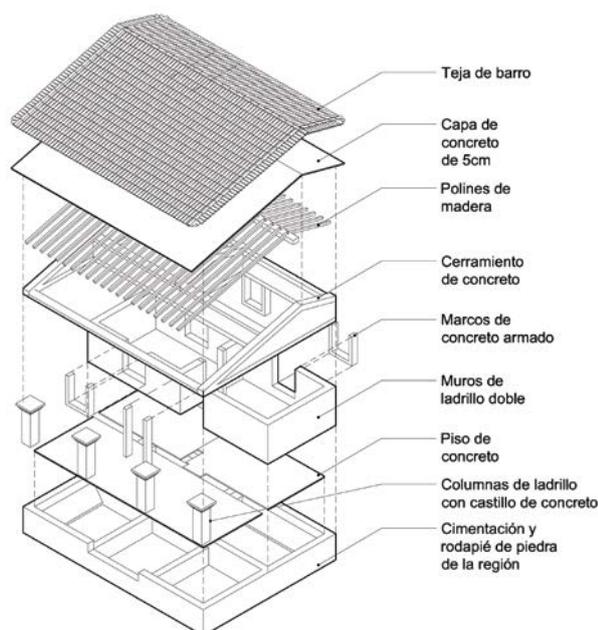


Figura 2. Despiece de la Vivienda tradicional Istmeña. Fuente: Elaboración propia.

3 RESULTADOS

Como resultado de la cuantificación de materiales, se observa que son los agregados el principal elemento presente en la construcción de ambas viviendas, en la VE es el 52% del peso total de los materiales y se encuentran en la cimentación y en la cama de agregados debajo del piso de ladrillo, mientras que en la VTI es el 75% y se encuentra en la cimentación, pisos, estructura y cubierta.

En la tabla 1 se muestra el listado de materiales utilizados en la propuesta de VE con sistema de técnica mixta de bajareque prefabricado, el peso de cada uno, el porcentaje de acuerdo con el peso, el costo energético y las emisiones de CO₂.

Tabla 1. Costo energético y emisiones de CO₂ de la VE

Sistema: Panel prefabricado de bajareque				
Material	Cantidad		Costo energético (MJ)	Emisión de CO ₂ (kg)
	(kg)	(%)		
Acero	356.09	1.92	12463.15	997.05
Agregados	9567	51.62	956.70	66.97
Agua	5700	30.76	285.00	0.00
Cal	3.6	0.02	12.35	1.15
Cemento	450	2.43	1962.00	184.50
Madera	2445	13.19	5134.50	146.70
Resinas	10.44	0.06	1148.40	169.96
Total	18532.13	100	21962.10	1566.34

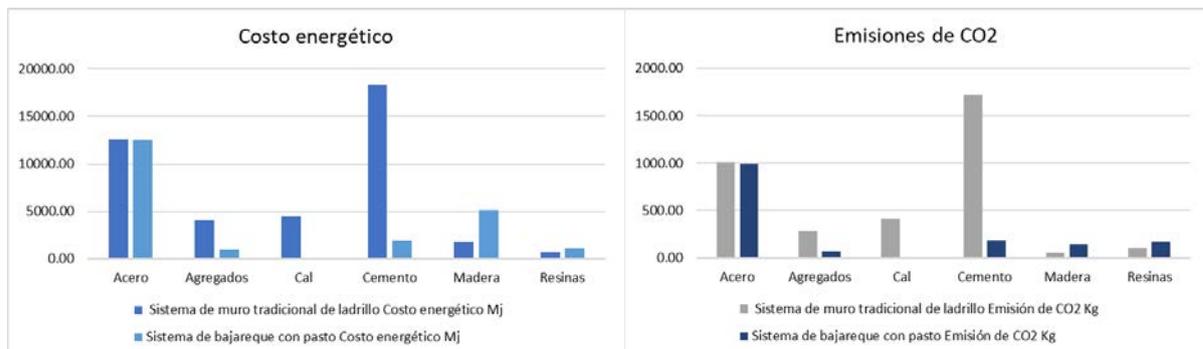
En la tabla 2 se muestra el listado de materiales utilizados en la VTI con muros de ladrillo, el peso de cada uno, el porcentaje de acuerdo con el peso, el costo energético y las emisiones de CO₂.

