

Vivienda Institucional Y SU IMPACTO AL CAMBIO climático

ANÁLISIS DE VIVIENDAS EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

*Institutional housing, impact to climate change.
Analysis of housing in San Luis Potosi, Mexico*

JORGE AGUILLÓN-ROBLES*, GERARDO JAVIER ARISTA-GONZÁLEZ**, ANTONIO PALACIOS-ÁVILA***

Fecha de recibido:
23 agosto 2017
Fecha de aceptado:
14 diciembre 2017

* Universidad Autónoma
de San Luis Potosí,
México
aguillon@fh.uaslp.mx

** Universidad Autónoma
de San Luis Potosí,
México

garista@fh.uaslp.mx

*** Universidad
Autónoma de San Luis
Potosí, México
palacios@fh.uaslp.mx

RESUMEN. Se evalúan los impactos de la vivienda institucional por la generación de CO₂ (huella de carbono) de dos casos de estudio, el primero se localiza en Tamazunchale, San Luis Potosí (SLP), y el segundo en la Zona Metropolitana de SLP-Soledad de Graciano Sánchez. El presente artículo permite evaluar factores que relacionan la habitabilidad con la energía teórica necesaria para alcanzar el confort térmico en la vivienda, cuantificando las emisiones de CO₂ por el uso de energía hipotética para la climatización de la vivienda institucional. Se identifican los impactos al ambiente sin considerar la energía incorporada en los materiales de edificación de la vivienda, y se evalúa la huella de carbono generada por el uso de energía eléctrica para su climatización. Se analizan los dos casos de estudio con dos tipos de análisis para la recolección de datos, dando como resultado los impactos en el cambio climático por efecto del uso de energía para el establecimiento de confort en la vivienda institucional.

Palabras clave: cambio climático, confort térmico, habitabilidad, vivienda institucional.

ABSTRACT. The impacts of institutional housing are evaluated by the generation of CO₂ (carbon footprint) of two case studies, the first located in Tamazunchale, San Luis Potosí (SLP), and the second in the Metropolitan Area of SLP-Soledad de Graciano Sánchez. The investigation allows to evaluate factors that relate the habitability with the theoretical energy necessary to reach the thermal comfort in the house, quantifying the CO₂ emissions by the use of hypothetical energy for the climatization of the institutional housing. The impacts to the environment are identified without considering the energy incorporated in the building materials of the dwelling, and the carbon footprint generated by the use of electric power for its air conditioning is evaluated. The two case studies are analyzed with two types of analysis for data collection, resulting in impacts on climate change due to the use of energy for the establishment of comfort in institutional housing.

Key words: climate change, thermal comfort, habitability, institutional housing.



En el presente artículo se muestran los avances de la investigación del Cuerpo Académico Hábitat Sustentable (CAHS), en su Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC), Diseño y Edificación Sustentable del Espacio y Habitabilidad, que impulsa la investigación sobre Vivienda Sustentable como plataforma de los ejes temáticos: Análisis de ciclo de vida de los materiales, su análisis y selección bajo criterios de sustentabilidad y los de Arquitectura bioclimática y habitabilidad, teniendo como referencia de estudio la vivienda institucional en el estado de San Luis Potosí. En él se comprueba la incidencia del quehacer arquitectónico con los impactos ambientales y la relación que el profesional debe mantener con la generación de arquitectura sustentable, y ante esto planteamos varias preguntas: ¿Cómo es la incidencia de la arquitectura y la edificación en los prototipos de vivienda institucional?, ¿Cuál es la responsabilidad del arquitecto en la selección de materiales adecuados para la envolvente de la vivienda?, ¿Los arquitectos como gremio estamos preparados ante el reto de generar vivienda sustentable?, ¿Cuál es la responsabilidad de la academia en la formación de recursos humanos ante estos retos? Para dar respuestas a las interrogantes se plantea este trabajo de evaluación de vivienda institucional en relación con los impactos ambientales generados por el uso de energías convencionales para su climatización.

VIVIENDA INSTITUCIONAL

“La Demanda de vivienda en 2014” (Sociedad Hipotecaria Federal, 2014) determinó la aplicación de 579,036 créditos para la adquisición de

vivienda a nivel nacional, considerando a entidades productoras de vivienda como INFONAVIT¹, FOVISSSTE², FONHAPO³, la Banca, entre otras entidades, siendo la demanda de vivienda para el Estado de San Luis Potosí de 7,262 créditos para adquisición, lo que representa 7.9% del total nacional.

En este sentido, el estado de San Luis Potosí plantea las Normas para la Construcción de Vivienda y en el capítulo quinto, “Programa de Vivienda”, el artículo 33 contempla un Programa de Vivienda Digna y Adecuada, el artículo 40 establece normas que deberán atender los desarrolladores y promotores de vivienda, la sección V establece la observancia de las condiciones climatológicas que prevalezcan en la localidad y la sección VI la observancia para evitar la contaminación del suelo y del ambiente; sólo se atiende y en una mínima parte el artículo 40, sección I, la utilización de eco técnicas y de ingeniería ambiental aplicables a la vivienda. Por lo anterior es conveniente poner en la mesa de discusión conceptos como habitabilidad, confort, análisis de ciclo de vida, huella de carbono, energía para climatizar la vivienda generando menores impactos ante el cambio climático que manifiesta el planeta.

En el estado de San Luis Potosí innumerables viviendas acrecientan la lista de construcciones que no cuentan con las condiciones para una adecuada habitabilidad, término que engloba características físicas y no físicas del espacio necesarias para que las personas desarrollen actividades dentro de un espacio, promoviendo la satisfacción como la permanencia del habitante dentro del mismo. Esta falta de habitabilidad se debe al desarrollo que ha tenido la vivienda institucional en México y en el Estado, donde las políticas impulsadas tienen como principio nivelar el déficit de vivienda existente, llevando a priorizar el factor numérico y económico, dejando subordinada la calidad espacial y con ella la calidad de vida. La vivienda es construida sin considerar factores culturales o climatológicos, provocando ausencia de

1 Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.

2 Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

3 Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares.

*La **VIVIENDA** es
CONSTRUIDA sin
considerar factores
**CULTURALES O
CLIMATOLÓGICOS,**
provocando ausencia
de **CONFORT**
en el **ESPACIO
HABITABLE.**
Incluyendo a la
PERSONA o a las
PERSONAS que
intervienen, así como
**MOBILIARIO,
EQUIPO E
INSTALACIONES.***

confort en el espacio habitable. La habitabilidad relacionada con la calidad de vida susceptible de mejorarse mediante el control de determinadas variables del diseño arquitectónico. Las condiciones determinadas por las características físicas de la vivienda, el sitio, las características sociales de la familia, que se expresan en hábitos, condiciones de confort, conductas o maneras de ser, adquiridas y consolidadas en el transcurso del tiempo. Casi todas las actividades que realizamos y los bienes que utilizamos implican consumos de energía, lo que significa contribuir a las emisiones de CO₂ a la atmósfera. El cambio climático, provocado por la emisión de gases de efecto invernadero, implica que el calentamiento global ha sido causado en buena medida por estas emisiones.

HABITABILIDAD

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, habitabilidad es la “cualidad de habitable, y en particular la

que, con arreglo a determinadas normas legales, tiene un local o una vivienda” (RAE, 2015); pero es importante entender conceptos ligados a la habitabilidad.

Para Saldarriaga, “la arquitectura se entiende como la disciplina del hábitat, su obligación debe ser la del bienestar y no la de la degradación de la vida humana, el objeto de la arquitectura debe ser el hábitat del bienestar, a través de reconocimiento y tratamiento de los problemas que lo pueden afectar. El objetivo de la disciplina de la arquitectura debe ser, al menos en teoría, el de aumentar el número de personas en buenas condiciones de habitabilidad, no el del número de habitantes con problemas de habitación” (2006: 8).

El planteamiento de habitabilidad ligado a la arquitectura que hacen Alcántara Lomelí y Gómez Amador (2007), donde establecen que:

La habitabilidad es la condición esencial de la arquitectura y todo programa arquitectónico considera en forma relevante la ventilación, la iluminación y la extensión visual como aspectos determinantes de la habitabilidad. La arquitectura es definida frecuentemente como espacio delimitado artificialmente, dependiendo de las condiciones ambientales esa separación puede ser relativa o absoluta, sin embargo, ciertos aspectos de las condiciones del medio ambiente son vitales para el ser humano, por ello requiere de algunos elementos de control.

Ante esta problemática se plantea un concepto de habitabilidad en la vivienda donde se analice de manera integral la relación del hombre y su medio a través de la vinculación con sus actividades domésticas, donde se estudie el vínculo entre la vivienda y el comportamiento térmico de sus materiales y elementos constructivos, los cuales influyen en las condiciones de habitabilidad de las viviendas.

INDICADOR DE HABITABILIDAD

La habitabilidad se propone evaluarla a través del índice de confort y se proyectan datos a partir de la acumulación del MTC para calefacción y MTC para enfriamiento, a su vez se

estableció en función de la base a la energía teórica necesaria para alcanzar el confort al interior de los espacios de la vivienda en estudio.

CONFORT

El confort térmico en las edificaciones lo entendemos básicamente a las condiciones de bienestar del individuo, pero desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad de un sitio determinado, además de estos datos la oscilación térmica, así como la temperatura de las superficies envolventes de la vivienda, ya que dichas variables no sólo influyen sobre éstas, sino que además afectan directamente a los habitantes.

Es importante destacar que el confort térmico busca en principio el equilibrio térmico entre el hombre y su medio, para lo cual se requiere de una serie de mecanismos reguladores como la producción o la pérdida de cierta cantidad de calor, dependiendo de los procesos metabólicos, del desprendimiento de calor por evaporación o de los intercambios por radiación, convección o conducción que se dan entre el cuerpo humano y los elementos que conforman el entorno inmediato.

La determinación de la zona de confort nos apoyaremos en el modelo adaptativo planteado en Habitabilidad básica de la vivienda rural, índice de confort térmico (Aguillón, 2012), que establece la corrección de la temperatura media de confort determinado por el modelo de Humphrey, la cual sufre una oscilación sincronizada con lo que ocurre con la temperatura exterior, plantea que la oscilación de la temperatura interior queda comprendida en un rango del 40% de la amplitud de la temperatura exterior, con un rango de aceptación de $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$. A la vez se determina como unidad de medida Grado/Hora Enfriamiento ($^{\circ}\text{Hr E}$), es decir, grados de temperatura por arriba del límite máximo de confort en un lapso de una hora que requiere de enfriamiento para restablecer el confort y Grado/Hora Calefacción ($^{\circ}\text{Hr C}$), es decir, grados de temperatura por debajo del límite mínimo de confort en una hora que requiere de calefacción para restablecer el confort.

CAMBIO CLIMÁTICO

Según la definición de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en el artículo 1, por “cambio climático” se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

De acuerdo con científicos analistas de este fenómeno, cada vez habrá climas más extremos y fenómenos climáticos más intensos. En general, los veranos serán más cálidos y los patrones de las lluvias se modificarán, dando lugar a lluvias más intensas en algunas regiones y lluvias menos frecuentes en otras, aumentando así las sequías.

Los estudiosos del fenómeno han concluido que el cambio climático es producto, principalmente, de la actividad humana. El uso intensivo de combustibles fósiles, la quema y pérdida de bosques son las principales fuentes de este problema.

Una descripción a futuro sobre el cambio climático es planteada de la siguiente manera:

Las anomalías del clima experimentadas en el último siglo, o por vivirse en las próximas décadas, podrían incluir alteraciones en las formas en como actualmente experimentamos la variación interanual e interdecadal del clima. Eventos de El Niño más frecuentes o intensos, huracanes de mayor magnitud, ondas cálidas o frías más pronunciadas son algunas de las formas como la atmósfera podría manifestar las alteraciones climáticas resultado de la actividad humana (Magaña, 2004: 18).

El cambio climático, provocado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en especial del CO_2 , hace evidente de que la mayor parte del calentamiento

global ha sido causado por las actividades antropogénicas.

En México se realiza investigación en temas como: variabilidad climática, impactos ambientales, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático; observación sistemática del clima y mitigación de emisiones de GEI, se analizan y evalúan los posibles efectos en las actividades sociales y económicas de nuestro país. Los resultados de gran parte de dichas investigaciones se incorporan en la “Comunicación Nacional” que México presenta ante la CMNUCC, y se da a conocer entre la población a través de publicaciones, así como de diferentes foros de difusión. La presencia de los profesionales de la Arquitectura y la Edificación es nula y es aquí donde consideramos importante la participación del gremio.

Ante esta **PROBLEMÁTICA** *se plantea un* **CONCEPTO de** **HABITABILIDAD** *en la VIVIENDA en* *donde se analice de* **MANERA INTEGRAL** *la relación del* **HOMBRE y su MEDIO.**

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO

“El Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta válida para alcanzar las soluciones ambientales, ya que produce información objetiva, de base científica y consideran un punto de vista holístico que incluye todas las etapas del ciclo de vida, ya sea de un producto, proceso o actividad” (Arena Granados, 2007).

Los resultados del Análisis de Ciclo de Vida servirán como herramienta para la toma de decisiones en la formulación del desempeño ambiental de los sistemas de climatización utilizados en la vivienda que determinan su habitabilidad. El presente estudio de Análisis de Ciclo de Vida se realizó utilizando la herramienta denominada SimaPro 7.2 single user, educational versión, PhD, así como la base de datos Ecoinvent license (v1+2).

Hoy día, casi todas las actividades que realizamos implican consumir energía, lo que significa contribuir a las emisiones a la atmósfera. La medición de la huella de carbono crea verdaderos beneficios para los habitantes y para la sociedad en su conjunto. La huella de carbono identifica las fuentes de emisiones de GEI de un producto. Esto permite definir mejores objetivos, políticas de reducción de emisiones más efectivas e iniciativas de ahorros de costo mejor dirigidas, todo ello consecuencia de un mejor conocimiento de los puntos críticos para la reducción de emisiones, que pueden o no ser de responsabilidad directa del habitante.

Para obtener la huella de carbono de la energía eléctrica teórica utilizada para climatizar una vivienda durante un año, se propuso el modelo de mezcla de energía propuesta por Briones Esparza (2014), es decir, una mezcla de los diferentes procesos de producción de energía eléctrica del país, utilizando el análisis de huella de carbono del método “IPCC 2007”.

USO DE ENERGÍA

La energía que se utiliza está sujeta a distintos procesos de generación, transformación, transmisión y distribución. El tipo de generación, dependiendo de la fuente, se clasifica en renovable y no renovable. La no renovable es de origen fósil y la renovable se basa en el uso de los ciclos naturales. El sector vivienda ha sido históricamente uno de los de mayor crecimiento, tanto en su consumo energético como en el número de usuarios.

La electricidad ocupa el tercer lugar en el consumo final de energía y es el tipo de energía que más se relaciona con el consumo energético en la vivienda. Resulta que el 75% de la electri-

cidad se genera a partir de combustibles fósiles, utilizados en plantas o centrales termoeléctricas, las cuales consumen gas natural, combustóleo y carbón, que son recursos que pueden agotarse en la naturaleza.

En nuestro país la electricidad es el tercer energético más utilizado en la vivienda, debido al uso de electrodomésticos, equipos de iluminación y sistemas de climatización (CONAFOVI, 2006).

*Hoy día, casi todas las **ACTIVIDADES** que realizamos implican **CONSUMIR ENERGÍA**, lo que significa **CONTRIBUIR** a las **EMISIONES** a la **ATMÓSFERA**.*

INDICADOR DE HUELLA DE CARBONO

Considerando el modelo para el consumo de energía planteado en la influencia de la huella de carbono y habitabilidad (Aguillón Robles, 2012: 37-48), se determina la energía necesaria para mantener la vivienda por debajo o por arriba de la temperatura de confort.

Para obtener la huella de carbono se mide energía teórica utilizada para un aparato de aire acondicionado que climatiza una vivienda hasta alcanzar una zona de confort durante 24 horas en los días críticos de un año base (Aguillón Robles, Arista González & Briones Esparza, 2014).

METODOLOGÍA

Se seleccionaron dos viviendas institucionales con diferente ubicación geográfica, utilizando diferentes tipo de análisis para obtención de

datos, el primero a partir del monitoreo directo de temperaturas al interior de la vivienda y el segundo a través de simulación térmica mediante el programa Desing Builder y se procede a evaluar a los consumos de energía eléctrica que relacionan el confort con las características climáticas del sitio. A partir de este análisis se mide la cantidad de energía eléctrica teórica necesaria para alcanzar el confort en la vivienda y se cuantifican las emisiones de CO₂ equivalente liberadas a la atmósfera debido al uso de energía hipotética para climatización en una vivienda de interés social. Para la valoración de emisiones se utiliza la herramienta SimaPro 7.2 single user, educational versión, PhD, y análisis de la huella de carbono por el método “IPCC 2007”.

CASOS DE ESTUDIO

El Caso de Estudio 1 se localiza en el municipio de Tamazunchale, en la Microrregión Huasteca Sur de la Zona Huasteca del Estado de San Luis Potosí (figura 1A), una vivienda institucional en el fraccionamiento “Loma Bonita”, ubicada al noreste del municipio. La vivienda monitoreada se localiza en la calle Paseo del Cedro Rojo, en un terreno de 90 m² de superficie que cuenta con 61.1 m² de construcción (figura 1B).

Para el desarrollo del monitoreo en la vivienda se plantea obtener datos de temperatura cada hora con dispositivos tipo HOBOS⁴, el primer HOBOS se colocó en la recámara “A”, a una altura aproximada de 1.8 m sobre el nivel de piso, el segundo se ubicó en la recámara “C” a la misma altura que el anterior, y el tercer HOBOS se instaló en el patio de servicio. Para registrar temperaturas del exterior, dicho dispositivo se colocó con una cubierta especial para proteger el dispositivo de la intemperie.

El periodo de monitoreo se definió en periodos con las más altas temperaturas de acuerdo con datos históricos registrados (Aguillón Robles, Arista González & Briones Esparza,

⁴ Data Logger HOBOS, marca ONSET, Mod. U10-003, es un instrumento electrónico capaz de medir temperatura del aire y humedad relativa al interior de la vivienda. Instrumento confiable y exacto, pero es imprescindible antes de su colocación una serie de verificaciones previas a su instalación final.

2015), y en donde se determina la temporada adecuada para realizar estas lecturas considerando crítica la temporada de calor sobre la temporada de frío para esta zona.

Las lecturas de temperaturas se registraron a partir del 01 de abril hasta el 31 de julio, dicho monitoreo arrojó los siguientes datos (tabla 1), en ellos se observa que la temperatura más alta en el interior se registró en abril con 40.0 °C en la recámara “C” y la más baja en el interior fue de 19.9 °C en el mismo mes en la recámara “C”.

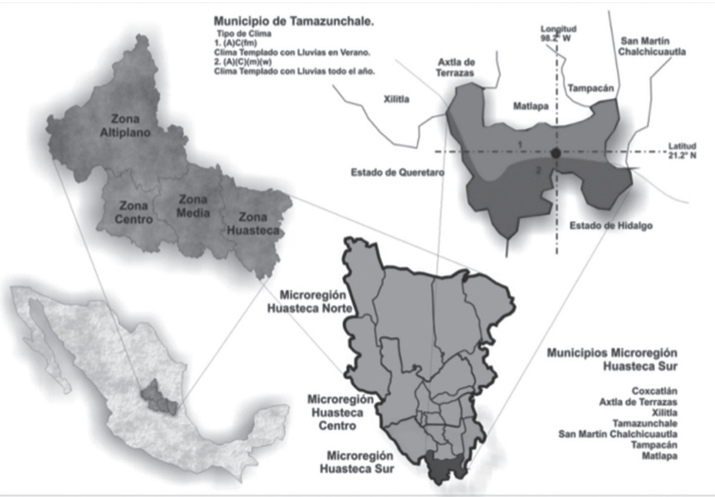


FIGURA 1A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DEL MUNICIPIO DE TAMAZUNCHALE, SLP.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (JAR 2012).

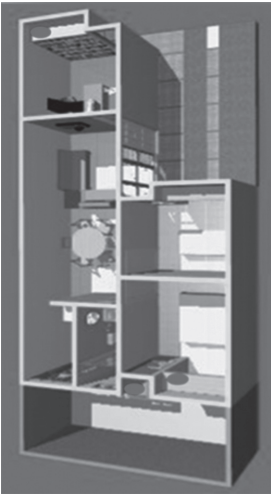


FIGURA 1B. VIVIENDA ESTUDIADA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (JAR 2012).

La temperatura máxima promedio en el interior se registró en mayo con 34.4 °C en la recámara “A” y la temperatura mínima promedio en abril con 25.5 °C en la recámara “C”. La temperatura promedio más alta se registró en junio con 31.8 °C en la recámara “A” y el promedio más baja en julio con 27.4 °C en la recámara “C”. Mientras que la temperatura más alta en el interior se registró el 6 de mayo con 41.5 °C (figura 2).

En este día se determina la necesidad de MTC de enfriamiento y como se observa no se tiene necesidad de MTC de calefacción para ese día en específico (figura 2).

TABLA 1. RESULTADO DE MONITOREO DE LA VIVIENDA EN TAMAZUNCHALE, SLP.

	HOBO Exterior				HOBO Recámara A				HOBO Recámara C			
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Abril	Mayo	Junio	Julio	Abril	Mayo	Junio	Julio
Temperatura Máxima	38.7	41.5	40.0	36.9	38.0	37.3	37.3	34.6	40.0	35.2	32.9	31.1
Temperatura Prom. Máxima	33.8	36.1	35.9	34.0	33.3	34.4	34.2	32.5	34.0	31.2	29.4	28.9
Temperatura Prom.	28.7	30.7	31.0	29.3	30.2	31.7	31.8	30.2	29.5	29.1	28.5	27.4
Temperatura Prom. Mínim	24.1	25.5	26.0	25.1	27.3	29.4	29.7	28.3	25.5	27.2	27.8	26.1
Temperatura Mínima	18.2	19.8	22.5	22.2	24.0	26.2	26.7	26.0	19.9	23.4	25.8	24.2

FUENTE: INFORME DE MONITOREO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL TAMAZUNCHALE, SLP, PERIODO ABRIL-AGOSTO 2012. JAR-VRE.

En los datos promedio se determina la necesidad de grados de enfriamiento y calefacción durante la temporada cálida para el mes de mayo con Grados Enfriamiento y en julio, a pesar de estar en temporada cálida se requiere de Grados Calefacción, en pequeñas cantidades siendo la mayor cantidad de grados durante el mes de abril y la más baja en junio (figura 3).

En la figura 4 se muestra la cantidad de horas que se requiere para enfriamiento siendo las de mayor volumen las comprendidas entre las 18:00 a 22:00 horas consideradas como las de mayor temperatura interior y la cantidad de horas que se requieren para calefacción comprendidas entre las 9:00 a las 11:00 horas consideradas como las de menor temperatura interior.

El Caso de Estudio 2 se localiza en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, México (figura 5), en el Fracc. Santo Tomás II, del municipio Soledad de Graciano Sánchez, localizada en la altiplanicie mexicana a los 100° 58' longitud oeste y 22° 09' latitud norte a una altura de 1 860 msnm, se edificaron con muros de block con acabado de capa de macilla sobre el block y pintura, piso de loseta cerámica y losa de concreto y una altura de 2.40 m interior, y 48 m² de superficie construida.

A partir del análisis térmico de 5 viviendas de dicho fraccionamiento (Gallegos, Aguillón, Arista y Cataño, 2015) con características arquitectónicas similares y con diferente orientación, para su análisis se utilizó el programa de simulación Design Builder, a través del cual se capturan datos tales como: valores de resistencia térmica de los materiales, características de la envolvente térmica exterior, las condiciones de geo-referencia y clima, y obteniendo posteriormente datos de temperatura interior en distintos periodos diario, mensual y anual.

Con los datos obtenidos, se determina el consumo eléctrico indispensable necesario para mantener la vivienda dentro de la zona de confort. En la tabla 2 se presentan tanto consumos de energía como los acumulados consumos de horas y grados de temperatura, para satisfacer el requerimiento de los MTC de enfriamiento o calefacción obteniendo el número de horas de trabajo del equipo hipotético (Equipo de acondicionamiento de aire Mini Split Mod. SJ242HD con función al frío y calor con una capacidad de 1 Ton., y con un consumo de 12,000 BTU, de 220 volts) para climatizar el espacio al interior de la vivienda.

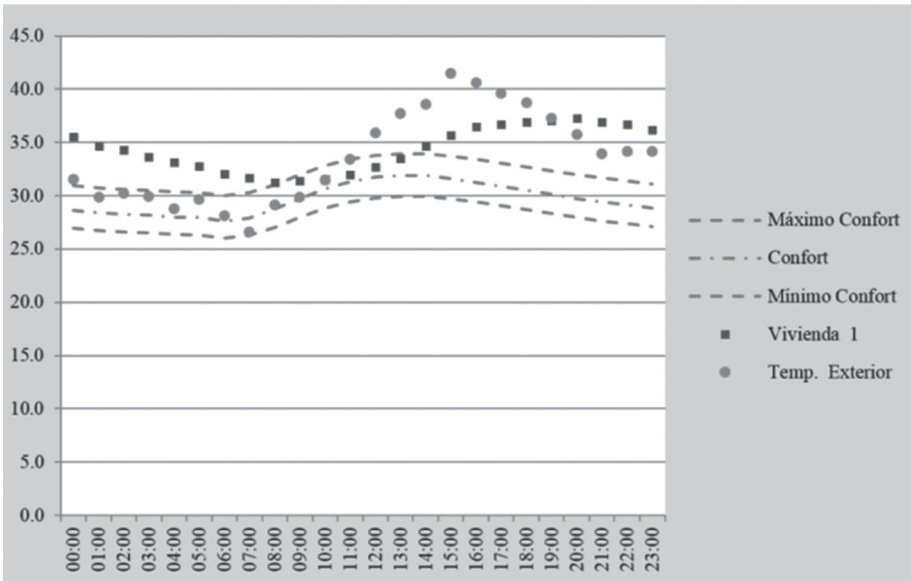


FIGURA 2. MONTO DE TAREA DE CONTROL DEL DÍA CON TEMPERATURA MÁS ALTA REGISTRADA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN EL INFORME DE MONITOREO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL TAMAZUNCHALE, SLP, PERIODO ABRIL-AGOSTO 2012. JAR-VRE.

TABLA 2. CONSUMO DE ENERGÍA EN KWH POR HORAS GRADO DE TEMPERATURA.

Climatización	Vivienda 1		Vivienda 2		Vivienda 3		Vivienda 4		Vivienda 5	
	Enf.	Cal.	Enf.	Cal.	Enf.	Cal.	Enf.	Cal.	Enf.	Cal.
Horas acumuladas	690	3825	658	3912	944	3710	1104	3594	882	3630
Grados acumulados temperatura	623.6	9106.0	585.8	9653.9	955.5	8793.2	1277.1	8611.5	861.9	8091.4

Consumo de energía	1213.3	4483.9	1157.0	4585.9	1659.9	4349.1	1941.3	4213.1	1550.9	4255.3
Horas de confort	4245		4190		4106		4062		4248	

FUENTE: ELABORADO CON BASE EN LOS RESULTADOS DEL INFORME DE SIMULACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ Y SU INCIDENCIA DE 5 VIVIENDAS POR LA ORIENTACIÓN (2015).

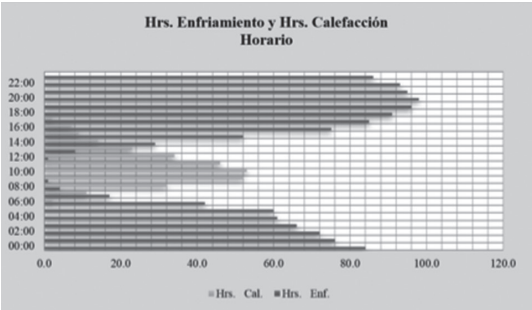


FIGURA 3. CANTIDAD DE GRADO ENFRIAMIENTO Y CALEFACCIÓN HORARIO DE LA TEMPORADA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN EL INFORME DE MONITOREO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL TAMAZUNCHALE, SLP, PERIODO ABRIL-AGOSTO 2012. JAR-VRE.

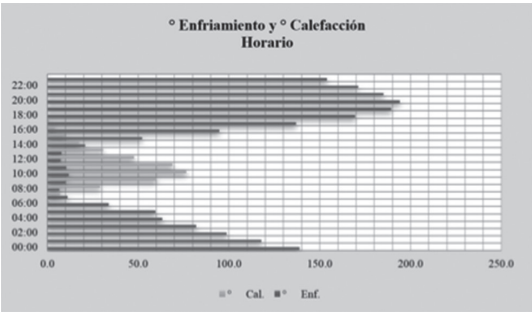


FIGURA 4. CANTIDAD DE HORAS ENFRIAMIENTO Y CALEFACCIÓN HORARIO DE LA TEMPORADA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN EL INFORME DE MONITOREO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL TAMAZUNCHALE, SLP, PERIODO ABRIL-AGOSTO 2012. JAR-VRE.



FIGURA 5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA METROPOLITANA DE SAN LUIS POTOSÍ Y VIVIENDAS DEL CASO DE ESTUDIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



La **VIVIENDA**
INSTITUCIONAL
desde su DISEÑO,
EDIFICACIÓN
y USO ha
impactado al
MEDIO AMBIENTE
incidiendo en
el CAMBIO
CLIMÁTICO.

El resultado del gasto energético anual indica que la vivienda número 4 es la que más alto consumo tiene producto de la orientación de la edificación, y la vivienda número 1 la que menor gasto energético presenta (tabla 3).

TABLA 3. CONSUMO DE ENERGÍA PARA CLIMATIZACIÓN POR VIVIENDA.

Anual	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4	Vivienda 5
Consumo de energía	5697.2 kWh	5742.9 kWh	6009.0 kWh	6154.4 kWh	5806.2 kWh

FUENTE: ELABORADO CON BASE EN LOS RESULTADOS DEL INFORME DE SIMULACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ Y SU INCIDENCIA DE 5 VIVIENDAS POR LA ORIENTACION (2015).

Una vez determinada la mezcla de energía eléctrica de México y realizada su captura en el programa SimaPro, se procedió a efectuar el cálculo de huella de carbono mediante el método “IPCC 2007”. Como resultado se obtienen las cantidades de kgCO₂eq generadas partir del consumo eléctrico del equipo de aire acondicionado. En la tabla 4 se presenta la huella de carbono anual de cada vivienda por el uso de energía para climatización.

TABLA 4. HUELLA DE CARBONO ANUAL POR VIVIENDA POR CONSUMO DE ENERGÍA.

Huella de carbono	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4	Vivienda 5
kgCO ₂ eq	4852.25	4891.17	5117.81	5241.64	4945.08

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ANÁLISIS DE IMPACTO, SIMAPRO 7.2, METODOLOGÍA IPCC GWP 100A.

CONCLUSIONES

La vivienda institucional desde su diseño, edificación y uso ha impactado al medio ambiente incidiendo en el cambio climático, provocado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y en especial del CO₂, esto hace evidente de que la mayor parte del calentamiento global ha sido causado por la actividad humana. La valoración de la huella de carbono permite visualizar los impactos al medio ambiente generados por el uso de energías convencionales para climatizar la vivienda.

Se requiere profundizar en investigación sobre los materiales empleados en la construcción de la vivienda social para su evaluación con un enfoque sustentable siendo el análisis de ciclo de vida, la huella de carbono, alternativas que contribuyan al mejoramiento de habitabilidad en la vivienda, maximizando los recursos energéticos y considerando el uso de energías alternas para el mejoramiento del confort térmico, además de visualizar la necesidad del ahorro de energía desde el planteamiento arquitectónico de la vivienda.

La habitabilidad ha venido ganando relevancia, como concepto amplio permite mejorar los estándares de calidad de vida de los habitantes. Esto permi-

tirá en gran medida contribuir al mejoramiento de la calidad de la vivienda.

Los resultados obtenidos en ambos casos de estudio y tipos de análisis tanto en campo utilizando HOBOS o a través de la simulación con Desing Builder, muestran la necesidad de climatizar la vivienda social con equipos que requieren el uso de energías convencionales, especialmente durante la temporada cálida, lo anterior supone la generación de GEI, entre otros el CO₂, el cual genera considerables impactos ambientales al planeta en la categoría de cambio climático.

Las temperaturas alcanzadas al interior de las viviendas analizadas requieren de investigación específica sobre materiales con mayor aislamiento térmico en las temporadas cálidas y menor aislamiento térmico en las temporadas frías, con recubrimientos con menor conductividad térmica que

permitan mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas

También resulta conveniente señalar la necesidad de diseñar prototipos de vivienda específicos para cada región y clima del país, no se pueden generalizar los proyectos de vivienda social con disposiciones espaciales únicas, con materiales similares y sin considerar en el diseño diferentes orientaciones para emplazamientos diversos.

El uso de técnicas bioclimáticas como el uso de la energía solar pasiva para el mejoramiento del confort térmico de la vivienda social, resulta ser una alternativa atractiva que se pueda impulsar como una solución sustentable para el acondicionamiento térmico de la vivienda urbana.

Es importante considerar que como profesionales del diseño somos responsables de plantear la climatización natural y la selección de materiales como alternativas sustentables evitando con ello gastos innecesarios de energía, la cual se refleja en los impactos ambientales de la producción de energía y por lo tanto ayudar en el control de la emisión de GEI.

Un nicho pendiente de investigación es el planteamiento de vegetación regional con capacidad de absorción y fijación de CO₂ para la mitigación para el cambio climático, tomando en cuenta las características climáticas y de flora propias de cada región en el estado de San Luis Potosí.

La **HABITABILIDAD** *ha venido* **GANANDO** **RELEVANCIA** *como concepto* *amplio, permite* **MEJORAR** *los* **ESTÁNDARES de CALIDAD** *de* **VIDA de los HABITANTES.**



FUENTES DE CONSULTA

Aguillón Robles, J. (2012), "Habitabilidad básica de la vivienda rural, índice de confort térmico". En Salazar, Guadalupe, Azevedo, E. M., Torres Garibay, L. A., *El espacio habitable. Memoria e historia*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, UASLP, San Luis Potosí, pp. 37-48.

Aguillón Robles, J., Arista González, G. J., Briones Esparza, L. R. (2014), "Influencia de la huella de carbono para mejorar la habitabilidad de la vivienda institucional. Caso de estudio Tamazunchale, S. L. P". En Torres, María, *Evaluación de la Vivienda Construida en Serie. Calidad Urbana Arquitectónica en los Desarrollos Habitacionales*. Facultad de Arquitectura UADY, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Plaza y Valdés, S. A. de C.V., Mérida, pp. 117-132.

Aguillón Robles, J., Arista González, G. J., Briones Esparza, L. R. (2015), "Impacto ambiental y económico de la huella de carbono por la climatización de la vivienda institucional en Tamazunchale, SLP". En De Hoyos Martínez, J. E., Álvarez Vallejo, A., Jiménez Jiménez, J. J. (coords.), *Habitar, La Vivienda*, Plaza y Valdés, S. A. de C. V. México, D. F., pp. 103-128.

Alcántara Lomelí, A., Gómez Amador, A. (2007), "Dispositivos de comunicación ambiental en la tradición constructiva rural de Colima". En Azevedo, E. M. (dir. gral.), *Del territorio a la arquitectura en el Obispado de Michoacán*, UMSNH/CONACYT, Morelia.

Arena Granados, P. A. (2007), *Análisis de Ciclo de Vida y sustentabilidad ambiental de los edificios*, Experiencias en Argentina, Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, CRICYT, Mendoza, Argentina. [En línea] http://www2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/archivos/Archivo_481.pdf, consultado el 10 de septiembre de 2015.

Briones Esparza, L. R. (2014), *Huella de Carbono en Materiales de Construcción*, Tesis de Licenciatura en Edificación y Administración de Obras, Facultad del Hábitat, UASLP.

CONAFOVI (2006). *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, México.

Gallegos Nieto, I., Aguillón Robles, J., Arista González, G. J., Cataño Barrera, A. M. (2015). *Informe de Simulación Térmica de Vivienda Social en la Ciudad de San Luis Potosí y su incidencia de 5 viviendas por la orientación*, Cuerpo Académico Hábitat Sustentable, Instituto de Investigación y Posgrado, Facultad del Hábitat, UASLP, SLP.

Magaña, Víctor (2004), "El Cambio Climático Global: Comprender el problema". En *Cambio Climático: Una Visión desde México*, INE, México.

RAE (2015), *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española, 24a. ed. [En línea] <http://www.rae.es/rae.html>, consultado el 10 de septiembre de 2015.

Saldarriaga Roa, A. (2006), "Habitar como fundamento de la disciplina de la Arquitectura", *Revista al Hábitat*, núm. 1, Bogotá, p. 8.

Sociedad Hipotecaria Federal (2014), *Demanda de Vivienda 2014*. Dirección de Estudios Económicos de la Vivienda. [En línea]. <http://www.shf.gob.mx/estadisticas/EstudiosVivienda/Documents/demanda%202014.pdf>, consultado el 10 de septiembre de 2015.