Tabla 2. Costo energético y emisiones de CO₂ de la Vivienda tradicional Istmeña

Sistema: Muro tradicional de ladrillo				
Material	Cantidad (kg)	(%)	Costo energético (MJ)	Emisión de CO ₂ (kg)
Acero	360	0.66	12600.00	1008.00
Agregados	40700.7	74.83	4070.07	284.90
Agua	6947	12.77	347.35	0.00
Cal	1305	2.40	4476.15	417.60
Cemento	4205	7.73	18333.80	1724.05
Madera	870	1.60	1827.00	52.20
Resinas	6.5	0.01	715.00	105.82
Total	54394.2	100	42369.37	3592.57

Es notable la diferencia de cantidades de energía requerida, donde en la VE es de 21.962 MJ mientras que en la VT es de 42.369 Mj, así como las emisiones de CO₂ en la fabricación de los materiales entre la VE que tiene como resultado 1.562 kg, debido a que tiene una estructura a base de madera y materiales naturales y la VT con 3.592 kg de emisiones, construida con materiales industrializados y una estructura de concreto. Además, la VE utiliza un sistema de elementos prefabricados, lo que reduce el desperdicio de material, por lo tanto, también sus emisiones y costo energético.

En la figura 3 se muestra el costo energético y las emisiones de CO₂ de cada uno de los materiales de las dos viviendas comparadas. Se observa que en la vivienda de bajareque el uso de materiales con alto impacto ambiental como el cemento, es mínimo con solo 450 kg, a diferencia de la vivienda de ladrillo donde este material es la base de la estructura con un peso de 4.205 kg.

Figura 3. Comparación de costo energético y emisiones de CO₂ de cada material

4 CONCLUSIONES

Los datos que resultaron de esta investigación son de suma importancia ya que pueden ser utilizados por la comunidad como un criterio a la hora de seleccionar materiales o sistemas constructivos en el diseño y construcción de viviendas para la región del Istmo de Tehuantepec, ya que queda como evidencia que los sistemas constructivos alternativos híbridos, en particular los que utilizan materiales de origen natural como el propuesto en la VE tienen mayores beneficios, entre ellos que son sustentables, tienen un menor costo energético y menores emisiones de CO₂ comparado con los sistemas que utilizan materiales industrializados en la zona. Además, el bajareque, un sistema empleado históricamente en la región, por su facilidad constructiva permite la autoconstrucción, reduciendo de esta manera los costos en la construcción.

Actualmente es posible desarrollar proyectos con enfocados a la solución de problemas sociales, por medio de metodologías y herramientas digitales como las que fueron utilizados en este trabajo, donde además se aborda la problemática ambiental relacionado con la edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arreaza, H.; Avellaneda, J.; Gonzalez, J. (2011). Minimización del impacto ambiental en la construcción de viviendas plurifamiliares. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099/8158>

Caballero, J.; Alcántara, A. (2012). Beneficios ambientales inherentes al uso de sistemas constructivos con materiales alternativos en viviendas. *Naturaleza y desarrollo*, 38-53.

Chen, T.; Burnett, J.; Chau, C. (2001). Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. *Energy*, 26, 323-340.

ITeC – Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña. (2003). *Parametros de sostenibilidad. Línea del Medio Ambiente y la Construcción*, 96. Enpaña: ITeC

Kospomoulos, P. (2004). *Environmental design*. University Studio Press, 152-132.

Parma, G. (2021). *Diseño de vivienda de emergencia sustentable con condiciones de habitabilidad permanente para zonas afectadas por desastres naturales*. México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Oaxaca.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo para la realización de los estudios de posgrado en el programa de maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario del Centro Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional del autor principal de este trabajo.

AUTORES

German Alberto Parma Valenzuela es arquitecto por la Universidad Autónoma de Baja California (2010), maestro en gestión de proyectos para el desarrollo solidario por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (2021).

Rafael Alavéz Ramírez es arquitecto por la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, maestro en arquitectura bioclimática por la Universidad Autónoma Metropolitana, doctor en ciencias en desarrollo regional y tecnológico por el Instituto Tecnológico de Oaxaca y profesor colegiado del posgrado del CIIDIR Oaxaca del Instituto Politécnico de Oaxaca.

José Luis Caballero Montes es ingeniero civil por el Instituto Tecnológico de Oaxaca, maestro en administración de la construcción por el Instituto Tecnológico de la Construcción y doctorante en arquitectura del Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura.