



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

REHABILITACIÓN TÉRMICA,
ENERGÉTICA Y AMBIENTAL, PARA
LA SUSTENTABILIDAD DE LA
VIVIENDA EN MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

ENERGÍA - DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE EDIFICACIONES

PRESENTA:

GUSTAVO ALFONSO SOUSA RAMÍREZ

TUTOR:

DR. DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DR. MORALES RAMÍREZ JOSÉ DIEGO
Secretario: DR. MORILLÓN GÁLVEZ DAVID
Vocal: DR. HERNÁNDEZ GÓMEZ VÍCTOR HUGO
1er. Suplente: DR. REINKING CEJUDO ARTURO GUILLERMO
2o. Suplente: DRA. ESCOBEDO IZQUIERDO M. AZUCENA

Lugar donde se realizó la tesis: MÉXICO

TUTOR DE TESIS:
DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

FIRMA

“Natur, Kunst und Schöpfung sind eine Einheit. Wir haben sie nur auseinandergebracht. (...) Die Schöpfung des Menschen und die Schöpfung der Natur müssen wiedervereinigt werden. Die Entzweiung dieser Schöpfung hatte katastrophale Folgen für die Natur und den Menschen.” [Friedensreich Hundertwasser]



Universidad Nacional
Autónoma de México

Rehabilitación térmica, energética y ambiental, para la sustentabilidad de la vivienda en México

Autor: Ing. Gustavo Alfonso Sousa Ramírez

Área: Diseño Bioclimático de Edificaciones

Director de Tesis: Dr. David Morillón Galvez

enero 2010 - noviembre 2011

Contenido

Resumen	1
Introducción	3
I. Antecedentes	9
Iniciativas y programas de mejoramiento energético de la vivienda	10
Normatividad relacionada con diseño térmico y ahorro de energía de la vivienda	18
Estudios generales de rehabilitación en la vivienda	23
Sistemas pasivos usados en la vivienda mexicana	27
II. La vivienda en México	31
El concepto de vivienda	31
Condiciones de abastecimiento energético en las viviendas del país	32
Consideraciones del diseño bioclimático	38
Sobre la rehabilitación de viviendas	42
Sobre ahorro de energía y sustentabilidad	44
Rentabilidad de la rehabilitación bioclimática	45
El reto de la rehabilitación (iniciativas de intervención en la vivienda)	46
III. Metodología	51
Información general de la vivienda	53
Análisis, estrategias y recomendaciones de rehabilitación	54
Evaluación (estimaciones y simulación)	55
Síntesis y diagnóstico de evaluación	59
Proyecto: rehabilitación	59
IV. Evaluación de los programas nacionales de eficiencia energética y rehabilitación de vivienda en los bioclimas de la República Mexicana	61
Información general: zonas y descripción de la vivienda tipo	61
Estimaciones de ahorro por programas oficiales y normas	65
Áreas de oportunidad de la rehabilitación bioclimática en el país	66
V. Resultados: evaluación gradual de intervenciones en vivienda tipo	69
Evaluación I : estado de la vivienda actual	69
Evaluación II : programas oficiales y normatividad vigente	72
Evaluación III : rehabilitación bioclimática - máxima eficiencia	109
Beneficios por rehabilitación térmica, energética y ambiental en el país	143

Conclusiones	147
Referencias	151
Anexo 1: estudio del clima para 10 ciudades de México	155
Anexo 2: materiales en la vivienda	161
Anexo 3: consumo eléctrico de la vivienda (estimación CFE)	163
Anexo 4: breve referencia de la arquitectura moderna	165

Resumen

El trabajo plantea los beneficios de carácter energético, térmico y ambiental, obtenidos por la rehabilitación de una vivienda ya existente en los bioclimas de México, para mejorar las condiciones de habitabilidad, satisfaciendo necesidades de ventilación y captación térmica. Se analizan los beneficios que tiene el diseño bioclimático sobre la vivienda, mediante herramientas de simulación y se obtienen las recomendaciones para la modificación actual de la vivienda. Además, se plantean alternativas que satisfacen las normativas energéticas de adecuación en el país, cumpliendo con los diversos programas de ahorro energético. Al considerar óptimamente los recursos como el clima, estos beneficios se resuelven de forma integral debido a que la rehabilitación de la vivienda impacta directamente sobre el consumo energético, y las modificaciones ofrecen diferentes escenarios; se cuestiona el uso de la tecnología para climatización como solución de diseño o adaptación, argumentando las opciones de ahorro por parte del estudio bioclimático.

La primera etapa del estudio presenta la evaluación actual de la vivienda y las condiciones energéticas convencionales, así como el uso de tecnologías constructivas tradicionales. Posteriormente, se evalúan condiciones de vivienda en los bioclimas representativos de la República, apoyándose en los programas establecidos de eficiencia energética y en las normas correspondientes. En esta etapa el ahorro se refleja en la ampliación de zona de confort para cada vivienda y en el consecuente ahorro de energía para climatización (superior a un 10%); aproximadamente se estima un aumento en las condiciones de confort de hasta 35%. Además, se suma el impacto que tiene la sustitución de electrodomésticos por tecnologías ahorradoras. Por último, se presenta una etapa de máxima eficiencia energética mediante la aplicación de tecnologías bioclimáticas de mayor envergadura que impactan en un porcentaje considerable para disminuir en alrededor de otro 10% d la captación térmica de la vivienda, variando según el bioclima.

Como consecuencia, se plantea un programa nacional de intervención para obtener beneficios en la vivienda. Asimismo, se expone que el estudio energético tiene como objetivo inherente –y con mayor énfasis en estos días– la consecución de un medio amable con el ambiente; es decir, se presentan argumentos que apuntalan la sustentabilidad como factor imprescindible en la actualidad de México.

Introducción

La vivienda mexicana urbana, en los últimos años, ha sido diseñada prescindiendo de un acertado y exhaustivo estudio del clima del lugar; esto conlleva una problemática debida al uso excesivo de energía para satisfacer las condiciones de confort. Como consecuencia, hay un excedente (evitable) tanto en la generación como en el consumo de energía a nivel nacional. A través del estudio bioclimático en viviendas, es posible mejorar la situación que se tienen tanto en la construcción en sí, como en el impacto que hay en el país. En este trabajo se presenta una opción para beneficiarse de los ahorros por la modificación de los espacios que trae consigo tanto el diseño bioclimático como el uso de tecnologías eficientes mediante la **rehabilitación** de la vivienda, entendiéndola como la modificación de sus partes para mejorar el uso o restituirlo si acaso fue relegado. Por supuesto, ésta supone no sólo cambios en la notoriedad arquitectónica o en la materialización técnica, sino que, además, propone cambios en el entendimiento (idea) que se tiene sobre la vivienda. Pues es gracias a esto último que la rehabilitación puede representar un aporte en el ahorro de energía en el largo plazo para México y el mundo.

Para lograr modificaciones benéficas, además de profundizar en los estudios bioclimáticos que se han desarrollado en los últimos años, se hace uso de herramientas como **simulación** virtual que permitirán proyectar cambios, recomendaciones y requerimientos. Esto permite desarrollar proyectos con diferentes condiciones, en un tiempo reducido y con la opción de interactuar con el usuario de la vivienda más fácilmente. Es decir, se integrarán mejoras con los lineamientos de los programas nacionales de ahorro de energía; esto con el propósito de impulsar el diseño bioclimático en las construcciones del país.

A la vez que los estudios bioclimáticos generan las adecuaciones, y que las herramientas de simulación permiten interpretar y estimar los **beneficios**, estos se pueden sumar a esquemas de normalización para estudios conducentes en política pública de vivienda, así como para programas de mitigación de CO₂ y de eficiencia energética.

Objetivo General

Estimar los beneficios energéticos y vislumbrar tendencias económicas tanto por la eficiencia en el uso de energéticos y el costo de operación de la vivienda, como por el impacto que tiene el ahorro energético en la disminución del consumo de recursos naturales, a través de la rehabilitación de la vivienda mexicana.

Objetivos Particulares

- ▶ Mejorar condiciones de confort en la vivienda por la rehabilitación de espacios
- ▶ Lograr la máxima eficiencia energética a nivel doméstico y de ese modo, mitigar contaminantes atmosféricos.
- ▶ Estimar beneficios por el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas para el ahorro energético.
- ▶ Determinar el comportamiento de la vivienda bajo condiciones actuales y con diseño bioclimático en el país.
- ▶ Elaborar una propuesta crítica sobre el uso de la tecnología como solución de diseño o intervención en los elementos de la vivienda.
- ▶ Plantear un programa para rehabilitación de la vivienda, dirigida al esquema de sustentabilidad en el sector vivienda del país.

Hipótesis

Este trabajo utilizará herramientas para evaluar una vivienda, desde aspectos económicos, térmicos y energéticos, y presentará recomendaciones de rehabilitación para satisfacer estándares de ahorro energético y cuidado ambiental; asimismo, generará un argumento y un modelo útil en la prospectiva de las viviendas para los futuros modelos de eficiencia energética que deben desarrollarse a nivel nacional.

Las propuestas de rehabilitación se apoyarán en los estudios conducentes que se han desarrollado en los últimos años en el país y han dado como resultado la creación de programas de mejoramiento de vivienda, de desarrollo habitacional sustentable y recomendaciones para el uso eficiente de la energía en estas, mismas que, apoyadas en herramientas de simulación, aventajarán en tiempo y costo el desarrollo del proyecto.

Al evaluar la vivienda con las normas y los programas oficiales de eficiencia energética, se obtendrá un modelo sólido para la intervención de la vivienda del país, asimismo, se planteará un programa integral de rehabilitación dirigido a la sustentabilidad de ésta.

Justificación

Actualmente, el inventario habitacional asciende a 26 millones 182 mil viviendas habitadas en México (*Estado Actual de la Vivienda en México, 2009*), siendo estas de diversa naturaleza. Algunas, desde su construcción, tienen espacios dedicados a habitaciones o estancias y otras van conformándose con el uso; en promedio, las viviendas tienen 3.9 cuartos, es decir, espacios de la vivienda delimitados por paredes fijas y techo de cualquier material, destinados al alojamiento de personas, en donde se desarrollan diversas actividades de la vida familiar, de los cuales 2.1 son dormitorios. Por otro lado, el país, en sus casi 2 millones de kilómetros cuadrados, alberga una gran diversidad climática, lo que permite tener tipos de vivienda disímiles de región a región. Sin embargo, en general, el uso de enseres domésticos se ha acrecentado, lo que trae como consecuencia una mayor demanda de electricidad y otros energéticos. Cabe señalar que el 67% de las viviendas son urbanas y que la antigüedad media del parque habitacional es de 20 años. (*Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares - INEGI, 2009*)

Siendo la vivienda uno de los principales demandantes de energía eléctrica (industrial 57.96%, residencial 25.8%), al hacer modificaciones en los consumos, habrá una repercusión positiva sobre el sistema eléctrico en el país; además, el cambio en los hábitos de consumo van aunados a la disminución de emisiones al ambiente lo que fortalece la afronta al cambio climático de la actualidad. (*Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012*)

El problema en las viviendas modernas es doble, por un lado, los diseños no consideran ni el estado orgánico (es decir, la conjunción de la construcción con su medio) ni el estado bioclimático (sol, viento, humedad, orientación, etc.); por otro lado, las construcciones actuales tienen que satisfacer una gran demanda y pertenecen a instituciones dedicadas a masificar viviendas sin alguna determinación de los ocupantes, lo que se sintetiza como *urgencia constructiva*. El problema aparece porque «la vivienda se convierte en un producto de otra cadena productiva, en donde prevalecen la cantidad producida y el precio de venta, sobre la calidad y el confort. Su diseño se adecua exclusivamente a la comercialización, ignorando sus propósitos y atributos fundamentales. El proceso de producción masiva de casas, hace a un lado los costos energéticos y ecológicos implícitos en la extracción, transformación, transporte e instalación de los materiales utilizados, así como los costos para la adecuación ambiental y la conservación del inmueble» [Triana et al. *Habitabilidad, energía y medio ambiente: una propuesta holística para la vivienda en México*]

Como se mencionó, 7 de cada 10 viviendas en el país se localizan en zonas urbanas y se entiende que no pertenecen a un estilo vernáculo en su diseño, pues esta sí ha evolucionado junto con el medio y su natural adaptación. Se entiende que, como un proceso lógico, los habitantes buscarán el modo de satisfacer todas sus necesidades de vivienda y, además, disminuir gastos. De ahí que el ahorro, ya sea energético o económico, resulta atractivo para los mismos. Y, promoviendo el desarrollo nacional para reducir al mínimo el consumo de energía eléctrica en viviendas y aumentar al máximo el confort térmico, sólo podrá lograrse mediante el empleo masivo de técnicas bioclimáticas.

Sin embargo, dadas las nuevas posibilidades que se abren en la arquitectura; al poder incorporar los nuevos avances técnicos al control ambiental de las viviendas, se pierden con ello (especialmente en la arquitectura urbana) los recursos de diseño que permitían el aprovechamiento de las energías naturales. Una de las características fundamentales de la arquitectura del siglo XX es el olvido de las técnicas naturales de control ambiental. En estas condiciones ni siquiera se plantea el problema real de integrar la energía en los edificios, esto es, la luz, el calor, el sonido, etc. Los cambios técnicos difundidos hacia la mitad del siglo son muy importantes. Las nuevas cargas ambientales que generan estos sistemas, unidas a las más estrictas demandas de comodidad, convierten rápidamente en obsoletas las soluciones ambientales conseguidas mediante estructuras fijas, y promocionan indirectamente los sistemas mecánicos de control ambiental.

El bajísimo costo de una energía obtenida a partir de las fuentes fósiles hace que, si se comparan los costos de inversión y amortización con los de consumo y mantenimiento, resulte más rentable, en primera instancia, el control artificial que el uso de los clásicos sistemas constructivos. «Cuando para mantener en el interior del edificio condiciones de temperatura y humedad

que el ser humano requiere para su bienestar, se consume energía proveniente sobre todo de los recursos energéticos no renovables de la nación y que en su transformación producen contaminantes de la atmósfera, se considera de orden público e interés social que se establezcan principios para considerar en el diseño de los edificios las condiciones del clima donde se ubicará.» [David Morillón. *Elementos del diseño bioclimático*. 2005]

A través del estudio del *Estado Actual de la Vivienda en México* [documento preparado por la *Fundación del Centro de Investigación y Documentación de la Casa A.C.* y la *Sociedad Hipotecaria Federal* en 2009], se presenta tanto la situación financiera y económica que vive el sector, como las necesidades por parte de los habitantes. En una de las encuestas realizadas, se tiene que casi dos de cada tres entrevistados les gustaría realizar ampliaciones a su vivienda para proporcionar más espacio a los habitantes que se incorporan al hogar (debido al crecimiento de miembros en la familia) o por hacinamiento que se presenta en el 13% de las viviendas en la muestra. Gran parte de las remodelaciones esperadas están asociadas al arraigo en el lugar de residencia, al deterioro de la casa y a una mayor comodidad de los habitantes. (Es debido a esto que el *Programa Nacional de Vivienda: Hacia un Desarrollo Habitacional Sustentable 2007-2012* plantea otorgar 28.4% de financiamiento para mejoramientos.)

Este trabajo brinda herramientas para el mejoramiento de vivienda en el país y evalúa algunas de las políticas públicas que se desarrollan; por ejemplo, se presenta en los documentos de planeación estratégica nacional, un rubro esencial en el desarrollo e implementación de la política, y es el referente a consolidar mecanismos de regulación y planeación urbana con el objetivo de impulsar el desarrollo económico, social, ecológico e institucional duradero. Esta continuidad no puede tener un mejor escenario que el indicado por el Presidente de la República: «La vivienda no es sólo una política de Estado que genera bienestar a quien la recibe, sino también un motor de desarrollo, de crecimiento y de empleo para los mexicanos.» [Felipe Calderón Hinojosa. Los Pinos, marzo 2007.]

...

Con la *Rehabilitación térmica, energética y ambiental, para la sustentabilidad de la vivienda en México*, se motivará a crear programas y herramientas de evaluación que puedan ayudar a los responsables del diseño de viviendas, así como promover un cambio ideológico en la concepción que se tiene por vivienda y la inversión en esta, retomando los conceptos básicos que apuntaban a la comodidad y a la productividad de los habitantes. Se promoverá lograr un esquema práctico de sugerencias y detalles de diseño y construcción que, además, como ya fue mencionado, va de la mano con los impactos ambientales de la vivienda.

Para que la rehabilitación pueda ser aceptada, es necesario que sea suficientemente buena y no molesta, es decir, que pueda entenderse como una herramienta y no como un lujo. La gente tiene que sentirse a gusto con ella y no debe cambiar sustancialmente ninguna de las demás cosas que forman su hogar. Sin embargo, debe tener un gran impacto que justifique la inversión en su vivienda. La rehabilitación en la vivienda con el diseño bioclimático, debe transgredir los límites (culturales) establecidos, favoreciendo los nuevos esquemas de ahorro y confortabilidad; se debe establecer que el propósito no consiste en calentar o enfriar una zona, sino controlar un sistema habitable. El precepto es: interiorizar un poco del mundo exterior para lograr armonía en el ambiente. justo lo suficiente para brindar condiciones de confort, sin prescindir del espacio dedicado a la supervivencia; lo que acrecienta su plusvalía con el paso del tiempo.

Estructura de la tesis

La tesis se desarrolla a partir del **estudio bioclimático del país**, apoyado por mapas, atlas y estudios particulares realizados de las regiones en México; esto comprende un análisis de la geografía del lugar y de las normales climatológicas. Se desarrolla para **edificios residenciales**, por lo que cuantifica las viviendas construidas, las recomendaciones oficiales sobre vivienda y las normas mexicanas relacionadas. Para ligar las recomendaciones con las normas establecidas se analizan algunos indicadores de **ahorro energético**.

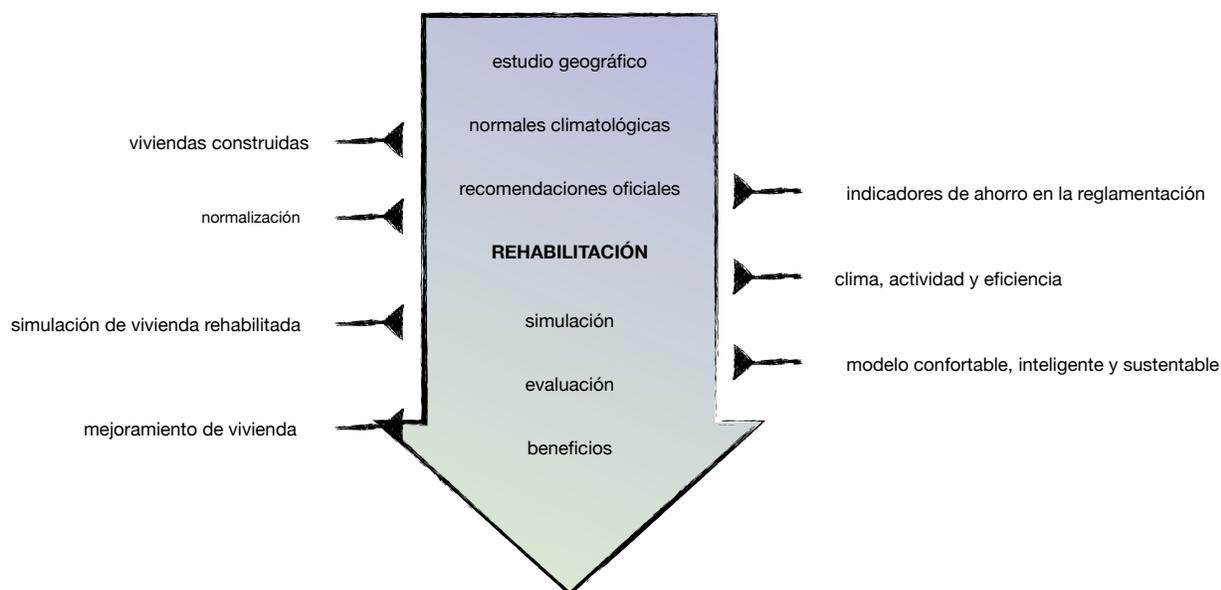
El trabajo se fundamenta en la **rehabilitación**, por ello es necesario estudiar las condiciones de la vivienda como el consumo energético y el impacto que tiene sobre el ambiente, y el modo en que afecta a la habitabilidad. Además, debido a que se estudiará el consumo energético, se analizan los consumos generales de los energéticos principales.

La rehabilitación será analizada principalmente mediante **simulación** y serán aplicados diseños tipo para vivienda regular que se han presentado en foros, congresos y publicaciones para el uso eficiente de energía, uso de energía renovables y modificaciones en los elementos arquitectónicos de control bioclimático.

Se evaluará el impacto de los programas que existen para **mejoramiento de la vivienda** así como algunas de las recomendaciones elaboradas por organismos del sector. Asimismo, se propondrá un programa de estrategias para la rehabilitación de la vivienda. Se generarán herramientas de fácil acceso para la evaluación de proyectos, dirigidas al desarrollo de viviendas sustentables, y así, se obtendrán los beneficios devenidos por la adecuación de la vivienda mediante elementos bioclimáticos, exponiendo la **eficiencia energética** y el **valor agregado** de la vivienda, generado por la implementación de elementos que favorecen un uso eficiente de la energía en ésta.

Las **estrategias de máxima eficiencia** conjugan las propuestas presentadas en los programas de eficiencia energética y además suman elementos constructivos que complementan las técnicas de ahorro energético y favorecen el confort en la vivienda.

En la figura se expone un esquema general del desarrollo de este trabajo. Sin proponer referencias a una metodología aún, en este esquema se pueden ver los elementos centrales del desarrollo de esta tesis con diversos factores que si bien no son constituyen el núcleo de la tesis, sí resultan de gran utilidad para el desarrollo de ésta.



I. Antecedentes

Tratando de entender y enfrentar el gran reto latente del problema de vivienda en el país, durante los últimos años se han desarrollado múltiples trabajos sobre el tema y se han iniciado programas para usar la energía de manera más eficiente. Un elemento crítico en el costo de la vivienda —que a menudo no es considerado de manera directa y, peor aún, frecuentemente es omitido— es la energía, tanto la que se consume durante la construcción, como la que se utilizará posteriormente en la vivienda. Esta consideración tiene importantes efectos de tipo económico y ambiental y, por consecuencia, influye en el desarrollo y los estándares de vida a corto y largo plazo.

Ciertamente, es responsabilidad fundamental del gobierno integrar los diversos requerimientos del sector vivienda en un conjunto coherente, a la par del resto de sus iniciativas y objetivos. Un requisito importante para lograr acciones eficientes y efectivas es la existencia de un marco integrado nacional, que reconozca la diversidad de actividades de este sector y que provea el ambiente adecuado para implementar las consideraciones técnicas de ahorro de energía. «Es imprescindible que dentro de los programas encaminados a resolver el problema habitacional de nuestro país, se de especial importancia al renglón de mejoramiento de la vivienda, independientemente de la necesaria construcción de nuevos conjuntos habitacionales.»¹

El desarrollo sustentable requiere, entre otros muchos aspectos, que se brinde la atención adecuada a la promoción y aplicación de prácticas concretas y reales para que las construcciones (edificios, materiales y tecnologías de producción de los mismos) sean eficientes, desde el punto de vista energético, y vigilar que dentro de las viviendas exista la infraestructura para el ahorro de energía. Ningún desarrollo podrá ser considerado sustentable mientras no mejore los niveles de vida del común de la población, por medio de la satisfacción de sus necesidades básicas inmediatas, tales como abrigo y energía.

En espera de disponer de nuevas tecnologías, la conservación de los recursos existentes, energía y materiales, es esencial. Con el propósito de alcanzar este objetivo es necesario popularizar el concepto y beneficios de la conservación de energía, implantando estrategias a diferentes niveles.

Como se sugiere en la *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*², para emitir las recomendaciones bioclimáticas de diseño arquitectónico y urbano, se integraron estudios del bioclima con análisis del comportamiento solar y de los vientos de cada región, a fin de definir los requerimientos de climatización: calentamiento, enfriamiento, humidificación, deshumidificación, protección o captación solar. De esta manera, las recomendaciones resultantes cubren satisfactoriamente las estrategias y requerimientos de climatización. La utilización de estas recomendaciones permite definir la orientación favorable de las fachadas, las características térmicas, espesores y acabados de los materiales de construcción, el asoleamiento en ventanas y la forma de la vivienda, entre otros. Si se toman en cuenta estos factores, se podrá diseñar una vivienda ahorradora de energía y con las condiciones de confort adecuadas al ambiente. Estos conceptos pueden aplicarse sin costo extra para el constructor y, al mismo tiempo, brindar muchos beneficios para el usuario, por ejemplo: el ahorro de energía eléctrica, la disminución de la facturación, las condiciones de comodidad térmica y ambientales, como la mitigación de CO₂, entre otros.

Hoy en día, el gobierno, consciente de la necesidad de transformar a México en una nación con desarrollo sustentable, ha incluido dentro del Programa Sectorial de Vivienda (tanto en el programa de 2001-2006 como en el actual de 2007-2012), la

¹ *Programa Buena Vivienda: Mejoramiento de Vivienda*; Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.A.; México, 1970.

² *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*. Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. México, 2006.

promoción de la racionalización del consumo de energía, mediante el uso de equipos energéticamente eficientes y/o que funcionen con fuentes alternas de energía, así como recomendaciones o criterios de diseño sustentable para la construcción de vivienda.

En la actualidad, se ha cobrado conciencia sobre la relación entre el confort y el consumo de energía en México, y es por ello que se han realizado estrategias para maximizar el confort en la vivienda reduciendo al mínimo el consumo de energía. La necesidad de hacerlo se acentúa porque los costos de la energía eléctrica van en aumento, la eficacia de los planes de las agencias oficiales para ahorrar energía mejora continuamente y la sociedad mexicana, particularmente el usuario de la vivienda, cobra conciencia de la necesidad de ahorrar.³ En consecuencia, existen diversos proyectos auspiciados por el gobierno que se apuntalan en recomendaciones dirigidas al ahorro energético.

La aplicación de medidas de ahorro, algunas de gran simplicidad, además de traducirse en importantes ahorros en el consumo, evita la emisión de millones de toneladas de contaminantes a la atmósfera. Dejar las luces encendidas innecesariamente; mantener televisores o radios prendidos sin que nadie les preste atención; comprar productos cuyos envases o empaques se van rápidamente a la basura, a pesar de que su fabricación supuso un alto costo de electricidad, son sólo algunos ejemplos de la falta de cuidado de la energía y del medio ambiente, en la que con frecuencia incurrimos.

Ahorrar y usar eficientemente la energía eléctrica, así como cuidar el ambiente no son sinónimo de sacrificar o reducir nuestro nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades cotidianas. Por el contrario, un cambio de hábitos y actitudes pueden favorecer una mayor eficiencia en el uso de la electricidad, el empleo racional de los recursos energéticos, la protección de la economía familiar y la preservación de nuestro entorno natural.

Iniciativas y programas de mejoramiento energético de la vivienda

Situación nacional

«En México, las primeras acciones institucionales del gobierno federal para ahorrar energía ocurren simultáneamente a principios de la década de los ochenta en la Comisión Federal de Electricidad y en Petróleos Mexicanos (PEMEX). Sin embargo, sólo los trabajos de la CFE iban orientados al usuario final de la energía. En esta perspectiva, por cerca de diez años, y dadas las limitadas capacidades económicas y técnicas con las que operaba el área de la CFE responsable del ahorro de energía, los esfuerzos se concentraron en acciones de promoción e información mediante de seminarios a lo largo y ancho del país.

»En 1989 se inicia en México el primer programa de ahorro de energía del lado de la demanda con la formalización de un proyecto de aislamiento térmico de techos de casas en Mexicali, Baja California. Este programa se ha orientado, desde sus inicios, a reducir los consumos de electricidad en aire acondicionado en esa región, que es la que mayor consumo unitario tiene en nuestro país por sus condiciones climáticas en el verano. El programa ha resultado en el aislamiento de más de 60 mil viviendas y, por lo tanto, en ahorros de energía significativos.»⁴ Este programa fue el denominado **Fideicomiso para el Aislamiento Térmico (FIPATERM)**.

³ Fernández Zayas, José Luis. Chargoy del Valle, Norberto, *Impacto de las técnicas bioclimáticas en la operación energética de viviendas y oficinas*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. VI, p. 198-213.

⁴ De Buen Rodríguez, Odón, *ILUMEX: desarrollo y lecciones del primer proyecto mayor de ahorro de energía en México*. Cambio climático, una visión desde México, Instituto Nacional de Ecología. 2004. México.

A nivel nacional, se crea en 1989 el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) por la Comisión Nacional de Electricidad (CFE) para promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, en su producción, distribución y en las instalaciones de los usuarios.⁵ Actualmente ha encauzado sus actividades hacia el ámbito interno de la CFE, aunque se continúa brindando asesoría y orientación a los usuarios en la materia. Como impulso al uso eficiente de energía eléctrica, CFE mantiene recomendaciones de ahorro de energía en el sector doméstico, pues, para realizar un consumo más responsable de energía eléctrica, deben modificarse los hábitos en el uso de los aparatos eléctricos del hogar, lo que se vera reflejado positivamente en el recibo de la luz.

- ➔ Aire acondicionado y calefacción: utilizar la vegetación; plantar árboles en puntos estratégicos para ayudar a desviar las corrientes de aire frío en invierno y a generar sombras en el verano; instalación de toldos de lona o aleros inclinados, persianas de aluminio, vidrios polarizados, recubrimientos, mallas y películas plásticas, para evitar que el sol llegue directamente al interior. aislamiento de ductos de aire acondicionado; sellado de ventanas y puertas; uso de tecnología eficiente.
- ➔ Electrodomésticos: mantenimiento adecuado de componentes; no dejar encendidos los aparatos que no se utilizan.
- ➔ Iluminación: uso de lámparas fluorescentes compactas en sustitución de focos incandescentes; pintura en el interior de la casa con colores claros.
- ➔ Instalación eléctrica: comprobar que la instalación eléctrica no tenga fugas.
- ➔ Lavadora: cargar la lavadora al máximo permisible cada vez, así disminuirá el número de sesiones de lavado semanal; utilizar sólo el detergente necesario pues el exceso produce mucha espuma y hace trabajar al motor más de lo conveniente.
- ➔ Refrigerador: situar el refrigerador alejado de la estufa y fuera del alcance de los rayos del sol, además de comprobar que la puerta sella perfectamente y revisar periódicamente el empaque; descongelar el refrigerador y limpiar con un paño húmedo el cochambre que se acumula en la parte posterior, por lo menos cada dos meses.

En general, son recomendaciones de uso, pero también se incluyen algunas estrategias bioclimáticas.

Siguiendo con este desarrollo, se crea el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)⁶ que tiene como objetivo demostrar la viabilidad técnica y rentabilidad económica del ahorro de energía eléctrica, representa un mecanismo capaz de conjuntar esfuerzos de todos los involucrados en la eficiencia energética. Como parte del programa de impulso, presenta recomendaciones, de fácil aplicación, que permitirán usar eficientemente la energía eléctrica en nuestro hogar y obtener con ello importantes beneficios económicos y ambientales. Dichas recomendaciones se refieren al uso correcto (y eficiente) de los electrodomésticos, por ejemplo, se sugiere mantener siempre limpios los aparatos eléctricos, principalmente los de la cocina; eliminar los residuos de alimentos en el horno de microondas, tostador, extractor, etc.; utilizar todos los aparatos de acuerdo con las recomendaciones de uso, mantenimiento y seguridad que aconseje el fabricante; apagar los aparatos que producen calor antes de terminar de usarlos –por ejemplo plancha, tubos o pinzas para el cabello, parrillas, ollas eléctricas, calefactores- para aprovechar el calor acumulado; apagar los aparatos eléctricos y desconecte los que carecen de interruptor cuando no se estén utilizando (incluyendo los reguladores de voltaje); etc.

⁵ Buitrón S. Horacio. *Logros del programa de ahorro de energía del sector eléctrico*. 11° Seminario de Ahorro de Energía, Cogeneración y Energía Renovable. 2005. México.

⁶ Es un organismo privado con fines no lucrativos creado en 1990 a iniciativa de la Comisión Nacional de Electricidad para impulsar acciones y programas de fomento al ahorro de energía eléctrica en México.

En ahorro de energía eléctrica, el trabajo del FIDE hizo posible alcanzar, desde su creación a marzo de 2010, la cifra de 17,402 Gigawatts hora (GWh), lo que equivale al consumo de los estados de Nuevo León, Jalisco, Tamaulipas, Estado de México y Aguascalientes.⁷ En el sector doméstico ha apoyado 1 millón 400 mil acciones, lo que representa la sustitución de 1 millón de refrigeradores y 150,000 equipos de aire acondicionado, además de 25 viviendas con aislamiento térmico. El Fideicomiso ha promovido la sustitución de 26.8 millones de lámparas convencionales por lámparas fluorescentes compactas. También ha apoyado a 80 empresas fabricantes que producen más de 5,000 modelos de equipos eficientes en el ahorro de electricidad, a las cuales se les otorgó la certificación del *Sello FIDE*. (La meta que se ha trazado el FIDE para 2012, es llegar a un valor de ahorro de electricidad en México de entre 29,000 a 59,000 GWh.)⁸

Los ahorros obtenidos desde que se impulsó el programa a la fecha, son de 35% para iluminación y 40% en aire acondicionado; además de estos elementos, el programa también tiene repercusión en maquinaria industrial y en sistemas de fuentes de energía renovable.



fig 1. Esquema de funcionamiento FIDE [Fuente Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica]

El Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI-FIPATERM)⁹ es un financiamiento para la eficiencia energética en la vivienda. Fue creado para apoyar a los usuarios que utilizan la tarifa doméstica de la CFE, cuyo objetivo principal es promover y facilitar la disminución del consumo de energía eléctrica.

En el sector gubernamental, desde 1993, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía inició el desarrollo de normas de eficiencia energética para edificios, con el fin de dictar recomendaciones para el diseño térmico de la envolvente. Desde entonces tanto las Normas Mexicanas (NMX) como las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), se han complementado de los estatutos de eficiencia energética.

⁷ www.fide.org.mx

⁸ Energía Racional. Año 20 Número 75, abril-junio 2010. publicación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. México.

⁹ El Programa ASI surgió en 1990 en Mexicali, Baja California. Inició con el programa de aislamiento térmico y, años más tarde, se le dio continuidad con los programas de sustitución de aires acondicionados y refrigeradores de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia. En la zona noroeste, el programa inició en junio del 2002 con los programas de aislamiento térmico y sustitución de aire acondicionado, y actualmente se desarrolla el programa de sustitución de refrigeradores.

Como consecuencia de estos primeros programas dirigidos al consumo final, se implementaron mecanismos de atracción para los usuarios y facilidades para adquirir nuevas tecnologías de iluminación doméstica. Dando como resultado la operación, en 1995, del **Proyecto de Uso Racional de Iluminación en México (ILUMEX)**.

El proyecto ILUMEX logró cumplir con la mayor parte de las expectativas de quienes lo diseñaron y operaron¹⁰:

1. *Lámparas vendidas.* Se vendieron, de abril de 1995 a diciembre de 1998, 2.45 millones de LCF (1.31 millones en Guadalajara y 1.15 millones en Monterrey), superando ampliamente las expectativas de venta definidas en el proceso de diseño del proyecto.
2. Impacto en la red eléctrica. Se logró un ahorro de energía eléctrica por 302 GWh y se evitó una demanda asociada por 56 MW.
3. Impacto ambiental. Se evitó la emisión de 233 miles de toneladas de CO2 en función de la mezcla de generación de electricidad en los puntos donde se ahorró la energía con el uso de las LCF.

Nota: Es preciso señalar que actualmente este programa ha sido ejecutado nuevamente bajo el nombre de **Luz Sustentable**.

En 2003 fue iniciado el **Programa de Financiamiento para el Ahorro de Energía Eléctrica (CFE-FIDE-NAFIN)**, dicho programa fue establecido en el 2002 derivado del acuerdo entre la CFE, NAFIN y el FIDE, y su operación está a cargo del Programa ASI en las Divisiones de Distribución Noroeste, Golfo Norte, Norte, Peninsular y Sureste, y por el FIDE en el resto del área de servicio de la CFE. En el caso de la División Baja California el Programa ASI opera con recursos patrimoniales del FIPATERM. De las acciones de mayor relevancia derivadas del programa destacan el avance en la instalación de aislamiento térmico de viviendas y el reemplazo de equipos de aire acondicionado y refrigeradores en el sector doméstico.

Las recientes iniciativas y programas de ahorro en la vivienda por parte de instituciones en el país que han logrado mayor desarrollo y son dirigidos exclusivamente a la eficiencia energética de la vivienda son: La Casa Nueva / La Comunidad Nueva¹¹ y la Vivienda Sustentable¹², ambos encabezados por el gobierno federal¹³. Por otro lado, se tienen otros programas y medidas que tienen como objetivo mejorar las condiciones de la vivienda social y económicamente; entre estas medidas destacan el

¹⁰ Vargas, E. *El Proyecto ILUMEX: Una Visión General. En: Memoria Técnica del Seminario Internacional ILUMEX.* México: Comisión Federal de Electricidad. 1999. México.

¹¹ Es un proyecto de cooperación científica y tecnológica de América del Norte que surge de un programa propuesto por el grupo de Expertos en Ciencia y Tecnología del Grupo de Trabajo de Energía de América del Norte (GTEAN). Este programa fue impulsado en 2003.

¹² Nueva gestión ambiental es un programa que se inició por la entonces Comisión Nacional para el Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), actualmente Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). Este programa se desarrolló en 2009.

¹³ Morillón, David. *El diseño bioclimático en México. Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y Sustentabilidad.* 2007. San Luis, Argentina.

Programa Nacional de Sustitución de Electrodomésticos¹⁴; el Programa de Promoción de Calentadores Solares de Agua¹⁵; y la Campaña Nacional “Vive con Energía”¹⁶.

Nota: Debe ser señalado que ambos programas fueron fallidos en su implementación. Sin embargo impulsaron otros programas más específicos. El Programa de Vivienda Sustentable promovió la inversión en los proyectos por parte de la iniciativa privada en el país.

El proyecto **La Casa Nueva (LCN)**, se dedica a mejorar el estándar de vida y la calidad de vida de manera sustentable. El programa LCN enfatiza el uso de la energía, pero se hace un enfoque holístico e integral. Se trata, por tanto, de asegurar viviendas sustentables para satisfacer las metas nacionales de carácter social, cultural, económico y ambiental. La filosofía de programa es construir asociaciones internacionales extensivas y duraderas con participación del gobierno, la academia y la industria.¹⁷ El programa explora opciones para mejorar diseños tradicionales, así como diseños alternos para casa tradicionales y comunidades en red y fuera de red.

En el **Programa de Vivienda Sustentable**, la CONAVI, PROMÉXICO y el FIDE están desarrollando un programa piloto que tiene la finalidad de construir viviendas sustentables, instalando celdas fotovoltaicas en las viviendas de interés social, el cual tendrá un alcance de 50,000 casas con esta tecnología. Este programa si dirige a viviendas nuevas y no a rehabilitación o intervención, sin embargo, algunos programas pueden compartirse. Las partes del proyecto son las prioridades ambientales, las líneas estratégicas y las acciones. Entre las prioridades ambientales se pretende el uso y aprovechamiento sustentable del agua y la energía; el incremento de áreas verdes en los conjuntos; el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, y el mejoramiento de los espacios habitables de la vivienda mediante el diseño bioclimático y la aplicación de ecotécnicas. Las líneas del proyecto son la investigación y transferencia de tecnología, el financiamiento, la capacitación y educación y la información y difusión.¹⁸ Se continúa la promoción del Programa de Vivienda Sustentable con los desarrolladores, con la finalidad de implementar desde la construcción de la vivienda Medidas de Ahorro de Energía Eléctrica, instalando:

- ✓ Lámparas Fluorescentes Compactas
- ✓ Aires Acondicionados de Alta Eficiencia
- ✓ Aplicación de Aislamiento Térmico en Techos y Muros
- ✓ Ventanas Térmicas de Doble Vidrio o Película Reflejante

¹⁴ El programa, como su nombre lo indica, sirve para renovar aparatos. En el recibo de luz aparece un aviso con el que se indica la factibilidad de recibir un apoyo por parte del Gobierno Federal, el cual sirve para pagar parte de un aparato nuevo. Además del requisito de antigüedad tal del aparato, no se debe tener adeudo en pagos de energía eléctrica.

¹⁵ El objetivo del es contribuir a que las instituciones responsables fomenten de manera más eficaz el desarrollo del mercado de energías renovables. Para lograr este objetivo e impulsar el uso de las energías renovables a gran escala, se colabora estrechamente con actores tanto del sector público como la SENER, la CRE, la CFE y la CONAE como del sector privado dando asesoría para la adecuación de los marcos legales y regulatorios, así como al desarrollo de mercados y proyectos. Se ha enfocado el componente a las siguientes cuatro líneas de acción: desarrollo de políticas y estrategias – al inicio con enfoque en biocombustibles; asesoría en cuanto a las condiciones marco legales y regulatorias; desarrollo de mercados y proyectos – al inicio enfocado a fomentar la difusión de calentadoras solares en el sector residencial; y cooperación Sur-Sur. Las contrapartes mexicanas son: Secretaría de Energía (Sener), Comisión Reguladora de Energía (CRE), Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

¹⁶ Como parte de un esfuerzo coordinado del sector energía, el 13 de agosto de 2005 inició la “Campaña Nacional para el Ahorro y Uso Inteligente de Energía”, en los medios de comunicación masiva impresos y electrónicos. La Campaña tiene por objetivo lograr que la sociedad identifique el tema del uso inteligente de energía como algo prioritario para su vida cotidiana y, en segundo término, para el bienestar nacional.

¹⁷ Morillón, David (2007). *Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IX, p. 86-101.

¹⁸ Ibid.

Lo anterior ha complementado el desarrollo del **Programa de Hipoteca Verde** impulsado por el INFONAVIT.¹⁹ También, como resultado de este programa nacional, han surgido proyectos que dan sustento y continuidad al programa a nivel estatal y municipal, tal es el caso de **Vivienda de Diseño Ambiental (VIDA)** que es un fraccionamiento desarrollado en el Municipio de Escobedo, Nuevo León, en un sector de la Colonia Nueva Esperanza, el cual consta de 58 casas de tipo interés social. El proyecto fue reconocido por el Instituto de Ingeniería de la UNAM así como por la CONAVI, como un gran avance en el diseño sustentable para viviendas de bajo costo, ya que en él se materializan acciones concretas y reales en la edificación y diseño bioclimático. Entre algunas de las características de estas viviendas son el manejo óptimo de la volumetría de la vivienda; el empleo adecuado de materiales reflectores, aislantes, la vegetación propia del lugar para mejora en las condiciones de habitabilidad; mayor ahorro de energía eléctrica, menor gasto de agua potable al aplicar lo anterior y mejores espacios de confort y calidad para los moradores.²⁰

Como institución que respalda las iniciativas de mejoramiento energético nacional se tiene a la **Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)**²¹ que es un órgano administrativo descentralizado de la Secretaría de Energía, que cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía. La CONUEE plantea, de igual modo, recomendaciones en las viviendas –en particular, en la adquisición de una nueva, sin embargo, las recomendaciones pueden aplicar para rehabilitar alguna–.

- ➔ La casa, de acuerdo al estado de la República Mexicana donde se encuentre, debe tener una orientación adecuada, de tal manera que en clima caluroso se tenga menor ganancia de calor al interior.
- ➔ Que el techo esté aislado térmicamente, de esta manera se tiene menor acumulación de calor por la radiación solar. El techo es por donde se tiene la mayor ganancia de calor, seguido por las ventanas.
- ➔ Debe tener ventanas con vidrios térmicos o doble vidrio; éstos reducen la ganancia de calor a través de los mismos.
- ➔ En ventanas donde se tiene radiación solar directa, deben contar con algún tipo de elementos sombreadores, tales como volados, ventanas remetidas o aleros.
- ➔ Los interiores deben ser de colores claros para reflejar mejor la iluminación natural, ya que la iluminación que se tiene del exterior se refleja mejor, evitando así generar calor al encender las lámparas.
- ➔ Si por el clima donde se encuentra la casa se requiere contar con un acondicionador de aire, éste debe ser eficiente, considerando lo que se indica en la etiqueta amarilla de la norma de eficiencia energética para estos aparatos.
- ➔ Para el calentamiento de agua, deberá contar con un calentador solar eficiente.

¹⁹ El Programa de Hipoteca Verde es un crédito INFONAVIT –para vivienda nueva– que cuenta con un monto adicional para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica y así obtener una mayor calidad de vida, generando ahorros en su gasto familiar mensual derivados las ecotecnologías que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas; contribuyendo al uso eficiente y racional de los recursos naturales, y al cuidado del medio ambiente. (El proyecto fue solicitado al Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM) por el Instituto de Ecología (INE).) En relación al programa Hipotecas Verdes se están efectuando estudios para realizar la verificación de 793 viviendas entregadas en el programa, así como la evaluación y cuantificación de los ahorros generados.

²⁰ Gobierno del Estado de Nuevo León, México. www.nl.gob.mx

²¹ Como consecuencia de los programas implementados en 1989, fue creada la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). Diez años más tarde, en 1999, se convirtió en un órganos descentralizado de la SENER. Desde 2004, dicho organismo implementa tres Premios Nacionales de Ahorro de Energía (Térmica, Transporte, Energía Renovable). Recientemente la CONAE, puntualizando su filosofía fue convertida a la actual CONUEE [Fuente: www.conae.gob.mx]

- Una casa, al contar con ventanas térmicas, con la orientación apropiada considerando el estado de la República donde se encuentre, con materiales adecuados para el clima, así como aislada térmicamente; permitirá tener una buena iluminación natural, evitando encender la artificial. Por otro lado, al estar aislada la casa, se tiene menor ganancia de calor en el interior y, por ende, el acondicionador de aire será de menor capacidad y tanto la inversión inicial como el recibo de energía eléctrica se reducirán.

El auge del sector vivienda en los últimos años ha alentado procesos económicos muy positivos para el país, sin embargo, el sistema de dotación de suelo apto ha propiciado el desarrollo de fraccionamientos cada vez más alejados de las ciudades consolidadas, donde históricamente se encuentran los centros de empleo y servicios; el resultado ha sido un proceso que carga las externalidades en la economía de los municipios y de las familias residentes. Ante esta problemática, distintas dependencias del gobierno federal han establecido un grupo de trabajo que intenta encauzar la generación de estos grandes desarrollos habitacionales hacia esquemas urbanos sustentables e integrales. La SEDESOL, SEMARNAT, SENER, CONAVI, BANOBRAS, el INFONAVIT y SHF integran el grupo de trabajo para la **Promoción y Evaluación de Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS)**. Este es otro programa de promoción de una vivienda eficiente y, para el caso particular de este grupo de trabajo, sustentable.

Situación internacional²²

En Australia, históricamente, varios gobiernos han desarrollado programas de eficiencia energética residencial o de asistencia, además de los limitados programas federales. En la actualidad, cada vez se está prestando mayor atención a la eficiencia energética; de hecho este tema ha sido incorporado ampliamente en la Estrategia Nacional de Eficiencia Energética. Específicamente para el tópico residencial, los diversos programas australianos se refieren a: descuentos para la instalación de paneles solares para agua caliente, o instalación de aislamiento en el techo; aumento de la eficiencia energética del sistema de etiquetado; expansión de las actuales normas mínimas de eficiencia energética; un nuevo marco para la divulgación de información de rendimiento energético en el momento de venta o arrendamiento; y el desarrollo de una red energética inteligente, incluidos los contadores inteligentes en los hogares. Desde luego, diversas auditorías energéticas y subvenciones de préstamos son características clave para la realización de estos esfuerzos. Como resultado de los nuevos marcos de ahorro energético en vivienda, se ha detonado un apoyo considerable para las tecnologías en envolventes de la vivienda.

En Canadá, el apoyo gubernamental ha sido canalizado aun amplio programa voluntario de rehabilitación e intervención en la vivienda. A grandes rasgos, el programa promueve una auditoría energética en la vivienda (con costo) y a partir de los resultados se promueven apoyos para inversión en tecnologías y también se promueven apoyos financieros, mismos que van mejorando conforme se reflejen los resultados estimados. Muchos de los apoyos referentes a incorporación de tecnologías, se encuentran en un marco de convenios entre el gobierno y la iniciativa privada, logrando solventar más del 50% a través de subsidios en los proyectos. No se tienen normas que promuevan la eficiencia energética en los hogares, sin embargo se establecen los valores mínimos en los consumos nominales.

Dinamarca tiene un programa de ahorro de energía que está vinculado desde la generación de energéticos. Para el tema de la vivienda, ha incorporado certificaciones de eficiencia energética (Energy Performance Certificates - EPCs) y esto ha dado buenos resultados en las nuevas configuraciones de la vivienda y en la promoción de mejoras a las viviendas existentes.

En Francia, de igual modo, se promueve el certificado blanco de eficiencia (French White Certificate). el funcionamiento de este certificado funciona como bonos de Carbono a nivel doméstico, pues una vez que se adquiere, es posible venderlo para otros

²² Hamilton, Blair. *A Comparison of Energy Efficiency Programmes for Existing Homes in Eleven Countries*. The Regulatory Assistance Project United Kingdom, 2010.

que requieran de este documento. Aunado a esto, hay incentivos fiscales que promueven créditos de inversión e en tecnología eficiente. El principal energético que se ha atacado es el gas.

Alemania tiene una serie de políticas y programas que funcionan en diferentes niveles. Los gobiernos estatales tienen la responsabilidad de la aplicación de la ley federal, pero también pueden poner en práctica sus políticas energéticas y programas propios. Ambos gobiernos estatales y municipales ofrecen una gama de programas, con un énfasis particular sobre la financiación y subvenciones para una amplia gama de medidas para mejorar la eficiencia energética en la vivienda. La estrategia central para lograr la reducción de carbono en las viviendas y edificaciones existentes es a través de la continuación del éxito de los programas de préstamos de bajo interés para inversiones en eficiencia energética dirigido por el Banco de Desarrollo del préstamo. Estos préstamos van mano a mano con asesoramiento personalizado para los hogares, en especial de la Federación de Organizaciones de Consumidores alemanas. Esto se ha convertido en el mayor programa de financiación en Europa, conocida como la "Construcción de la Energía Eficiente y Rehabilitación" del programa. Se divide en cuatro sub-programas: 'Programa de Infraestructura', 'Rehabilitación de edificios - CO2', que se enfoca en los edificios construidos antes de 1983; 'Modernización de la Vivienda'; y 'Construcción Ecológica'.

En Italia, las dos medidas más importantes para generar ahorros en las viviendas existentes, según el plan estratégico hacia 2016, son los incentivos para instalar sistemas eficientes de calefacción y el aislamiento de los edificios anteriores a 1980. También, en el país se emiten los Certificados Blancos, que han estado en vigor en Italia desde enero de 2005. Ellos son una obligación a los distribuidores de electricidad y gas para ahorrar energía en las propiedades y los locales a los que se distribuyen. El gobierno italiano ha establecido el tamaño de la obligación, y en el Plan Nacional de Italia, se espera que un tercio de los ahorros de dióxido de carbono provendrá de las actividades de certificados blancos.

En Japón, los esfuerzos para mejorar la eficiencia de las viviendas existentes se basan en una red de leyes e incentivos para promover la eficiencia energética. El fundamento de muchos de los programas de eficiencia residencial en Japón es la Ley sobre el Uso Racional de la Energía. El apoyo financiero del gobierno para la eficiencia energética en las viviendas existentes está disponible a través de varios programas. Estas incluyen soporte para intervención en los hogares y las subvenciones para la compra de electrodomésticos de alto consumo energético, incluyendo aparatos de aire acondicionado, calentadores, y calentadores de agua. Japón ha logrado mejoras significativas en la eficiencia energética en el sector de la vivienda residencial en las últimas décadas, en gran parte a través de un enfoque en el desarrollo y despliegue de equipos y electrodomésticos más eficientes. Sólo desde 1998, de refrigeración y acondicionadores de aire de calefacción se ha logrado una eficiencia promedio mayor al 34%.

En Holanda, desde enero de 2008 el gobierno, los proveedores de vivienda social, los servicios públicos de energía, y la industria de la construcción firmaron un pacto llamado Meer met Minder (Más con menos), un mecanismo para trabajar en conjunto y lograr ahorro energético en edificios. La meta fue de 100 PJ en ahorros de energía adicionales para el año 2020. De este objetivo, el 76% se encuentra en el sector residencial, con unidades de 43% de viviendas ocupadas por sus propietarios, el 24% viviendas de alquiler social, y el 9% de alquiler privado. Los planes para cumplir con los objetivos de ahorro de energía en el país anticipan que el mayor ahorro, más del 40%, vendrá del sector residencial. En el sector residencial las siguientes medidas intersectoriales que se espera aplicar: impuestos energéticos, reglamentos de construcción, y un esquema de subsidio temporal que proporciona hasta un 15% de la inversión en las medidas técnicas en las viviendas existentes para reducir el consumo de energía. Las medidas incluidas son la cavidad, el techo y de pared de aislamiento, calefacción solar de agua, bombas de calor, y las instalaciones de cogeneración.

Noruega ha definido un compromiso muy ambicioso relacionado con neutralidad en carbono a nivel nacional. Para alcanzar esas metas, Noruega tiene un importante compromiso nacional con la eficiencia energética, a pesar de los precios de energía históricamente bajos. En el sector vivienda, son seis las medidas específicas individuales: calderas de pellets, estufas de pellet,

estufas de pellets, bombas de calor, controles de calefacción y calentamiento de agua solar; estas medidas son compatibles con los subsidios del gobierno.

Suecia tiene una larga historia de las políticas agresivas del gobierno acerca del uso eficiente de la energía. Estas políticas, junto con un amplio uso de la calefacción y el suministro eléctrico (90% energía hidroeléctrica), los resultados en Suecia definen al país como el menor emisor de CO₂ *per cápita* de todos los países miembros de la AIE. Con respecto a las viviendas existentes, el principal desafío para Suecia fue la renovación de aproximadamente 1 millón de viviendas que se construyeron en la década de 1960. Además, fuera de las redes de calefacción de distrito amplia en Suecia, las bombas de calor se han convertido en una solución común; éstos son apoyados por subsidios como parte de un alejamiento de la calefacción eléctrica directa en casas de familia y apartamentos. Junto a estos apoyos, se ha contemplado también el cambio por calderas de biomasa y la ampliación de calefacción urbana.

En Estados Unidos, la mayoría de los programas de eficiencia para las casas existentes se aplican a nivel estatal, y hay una gran variación entre ellos. Un número significativo de estados han adoptado planes dirigidos a la mitigación de gases de efecto invernadero, pero estos son en gran parte voluntarios. Por otro lado, los objetivos de ahorro de energía para electricidad se han establecido en aproximadamente 20 legislaturas estatales (aprobada en la ley estatal) o en los reguladores de servicios públicos. Tres estados tienen metas de ahorro de electricidad de más de 2% por año, seis tienen metas de entre el 1,5% y 2%, y ocho tienen metas de entre el 0,3% y 1% por año. Estados Unidos, además de ser el líder mundial en el consumo de energía y en emisiones de dióxido de carbono, también un líder mundial en programas de eficiencia energética, y específicamente en los programas dirigidos a viviendas existentes. En la actualidad, la gran mayoría de estas se llevan a cabo a nivel estatal, aplicado en gran medida por la regulación de electricidad y gas bajo la supervisión de los reguladores de servicios públicos.

Normatividad relacionada con diseño térmico y ahorro de energía de la vivienda

Las normas y reglamentos de eficiencia energética en edificaciones no son un asunto de un solo sector, requieren de una conciencia generalizada para hacer un uso racional de la energía. Involucra a todos los países, centrando el problema en cada uno de los consumidores de energía y en el caso específico de la arquitectura a los diseñadores y usuarios, a quienes les corresponde contribuir en el uso eficiente de la energía.²³

Los diseñadores tienen una responsabilidad muy importante en la medida en que se involucren en el análisis de comportamiento térmico de los edificios y su relación con el clima, el manejo adecuado de los materiales y los dispositivos de control solar, logrando con esto no sólo ahorrar energía, sino además, proporcionar condiciones de confort a los usuarios de estos espacios. El mayor impacto de las normas de eficiencia energética se refleja en los climas extremos, en los cuales se emplean mayormente equipos de aire acondicionado para climatizar y obtener situaciones de confortabilidad. Con la implementación de las regulaciones en edificaciones se logra que la envolvente de la edificación responda térmicamente a necesidades climáticas específicas.

Las normas oficiales son obviamente coercitivas u obligatorias y su incumplimiento conlleva (al menos en teoría) una sanción por parte del Estado. Las normas voluntarias, basan su vigencia y aplicación en programas gubernamentales y pueden ser consideradas como instrumentos de planeación.²⁴ Este tipo de normas ejercen su influencia por la vía de abrir o cerrar oportunidades de mercado a los productores de ciertos bienes de consumo o fabricantes de equipamientos.

²³ Huerta Velázquez, Verónica (2003). *Normatividad Internacional relacionada con el diseño térmico de las edificaciones*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. V, p. 196-203.

²⁴ Quadri. G. (2006). *Políticas públicas, sustentabilidad y medio ambiente*. Miguel Ángel Porrúa. México.

Las normas de eficiencia energética fueron desarrolladas primeramente en Europa, Estados Unidos y Canadá. Hacia finales de la década de los noventas, 22 países tenían normas obligatorias y tres normas voluntarias, en tanto que algunos otros se encontraban en el proceso de evaluación de las mismas.²⁵

La norma europea establece disposiciones sobre las componentes y elementos de los edificios, propone un método de cálculo para la resistencia y transmitancia térmica; se estructura en cuatro secciones: propuesta de la norma con los valores y el método establecido para el cálculo, validación de los métodos de cálculo, evaluación del método de cálculo y determinación de la transmitancia térmica para las componentes del edificio.

La norma británica observa las siguientes consideraciones: el flujo de calor específico del edificio para mantener una temperatura uniforme; el calentamiento anual requerido en el edificio para mantener específicamente el punto establecido para la temperatura interior; la energía anual requerida para el sistema de calentamiento del edificio el calentamiento de agua. Por lo que se entiende que la norma permite considerar el consumo de energía del edificio durante la vida útil del mismo.

La norma para el estado de California, EU. considera a los ocupantes y establece los requerimientos de manufactura, construcción e instalación de los sistemas y equipos que operan el edificio, así como las componentes del mismo. Se tienen los siguientes aspectos: establecer los requerimientos para espacios con equipos de aire acondicionado; considerar los requerimientos de los usuarios para calentamiento de agua; establecer disposiciones para puertas exteriores; considerar medidas de control en iluminación; determinar necesidades de aislamiento en techos; presentar disposiciones para distribución de equipos de climatización.

En América Latina se ha logrado un avance en relación a la normatividad energética en edificaciones. En particular, el caso de las normas argentinas establecen elementos para: asegurar condiciones mínimas de confort higrotérmico; evitar patologías constructivas que afecten la calidad de los edificios y a sus habitantes; favorecer el ahorro de energía para calefacción; definir condiciones de diseño que permitan un uso racional de los recursos energéticos disponibles; establecer una metodología de cálculo uniforme del comportamiento térmico de los edificios.

Normatividad oficial mexicana

Entre las diferentes fuentes de ganancia de calor de una vivienda o edificio en general, las más significativas se pueden controlar mediante el adecuado diseño de la envolvente del edificio: calor por conducción a través de los muros y techos, y por radiación solar que penetra a través de los vidrios de las ventanas y domos o tragaluces. Ante ello, la CONUEE, lleva a cabo la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), normas obligatorias para el ahorro de energía en los edificios, desde su diseño mismo.²⁶ En 1995 fueron publicadas las primeras tres NOM de eficiencia energética.

Las NOM enfocadas a la edificación no tratan de aislamiento térmico solamente, sino que incluyen sistemas pasivos, tales como las protecciones solares en ventanas: aleros, partesoles y remetimientos, así como especificaciones de áreas mínimas para tragaluces, efectos de la orientación, además de las características térmicas de los materiales de construcción necesarios para cada clima, por localidad y, por último, el impacto o efecto de la orientación de la vivienda. Se tienen dos normas relacionadas con el comportamiento térmico de los edificios, con el objetivo de limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, para racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento:

²⁵ Jaramillo, Simón, *Buena Energía. Normas de eficiencia energética alrededor del mundo*. Grupo EMAT, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2000.

²⁶ Morillón, David, *op. cit.*

- ➔ NOM-008-ENER-2001: eficiencia energética en edificaciones “Norma para la envolvente de edificios no residenciales”
- ➔ NOM-020-ENER-2011²⁷: eficiencia energética en edificaciones “Norma para la envolvente de edificios residenciales”

Para el cálculo de la aplicación de las mencionadas normas fueron establecidos métodos de cálculo del aislamiento térmico y cálculo del presupuesto energético.

El mayor impacto de estas normas se ve reflejado en los climas extremos, ya que se emplean mayormente equipos de aire acondicionado para climatizar y obtener la sensación de bienestar térmico para los habitantes. Con la aplicación de las normas se logra que la envolvente responda térmicamente a necesidades climáticas específicas.²⁸ En general, se optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes. Se tiene una herramienta muy útil para evaluar la NOM-008-ENER-2001 que es un programa de cómputo denominado *Metodología para el cálculo de la ganancia de calor* emitido por la CONUEE. A través de esta herramienta se dan las características de la edificación y se obtiene una comparación entre la edificación de referencia y la proyectada. Por ejemplo, si se modifica la localización del proyecto y se lleva al norte del país, el consumo se incrementa drásticamente.



fig 2. edificio de referencia y edificio proyectado

La mayoría de las normas estudia al edificio como una gran caja o envolvente expuesta a un clima exterior con características particulares variables según la época del año. Las normas proponen una temperatura interior de diseño y concluyen regulando las componentes de la envolvente del edificio, básicamente: muros, techos, pisos y ventanas. La reglamentación puede disminuir el consumo de energía considerando los equipos que operan dentro de la envolvente.²⁹

Si bien las normas mencionadas son las referentes a la eficiencia energética en edificaciones, hay otras normas relacionadas con la eficiencia de los elementos que componen la edificación que no deben olvidarse, como las presentadas a continuación:

²⁷ A partir de julio de 2011 evolucionó el anteproyecto de norma para quedar como proyecto vigente de NOM. El alcance de este trabajo no considera la evaluación de los programas hasta el año en curso, sin embargo será referida como el proyecto de norma actual.

²⁸ Huerta Velázquez, Verónica (2002). *Simulación de las características arquitectónicas de dos edificios residenciales, de acuerdo con la normatividad mexicana sobre eficiencia energética*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IV, p. 216-227.

²⁹ Jaramillo, Simón, *op. cit.*

- ➔ NOM-003-ENER-2000: Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.
- ➔ NOM-005-ENER-2010: Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado.
- ➔ NOM-011-ENER-2006: Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- ➔ NOM-015-ENER-2002: Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- ➔ NOM-017-ENER/SCFI-2008: Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba.
- ➔ NOM-018-ENER-1997: Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba.
- ➔ NOM-021-ENER/SCFI-2008: Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

En 2003, tres de las NOM establecidas fueron homologadas con las de EUA y Canadá.

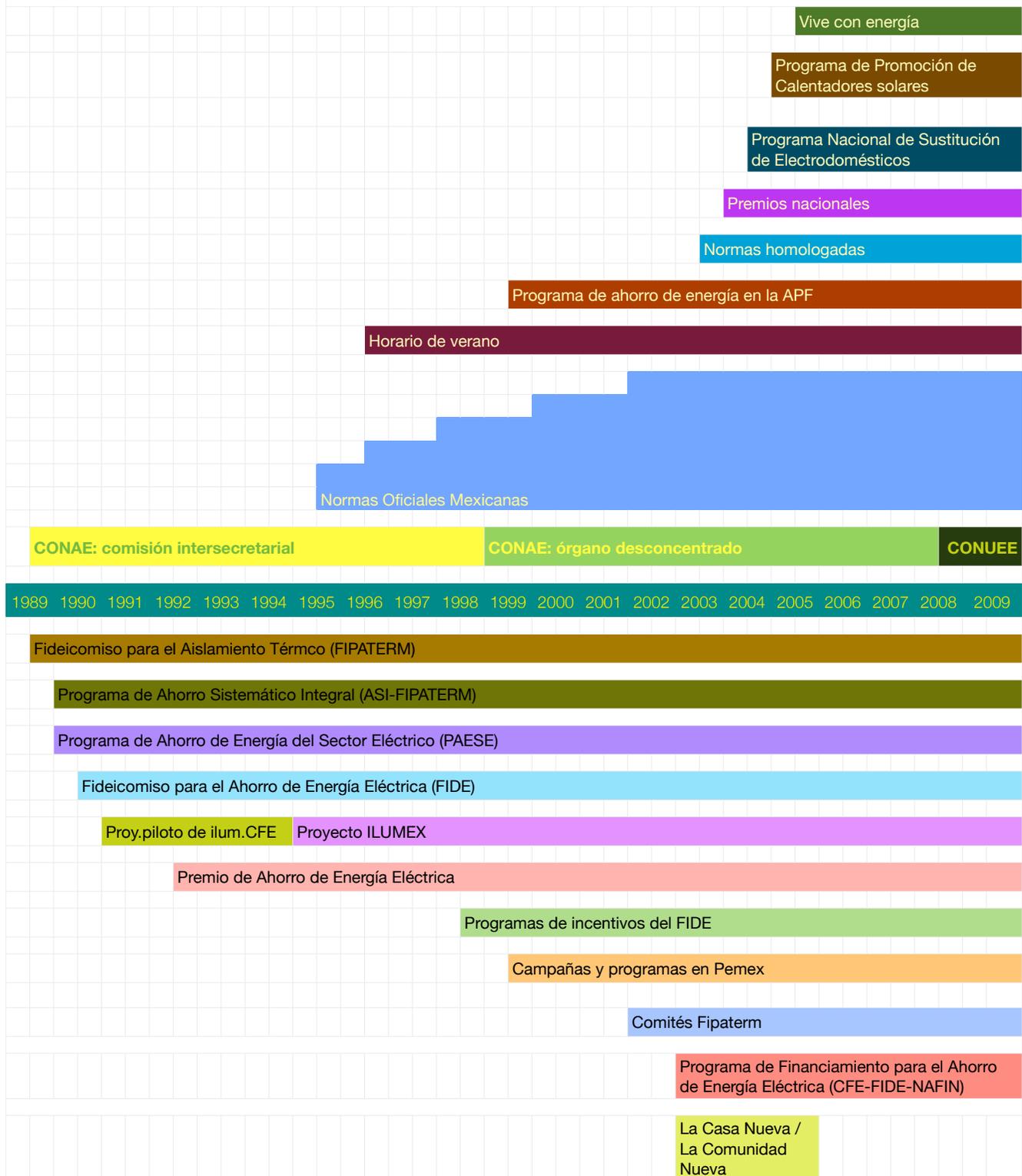
Además de las NOM, hay normas mexicanas NMX que resultan de gran utilidad en la evaluación complementaria de las condiciones térmicas de una vivienda, tal es el caso de la NMX-C-460-ONNCCE-2009 referente a la envolvente térmica de viviendas a través de la resistividad: valor R. Esta norma ocupa un patrón de zonificación de la República Mexicana tanto de la resistividad térmica para confort como de la referente al ahorro energético.

Por último, el **Código de Edificación de Vivienda**, en su capítulo de sustentabilidad, establece las consideraciones límite que deben cumplirse en materiales y espacios para satisfacer las condiciones de habitabilidad, de igual modo, plantea aspectos relacionados con el uso eficiente de agua, áreas verdes y energías renovables. Este documento establece lineamientos y principios que harán posible el uso de nuevos materiales y nuevos sistemas constructivos. Sus provisiones no necesariamente incrementarán los costos de la construcción de vivienda, ni restringen ni favorecen el uso de materiales, productos ni sistemas constructivos específicos. Como se menciona en dicho documento, su propósito es contribuir a que las autoridades locales cuenten con elementos para expedir, aplicar y mantener actualizadas las disposiciones legales y los reglamentos o códigos de construcción y proponer criterios para que definan las responsabilidades generales de quienes administran la edificación de la vivienda.³⁰

En la siguiente tabla se presenta un esquema representativo del estado de las iniciativas referidas existentes en el país, a lo largo de poco más de dos décadas de trabajo.

³⁰ *Código de Edificación de Vivienda*. Parte VI: Sustentabilidad (pp. 225-258). Grupo Coordinador del Código de Edificación de Vivienda (*Comisión Nacional de Vivienda*: Carlos Gutiérrez Ruiz, Evangelina Hirata Nagasako, Ma. Cristina González Zertuche, Eduardo Carmona Uroza; *Sedesol*: Craig Davis Arzac; *Ayuntamiento de Mexicali*: José Luis Rodríguez Escoto; *Instituto de Vivienda de Colima*: José Francisco Rivas Valencia, Marco Antonio Preciado Castillo; *UNAM. Instituto de Ingeniería*: Sergio Alcocer Martínez de Castro, Carlos Javier Mendoza Escobedo, David Morillón Gálvez; *Urbí*: Carlos Cota Arce, Héctor Domínguez Tapia; *Lean House*: Fernando Mayagoitia Witrón; *Interplan*: José Antonio Soto Montoya, Eleazar Acuña Cabrera; *Cemex*: Oscar Villagrán Guevara, Ángel Ponce Córdoba; *International Code Council (ICC)*: Alberto Herrera.

Programas internos



Programas externos con participación de la CONAE

tabla 1. Programas de ahorro y uso eficiente de energía [Fuente: Instrumentos de Eficiencia Energética en México, Mata Sandoval, Juan, 2008 -- complementado]

Estudios generales de rehabilitación en la vivienda

Vastos han sido los estudios de mejoramiento energético en la vivienda a nivel mundial; y en general, se ha aplicado el método de diseño original de control solar propuesto por los hermanos Olgay (1957), y en algunos casos se le han hecho aportaciones. A continuación, se presenta un compendio de las propuestas que se han presentado que han sido dirigidas a la intervención de la vivienda existente o a la evaluación de esta mediante herramientas de simulación o auditoría energética en la vivienda.

Aguirre Gas (1983) en *Vivienda con ganancia solar directa y almacenamiento térmico* analiza las posibilidades de aprovechar óptimamente la energía solar en un clima semi-frío; en dicho documento se analiza el caso de una vivienda donde la intervención está en el uso de materiales, calentamiento de agua, recuperación de agua pluvial y uso de invernadero. Hace hincapié en la aplicación de estrategias sobre la vivienda existente.

Barrios R. y Morales (1998) presentan *La simulación del desempeño térmico de edificios como elemento de apoyo para su diseño* en el cual exponen las ventajas de realizar ajustes a nivel de anteproyecto y así obtener beneficios puntuales. También se invalida el simulador *Transys* porque está limitado en la base de datos de elementos constructivos y en los datos climáticos regionales.

Cedeño (1998) analiza tanto en el sector socio-político como tecno-científico el impacto de la modificación en las viviendas. Su documento *La rehabilitación industrializada de viviendas: un contexto* expone los problemas que aparecen en las decisiones arquitectónicas por parte de las constructoras (y las tendencias actuales en desarrollo habitacional). Asimismo, destaca el uso de reciclaje de mercancías como sustento en el desarrollo de las construcciones en el país.

Kabre (1998) presentó un programa de cómputo, Winshade, con el cual se puede obtener el diseño adecuado de elementos de control solar para la mayoría de las ciudades en India, Australia y Singapur. Está compuesto de tres módulos: análisis del clima, diseño de los elementos de control solar y optimización de resultados. El autor presenta la aplicación para un edificio localizado en Nueva Delhi, con una ventana orientada al sur, y durante el periodo de marzo a septiembre. El programa presenta gráficamente los resultados y permite relacionarlo con AutoCad, lo cual facilita su visualización en el proyecto. Además, permite cuantificar la ganancia de calor en el interior utilizando varios tipos de vidrio propuestos en el programa, y considera a futuro la incorporación de un análisis costo-beneficio entre el uso de equipo de climatización y el costo de los dispositivos de control solar.

Leverato y Licon (1998) presentan un análisis de los consumos energéticos a escala urbana y plantean la posibilidad de disminuir dichos consumos a través del aprovechamiento de los recursos naturales (radiación solar, ventilación e iluminación natural), para una zona urbana en clima árido. El análisis se dirige a disminuir los consumos en viviendas existentes mediante intervención de estrategias bioclimáticas.

Morillón (2001) presenta en *Impacto térmico, energético y ambiental de la envolvente arquitectónica vs confort* indicadores que permiten la comparación entre los materiales empleados en las edificaciones y el impacto que se tiene sobre los consumos y, por lo tanto, en los contaminantes.

Trebilcock *et al* (2001) presenta en *La modelación y simulación energético-ambiental como herramienta de rediseño arquitectónico* que los programas de simulación resultan una buena herramienta de rediseño arquitectónico con el fin de mejorar el comportamiento energético-ambiental, ya que permiten evaluar en forma cuantitativa las estrategias bioclimáticas aplicadas al diseño. En el caso específico de la vivienda social, esta herramienta se hace imprescindible ya que la precisión exigida en el diseño provoca que la mayoría de las estrategias comúnmente sugeridas para un diseño eficiente energéticamente (muros trombe, espacios solares, etc) son inaplicables por el costo que implican.

Evans y Schiller (2004) demuestran las ventajas que tiene el uso de la simulación y la aplicación de componentes para satisfacer requerimientos de viviendas y construcciones con uso eficiente de energía; se simuló el sistema térmico de cada proyecto; se aplicó un heliodón y un túnel de viento. Este aporte aparece en la publicación *Arquitectura energéticamente eficiente: 3 proyectos demostrativos en Argentina*. Se prevé la realización de campañas de mediciones de comportamiento térmico, consumos, costos de operación y funcionamiento, así como evaluaciones post-ocupación, con el fin de evaluar los resultados, verificar la validez de las simulaciones y contribuir al mejoramiento de futuros proyectos, legislación y normativas.

Morillón *et al* (2004) en *Modelo para diseño y control solar en edificios* calculan y evalúan el efecto de incorporar elementos de control solar en las edificaciones para regular la ganancia de calor en el interior de ellas, así como sus benéficas repercusiones energéticas y ambientales.

Simonson (2004) encuentra el ahorro de energía para dos casas distintas de Finlandia, las cuales funcionan con dispositivos ecológicos. Utiliza la ventilación natural como un método de ventilación de bajo consumo energético y desarrolla un modelo matemático para encontrar el ahorro energético en diferentes tipos de casas. Pero lo hace aplicando un modelo global de ahorro, que incluye, calefacción, cocción de alimentos, consumo de agua, iluminación, ventilación, etc.

Huenchunir *et al* (2005) presenta en *Adaptación Térmica de vivienda social en Chile* un esquema de intervenciones para toda una región. Finalmente y de acuerdo a las deficiencias detectadas en las viviendas sociales, se propone la evaluación de algunos sistemas solares para contribuir a satisfacer la demanda de energía en calefacción y calentamiento de agua domiciliaria.

Carrasco Cota y Morillón (2005) presentan en *Arquitectura vernácula: una posible solución al problema térmico de la vivienda actual* una evaluación del bioclima y de las diversas alternativas que se han desarrollado en la arquitectura de tradición para mejorar las condiciones de habitabilidad en la vivienda. Además, se elabora una breve comparación con adecuación bioclimática de la vivienda de interés social.

Camporeale (2006) presenta un caso de remodelación para resolver problemas de ventilación insuficiente, iluminación natural mal distribuida, excesiva radiación solar directa provocando sobrecalentamiento más deslumbramiento y falta de protección de lluvia en el acceso y en la conexión con demás edificios. Además de integrar estrategias bioclimáticas y de uso eficiente de la energía para el edificio, propone un seguimiento del funcionamiento de la obra para monitorear y verificar los análisis realizados en la etapa de proyecto. Destaca también un problema que se tiene para lograr intervenciones en las construcciones existentes: la apropiación de conductas —por parte del usuario—, que promuevan el ahorro de energía y el correcto mantenimiento de las instalaciones.

Casablanca y Toscán (2006) en *Propuesta de mejoras en las condiciones de confort en el Colegio Nacional de Buenos Aires incorporando pautas de acondicionamiento natural y eficiencia energética* sobresaltan la correlación entre el estado del usuario y las condiciones del edificio para intervenir y lograr beneficios de confortabilidad. El proyecto contempla la rehabilitación a partir de 4 problemas presentados: problemas del diseño arquitectónico; problemas derivados de la falta de mantenimiento del edificio y sus instalaciones; problemas relacionados con el (mal) uso de elementos tecnológicos incorporados para mejorar el confort; y problemas que aparecen como producto de las acciones de los ocupantes.

Esteves *et al* (2006) en *Reciclaje solar pasivo de una vivienda en el centro-oeste de Argentina* expone un ahorro considerable (33%) debido al aislamiento térmico en la vivienda además de presentar mediciones *in situ*.

Ganem *et al* (2006) en *Rehabilitación ambiental de la tipología de medio patio* tratan sobre la rehabilitación de la vivienda sobretodo en la envolvente y, además, dan un a estimación de la mitigación de contaminantes (CO₂). Se estudian las condiciones para diferentes espacios de la vivienda (habitaciones, comedor, baños, etc.) y se analizan para verano e invierno; se genera una síntesis de las temperaturas obtenidas y se calcula el PMV (predicted mean vote) que permite conocer el porcentaje de personas en confort en esa temperatura.

Lamberts (2006) muestra una estrategia para la evaluación energética de los edificios brasileños, incluyendo la evaluación de los sistemas de climatización. Esto mediante un modelo matemático que incluye tres factores: envolvente, climatización e iluminación.

Asimismo, Morillón *et al* (2006) presenta en la *Evaluación del potencial y disponibilidad del recurso solar para sistemas de climatización en entornos urbanos de México* el potencial solar en los diversos entornos urbanos que se presenta como factible para el uso de los sistemas pasivos de climatización, como en el caso de los sistemas de descarga de calor en muros en los diversos climas analizados.

Andrade (2007) presenta en el trabajo de tesis *Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de la vivienda de interés social en México: una retrospectiva y prospectiva (2001-2012)* un análisis completo sobre la evaluación térmica de la envolvente arquitectónica para los diferentes bioclima de México considerando los tres tipos de vivienda de interés social. Asimismo, se proyectan los impactos energéticos y ambientales por el comportamiento térmico de ésta.

Cedeño (2007) presenta en *La modernización de las instalaciones en la rehabilitación de viviendas* algunas bases importantes para la rehabilitación en la vivienda como construcción en sí y como parte de un desarrollo urbano. Es decir, expone el impacto que tiene y tendrá la vivienda sobre el entorno urbano.

Figuroa (2007) analiza en *Nuevas herramientas y modelos informáticos en arquitectura bioclimática* esas nuevas tecnologías para analizar, evaluar y mejorar el desempeño ambiental, energético y de recursos de los edificios antes, durante y después de su construcción. Presenta una breve crítica sobre la aplicación de estas herramientas.

Garzón *et al* (2007) propone el mejoramiento térmico de una vivienda aplicando diversas estrategias bioclimáticas exaltando la arquitectura vernácula así como sus materiales constructivos. Por medio de la simulación obtiene recomendaciones de diseño o intervención. El documento sienta las bases para formular pautas y estrategias orientadoras para una producción habitacional con adecuación bioclimática para el contexto; rescatar, reformular y generar el uso de disposiciones arquitectónicas y tecnológicas compatibles con el medio social, económico y cultural; responder a los principios del uso racional de la energía; y promover la necesaria verificación de las propuestas a través de distintos métodos de modo de mejorar condiciones de habitabilidad y, por consiguiente, la calidad de vida de la población en consideración.

De igual modo, Garzón (2008) expone en otra publicación, a través de *Herramientas-soportes para la adecuación bioclimático-energética de escuelas y viviendas rurales de interés social*, un conjunto de propuestas metodológicas y un conjunto de disposiciones arquitectónicas y tecnologías que han posibilitado la satisfacción de ciertas necesidades: a) generación de situaciones de confort y salubridad; b) mejora de condiciones de trabajo; c) cocción, horneado de alimentos y calentamiento de agua eficientes; d) uso no convencional y racional de la energía; e) rescate de los recursos locales, a partir de la integración de las condicionantes del medio: sociales, ambientales sanitarios, funcionales, tecnológicos, educativos, energéticos, etc. de los sectores de escasos recursos en cuestión, para la elevación de su calidad de vida. El objetivo planteado parte de la vivienda rural que, por medio de la rehabilitación, logra convertirse en vivienda rural sustentable.

Internacionales

- ✦ Garzón / *Herramientas-soportes para la adecuación bioclimático-energética de escuelas y viviendas rurales de interés social*
- ✦ Camelo y Gonçalves / *Propuestas de mejoramiento Térmico de la Vivienda social en Portugal*
- ✦ Garzón et al / *Simulación obtiene recomendaciones de diseño o intervención, exaltando la arquitectura vernácula así como sus materiales constructivos*
- ✦ Lamberts / *Modelo matemático que incluye tres factores: envolvente, climatización e iluminación*
- ✦ Ganem et al / *Rehabilitación ambiental de la tipología de medio patio*
- ✦ Esteves et al / *Reciclaje solar pasivo de una vivienda en el centro-oeste de Argentina*
- ✦ Casablanca y Toscán / *Propuesta de mejoras en las condiciones de confort en el Colegio Nacional de Buenos Aires incorporando pautas de acondicionamiento natural y eficiencia energética*
- ✦ Camporeale / *Seguimiento del funcionamiento de la obra para monitorear y verificar los análisis realizados en la etapa de proyecto*
 - ✦ Huenchuñir et al / *Adaptación Térmica de vivienda social en Chile*
 - ✦ Simonson / *Modelo global de ahorro: calefacción, cocción de alimentos, consumo de agua, iluminación, ventilación, etc.*
- ✦ Evans y Schiller / *Arquitectura energéticamente eficiente: 3 proyectos demostrativos en Argentina*
- ✦ Trebilcock et al / *La modelación y simulación energético-ambiental como herramienta de rediseño arquitectónico*
- ✦ Leverato y Licon / *Análisis de consumos*
- ✦ Kabre / *Winshade (software)*

1983

1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009

2011

Nacionales

- ✦ Aguirre Gas / *Vivienda con ganancia solar directa y almacenamiento térmico*
 - ✦ Barrios R. y Morales / *La simulación del desempeño térmico de edificios como elemento de apoyo para su diseño*
 - ✦ Cedeño / *La rehabilitación industrializada de viviendas: un contexto*
 - ✦ Morillón / *Impacto térmico, energético y ambiental de la envolvente arquitectónica vs confort*
 - ✦ Morillón et al / *Modelo para diseño y control solar en edificios*
 - ✦ Carrasco Cota y Morillón / *Arquitectura vernácula: una posible solución al problema térmico de la vivienda actual*
 - ✦ Morillón et al / *Evaluación del potencial y disponibilidad del recurso solar para sistemas de climatización en entornos urbanos de México*
 - ✦ Andrade / *Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de la vivienda de interés social en México: una retrospectiva y prospectiva (2001-2012)*
 - ✦ Cedeño / *La modernización de las instalaciones en la rehabilitación de viviendas*
 - ✦ Figueroa / *Nuevas herramientas y modelos informáticos en arquitectura bioclimática*
 - ✦ Morillón / *Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable*

tabla 2. Iniciativas de intervención en la vivienda (cronología)

Camelo y Gonçalves (2008) en *Propuestas de mejoramiento Térmico de la Vivienda social en Portugal* analizan e intervienen una vivienda de los años 60. Proponen promover la legislación en los elementos de la envolvente para el control térmico de la vivienda así como incorporar sistemas de uso de energía solar para calentamiento de agua y sistemas de calefacción/refrigeración eficientes. Por último, presentan un análisis de costos (inversión) debido a la rehabilitación de la vivienda. Se promueve la certificación energética.

Morillón (2008) presenta las *Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable* donde se exponen antecedentes, bases y acciones, para implementar un proyecto para impulsar sistema de financiamiento que, además de diseño bioclimático, contemplen aprovechamiento de energías renovables y ahorro de agua, y que pueda integrarse en los desarrollos de constructoras de vivienda en México.

En general, la investigación dirigida exclusivamente a la rehabilitación ha sido escasa comparada con lo desarrollado en diseño y arquitectura bioclimática de nuevas construcciones. Sin embargo, la rehabilitación avanza de manera conjunta con el desarrollo bioclimático y puede involucrarse a través de herramientas y modelos de estudio que apuntan a la eficiencia energética de las viviendas, pues la mayoría de las viviendas existentes son susceptibles de modificaciones para mejorar su consumo energético y su estado de confort.

Sistemas pasivos usados en la vivienda mexicana

El estudio sobre el *diseño bioclimático en México* existe desde los años sesenta.³¹ Desde entonces se han desarrollado estudios sobre arquitectura, diseño y urbanismo, analizando materiales, disposiciones, tecnologías e impactos de la construcción, es decir, se han estudiado y aplicado de sistemas de control solar, como los aleros y los partesoles, para las ventanas, y se ha determinado la importancia que éstas tienen respecto a la ganancia de calor que proporcionan y al logro de las condiciones de confort interior, de acuerdo con los requerimientos de climatización. Sin embargo, la propuesta ha sido dirigida principalmente a las nuevas construcciones, y en algunos casos, a modificaciones mínimas sobre la vivienda existente.

A continuación se presenta una síntesis de las diversas estrategias que han sido estudiadas o analizadas en México. Este compendio es presentado en el informe para CONACYT del fondo de sustentabilidad energética intitulado *Sistemas constructivos en las viviendas de México, diagnóstico y oportunidad de ahorro de energía mediante el uso de diversos sistemas pasivos en las distintas regiones climáticas del país*³².

Cabe señalar que los estudios aquí referidos, son de elementos aislados y no fueron concebidos para rehabilitación de vivienda necesariamente. Más adelante serán acotados dichos elementos a los propuestos tanto por los programas oficiales, normas y propuestas de intervención.

³¹ Morillón, David. *Atlas del bioclima de México*. Series de Investigación y Desarrollo. UNAM. México, 2004. y Morillón D y Rodríguez M, *30 Años, Evolución y Desarrollo de la Arquitectura Bioclimática en México*, Ed. ANES, México, 2006.

³² Morillón, David. *Sistemas constructivos en las viviendas de México, diagnóstico y oportunidad de ahorro de energía mediante el uso de diversos sistemas pasivos en las distintas regiones climáticas del país*. CONACYT. México. 2010.

Estrategia	Sistema	Clima				
		Templado	Arido	Trópico Húmedo	Trópico Seco	
Control Térmico	Enfriamiento	Postigos		■		
		Patio Central				
		Volumetría	■	■	■	■
		Masa térmica en muros (30, 40, 50, 80, 120 cm)		■	■	
		Masa térmica en losas		■		
		Techos de dos, tres y cuatro aguas	■	■	■	■
		Color reflejante en el acabado de techos		■		
		Tijerales				
		Plafón		■	■	
		Losa ventilada		■		
		Juego de volumetría				
		Vegetación	■	■		
		Muro ciego (escases de abertura al oeste)	■	■		
		Pórticos	■	■	■	
		Muros bajos en orientaciones este y oeste, combinados con vegetación				
		Desarrollo de la vivienda norte-sur				
		Techos inclinados en dirección este-oeste		■		
		Vestíbulos				
		Ventilación natural inducida	■			
		Ventilación cruzada	■			
	Ventilación unilateral	■				
	Alturas dobles					
	Vanos remetidos					
	Calentamiento	Patio interior				
		Invernadero seco	■			
		Alturas mínimas de piso a techo				
		Aberturas en fachada, rango SE-SW	■			
		Balcones				
		Ubicación de las ventanas al norte, al sur y al este, menor superficie de aberturas al oeste	■	■		
		Chimenea solar	■			
		Falso plafón, espacio de amortiguamiento térmico	■			
		Utilización de obstáculos físicos y árboles	■			
Tapanco						
Zaguán						
Fuentes		■				

Estrategia	Sistema	Clima			
		Templado	Arido	Trópico Húmedo	Trópico Seco
	Patio cerrado				
	Patio central con vegetación				
	Cubiertas planas				
	Muros exteriores de interiores de piedra con espesor de 64 cm, encalados en blanco	■			
Control Humidificación	Humidificación				
	Vegetación		■		■
	Fuentes	■			
Control Solar	Uso de mosquitero				
	Control	Vegetación		■	
		Ubicación de las ventanas al norte, al sur y al este, menor superficie de aberturas al oeste		■	
		Muros bajos en orientaciones este y oeste, combinados con vegetación		■	
	Captación	Tragaluces	■		
		Domos			
	Protección	Portal			
		Aleros		■	
		Terraza frontal			
		Parteluces	■		

tabla 3. Sistemas Pasivos de Climatización para el estudio [Fuente: *Sistemas constructivos en las viviendas de México, diagnóstico y oportunidad de ahorro de energía mediante el uso de diversos sistemas pasivos en las distintas regiones climáticas del país.* David Morillón]

II. La vivienda en México

El concepto de vivienda

La vivienda, entendida como máquina para vivir (o habitar) se refiere a la edificación cuya principal función es ofrecer refugio y habitación a las personas, protegiéndoles de las inclemencias climáticas y de otras amenazas naturales.

La vivienda es, como refiere Gerardo Valente «el lugar adecuado para que los integrantes del grupo familiar puedan disponer de las comodidades necesarias para vivir, pues no sólo ha buscado el hombre el recinto dentro del cual debe desarrollar su vida íntima, sino también atender a las exigencias de la vida de relación, a la seguridad, a las necesidades de tipo estético en cuanto concierne a la belleza, armonía de líneas, al aprovechamiento de la luz y los espacios verdes de acuerdo con la concepción de los urbanistas y diseñadores modernos.»³³

El hábitat humano y por humano social, significa una doble proyección cultural. Individualmente, el hombre prolonga su elaboración en las cosas que adapta, que usa, que crea. Y así, su vivienda es mucho más que el reparo, el techo, el resguardo contra las inclemencias del clima, la geografía, las estaciones, la temperatura, la noche y el bochorno de los días. Es un objeto superorgánico de cultura subjetiva. Cada uno de nosotros proyectamos nuestra personalidad en la casa, sus objetos, su decoración (consciente o inconscientemente).

El alojamiento de la familia se encuentra íntimamente ligado a una serie de cuestiones que atañen a su salud moral y física, así como a detalles de comodidad y confort; por ello, no se exagera cuando se afirma que el problema de la vivienda, en su faz integral, incluye aspectos fundamentales de carácter social. (Por ejemplo, se tiene que para el estudio del confort se miden tanto las variables climáticas como el estrés y la comodidad visual). Y de allí, la integración que se requiere de diversas ramas del conocimiento, como se mencionó con antelación, para conjuntar la obra de la vivienda.

Existen dos principales tipos de vivienda por sus *técnicas de construcción*. En primer lugar se tiene a la vivienda tradicional que es aquella que se va levantando según las condiciones del terreno, adecuando los espacios y modificando elementos según aparezca la necesidad; en consecuencia, esta vivienda tiende a la construcción vernácula –aunque se mencionó como un período de la arquitectura, no se limita a un estado del tiempo sino que representa la arquitectura del lugar, que es uno de los tantos nombres que recibe. El otro tipo existente se refiere a la vivienda industrializada, es decir, aquella que se concibe y elabora, prácticamente en su totalidad, en la fábrica. Sea cual sea el método de construcción, la vivienda parte con el objetivo de brindar techo a mayor número de personas. Sin embargo, y es donde surge el problema principal de la vivienda industrializada, resulta muchas veces preponderante ofrecer el concepto de vivienda ponderando el factor del tiempo, teniendo como consecuencia un diseño ineficiente. Normalmente, esta omisión se origina por motivos políticos pero, como se detallará más adelante, algunas decisiones tienen mayores repercusiones negativas por la demanda energética que no fue considerada en el diseño primario, lo que trae, como parte de un ciclo, otros problemas políticos.

La vivienda representa más que una tipología arquitectónica, puesto que en el desarrollo de la familia y de la sociedad en general, representa más de 15% de la inversión mundial. Por supuesto, se entiende que el diseño de una vivienda, por si misma, no representa un factor en el uso de energía nacional o global, pero, como conjunto, representa un factor importante y,

³³ *La vivienda en el mundo*; Carmelo Gerardo Valente; Editorial Universitaria de Buenos Aires; Argentina, 1972.

naturalmente, su modificación representa ya un porcentaje de esa inversión. Asimismo, es un elemento fundamental que caracteriza la calidad de vida, la accesibilidad, el entorno ambiental y el carácter único de una comunidad, contribuyendo a dar sentido al lugar. La forma en que las casas son diseñadas y construidas, el conjunto planeado y edificado y las áreas verdes y espacios abiertos localizados y conservados, son factores que determinan entre otros, si una comunidad es sustentable ambientalmente.

Una *vivienda sustentable* hace uso eficiente de la infraestructura existente, de la energía, el agua, los materiales y el suelo. Ello, no solo para ahorrar recursos financieros, sino también para salvaguardar la salud, hacer una casa más confortable y proteger el medio ambiente y los recursos naturales. La producción de vivienda utiliza el recurso energético para fabricar los materiales, para transportarlos y para el proceso mismo de edificación. Adicionalmente, la electricidad es el tipo de energía que más se relaciona con el consumo energético en la vivienda, debido al uso de los electrodomésticos y a los equipos de iluminación y climatización.

Condiciones de abastecimiento energético en las viviendas del país

Se tiene un documento sumamente útil que sintetiza las condiciones de la vivienda en México: *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda* publicado por la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. A continuación se presentan algunos datos relevantes, considerando que el mencionado documento servirá de apoyo fundamental en el desarrollo de este trabajo.

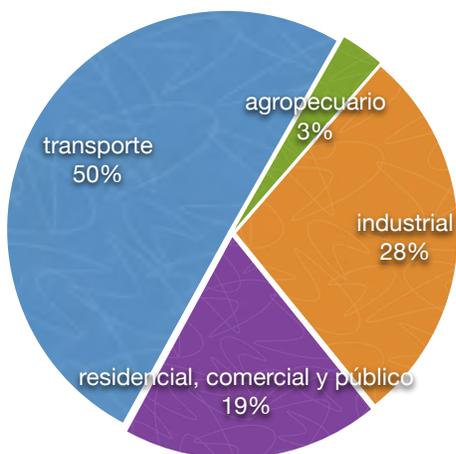


fig 3. Consumo Energético en México por sector [Fuente: Guía]

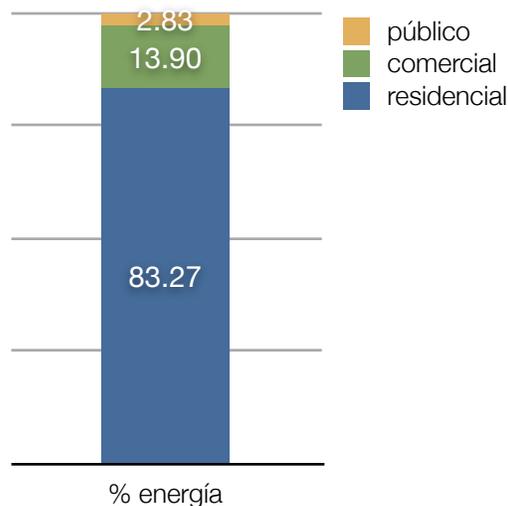


fig 4. Consumo de Energía del Sector residencial, comercial y público [Fuente: Guía]

Del consumo total de energía en el país³⁴, el sector residencial, comercial y público ocupan el tercer lugar con 19%, por debajo del transporte y de la industria. Ahora, dentro de ese 19%, el 83% se destina a la vivienda.

³⁴ Balance Nacional de Energía 2008. SENER. México

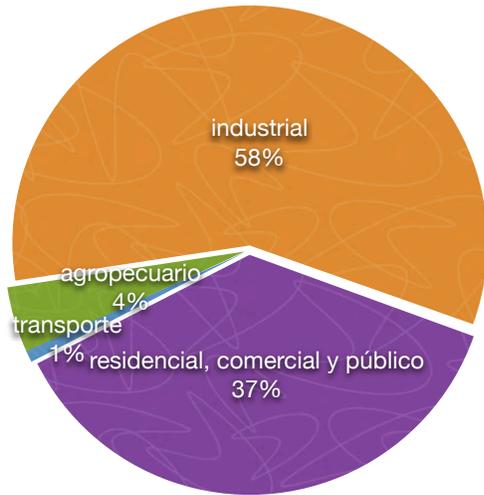


fig 5. Consumo Eléctrico en México por sector [Fuente: Guía]

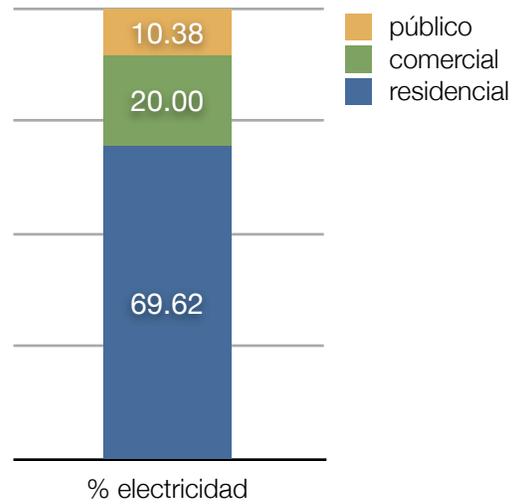


fig 6. Consumo de Electricidad del Sector Residencial, comercial y público [Fuente: Guía]

Sin embargo, en consumo eléctrico el mismo sector ocupa el segundo lugar con 37% –respecto al año de evaluación en que fue elaborada la guía–, por debajo del industrial; de ahí, son dos terceras partes las destinadas a vivienda.

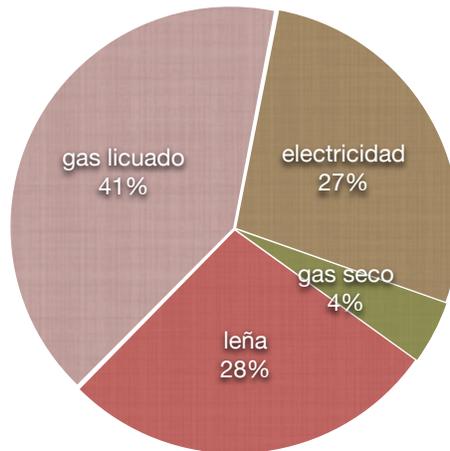


fig 7. Energéticos Utilizados en el Sector Residencial (Vivienda), comercial y público [Fuente: Guía]

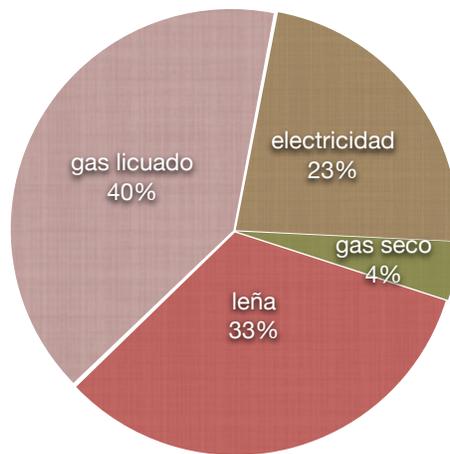


fig 8. Energéticos Utilizados en el Sector Residencial (Vivienda) [Fuente: Guía]

Los energéticos que se utilizan en el sector son gas licuado, gas seco, leña y electricidad. El uso de leña representa una aproximación debido a que no puede cuantificarse de la misma forma que los otros energéticos.

«En la vivienda, la energía es utilizada principalmente para calefacción (agua y cocción de alimentos), iluminación, refrigeración y diversas formas de entretenimiento. Se aprecia que el mayor uso de energía es para la cocción de alimentos, seguido por el calentamiento de agua y el rubro de iluminación. La climatización y los electrodomésticos en general ocupan, en el promedio nacional, el tercer lugar.

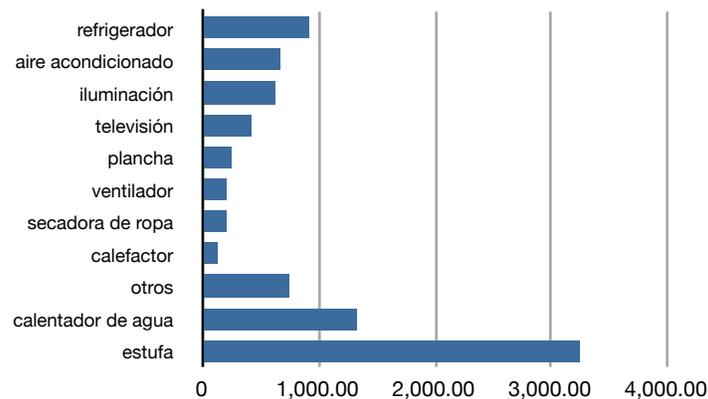


fig 9. Uso de energía en la vivienda en México kWh (total de usos finales) [Fuente: Balance Nacional de Energía 2008]

«Ante la falta de información oficial y con base en entrevistas a los desarrolladores de vivienda y experiencia de los investigadores, se asume que en el norte y el sureste, el uso de aire acondicionado es muy alto y rebasa a los demás equipos.»³⁵

El consumo de energía está relacionado con el equipamiento de aparatos electrodomésticos en la vivienda. En dichos datos se muestra al refrigerador como el equipo con mayor consumo de energía en la vivienda, seguido del aire acondicionado, aunque, como se mencionó, varía de acuerdo a la región del país, luego vienen los aparatos de iluminación, televisión, plancha, ventilador, secadora de ropa, calefactor, computadora, radios o minicomponentes, y otros aparatos de bajo consumo –algunos sí figuran en las tablas de consumo que emite la CFE.

³⁵ Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda. Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. 2006.

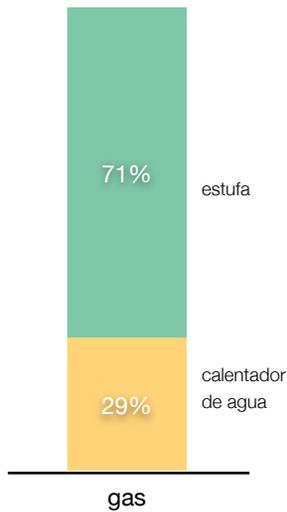
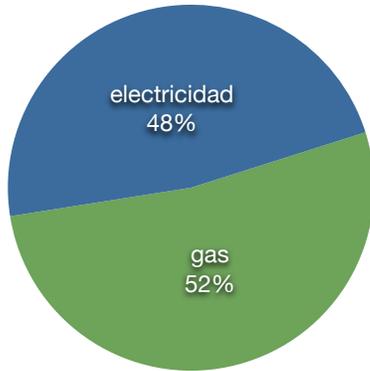
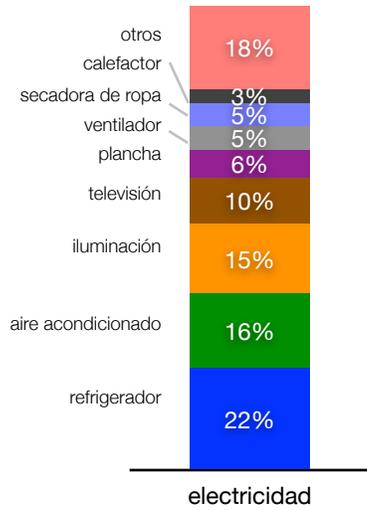


fig 10. Desglose en consumo actual de energía doméstica [fuente: CFE, ENIGH 2006, análisis CONUEE]

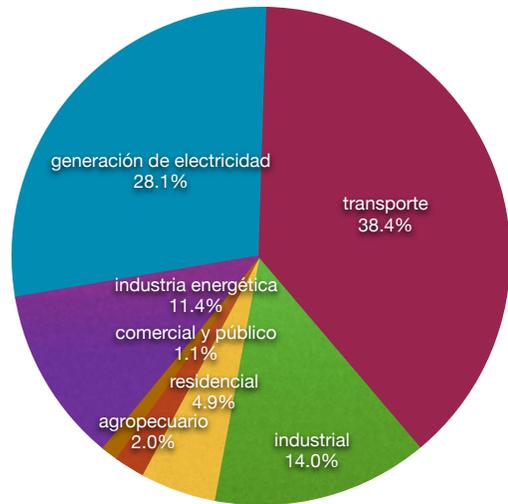


fig 11. Estructura de las emisiones de CO2 del sector energético [fuente: Balance Nacional de Energía 2009]

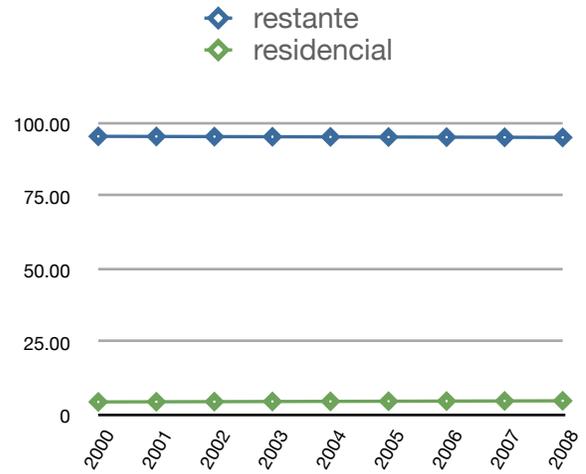


fig 12. Cambios porcentuales en las emisiones de CO2 del sector residencial [fuente: Balance Nacional de Energía 2008]

Influencia de la vivienda en las condiciones ambientales

«Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la vivienda se originan en actividades y servicios domésticos como el consumo de electricidad en iluminación y electrodomésticos (emisiones de CO2 indirectas) y calentamiento de agua para aseo personal y cocción de alimentos.»³⁶ Tales emisiones de CO2 se distribuyen de la manera como se muestra en la gráfica siguiente.

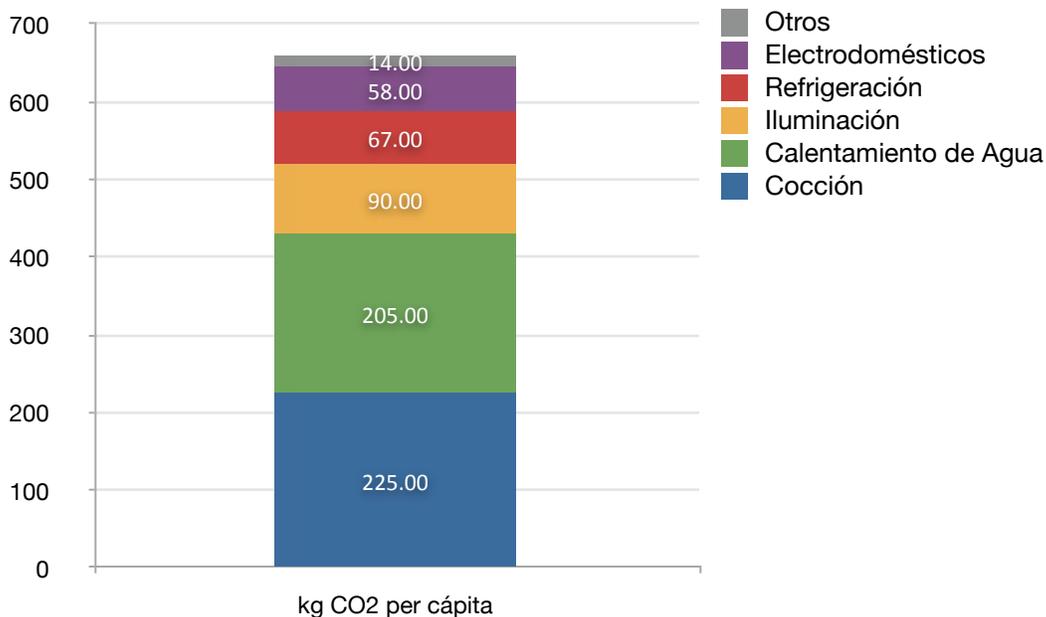


fig 13. Emisiones de CO2 en el sector vivienda [Fuente: Estimaciones de ENTE, S.C.]

«Hasta ahora, y salvo la excepción de algunos proyectos aislados, los contenidos tecnológicos de la vivienda de interés social en México corresponden a opciones convencionales seleccionadas por su costo relativamente bajo y su amplia disponibilidad en el mercado. En consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de agua en la vivienda tienden a alcanzar niveles significativamente más elevados que aquellos que podrían obtenerse con tecnologías de mayor eficiencia.»³⁷

La influencia que tiene el sector residencial respecto a las emisiones nacionales no son las de mayor influencia, sin embargo representan un campo que debe ser considerado para los planes de mejoramiento y apoyo a la mitigación de contaminantes, como ya ha sido mencionado. Sobretudo porque representa un area de oportunidad que no ha sido atacada, tal y como se muestra en las figuras 11 y 12.

Condiciones actuales en la envolvente de la vivienda tipo

Desde luego, por parte de los desarrolladores de electrodoméstico se han logrado cambios positivos en el uso eficiente de electricidad. Lo que conlleva a una disminución total del consumo en el país, sin embargo, algunos cambios en estas tecnologías sólo tienen repercusión en una minoría de los hogares urbanos.

³⁶ Programa Específico para el Desarrollo Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático (2008). CONAVI. 1a Edición. México.

³⁷ Idem

En general, se tiene que «en México existen más de 26 millones de viviendas, que se caracterizan por una alta heterogeneidad geográfica y socioeconómica. En ellas, el potencial de crecimiento en el uso de enseres domésticos es muy alto. Además, el incremento demográfico y la creciente urbanización del país son responsables de importantes impactos ambientales, tanto por el consumo energético directo en la vivienda, como por su contribución a la demanda de electricidad e hidrocarburos. Todos estos elementos convierten a la vivienda en un elemento clave para la planeación energética del país.

De modo general, un comportamiento sobre los consumos en el país pueden mostrar claramente que los mayores consumos ocurren en el norte de la República, esto s debe, como ya ha sido mencionado, a las necesidades en el consumo de aire acondicionado y climatización en la temporada de calor.

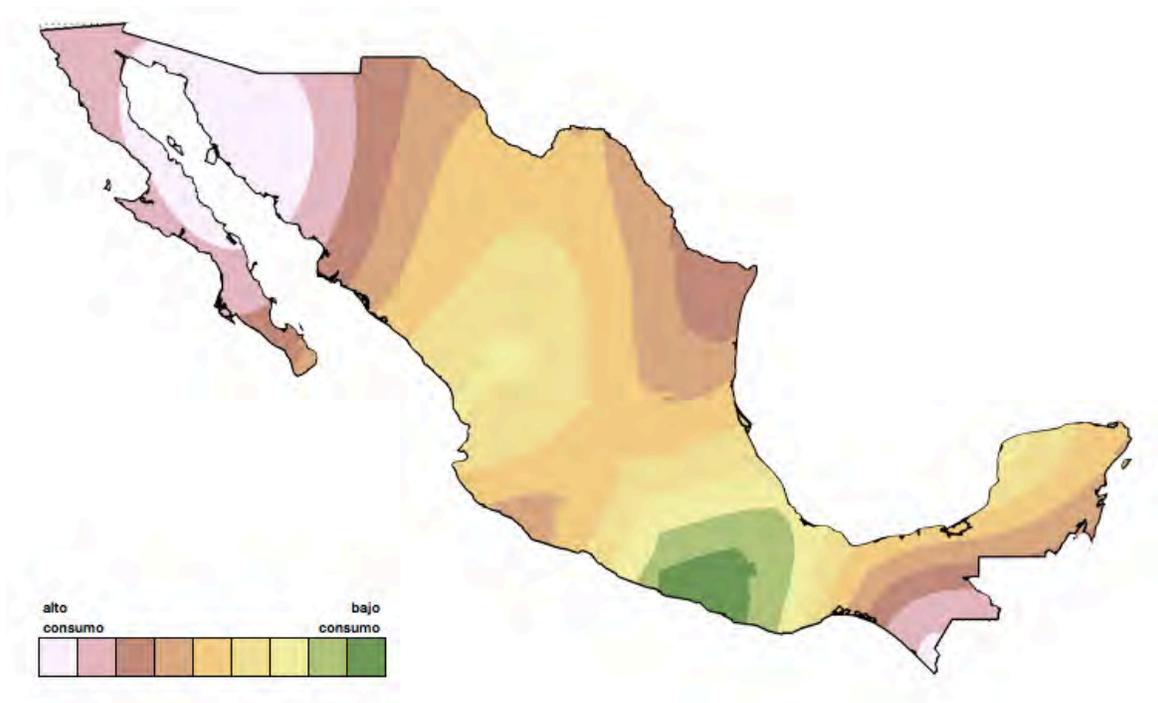
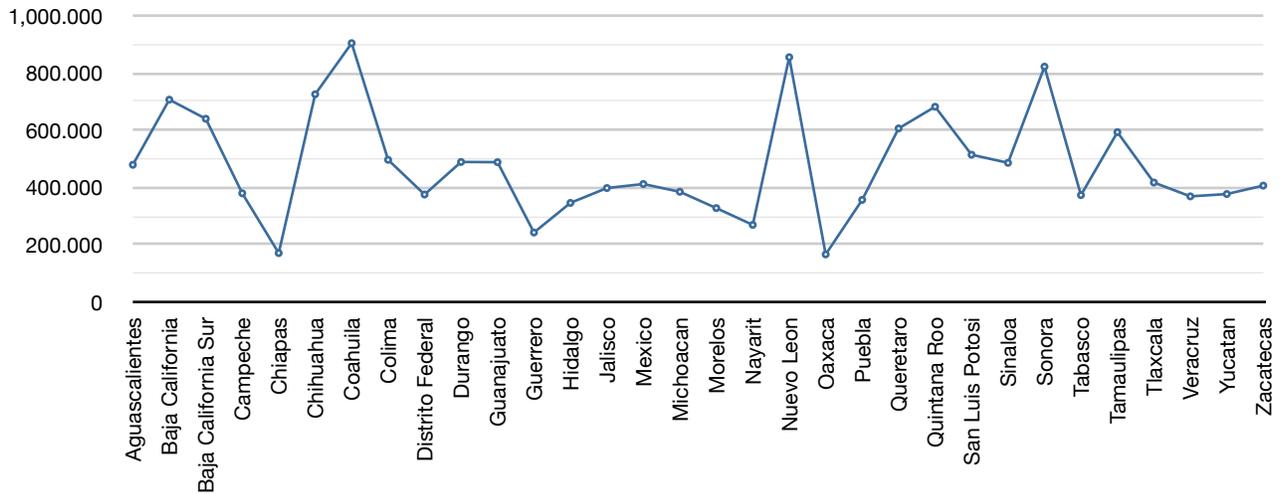


fig 14. Promedio de consumos KWh-mensual [fuente: CFE, ENIGH 2008, INEGI]

»En el sistema eléctrico, por ejemplo, el consumo del sector relacionado con la vivienda es el principal componente de la demanda máxima coincidente y su crecimiento ha sido mayor que el de otros sectores. La demanda de vivienda es, por estos motivos, responsable en buena medida de la necesidad de construir nuevas plantas para la generación de electricidad, lo que implica inversiones de miles de millones de dólares e involucra importantes impactos ambientales, tales como la contribución al cambio climático global por emisión de gases de invernadero, lluvia ácida por emisión de óxidos de azufre, pérdida de diversidad ecológica por la inundación de áreas considerables, entre otros efectos.

»En el sector rural, la leña representa cerca de 70% del consumo de las viviendas y es la principal fuente de energía para aproximadamente 19 millones de mexicanos. La sustitución de leña por combustibles modernos no es sencilla, debido a que, en buena parte de las localidades rurales, el acceso al gas LP es muy difícil, el costo de inversión en las estufas es elevado y, además, las estufas convencionales son inadecuadas para la cocción tradicional rural.

»El creciente agotamiento de los bosques implica que, de no tomarse acciones para el uso más eficiente de la leña o facilitar su sustitución, este consumo contribuirá a una mayor degradación de los recursos forestales, y esto tendrá un impacto negativo en la calidad de vida de los habitantes de regiones enteras del país.»³⁸

Resulta pues, que la vivienda representa un sector importante que puede ser atacado para modificar la demanda de energéticos a nivel nacional. Entendiendo que las modificaciones se ejecutan tanto en la legislación como en la tecnología *en si* de los componentes de la vivienda. (Por ejemplo, hace diez años la televisión era de los electrodomésticos con mayor consumo de electricidad, sin embargo, gracias a los cambios en la tecnología, ésta ha disminuido su consumo y ya no se encuentra en el primer lugar.)

Hoy en día, más de 40% de la producción habitacional del país sigue teniendo como actor principal al poblador como autoproducer de su vivienda. La forma en que el productor produce y usa al mismo tiempo su vivienda nos conduce a una concepción de ésta completamente diferente de la tradicional, misma que se lleva a cabo en los medios profesionales e institucionales.

«Los conceptos medulares encerrados en el diseño habitacional, sus dimensiones, relación y ordenación de componentes espaciales, al igual que todo un sinnúmero de elementos y actividades están referidos –en forma implícita al menos- a los señalamientos y determinaciones fijados en normas y prototipos. (...) De acuerdo con lo anterior, un proyecto que se aleje en cierto grado, de los aspectos paradigmáticos que dictan la normatividad o el cuadro básico de prototipos, corre el riesgo de ser rechazado.»³⁹ De ahí que es vital modificar el entendimiento de la vivienda y de la confortabilidad, ofreciendo las opciones y los beneficios que pueden surgir en el diseño de las viviendas en el país.

Consideraciones del diseño bioclimático

La arquitectura o diseño bioclimático consiste en la acción de proyectar o construir considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la construcción, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente y propicie las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico del ser humano en interiores. El diseño bioclimático, como fue señalado por E. Neira «se refiere a un proceso de diseño que se desarrolle con la naturaleza y no contra o al margen de ella.»

³⁸ Ibidem

³⁹ Bolis, Guillermo (1991). *Diseño y vivienda pública en México*. UAM-X. México.

La arquitectura bioclimática no trata de promover un tipo más de diseño, intenta sentar las bases para que haya una toma de conciencia y un cambio de actitud respecto a la práctica proyectual, al medio ambiente y al uso de la energía. Este cambio consiste en brindar herramientas para que el diseñador y el constructor consideren la interacción entre energía, ambiente y construcción, a fin de que ésta regule los intercambios de calor con el ambiente y propicie las condiciones de comodidad o confort que requiere el ser humano. En la actualidad, existe un nicho de mercado sólido que tiene como objetivo satisfacer las condiciones de confort en una edificación (casa, oficina, escuela, etc.). Sin embargo, se recurre preferentemente al uso de tecnologías diversas para cumplir con este requisito prescindiendo del consumo energético. Es decir, con tal de lograr un ambiente en particular, se compran recursos cuando podrían disponerse libremente. Como consecuencia, la aplicación de estos sistemas deviene en una contaminación visual y en un rompimiento con la imagen del lugar. El diseño bioclimático incorpora las variables del entorno para disponer al máximo de los recursos naturales y ofrecer un estado confortable con un consecuente ahorro de energía. Asimismo, el diseño bioclimático genera un valor agregado como consecuencia de ese ahorro y de la integración con el ambiente natural y urbano.

Cabe señalar que una condición confortable provoca una mejor adecuación de sus habitantes, por ejemplo: reduce el estrés, reduce el cansancio visual, aumenta la atención. Esto influye directamente en las actividades exhibiendo una optimización en el factor costo/beneficio.

En virtud de que existe una estrecha interrelación entre el clima de una localidad y la arquitectura que la tradición popular a forjado allí, la arquitectura bioclimática no debe ser presentada como un movimiento o una de las muchas modas que animan el contexto cultural de la arquitectura. Para Gonzalo Villa Chávez, «la buena arquitectura siempre ha sido y debe de ser bioclimática, y una arquitectura no bioclimática carece de calidad.» Es decir, la buena arquitectura siempre ha propiciado las condiciones internas de confort, suficientes para permitir el desarrollo óptimo de las actividades humanas, si no es así, no debe considerarse como buena arquitectura.

Los aspectos bioclimáticos que determinan la comodidad térmica en un edificio pueden englobarse en tres grupos.

1. Las condiciones ambientales que incluyen: la temperatura del aire (bulbo seco), humedad del aire (o bien, temperatura de bulbo húmedo del aire), velocidad del aire, radiación solar, radiación infrarroja procedente de cuerpos y objetos vecinos. Estos parámetros se pueden modificar en la interacción de la edificación con el ambiente, de tal forma que las condiciones del interior (microclima) deben ser agradables (o en el peor de los casos, menos agresivas) al cuerpo humano, que las condiciones ambientales exteriores al edificio. Estos factores son los que se modulan en una construcción pasiva.
2. El vestido con el que se cubren los ocupantes y las variables que determinan el metabolismo, como son: edad, peso, complexión, actividad, etc.
3. Los materiales, las orientaciones, la forma, entre otros aspectos de la envolvente arquitectónica.

La arquitectura bioclimática debe responder a los siguientes objetivos fundamentales⁴⁰:

- Crear espacios habitables que cumplan con una finalidad funcional y expresiva que sean física y psicológicamente saludables y confortables para propiciar el óptimo desarrollo del hombre y de sus actividades.
- Hacer un uso eficiente de la energía y los recursos; tendiendo hacia la autosuficiencia de las edificaciones
- Preservar y mejorar el medio ambiente, integrando al hombre a un ecosistema equilibrado a través de los espacios.

Este diseño, en términos generales, pertenece a un conjunto de técnicas solares pasivas, y lo que se pretende en definitiva con estas, es la consecución de edificios en los que, sin menoscabo de su calidad arquitectónica, el resultado final considere

⁴⁰ Asociación Nacional de Energía Solar, A.C. - Apuntes de Arquitectura Bioclimática (publicación [www](http://www.ansolar.com))

también aspectos energéticos, de manera que se minimicen las necesidades de consumo de energía, sin disminuir el confort térmico de los usuarios, para lo cual se consideran además técnicas arquitectónicas, aspectos como clima, ubicación y entorno.⁴¹

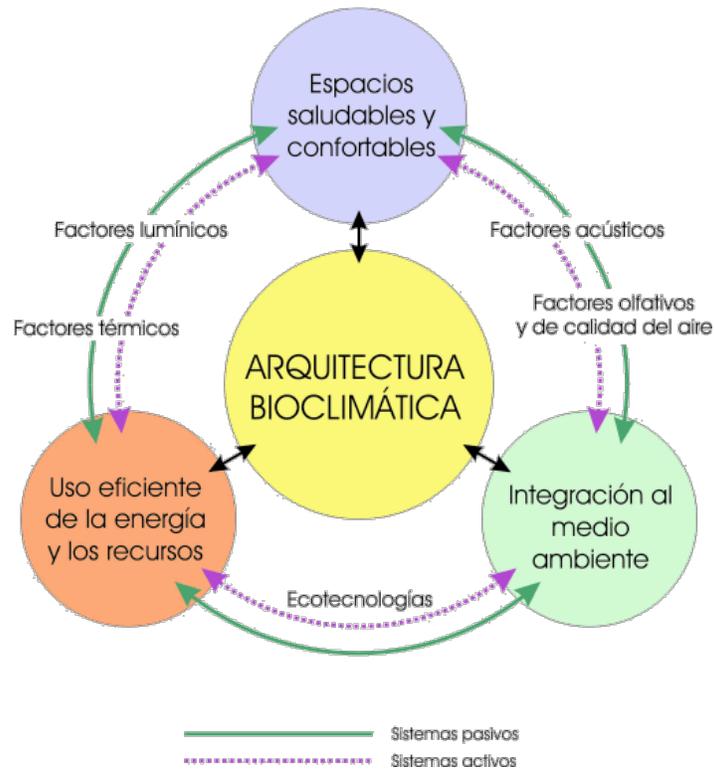


fig 15. Arquitectura bioclimática [Fuente: ANES, www.anes.org]

Los sistemas pasivos son aquellos en los que la energía fluye de forma natural: conducción, convección y radiación sin requerir dispositivos mecánicos o electromecánicos, que para activar y operar el sistema consuman combustibles fósiles o convencionales. Las técnicas pasivas se apoyan en el aprovechamiento de las condiciones naturales climáticas así como en física de la arquitectura para acondicionar el espacio interior de los edificios, prescindiendo, o con el mínimo empleo, de sistemas mecánicos. Pueden dividirse en dos grandes grupos: calentamiento pasivo y enfriamiento pasivo.

Por consiguiente, las características más importantes son las siguientes:

- ✦ Usan energía solar directa o indirectamente
- ✦ Prescinden totalmente de fuentes convencionales de energía no renovables
- ✦ Ayudan a la conservación de energéticos no renovables
- ✦ Combinan captación y almacenamiento de energía solar y la transforman térmica
- ✦ Son simples y de bajo costo
- ✦ Se amortizan a corto plazo
- ✦ Requieren poca energía renovable en su construcción y mantenimiento

⁴¹ *Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático*; CIEMAT; España, 1989.

La necesidad primaria que deben cubrir los edificios es la de protección del ambiente exterior y la de albergar a las actividades humanas. Las viviendas y otros edificios en general brindan refugio y protegen del medio-ambiente exterior, de modo que las actividades tanto domésticas como públicas puedan desarrollarse con seguridad y confort térmico, acústico y visual.

Tanto la envolvente como los elementos interiores del edificio influyen sobre las diferencias entre el clima que se genera en el interior y el clima exterior. Entre ambos se producen numerosos fenómenos de intercambio de flujos energéticos que definen el comportamiento térmico, y ambiental en general, del mismo. Cada uno de los elementos arquitectónicos causa un filtrado del clima exterior hacia el interior de los edificios, que se traduce en una respuesta térmica global de todo el edificio a esas causas, determinando efectos sobre un clima interior distinto. Esta conversión climática que efectúa el edificio depende de parámetros tanto del clima como del propio edificio.

La acción combinada y simultánea de todas las variables climáticas, y no de cada una por separado, es la que causa una determinada *respuesta térmica* en el edificio. Es muy importante conocer la envoltura y la estructura de un edificio inmerso en un clima dado, para poder determinar su respuesta térmica. Numerosos factores arquitectónicos, desde la forma, orientación, inclinación de los muros y tamaño y ubicación de aperturas, hasta las superficies y materiales constituyentes de su piel y estructura, con sus combinaciones posibles, condicionan su comportamiento, que es el de actuar como intermediario con el clima exterior. Ahora, sumando el efecto combinado y simultáneo de estas numerosas variables tanto naturales como arquitectónicas, se producen flujos energéticos que en todo instante están saliendo y entrando del edificio, estableciéndose también a cada instante un balance térmico global entre la energía o calor que entra, el que sale y el almacenamiento. Los diversos parámetros que intervienen en esta combinación espacial y temporal de causas térmicas aportan continuamente ganancias y pérdidas tanto directas como diferidas, y es precisamente el juego constante entre ambas a lo largo del tiempo, y más específicamente, el modo de dosificar adecuadamente estas ganancias, la base conceptual de la climatización natural en edificios.

Según como se aprovecha el calor, se pueden definir tres aportes: directos, indirectos e independientes.

- ◆ Los aportes directos se dan cuando la luz del sol se capta en los espacios habitables. La radiación solar entra en una habitación directamente a través de grandes superficies de cristal orientadas al recorrido solar. La aportación directa tiene la ventaja de permitir el calentamiento directo del espacio mientras luce el sol, así como la de proporcionar una luz natural abundante y vistas al exterior.
- ◆ Los aportes indirectos se presentan cuando la radiación solar es interceptada por un elemento absorbedor y almacenador, que separa el cristal de la zona habitable. Existen diversos elementos que pueden transmitir el calor, puede calentarse el aire, según la configuración del muro y los elementos adyacentes y así llevar el aire caliente hacia otro espacio; también es posible que el muro se cargue de calor para luego cederlo al interior con un retardo determinado.
- ◆ Los aportes independientes se dan cuando la captación se da en un espacio independiente, acristalado e intermedio para la incidencia del sol. El calor se distribuye hacia toda la vivienda o al espacio requerido.

Como complemento de los sistemas de captación, están los sistemas de refrigeración pasiva, que está en función de los esquemas básicos de inducción y ventilación natural. El calor se puede rechazar a base de proyectar sombra sobre las superficies de captación solar, mediante aleros ventilados, toldos, parasoles y vegetación.

Los principios básicos de conservación de energía para una vivienda son la forma y la orientación del edificio, así como la distribución de los espacios interiores. La forma del edificio afecta a la relación entre pérdidas de calor y ganancias solares, y el objetivo que debe perseguirse es mantener una baja relación de la superficie exterior de piel con el volumen interior, construyendo una vivienda compacta que no debe desparramarse por el terreno. La distribución de zonas habitables debe

favorecer la función conservadora de energía de la vivienda, mientras que esto no perjudique a las ventajas directas de los aportes solares y la circulación natural.

Cada uno de estos elementos puede ser complementado con ayuda de elementos activos. Por ejemplo: radiador, humidificador, ventilador, extractor, etc. Cuando los elementos activos se sobreutilizan o se ponderan por delante de los elementos pasivos, se gesta un problema grave en la edificación. De ahí que «actualmente, la idea más extendida es que cualquier edificio que se proyecte podrá resolver más tarde sus problemas de confortabilidad mediante sistemas artificiales de control ambiental. Lo que nos permite ignorar las características del clima y del lugar donde se ubica.»⁴²

Los cálculos de la eficiencia energética de estos sistemas se basan generalmente en un balance térmico, cuyos datos son las variables exteriores (radiación solar, temperatura) y las características geométricas y físicas de los materiales intervinientes en el sistema. En la mayoría de los casos, las estimaciones se efectúan en régimen estacionario.

Además, los sistemas o diseños arquitectónicos pueden evaluarse para incidencia solar y transmitancia directa, indirecta o aislada; ocurre lo mismo para enfriamiento. Y es así como pueden obtenerse análisis térmicos, energéticos y ambientales.

Sobre la rehabilitación de viviendas

Rehabilitar. tr. Hacer que una persona o una cosa recupere sus funciones o capacidades normales.⁴³

La rehabilitación consiste en añadir un sistema solar de calefacción o refrigeración a una vivienda ya existente que antes disponía de sistemas convencionales. En particular, esto se refiere al cambio de tecnologías en la envolvente ya sea como sistemas constructivos o en los materiales que la constituyen. Por ello, el alcance en la intervención de la vivienda se dirige, en primer lugar, a la evaluación del comportamiento térmico por efecto de los materiales y por la configuración de la envolvente, y en segundo lugar, a la influencia de los electrodomésticos; entendiéndose que un electrodoméstico que influye significativamente en las condiciones térmicas de la vivienda es el aire acondicionado, sin embargo esta tecnología es empleada únicamente en los climas cálidos del norte de México –tema que será abordado más adelante.

Ya que las viviendas han sido diseñadas prescindiendo de un acertado y exhaustivo estudio del clima del lugar, es posible brindar una opción para beneficiarse de los ahorros y de la modificación de los espacios que trae consigo el diseño bioclimático mediante la rehabilitación. Por supuesto, ésta supone no sólo cambios en la notoriedad arquitectónica o en la materialización técnica, sino que, además, propone cambios en el entendimiento (idea) que se tiene sobre la vivienda. Pues es gracias a esto último que la rehabilitación puede representar un aporte a largo plazo importante.

La rehabilitación puede ser entendida, a veces por meros regionalismos, como el reciclaje del diseño tanto en su forma como en su función. Sus objetivos corresponden al diseño bioclimático:

- Obtener condiciones adecuadas de confort térmico con el menor consumo de energía eléctrica
- Aplicación de dispositivos arquitectónicos pasivos para controlar los factores climáticos y ambientales que inciden sobre las condiciones de confort térmico
- Uso de materiales y sistemas constructivos que contribuyan al mejor desempeño energético de la vivienda corregionales.

⁴² Ibidem

⁴³ *Diccionario del español de México*. El Colegio de México. 2010.

El problema a atacar surge porque, en la actualidad, se tienen espacios con alta demanda energética para satisfacer las condiciones de confort, es decir, hay una saturación de elementos activos que intentan controlar las condiciones del lugar prescindiendo de lo hasta ya explicado referente a los sistemas pasivos. Por otro lado, los espacios son estrechos y no siempre funcionales, lo que genera un obstáculo en la autorregulación de la vivienda o de la edificación. Y por último, un obstáculo que se tiene en las viviendas es que no siempre es posible una ampliación ya sea para colocar elementos de control como para alterar los espacios y su funcionalidad de habitabilidad.

El mejoramiento de calidad de la vivienda se logra con las mismas áreas, pero con espacios más flexibles, adecuados a las condiciones climáticas de la región y una técnica constructiva facilitadora del futuro crecimiento.

Los criterios de adecuación aplicados en el diseño y construcción de la vivienda, permiten lograr temperaturas más uniformes en todas las superficies interiores y asimismo un ambiente térmico más homogéneo en el espacio interior.

La adecuación integral de la vivienda se logra con la aplicación de técnicas que permiten controlar: la radiación solar, el paso del calor a través de la membrana arquitectónica, la ventilación natural, y la humedad, mediante el uso de elementos de sombreado, masa térmica, aislamiento térmico y vegetación.

En cada obra de rehabilitación es indispensable considerar la sustitución de gran parte de las instalaciones existentes, para garantizar una respuesta a las demandas actuales de bienestar y progreso; a la vez se aprovecha la intervención para adecuar las instalaciones a las prescripciones normativas del país o la ciudad donde éstas se llevan a cabo. Esencialmente, se eliminan carencias tecnológicas de épocas anteriores y, en la medida de lo posible, se le confieren características de funcionalidad y de bienestar propias de las construcciones de nuestra época.⁴⁴ Debemos recordar que el objetivo principal de las obras de rehabilitación es mejorar o colocar nuevas instalaciones y servicios, acordes con la normatividad vigente.⁴⁵

La rehabilitación es una actividad económica como cualquier otra, que se lleva a cabo sólo cuando una cantidad suficiente de *sujetos económicos* están seguros de obtener una utilidad tan importante como para remunerar sus inversiones de capital, de trabajo, de asesoría profesional: El mercado de las rehabilitaciones no debe ser por tanto interpretado como 'número de viviendas en malas condiciones que deben ser reparadas', sino como 'el monto de la inversión que los promotores interesados están dispuestos a encauzar en el sector', ya sea ampliando el volumen global de las inversiones mismas o bien, desviándolas de otros destinos.

La rehabilitación es una manera de *energy conscious design*, ya sea a nivel territorial, donde puede contribuir fuertemente a optimizar las relaciones distributivas entre la calidad de las fuentes de energía, los lugares y las formas de consumo de la energía misma, ya sea desde el punto de vista constructivo, como a la utilización de fuentes energéticas alternas y autónomas.

El proceso de la rehabilitación no se debe considerar como un subconjunto del proceso de la construcción, la diferencia más relevante entre ambos consiste en el hecho que no se trata de construir ambientes artificiales para asentar nuevas actividades sobre el territorio, sino de intervenir sobre una realidad ya estructurada y sobre su actividad ya existente.⁴⁶ (Para el caso de la vivienda pública, cualquier modificación debe venir contenida en normas y prototipos, sin embargo, así como las construcciones pueden generalizarse, también las recomendaciones y sobretodo, las obras de rehabilitación, pueden tener el mismo proceso.)

⁴⁴ Pasta, Adriano (1994). *Ristrutturazioni ed impianti. La impiantistica moderna nella ristrutturazione edilizia*, Kappa, Roma, Italia.

⁴⁵ Coscollana, José (2004). *Restauración y rehabilitación de edificios*, Thomson-Paraninfo, Madrid, España.

⁴⁶ Cedeño, Alberto (2008). *La rehabilitación industrializada de viviendas: un contexto*. UAM-X. México.

Sobre ahorro de energía y sustentabilidad

Las estrategias de ahorro de energía en edificios, posibilitan la disminución de los costos de operación y/o mantenimiento de los mismos a lo largo de su vida útil. Sin embargo, el confort térmico de los usuarios se ve en muchos casos comprometido por políticas de ahorro energético, tanto en el diseño como en la operación de los edificios. Este ahorro de energía no deja de ser prioritario, pero no a costa del confort humano, ya que tarde o temprano este falso ahorro se revierte, debido a la falta de productividad en el trabajo o al deterioro de la salud de los ocupantes, además de un acondicionamiento indebido y al empleo de métodos poco eficaces. Los beneficios principales son:

- ✓ Optimizar recursos energéticos y económicos en el manejo de los edificios, mediante el ahorro y uso eficiente de la energía.
- ✓ Conocer y aplicar técnicas o procedimientos de cálculo y constructivos que den un valor agregado a los espacios arquitectónicos.
- ✓ Colaborar en la búsqueda de la sustentabilidad del medio ambiente natural y urbano que requiere el país, desde el diseño mismo de los edificios.
- ✓ Retomar el principio de diseñar con la naturaleza y no en contra al margen de ésta.

El beneficio más tangible de una vivienda pasiva y conservadora de energía es el económico. Como las viviendas así diseñadas tienen un consumo de energía mucho menor que las convencionales y como gran parte de la demanda restante puede cubrirse con sistemas naturales, el propietario está consiguiendo eliminar muchos costos derivadas de la energía.

La idea de vivienda o casa se encuentra estrechamente vinculada a Economía que deriva etimológicamente de οἰκία que en griego significa casa y que constituía el núcleo alrededor del cual se cumplían las faenas exigidas por los reclamos primarios, tales como alimento, vestuario, vivienda.⁴⁷

En general, se tienen tres tipos de sistemas dirigidos a la reducción en el consumo energético: el ahorro en calefacción, que atiende a los sistemas pasivos de captación de energía solar; el ahorro mediante refrigeración, que, aunque es una tendencia orientada a edificios no residenciales, en algunos climas puede representar un ahorro considerable; y el aprovechamiento de luz solar en las edificaciones.



fig 16. Factores de ahorro energético

⁴⁷ Gerardo Valente, Carmelo (1972). *La vivienda en el mundo*. Editorial Universitaria de Buenos Aires; Argentina, 1972.

Estos factores son generales y debe entenderse que en México no necesariamente son requeridos conjuntamente debido a que las condiciones bioclimáticas del país obligan a prescindir de elementos de calefacción –como ocurre en el norte del país.

Por supuesto, el objetivo no debe limitarse a un simple ahorro energético, sometido a circunstancias sociales, políticas, etc., sino que se debe tener en cuenta, en un grado importante, la calidad de vida de los usuarios. Pues las mejoras en la edificación repercuten en el comportamiento laboral y social de los usuarios, de forma que llegan a ser más importantes que el propio ahorro energético. Es decir, se debe retomar el concepto introductorio mencionado, de concebir a la vivienda como una máquina para habitar, y como un reflejo de la cultura que no sólo protege del ambiente sino que expresa un modo de vivir.

Hans Jonas plantea que en «la era tecnológica actual, en la que el poder del hombre ha alcanzado una dimensión y unas implicaciones hasta ahora inimaginables, exige una concienciación ética. La inminente posibilidad de destruir o de alterar la vida planetaria hace necesario que la magnitud del ilimitado poder de la ciencia vaya acompañado por un nuevo principio, el de la responsabilidad». Los procesos de intersección que ofrecerán ese equilibrio, en el caso del confort, nos remiten al obligado estudio bioclimático; hoy en día, el avance de la tecnología no sólo globaliza la comunicación sino, también, el impacto ambiental de la interacción humana. Por ello, se tiene por una parte el cuidado del ambiente con las nuevas tecnologías (lo que conlleva ahorro de energía, eficiencia, disminución de contaminantes, etc.) y por otra parte, la reestructuración de largo alcance, es decir, la modificación de los elementos útiles y funcionales en pro de un desarrollo amigable con el ambiente. Esto, en general, es la actual promoción del desarrollo sustentable, entendido como:

«aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.»⁴⁸

Rentabilidad de la rehabilitación bioclimática

«Un aspecto poco estudiado de las propuestas bioclimáticas es su factibilidad económica. Con frecuencia se argumenta que el valor de este tipo de proyectos no sólo es monetario, sino ambiental, visual, político, regional, etc., y que por ello es necesario llevarlas a cabo. No obstante que estos argumentos tienen validez, no cabe duda que para la mayoría de las personas que desarrollan un proyecto, la relación costo-beneficio sigue siendo el más importante de los factores a considerar en la toma de decisiones sobre posibilidades de inversión.

»Dentro de los elementos más importantes a considerar están el análisis del sitio y las consideraciones de entorno, el programa de necesidades, forma y disposición de la envolvente, selección de elementos arquitectónicos, evaluación y selección de materiales, evaluación de elementos, sistemas constructivos, dispositivos de control solar, sistemas de calentamiento y/o ganancia solar, sistemas de enfriamiento, el costo de la masa térmica, el uso de aislantes y algunas *ecotecnologías*, como los sistemas de calentamiento de agua, sistemas de generación de electricidad y los sistemas de reciclaje y tratamiento de agua.»⁴⁹

En el caso de la rehabilitación, desde un punto de vista práctico, las intervenciones deben estimarse con precisión, pues si bien no es posible modificar la orientación de la vivienda, algunas modificaciones ocurren directamente sobre la fachada y, en un principio, sólo se refleja como gasto, por ello, es necesario conocer la evolución de la inversión sobre el impacto de los costos de operación y mantenimiento de la vivienda. Dicho en otras palabras, ya que las estrategias de diseño bioclimático tienden a

⁴⁸ "Meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs" Report of the World Commission on Environment and Development, Brundtland Commission, 1987.

⁴⁹ Figueroa Castrejón, Aníbal (2002). *La factibilidad económica en la arquitectura bioclimática*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IV, p. 20-37.

mejorar la comodidad de los habitantes reduciendo o evitando consumos energéticos, son estos los que apuntalarán el proyecto y su correspondiente inversión.

Como se ha mencionado, uno de los pilares de la rehabilitación está en la modificación del entendimiento y la concepción de la vivienda, y no únicamente en el cambio o adopción de tecnologías. En consecuencia, el análisis de la inversión debe ofrecer una ventaja considerable (y tangible) que logre persuadir en la intervención de la vivienda. Si el monto de la inversión no es redituable, difícilmente será viable a pesar de ostentar grandes beneficios ambientales.

El costo del tiempo y de la idea

El tiempo y el dinero están íntimamente relacionados; si el proyecto excede el plazo establecido, cuesta, si el proyecto debe ser elaborado en menor tiempo, cuesta, etc. Al igual que se elabora un proyecto arquitectónico para construir, y cuesta, el estudio de rehabilitación también debe ser valorado y justificado totalmente.

El costo del estudio debe ser de entre 5 y 10% del costo del proyecto, pues a partir del análisis del sitio es que se obtiene información crítica para la comprensión de la envolvente y las condiciones tanto del clima como del microclima de la vivienda. Además, para mejorar las condiciones del lugar, no sólo se estudian los datos técnicos de las condiciones ambientales, sino que deben considerarse el uso y las condiciones de comodidad por parte de los habitantes.

Es fundamental la evaluación y selección de materiales y sistemas constructivos, mismos que deben ser presentados con alternativas pues los materiales con los que se construye una vivienda determinan el desempeño energético durante la vida útil de ésta; se deben considerar los flujos de la resistencia térmica y la inercia térmica de cada elemento. Ya que se trata de modificaciones y rehabilitaciones en la vivienda (construida), lo ideal es presentar cuadros comparativos entre costo y eficiencia de las propuestas comparadas con los elementos existentes.

Con las herramientas de simulación y programas bien definidos sobre rehabilitación, se espera tener una proyección en la vivienda muy completa y en un corto período de tiempo, pues, como se sabe, los inversionistas (constructor, prestamista o dueño) requieren emplear los recursos de inmediato para ver resultados a corto plazo. Este método se ha seguido desde que apareció la arquitectura industrializada y es lo que ha ocasionado que las construcciones prescindan de calidad y funcionalidad para ponderar utilidad (y, en algunos casos, promoción). Aunado a esto, tanto la disfuncionalidad del entorno construido como el carácter de estos procesos constructivos se vieron agravadas por la crisis del suministro energético.

El reto de la rehabilitación (iniciativas de intervención en la vivienda)

La rehabilitación, entendiéndola como una importante rama del bioclimatismo, promueve que el sector de la construcción reivindique una política de vivienda, al servicio de las necesidades de la sociedad actual, siguiendo el modelo europeo basado en la rehabilitación y la sustentabilidad. Si bien en México no existe un desarrollo dirigido a la rehabilitación de viviendas (con diseño bioclimático) sí es posible adoptar algunos de los elementos de mayor trascendencia que se han desarrollado a nivel internacional, ya que la rehabilitación, como se verá más adelante, no se limita a modificaciones en la fachada o en la construcción sino a todo un estado de diseño, y a una concepción *rehabilitada*.

En España existe un *Reglamento de Rehabilitación de Edificios y Viviendas* donde se establece la regulación técnica y normativa. En dicho reglamento, se ponderan objetivos y criterios particulares que integran los lineamientos y las proyecciones de organizaciones e instituciones para apuntalar e impulsar la rehabilitación en la vivienda a nivel nacional. Como consecuencia, esta integración se refleja en el *Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2012* documento en el cual, se pone de relieve

que uno de los retos más sensibles de la sociedad actual es velar por la sustentabilidad y eficiencia de toda actividad económica y que, por lo tanto, debe optimizarse el uso de la producción ya existente de viviendas a la hora de atender las necesidades sociales de la población.

En Barcelona, se ha apostado por el desarrollo de la rehabilitación con importantes resultados, un documento resume parte de las bases y propuestas surgidas en este sector, se intitula *El reto de la rehabilitación*⁵⁰, y este documento es firmado por las entidades representantes de constructoras y diseñadores que urgen la necesidad de dar a conocer a las autoridades la inquietud y la gran preocupación social por el distanciamiento existente entre las necesidades de la población y las políticas públicas de la vivienda. A través de este manifiesto, se exponen 10 temas principales que debe abordar la rehabilitación en cualquier lugar donde se pretenda una política de rehabilitación de vivienda:

- A. *La rehabilitación debe ser el resultado de una política activa de las administraciones, con el soporte de los instrumentos específicos de gestión que, más allá de los programas públicos de ayudas económicas, la existencia de los cuales debe valorarse muy positivamente, permitan dar el apoyo que el ciudadano necesita y detectar las carencias legislativas o de aplicación que dificultan una verdadera implementación acorde a las necesidades reales.*
- B. *Resulta imprescindible disponer de un organismo público (Agencia, Instituto, Centro,...) aglutinador de la información y responsable del conocimiento del parque, del análisis de las necesidades y de la promoción y potenciación de la rehabilitación. Se trata de un instrumento, con presencia en todo el territorio, que deber ser fuertemente pro-activo y dinamizador social, participado por todos los agentes del sector y capaz de promover y desarrollar políticas de rehabilitación innovadoras en los aspectos sociales, económicos y medioambientales.*
- C. *Hay que poner al día y hacer un seguimiento detallado de los diferentes planes de vivienda de las administraciones públicas, haciendo especial incidencia en las políticas de rehabilitación y mantenimiento. Se deben buscar formulas innovadoras de impulso a las actuaciones de rehabilitación mediante nuevas políticas de los gobiernos del Estado, de las Comunidades autónomas y locales.*
- D. *Hay que adaptarse y flexibilizar la legislación y la normativa técnica y urbanística a la realidad del parque edificado para permitir su mejora y rehabilitación, para dar respuesta a las nuevas necesidades residenciales. No se trata de reducir las exigencias de calidad, seguridad, habitabilidad o medioambientales, sino de ser más flexibles en su aplicación en los edificios existentes.*

⁵⁰ El documento es firmado por Sr. Néstor Turró i Homedes, Presidente del Gremi de Constructors d'Obres de Barcelona i Comarques; Sr. Rafael Romero Fernandez, Presidente de la Cambra Oficial de Contractistes d'Obres de Catalunya; Sr. Joan Ollé Bertran, Presidente del Col·legi d'Agents de la Propietat Immobiliària; Sr. Josep M. Gual i Banú, Presidente del Col·legi d'Administradors de Finques; Sra. Montserrat Torrent i Robledo, Directora de L'Organització de Consumidors i Usuaris de Catalunya; Sr. Joan Martínez León, Presidente de la Federació d'Associacions de Veïns de Catalunya; Sr. Jordi Ludevid i Anglada; Decano del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya; Sra. Rosa Remolà i Ferrer, Presidenta del Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona. Barcelona, 23 de abril de 2009.

- E. *Hay que articular una serie de medidas financieras y fiscales con el objetivo de dinamizar el sector de la rehabilitación y el mantenimiento. Aplicación del IVA reducido en todas las actuaciones, desgravaciones fiscales, financiación de bajo interés y subvenciones a fondo perdido son algunas de estas medidas que se deben activar desde unos procedimientos de tramitación y gestión ágiles y eficaces con todo el soporte y la asistencia necesarias en la gestión. Encontrar el punto idóneo en estas medidas contribuirá muy eficazmente a reducir y aflorar la economía sumergida de este sector.*
- F. *Es necesario hacer más atractivo el esfuerzo de especialización que están haciendo las empresas constructoras en este campo y se debe potenciar su uso, así como el mantenimiento de bases de datos de empresas homologadas. El éxito de este reto contribuirá a garantizar la calidad de las intervenciones de rehabilitación y mantenimiento hacia el consumidor a precios razonables.*
- G. *Se debe incrementar la formación especializada de los profesionales (aparejadores, arquitectos, administradores, APIs,...) para introducirlos en los aspectos específicos y formarlos en los diversos ámbitos de experiencia, tanto en la parte técnica como de gestión de la rehabilitación urbana y de los edificios.*
- H. *Hay que impulsar la investigación aplicada en el campo de la rehabilitación y el mantenimiento para disponer del mejor conocimiento y de los instrumentos adecuados para desarrollar las tareas de la manera más innovadora y competitiva posible. Las administraciones, las universidades y el propio sector han de tirar adelante conjuntamente este compromiso.*
- I. *Se ha de impulsar la mejora del comportamiento medioambiental y de eficiencia energética de los edificios existentes mediante la aplicación de nuevas exigencias que incorporen los parámetros sostenibilistas en el parque edificado.*
- J. *Es necesario incidir en la sensibilización y en la concienciación social de la importancia de hacer mantenimiento de las viviendas y de mejorar sus prestaciones, como mejor vía para incrementar la calidad de vida de los habitantes. La inspección técnica de los edificios y las campañas de sensibilización pueden ayudar bastante a que los ciudadanos sean conscientes de las posibilidades y limitaciones de sus edificios.*

De algún modo lo que se espera con este tema tiene que ver con una verdadera implantación de políticas destinadas a beneficiar a los usuarios en espera de ahorros importantes en el sector energético de la vivienda nacional. Es decir, que no sólo se plasmen las recomendaciones sino que exista toda una política de apoyo (descuentos, subsidios, apoyos económicos, etc.) y un estudio crítico sobre las políticas existentes; ejemplificando, se entiende que con los subsidios actuales en México sobre la tarifa eléctrica o el pago por agua no se fomenta un consumo responsable sino todo lo contrario, además, existen las cuotas fijas o mínimas que no ayudan al ahorro en el consumo.

En América, uno de los países que mayor integración ha logrado en el sector vivienda sobre el tema de rehabilitación es Cuba. En todos las instituciones se promueven valores y argumentos que «promueven una alternativa humanista y no segregacionista de evolución social, algo muy diferente del modelo neoliberal en boga.»⁵¹ Los principios que se promueven, son:

- a. fundamentación científica
- b. factibilidad económica
- c. participación social
- d. adecuación cultural
- e. apropiabilidad tecnológica
- f. responsabilidad ecológica
- g. viabilidad administrativa
- h. progresividad ejecutiva
- i. eficacia en el tiempo
- j. integralidad total

Naturalmente, para llevar a cabo un impulso nacional en el tema de la rehabilitación, se necesita la creación de un organismo que tenga participación activa en las decisiones a nivel nacional; el tema de la flexibilidad y del ajuste de diseño es fundamental. Lo que se espera es una eficiencia en todo el sistema de la vivienda (uso y forma).

El impulso en la investigación es fundamental, pues sólo así se creará un sustento tecno-científico dirigido al cambio paradigmático en la concepción de la vivienda moderna. Los documentos expuestos no nacen de una persona o de un organismo, sino que se gestan y desarrollan con la participación de diversos actores en el tema de la vivienda: constructores, diseñadores, administradores, instituciones, colegios, etc. Por ello, más allá de los temas propuestos, éstos resultan ejemplares por la estructura participativa en que son emitidos.

Esta tesis definirá una **metodología** que ayude a satisfacer varios de los principios mencionados, pues el esquema de evaluación apoyado con herramientas de simulación y bajo estrategias que ya han sido acotadas según los bioclimas de México, ofrecerá una ventaja considerable para definir sistemas eficientes en la intervención de las viviendas. Asimismo, dicha metodología servirá de guía para diagnosticar las condiciones de la vivienda y serán presentadas en una forma accesible y atractiva las estimaciones de ahorro energético y las condiciones de confort que podrán esperarse.

⁵¹ Figueroa Vidal (2001). *Arquitectura y urbanismo en Cuba: rehabilitación y retos sociales*. Islas 43 (128):37-50 . Cuba.

III. Metodología

En este capítulo, se muestran los elementos de la metodología de desarrollo propuesta, que es la base en el tratamiento de los datos en el desglose de información y en los resultados pertinentes. Dicho en otras palabras, cabe aquí señalar una definición formal de la metodología, palabra que proviene de los vocablos griegos **μετη** 'más allá', **οδως** 'camino' y **λογος** 'estudio', y la definen como el conjunto de procedimientos basados en principios lógicos, utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en una investigación científica o en una exposición doctrinal. De ahí la importancia de presentar un esquema claro en el procedimiento a realizar.

El núcleo de la metodología presentada pertenece al modelo presentado por Morillón que considera el análisis del sitio y la preferencia térmica de los usuarios para obtener las estrategias bioclimáticas y realizar el anteproyecto. (Fig. 19) Dicha metodología ha servido de soporte para la definición de los documentos de eficiencia energética antes mencionados, donde ha colaborado en su definición, como son la Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda, Hipoteca Verde, Código de Edificación de Vivienda, etc.

Como resulta conveniente en los estudios metodológicos, se requiere resolver las cuatro interrogantes que permiten conducirlos adecuadamente: cuándo, dónde, cómo y por qué. Por ello, lo primero que se presenta es un compendio de información general que acota el objeto de estudio, en este caso, se definen 4 zonas bioclimáticas representadas en 10 ciudades de la República Mexicana. Y se puntualiza el estado actual de las viviendas conforme a los estudios y programas existentes. Posteriormente, a partir de un diagnóstico que permite reflejar la problemática del objeto de estudio, se analizan las estrategias y las recomendaciones de diseño, tanto por una primera etapa de evaluación de las medidas oficiales, como por una etapa que proyecta otras intervenciones en la vivienda. Esta gran etapa es retroalimentada por estudios de simulación que permiten verificar y proponer estrategias de diseño bioclimático. Por último se exponen los resultados de la *Rehabilitación térmica, energética y ambiental, para la sustentabilidad de la vivienda en México* y se presentan argumentos que fortalecen el trabajo realizado.

Es conveniente señalar que la metodología no es lineal, sino que tiene etapas de retroalimentación que permiten desarrollar procedimientos en un nivel de trabajo con las apropiadas referencias y acotaciones sobre los resultados parciales que van generándose.

Esta tesis precisa la evaluación de la vivienda en una etapa existente, en una etapa de proyecto conforme a los programas oficiales y una etapa de máxima intervención.

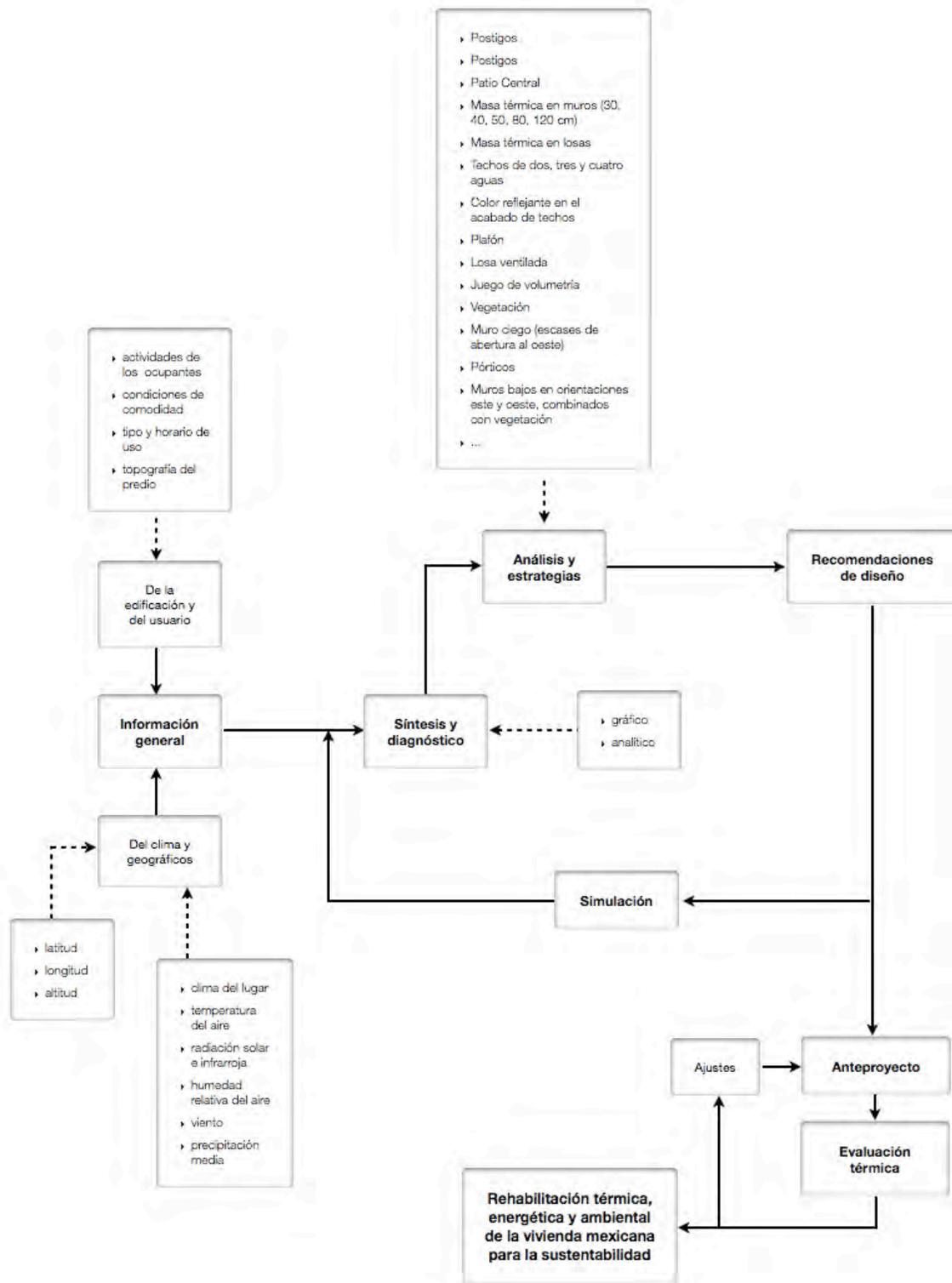


fig 17. Metodología de diseño (esquema general) [Fuente: Morillón - complementada]

Información general de la vivienda

Debido a que el tema de desarrollo se fundamenta en una rehabilitación, el estudio conducente obliga a conocer el objeto de intervención que es la vivienda y, entendiendo el estudio con tal amplitud que abarca a la República Mexicana, necesariamente se deben contemplar las diferencias climáticas y geográficas del lugar. En general, los dos grupos de estudio son:

- información del clima y geográfica
- información de la edificación y del usuario

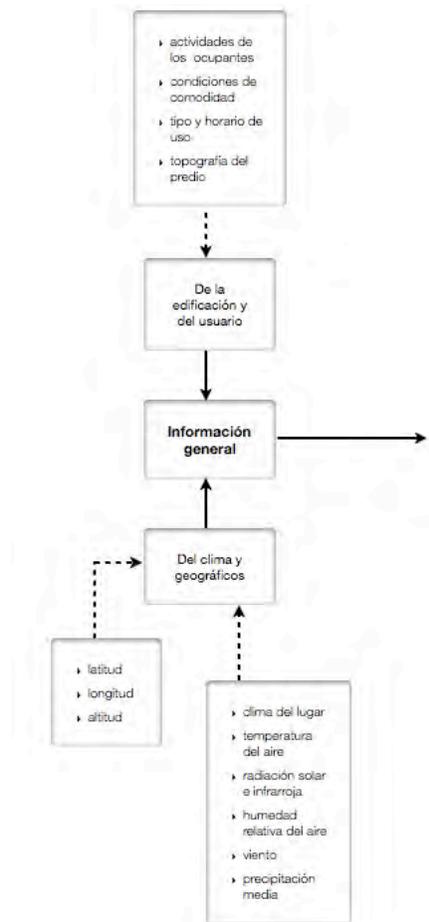


fig 18. Metodología: información general

En el primer grupo, se recurre a la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional y la Comisión Nacional del Agua, posteriormente, mediante el uso de herramientas computacionales se generan una base de datos particular para cada condición de estudio. [Ver Anexo 1]

El segundo grupo se integra de estimaciones tanto en la configuración de la vivienda como en los consumos por parte de los usuarios. Tanto las estimaciones de materiales en la envolvente como el historial de consumos se tienen a partir de la base de datos de la INEGI.

La vivienda en México

Como se ha mencionado en este trabajo, México tiene una vastedad de bioclimas que ofrecen una amplia posibilidad de sistemas constructivos y arquitectónicos a lo largo del país. Asimismo, el sector de vivienda se conforma por muy distintos sectores o grupos correspondientes al estado socio-económico de cada zona.

Este trabajo corresponde a la vivienda en México para evaluar tanto la complejidad de las tradiciones arquitectónicas como para diagnosticar los programas de eficiencia energética en el sector.

➔ En esta etapa de **Información general y diagnóstico** son definidas las regiones de México que se evaluarán, así como las características de la vivienda tipo que será estudiada; aunado a esta, se contemplarán estados comunes de uso (actividades) para mejorar las condiciones de simulación y evaluación.

Análisis, estrategias y recomendaciones de rehabilitación

En los últimos años se han estudiado diferentes condiciones para la vivienda en México. Este estudio se contempla en tres grupos: control térmico (enfriamiento y calentamiento), control de humidificación y control solar (captación y protección).

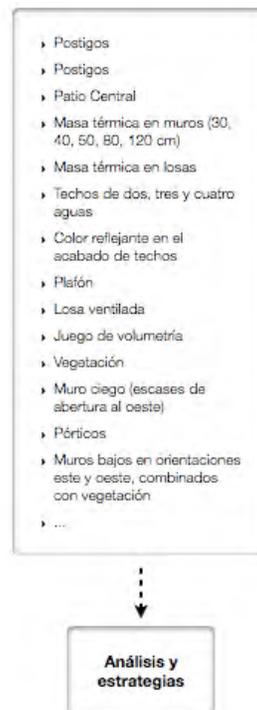


fig 19. Metodología: análisis y estrategias

En particular, algunas de las estrategias que se han analizado en las diferentes fuentes de información son: Postigos, Patio Central, Volumetría, Masa térmica en muros (30, 40, 50, 80, 120 cm), Masa térmica en losas, Techos de dos, tres y cuatro aguas, Color reflejante en el acabado de techos, Tijerales, Plafón, Losa ventilada, Juego de volumetría, Vegetación, Muro ciego

(escases de abertura al oeste), Pórticos, Muros bajos en orientaciones este y oeste, combinados con vegetación, Desarrollo de la vivienda norte-sur, Techos inclinados en dirección este-oeste, Vestíbulos, Ventilación natural inducida, Ventilación cruzada, Ventilación unilateral, Alturas dobles, Vanos remetidos, Patio interior, Invernadero seco, Alturas mínimas de piso a techo, Aberturas en fachada, rango SE-SW, Balcones, Ubicación de las ventanas al norte, al sur y al este, menor superficie de aberturas al oeste, Chimenea solar, Falso plafón, espacio de amortiguamiento térmico, Utilización de obstáculos físicos y árboles, Tapanco, Zaguán, Fuentes, Patio cerrado, Patio central con vegetación, Cubiertas planas, Muros exteriores de interiores de piedra con espesor de 64 cm, encalados en blanco, Vegetación, Fuentes, Uso de mosquitero, Vegetación, Ubicación de las ventanas al norte, al sur y al este, menor superficie de aberturas al oeste, Muros bajos en orientaciones este y oeste, combinados con vegetación, Tragaluces, Domos, Portal, Aleros, Terraza frontal, Parteluces.

Algunas de las estrategias bioclimáticas mencionadas ya han sido integradas a los programas de eficiencia energética (capítulo *Antecedentes, Iniciativas y programas de mejoramiento en materia de vivienda*) y otras son parte integral de los proyectos dirigidos a la eficiencia energética.

Rehabilitación

Ya que las viviendas han sido diseñadas prescindiendo de un acertado y exhaustivo estudio del clima del lugar, es posible brindar una opción para beneficiarse de los ahorros y de la modificación de los espacios que trae consigo el diseño bioclimático mediante la rehabilitación. Por supuesto, ésta supone no sólo cambios en la notoriedad arquitectónica o en la materialización técnica, sino que, además, propone cambios en el entendimiento (idea) que se tiene sobre la vivienda. Pues es gracias a esto último que la rehabilitación puede representar un aporte a largo plazo importante.

- ➔ Dichas recomendaciones se han establecido para las zonas definidas, y es como se modifican para la vivienda estudiada. Asimismo, estas se manejan como módulos que se van agregando a la configuración inicial. En esta etapa de **Análisis, estrategias y recomendaciones** de diseño se proyecta una síntesis de los programas oficiales, normas oficiales e incentivos de constructoras para lograr la máxima eficiencia energética en la vivienda.

Evaluación (estimaciones y simulación)

Como consecuencia en los cambios de la demanda energética, surge todo un concepto de renovación urbana y de renovación de vivienda en sí, pues, como ya ha sido explicado, si bien una vivienda por sí sola no repercute en los consumos energéticos, como parte de integral de todo un grupo de viviendas, ya pueden aparecer con un aporte importante. Parte de la evaluación se contempla, en su beneficio, bajo esquemas comparativos en modelos eficientes locales. Sin embargo, es posible hacer comparaciones tanto a nivel local mediante los modelos de referencia (como lo establece la NOM-008-ENER-2001, referida en el capítulo 1: *Antecedentes*, que aplica para edificios no residenciales) como a nivel urbano con las llamadas *ciudades modelo*, que ya tienen un argumento de eficiencia y sustentabilidad que puede ser útil en la evaluación de los diseños.

Para lograr modificaciones benéficas, además de profundizar en los estudios bioclimáticos que se han desarrollado en los últimos años, se puede hacer uso de herramientas tecnológicas que permiten proyectar cambios, recomendaciones y requerimientos en una simulación virtual. Esta herramienta permite desarrollar proyectos con diferentes condiciones, en un tiempo reducido y con la opción de interactuar con el usuario de la vivienda más fácilmente.

A la vez que los estudios bioclimáticos generan recomendaciones de diseño, y que las herramientas de simulación permiten interpretar estas modificaciones, se van cuantificando los beneficios proyectados. Asimismo, estas variantes se van sumando a esquemas de normalización para estudios conducentes. Con el uso de los simuladores térmicos se puede estimar el comportamiento térmico de los edificios con la consideración del efecto de los elementos climáticos. La importancia de la modelación energética de los edificios es estimar los flujos de energía de forma dinámica y entender la relación entre los parámetros de diseño y las características del uso de la energía en el edificio. La simulación permite, sumado al análisis de la estructura en sí, un estudio exhaustivo que, con el *leit motiv* planteado, permite visualizar todo un esquema de propuestas y beneficios en las modificaciones a la edificación. Esto compete en las propuestas arquitectónicas modernas que demandan *flexibilidad* en las nuevas obras. Puesto que el análisis simulado arroja resultados considerando la variabilidad climática en el periodo deseado.

Herramientas y modelos informáticos en arquitectura bioclimática

Es un hecho que en la actualidad se cuenta con información y herramientas que permiten analizar, evaluar y mejorar el desempeño ambiental, energético y de recursos de los edificios antes, durante y después de sus construcción. Sin embargo, son excepcionales los proyectos que hacen una evaluación con estas herramientas y generalmente se aplican solamente para comprobar el desempeño y no para modificarlo y optimizarlo.⁵²

La simulación térmica es una herramienta analítica que se utiliza para investigaciones en materia energética y evaluación del diseño arquitectónico. Actualmente existen más de 200 programas de simulación, los cuales van desde el análisis para el cálculo del equipo de aire acondicionado (HVAC), hasta estimación de ventilación y acústica.⁵³

En consecuencia, gran parte de los estudios, tanto en el registro como en el resultado de las estrategias, pueden simularse en una computadora.

Actualmente existen diversas herramientas para análisis térmico y energético en edificaciones. algunas son de propósito general y otras analizan toda la edificación como sistema. Por ejemplo:

- ❖ EnergyPlus: programa de evaluación térmica y energética
- ❖ EnergyPlus + GoogleSketchUp: herramienta de diseño CAD compatible con la información de EP
- ❖ Climate Consultant: generación de diagramas para lectura de normales climatológicas
- ❖ Heed: evaluación térmica y energética, dirigido a vivienda
- ❖ Transys: programa de simulación de sistemas transitorios con una estructura modular
- ❖ Ecotect: herramienta completa de análisis sostenible; análisis de soleamiento; carta solar; estudio de viento
- ❖ Grafisol: herramienta de control solar
- ❖ Parasol: programa de cómputo para diseño de protección solar

Para simular las condiciones climatológicas, se emplean las normales climatológicas que se ofrecen en las dependencias nacionales o estatales de la región. Además, algunas fuentes están normalizadas y es preciso generar los archivos en programas dedicados como Ecotect o EnergyPlus para elaborarlos. Además de las herramientas que incluyen parámetros meteorológicos,

⁵² Figueroa Castrejón, Aníbal (2007). *Nuevas herramientas y modelos informáticos en Arquitectura Bioclimática*. UAM-A. México.

⁵³ Nyuk, H et al (2000) *The use of performance based simulation tools for building design and evaluation- a Singapore perspective*. Journal Building and Environment. 35 Pp. 709-736.

se consideran datos geofísicos, herramientas de análisis regional, de modelado energético en general, así como áreas específicas, tales como la relación humedad-temperatura, la iluminación natural y artificial y el asoleamiento de una edificación entre otros.

Con ellas es posible mejorar las condiciones de comodidad de los usuarios, reducir el consumo energético y simultáneamente mitigar el impacto ambiental de las edificaciones.

Las herramientas más sencillas son las hojas de cálculo que permiten modelar los fenómenos en forma simplificada, pero carecen de exactitud. Por otra parte, los programas especializados necesitan de capacitación por su complejidad en la operación. En general, los programas que soportan compatibilidad en CAD resultan muy útiles en la rehabilitación pues se proyecta el diseño real y se realizan las intervenciones mediante simulación virtual.

No hay un desarrollo homogéneo de simulación en rehabilitación de viviendas en México; pero sí se han desarrollado diversos modelos de simulación, sobre todo las hojas de cálculo mencionadas.

Programa de simulación: EnergyPlus

Los elementos de la simulación se representan por módulos, de ahí la facilidad para alterar un archivo base y lograr modificaciones (recomendaciones) en la vivienda.

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SURFACECONVECTIONALGORITHM:INSIDE =====
SurfaceConvectionAlgorithm:Inside,
  Detailed;          !- Algorithm
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SURFACECONVECTIONALGORITHM:OUTSIDE =====
SurfaceConvectionAlgorithm:Outside,
  Detailed;          !- Algorithm
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: HEATBALANCEALGORITHM =====
HeatBalanceAlgorithm,
  ConductionTransferFunction, !- Algorithm
  200;                !- Surface Temperature Upper Limit
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: TIMESTEP =====
Timestep,
  6;                  !- Number of Timesteps per Hour
```

A continuación se presenta un ejemplo de los módulos de materiales y de la envolvente.

```
Material,
  hormigon de cascote, !- Name
  MediumRough,         !- Roughness
  0.12,                !- Thickness {m}
  0.76,                !- Conductivity {W/m-K}
  1780,               !- Density {kg/m3}
  760,                !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.9,                !- Thermal Absorptance
  0.7,                !- Solar Absorptance
  0.7;                !- Visible Absorptance
Material,
  ladrillo,           !- Name
  MediumRough,         !- Roughness
  0.015,              !- Thickness {m}
  0.87,               !- Conductivity {W/m-K}
  2000,              !- Density {kg/m3}
  980,                !- Specific Heat {J/kg-K}
```

```

0.9,      !- Thermal Absorptance
0.7,      !- Solar Absorptance
0.7;      !- Visible Absorptance

...

BuildingSurface:Detailed,
z2 pared norte,      !- Name
Wall,                !- Surface Type
pared,               !- Construction Name
zona Cuarto2,        !- Zone Name
Outdoors,            !- Outside Boundary Condition
,                    !- Outside Boundary Condition Object
SunExposed,          !- Sun Exposure
WindExposed,         !- Wind Exposure
0.5,                 !- View Factor to Ground
4,                   !- Number of Vertices
3.150000,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.040000,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.600000,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3.150000,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.040000,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0.000000,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0.000000,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.040000,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0.000000,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0.000000,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.040000,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.600000;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

```

De igual modo, algunos módulos de actividad y respuesta de la edificación:

```

ZoneInfiltration:DesignFlowRate,
vent 1,              !- Name
zona Cuarto1,        !- Zone Name
ALWAYS ON,           !- Schedule Name
Flow/Zone,           !- Design Flow Rate Calculation Method
0.0167,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,                    !- Flow per Zone Floor Area {m3/s-m2}
,                    !- Flow per Exterior Surface Area {m3/s-m2}
,                    !- Air Changes per Hour
0,                   !- Constant Term Coefficient
0,                   !- Temperature Term Coefficient
0.2237,              !- Velocity Term Coefficient
0;                   !- Velocity Squared Term Coefficient

```

Y por último los resultados de la simulación:

```

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: OUTPUT:VARIABLE =====
Output:Variable,
*,                   !- Key Value
Zone/Sys Air Temperature,!- Variable Name
Hourly;              !- Reporting Frequency
Output:Variable,
*,                   !- Key Value
Outdoor Dry Bulb,    !- Variable Name
Hourly;              !- Reporting Frequency

```

Output:Variable,
*, !- Key Value
Zone Total Internal Latent Gain, !- Variable Name
Hourly; !- Reporting Frequency

- ➔ La etapa de **Evaluación y simulación** reúne las alternativas de diseño y recomendaciones oficiales en diferentes etapas o grupos para que, de ese modo, se pueda vislumbrar la variación en el comportamiento energético de la vivienda tipo proyectada. Si bien se trabaja ponderando el uso de un programa (EnergyPlus), En esta etapa se integran los diferentes herramientas de diagnóstico y descripción del clima; así como hojas de cálculo con características de materiales, radiación, consumos, etc. El archivo de simulación integra los grupos referidos, y el momento de ejecutarse llama al archivo con las condiciones climatológicas del lugar geográfico donde se llevará a cabo la evaluación (ver *anexo 1*).

Síntesis y diagnóstico de evaluación

Si bien los resultados se generan para estimaciones anuales, es conveniente acotarlos para un estudio particular. En este caso, una vez que se tienen las condiciones del clima, se trabaja para algunas estrategias mediante días de diseño, producto de la interpretación de los archivos del clima.

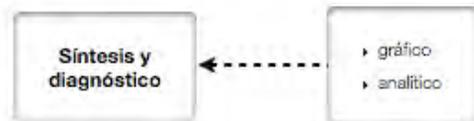


fig 20. Metodología: síntesis y diagnóstico

De igual modo, debido a la cantidad de resultados (la evaluación es horaria-anual para una vivienda con diferentes zonas) la interpretación es mejor entendida a partir de gráficos y diagramas. Además, el análisis de resultados permite una retroalimentación de mejor forma debido a la comparación con otras condiciones analizadas.

- ➔ La etapa de **Síntesis y diagnóstico de evaluación** proyecta las alternativas de diseño contempladas, ofreciendo resultados y modelos descriptivos sobre el comportamiento térmico de la vivienda bajo diferentes condiciones de intervención. Es en esta etapa que se muestran resultados de las propuestas normativas hacia la eficiencia energética en la vivienda.

Proyecto: rehabilitación

El proyecto persigue una justificación basada en la sustentabilidad, así que los resultados son acotados bajo indicadores que denoten ésta. Si bien la evaluación térmica puede permitir la retroalimentación en el diseño de estrategias bioclimáticas eficientes, los indicadores de ahorro junto a las estimaciones de ahorro por el uso de tecnologías en equipamiento conforman un proyecto integral de sustentabilidad.

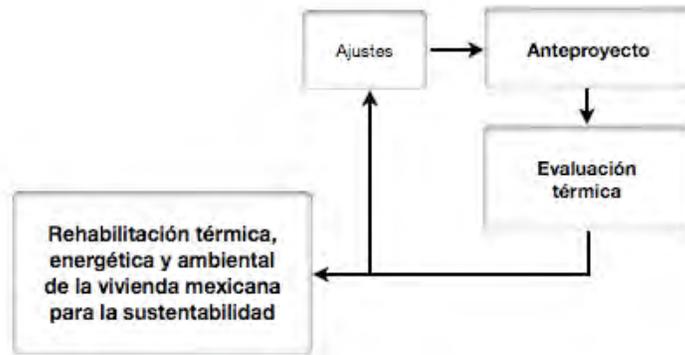


fig 21. Metodología: proyecto y evaluación

Le rehabilitación se logra mediante la comparación de estrategias bioclimáticas establecidas tanto por estudios particulares como por programas oficiales de mejoramiento en vivienda. Los ajustes se dan en las etapas terminales una vez que la vivienda es entendida como un sistema eficiente de confort y habitabilidad.

- ➔ Al final, el proyecto dará un diagnóstico sobre las intervenciones establecidas oficialmente y también ofrecerá alternativas en el diseño de las futuras intervenciones. Además del comportamiento térmico y energético, se integrarán resultados concernientes al impacto ambiental y a la justificación de este trabajo como impulsor de la sustentabilidad en la vivienda mexicana.

Como se mencionó al inicio de este tercer capítulo, el núcleo de la metodología presentada pertenece al modelo presentado por Morillón que considera el análisis del sitio y la preferencia térmica de los usuarios para obtener las estrategias bioclimáticas y realizar el anteproyecto. La adaptación que es realizada sobre este modelo exalta una de las mayores virtudes que conlleva la simulación energética, y es lo referente a la re-adaptación de los parámetros presentados permitiendo una re-evaluación dirigida a optimizar tanto la simulación como el objeto de estudio, resultando así el concepto central de esta tesis que se refiere a la intervención en la vivienda para re-habilitarla y mejorarla.

Cabe destacar que el ajuste de parámetros no significa que la evaluación sea pobre o austera, sino que los valores esperados son los que van definiendo el número de variables que se van modificando. Por ejemplo, en la primera etapa de simulación se considera un modelo típico de la vivienda mexicana, posteriormente le son sumados elementos que la ley y los programas de mejoramiento en vivienda sugieren como recomendaciones para confort y ahorro de energía, y por último se aplican los conceptos estipulados en a través de normas y programas voluntarios, así como algunos estudios que no han sido incorporados a oficialidad en el país.

IV. Evaluación de los programas nacionales de eficiencia energética y rehabilitación de vivienda en los bioclimas de la República Mexicana

Información general: zonas y descripción de la vivienda tipo

El estudio será realizado, en términos generales, en una vivienda social para diez ciudades representativas de la República Mexicana de acuerdo a la clasificación bioclimática.⁵⁴

La vivienda tendrá las mismas condiciones de volumetría y posición para mantener una comparación coherente con los resultados del análisis variando únicamente la composición de materiales en la envolvente, mismos que serán adaptados de la estadística de materiales publicada en el INEGI.⁵⁵

Información del clima y geográfica

La zonificación bioclimática se divide en 10 regiones para el país. Para el estudio será considerada una ciudad representativa de cada región.

⁵⁴ Morillón, David. *Atlas del bioclima de México*. Series de Investigación y Desarrollo. UNAM. México, 2004.

⁵⁵ INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados básicos. Viviendas particulares habitadas por entidad federativa y material predominante en pisos y paredes, y su distribución según material predominante en techos.

Regiones climáticas	Bioclimas	Ciudades por región	
Templada	semifrío-seco	Tulancingo y Zacatecas	1
	semifrío	Ciudad de México, Toluca, Puebla, Morelia, Tlaxcala y Pachuca	2
	semifrío-húmedo	Xalapa	3
	templado-seco	Aguascalientes, Durango, León, Oaxaca, Querétaro, Saltillo, San Luis Potosí y Tijuana	4
	templado	Guadalajara, Guanajuato y Chilpancingo	5
	templado-húmedo	Tepic y Cuernavaca	6
Árida	cálido-seco	Monterrey, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz y Torreón	7
	cálido-seco extremo	Mexicali, Hermosillo, Ciudad Obregón, Chihuahua y Ciudad Juárez	8
Trópico seco	cálido-semihúmedo	Mérida, Colima, Ciudad Victoria, Mazatlán y Tuxtla	9
Trópico húmedo	cálido-húmedo	Acapulco, Madero-Tampico, Campeche, Cancún, Cozumel, Chetumal, Manzanillo, Tapachula, Veracruz y Villahermosa	10



tabla 4. Zonificación bioclimática y ciudades representativas
[Fuente: Morillón, David. Atlas del bioclima de México]

Información de la vivienda y el usuario

La Comisión Nacional de Vivienda a través del *Código de Edificación de Vivienda*⁵⁶ define una clasificación de acuerdo a la segmentación de la vivienda por costo promedio, y es esta clasificación la utilizada en los programas oficiales.

PROMEDIOS	V1	V2		V3	
	ECONÓMICA	SOCIAL	POPULAR	MEDIA	RESIDENCIAL
Superficie construida promedio	30 m ²	45 m ²	50 m ²	100 m ²	200 m ²
Costo promedio: salarios mínimos	117	180	300	780	780 a +
Número de cuartos	baño	baño	baño	baño	baño
	cocina	cocina	cocina	cocina	cocina
	área usos múltiples	estancia	estancia	estancia	estancia
		comedor	comedor	comedor	comedor
		1 recámara	2 recámaras	3 recámaras	+ de 3 recámaras

tabla 5. Segmentación de vivienda

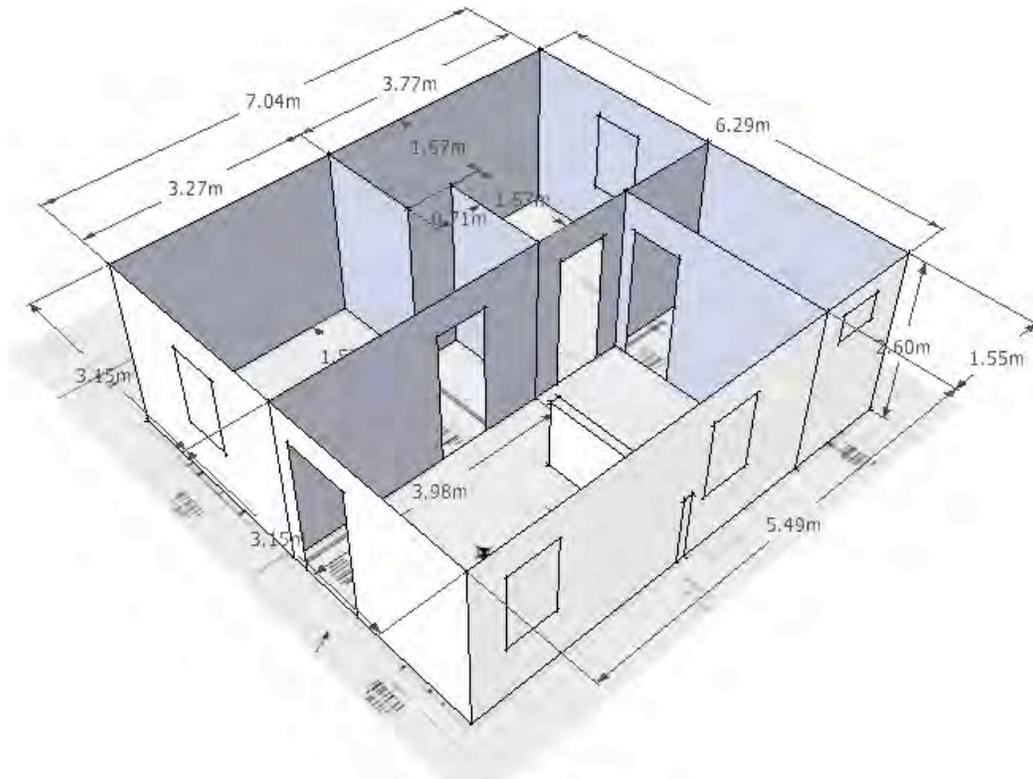


fig 22. Vivienda tipo (estudio)

La vivienda considerada es tipo V2.social; la configuración arquitectónica pertenece a un plano desarrollado por ARA para un proyecto conjunto con INFONAVIT, sin embargo cumple con las características que ofrecen otras constructoras, de ahí que se

⁵⁶ Esta clasificación está basada en los criterios empleados en la *Hipoteca Verde* de INFONAVIT así como en la *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*.

considere caso típico de construcción V2. El acceso principal se encuentra en el muro sur; esta orientación se tiene para todos las zonas de estudio.

Los materiales utilizados varían conforme a los usos constructivos de cada región, en la mayoría predomina la vivienda sobre firme, con techos de concreto y muros de tabique y concreto, son embargo, algunas regiones varían estas composiciones. De igual modo, para cada ciudad varían los espesores, esto trae como resultado un cambio en la resistencia térmica de la envolvente. [Ver Anexo 2: materiales en vivienda]

Material	conductividad térmica [W/mK]
cemento (duro)	1.05
hormigón de cascote	0.76
adobe	0.930
roca ligera	1.290
roca mediana	1.520
roca pesada	1.930
cemento (duro)	1.047
hormigón de cascote	0.760
ladrillo	0.870
mortero	0.870
impermeabilizante	0.230

tabla 6. Materiales de construcción (envolvente)

Material	conductividad térmica [W/mK]
impermeabilizante	0.230
entortado	1.280
tezontle	0.190
concreto	1.740
aislante pamacon	0.052
acero	3.000
plafón de yeso	0.70
adobe	0.600
aplanado de mortero	0.87
tabique rojo recocido	0.81
aplanado de yeso	0.70
losa de concreto	1.65
aislante pamacon	0.052
acero	3.00

tabla 8. Materiales de construcción (techos)

Material	conductividad térmica [W/mK]
Madera de encino, seco, 90° de la fibra	0.16
Madera de pino blanco, seco, 90° de la fibra	0.14
Madera de pino blanco, expuesto a la lluvia	0.21
Sencillos 6 mm Cs 0.94	6.40
Dobles 6 mm c/u Cs 0.80	3.49
Triples 6 mm c/u Cs 0.81	1.63

tabla 7. Materiales de construcción (ventanas y puertas)

Estimaciones de ahorro por programas oficiales y normas

Se consideran los valores de la resistividad térmica emitidos en la norma NMX-C-460-ONNCCE-2009 (reflejados también en la Guía para el uso eficiente de la energía CONAVI, a pesar de sus calidad de elementos de aplicación voluntaria), los valores de la NOM-020-ENER-2011 y los valores del Código de Edificación en su apartado de sustentabilidad; debido a las condiciones de diferencia entre los valores reales y los valores especificados, para este estudio se considera una resistencia ideal que es una conjunción entre los valores de las fuentes mencionadas.

R (K): [m² K / W]

Ciudad	NMX-C-640-ONNCCE-2009						NOM-020-ENER-2011		Código de Edificación		R _{base}	
	techos- mínima	techos- habita	techos- ahorro	muros- mínima	muros- habita	muros- confort	techo	muro	techo	muro	techo	muro
Zacatecas	1.400	2.650	3.200	1.000	1.800	2.100	1.194	2.200	0.590	0.460	1.378	1.913
Cd. de México	1.400	2.300	2.800	1.000	1.230	1.800	1.008	2.200	0.620	0.455	1.201	1.854
Xalapa	1.400	2.300	2.800	1.000	1.230	1.800	0.840	2.200	0.660	0.460	1.087	1.855
Aguascalientes	1.400	2.300	2.800	1.000	1.230	1.800	0.900	2.200	0.670	0.455	1.130	1.854
Guadalajara	1.400	2.100	2.650	1.000	1.100	1.400	0.791	2.200	0.670	0.460	1.031	1.819
Cuernavaca	1.400	2.100	2.650	1.000	1.100	1.400	0.721	2.200	0.680	0.460	0.983	1.819
Monterrey	1.400	2.100	2.650	1.000	1.100	1.400	0.480	0.768	1.600	1.300	0.906	0.901
Mexicali	1.400	2.100	2.650	1.000	1.100	1.400	0.354	0.521	2.290	1.920	0.887	0.790
Merida	1.400	2.100	2.650	1.000	1.100	1.400	0.443	0.704	1.740	1.420	0.894	0.868
Acapulco	1.400	2.100	2.650	1.000	1.100	1.400	0.420	0.621	1.920	1.610	0.896	0.829

tabla 9. Resistencia Térmica recomendada por las normas de eficiencia energética

La estimación sobre el uso considera tanto los consumos eléctricos emitidos por INEGI como por CFE, así como usos domésticos de 4 personas en la vivienda. Si bien no se detallan los usos, en la simulación se utiliza un valor estimado de uso de equipamiento y de ganancia de calor metabólico por parte de los usuarios.

Para los sombreadores y, en particular, aleros, ya se tiene una base de datos con ángulos recomendados para cada orientación.

⁵⁷Ya aplicados sobre la configuración de la vivienda estudiada, se tiene la siguiente tabla:

⁵⁷ Morillón, David y Mejía, David (2004). *Modelo para diseño y control solar en edificios*. Series de Investigación y Desarrollo, SID/645. UNAM. México.

Ciudad	N	dist	E	dist	S	dist	O	dist
Zacatecas	68	1.05	55	3.74	44.5	2.56	28	1.38
Cd. de México	71	0.9	68	6.44	47.5	2.95	20	0.95
Xalapa	60	1.5	66	5.9	55	3.71	10	0.46
Aguascalientes	68	1.05	63	5.45	52	3.37	10	0.46
Guadalajara	56	1.71	50	3.77	40	2.24	0	0
Cuernavaca	61	1.43	48	2.9	38	2.05	0	0
Monterrey	63	1.32	66	5.9	42	2.43	0	0
Mexicali	58	1.59	68	6.44	34.5	1.79	0	0
Merida	55	1.75	27	1.32	45	2.71	0	0
Acapulco	48	2.13	0	0	37	1.96	0	0

tabla 10. Ángulos recomendados para aleros y distancias estimadas en vivienda tipo (estudio) [fuente: *Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México*]

Dichas normas enfocadas a la edificación, no tratan, como ya se mencionó anteriormente, de aislamiento térmico solamente, por ejemplo, la NOM-020 incluye sistemas pasivos, tales como las protecciones solares en ventanas: aleros, partesoles y remetimientos, así como especificaciones de áreas mínimas para tragaluces, efectos de la orientación, además de las características térmicas de los materiales de construcción necesarios para cada clima, por localidad así como el impacto o efecto de la orientación de la vivienda, que definen el balance energético en la vivienda para comparar el comportamiento de los modelos evaluados. Asimismo, el Código de Edificación es una vinculación entre las propiedades de la envolvente y las tecnologías que pueden incorporarse en las edificaciones.

Áreas de oportunidad de la rehabilitación bioclimática en el país

Retomando tanto las estrategias sugeridas en las normas y en los programas existentes, así como algunos estudios bioclimáticos de casos específicos, se han seleccionado sólo algunos elementos que resultan susceptibles de análisis en el presente trabajo. Como se mencionó anteriormente, la gran mayoría de los elementos o sistemas estudiados han sido proyectados para vivienda nueva, así como ha ocurrido con los programas oficiales que se contemplan para nuevas construcciones, en su mayoría, y no particularmente para intervención o rehabilitación en la misma. En la siguiente tabla se presenta un breve esquema sobre el estado de la intervención oficial en el país, aunque acotado a las zonas que serán analizadas (mencionadas anteriormente).

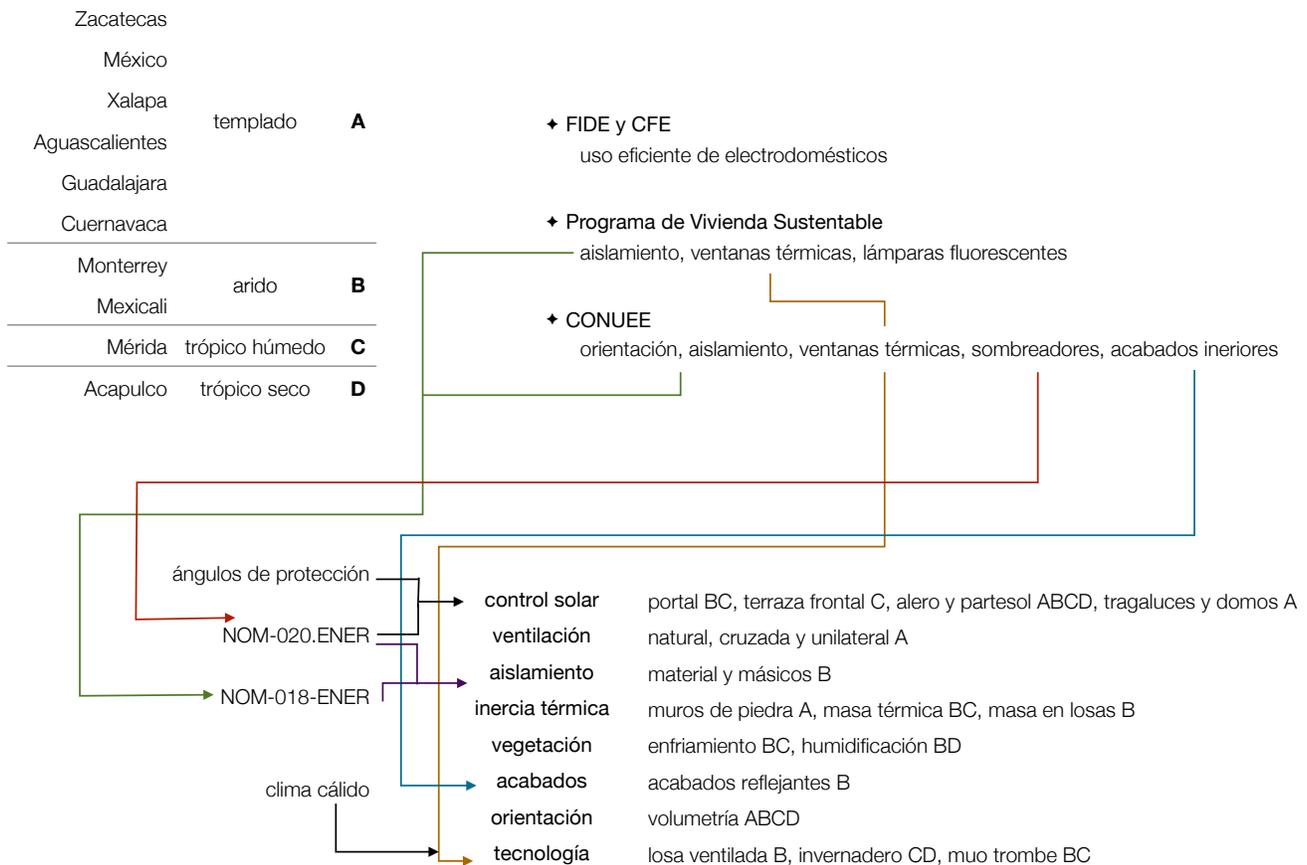


tabla 11. Sistemas considerados en la evaluación / General

En el capítulo 2: *La vivienda en México*, se muestra un desglose de los electrodomésticos más utilizados por consumo en la vivienda nacional. Es a partir de estas estimaciones que se tienen resultados y proyecciones de la reducción consecuente por la aplicación de los programas oficiales de intervención y la proyección de las normas, que es el cumplimiento de los valores de resistividad en la envolvente y de las condiciones de confort y habitabilidad estipuladas para la vivienda. Estos escenarios son mencionados en el capítulo 1: *Antecedentes*.

En la metodología de evaluación son contempladas las estimaciones de dichos programas y son incorporadas a lo establecido (y recomendado) en la norma, y por último es proyectada una estimación de la integración de propuestas a vivienda intervenida, mediante la simulación de todas las condiciones susceptibles. Como fue mencionado, el consumo de energía está relacionado con el equipamiento de aparatos electrodomésticos en la vivienda. En dichos datos se muestra al refrigerador como el equipo con mayor consumo de energía en la vivienda, seguido del aire acondicionado, aunque, como se refirió, varía se acuerdo a la región del país, luego vienen los aparatos de iluminación, televisión, plancha, ventilador, secadora de ropa, calefactor, computadora, radios o minicomponentes, y otros aparatos de bajo consumo –algunos sí figuran en las tablas de consumo que emite la CFE. En general, los equipos, tanto de consumo eléctrico como de gas, que son analizados según los resultados de INEGI, FIDE y CFE son:

- estufa
- calentador de agua
- ventilador
- calefactor
- secadora de ropa
- plancha
- televisión
- iluminación
- aire acondicionado
- refrigerador

Se mencionó que, en datos del FIDE, se estima que el ahorro logrado se aproxima al consumo de 5 estados de la República Mexicana. Esto es en una primera etapa de intervención, aún faltan las recomendaciones de CONAVI y las normas, así como de los estudios que se han elaborado en las instituciones académicas del país.

Por supuesto, una vez conocido el estado de reducción con los equipos identificados, resultan estimaciones sobre la reducción de CO₂ a partir de estas tecnologías eficientes.

	1a etapa			2a etapa				3a etapa	
	vivienda tipo	Guía CONAVI	PAESE	FIDE-ASI-FIPATERM	Ilumex	NMX-C-640-ONNCCE-2009	NOM-020-ENER	Código de Edificación	Estrategias Bioclimáticas +
control solar	✓	✓	✓				✓	✓	✓
ventilación			✓					✓	✓
aislamiento	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓
inercia térmica						✓			✓
vegetación		✓	✓					✓	
acabados		✓	✓						✓
orientación	✓						✓	✓	
tecnología constructiva		✓	✓			✓		✓	
equipamiento	✓		✓	✓	✓			✓	✓
automatización HVAC			✓	✓			✓	✓	✓

tabla 12. Sistemas considerados en la evaluación / Selección

Algunos sistemas seleccionados son idénticos a los sugeridos en otros programas o documentos, sin embargo, es importante señalar la importancia que se les ha dado en el estado de mejoramiento energético de la vivienda en el país.

Es importante señalar que en la tercera etapa no serán integrados los elementos propuestos en los programas, sino que se optimizarán a los valores de eficiencia y confort que se refieren en esos mismos documentos, o que de algún modo resultan primordiales pero que aún no han sido considerados.

V. Resultados: evaluación gradual de intervenciones en vivienda tipo

Los resultados de la evaluación se dividen en tres secciones, la primera es con las condiciones normales o convencionales de la vivienda tipo, la segunda contempla los programas existentes y las condiciones estipuladas en las normas del país que se tienen hasta el momento (ver capítulo 1: *Antecedentes*) y la tercera sección aplica las estrategias bioclimáticas que he propuesto en base a la eficiencia máxima sugerida en las normas y en los programas, así como mediante la incorporación de tecnologías constructivas que no han impactado en dichos documentos.

Evaluación I : estado de la vivienda actual

Como se ha señalado a lo largo de este trabajo, cada vivienda responde a condiciones particulares según el lugar en que se encuentre, sin embargo, hay características que se comparten sobre consumo que se tiene en todo el país, es decir, hay hábitos de consumo que tienen su fundamento en elementos culturales, y esto no garantiza una adaptación convencional al bioclima de la vivienda.

Recapitulación del diagnóstico de eficiencia energética en la vivienda mexicana

Además del consumo energético –para fines de oferta y demanda en el portafolio energético nacional–, los datos de confort o habitabilidad, así como el impacto ambiental que se tiene en cada vivienda, representan aspectos importantes para controlar y así impulsar políticas de mejoramiento en el sector.

Ya sea en el *Balance Nacional de Energía* como en los programas de mejoramiento energético en la vivienda nacional, se tienen estimaciones sobre el consumo en cuanto a equipamiento se refiere, y su consecuente impacto ambiental por el uso de éstos. *Grosso modo*, lo que se ha estudiado, e impulsado a través de dichos programas, es la incorporación de equipos con menor consumo de energía y mayor aprovechamiento de sus funciones, que es lo entendido por eficiencia en electrodomésticos. Ese cambio en la tecnología no sustenta su conveniencia en el confort de los habitantes sino en el ahorro económico al pagar menos consumo energético, y a mayor escala, la mitigación por ese cambio en el consumo energético de la vivienda.

Como ya fue señalado en el capítulo 2: *La vivienda en México*, los dos energéticos de la vivienda son electricidad y gas, y los rubros que satisfacen se refieren a la supervivencia, es decir, lo relacionado con alimentación y protección de la intemperie, aunque la carga por otro tipo de elementos se acrecienta con el paso del tiempo.

Condiciones actuales en la envolvente de la vivienda tipo

En la tabla 14 se tienen valores de la proyección de materiales convencionales en la vivienda tipo, obtenida a partir de una síntesis de los valores usuales para las zonas bioclimáticas de México.

Ciudad	R techo	R muro
Zacatecas	0.498	0.949
Cd. de México	0.484	1.358
Xalapa	0.484	1.358
Aguascalientes	0.484	1.358
Guadalajara	0.484	1.358
Cuernavaca	0.484	1.358
Monterrey	0.543	2.282
Mexicali	0.543	2.282
Merida	0.481	2.157
Acapulco	0.481	1.048

tabla 13. Valor promedio de la resistencia térmica en la vivienda

Comportamiento térmico de la vivienda tipo

La vivienda tipo estudiada mantiene la misma forma en todas las ubicaciones, y presenta condiciones generales en cuanto a uso y consumos energéticos de la vivienda. En la siguiente tabla se muestra una agrupación del comportamiento térmico de la vivienda en relación a las partes que la integran.

A	Envolvente paredes y ventanas techos y pisos
B	Sistemas personas ventilación calefacción de agua ventiladores aplicaciones
C	Iluminación general externa

tabla 14. Distribución en el comportamiento térmico de la vivienda

Esta clasificación permite definir subsistemas para el análisis integral de la vivienda. Asimismo, la clasificación presentada permite un entendimiento preciso de las partes que suman ganancia térmica que, a pesar de tener una diferencia en considerable en la proporción, son elementos que no pueden dejar de considerarse en el análisis térmico-energético de la vivienda.

Ya en el comportamiento particular de cada vivienda, se observan diferencias en el grupo de climas como se muestra en la figuras correspondientes. Esto permite lograr un comportamiento esperado en cuanto a balance térmico se refiere.

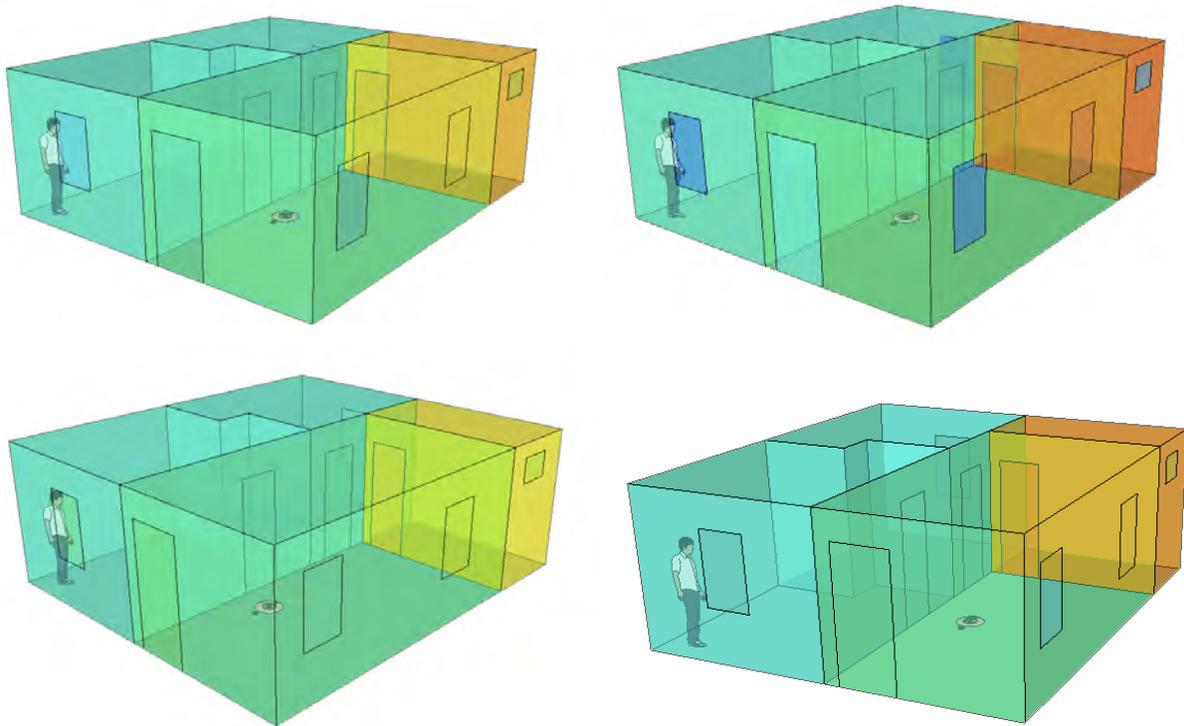


fig 23. Comportamiento Térmico de la Vivienda por agrupación de zonas a las 17 hrs; arriba-izquierda es en la región Templada, arriba-derecha en región Árida, abajo-derecha en región trópico-húmedo y abajo-izquierda en región trópico-seco.

Evaluación II : programas oficiales y normatividad vigente

En esta etapa evaluación se proyecta primero el impacto de los programas oficiales de ahorro y posteriormente el impacto de la aplicación (deseable) de las normas energéticas en vivienda. Estos elementos se sintetizan en la siguiente tabla.

	Guía CONAVI	PAESE	FIDE	Ilumex	NMX-C-640-ONNCCE-2009	NOM-020-ENER-2011	Código de Edificación
control solar	✓ uso de aleros y quebrasoles	✓ persianas				✓ ventajas en el uso de aleros y quebrasoles	✓ generalidades en remetimientos, aleros, quebrasoles
ventilación		✓ mediante vegetación					✓ generalidades de ventilación (cruzada y unilateral)
aislamiento	✓ materiales de aislamiento térmico en la envolvente		✓ uso de aislamiento en zonas calurosas		✓ control de la resistividad térmica en envolvente	✓ tecnologías en muros (ligeros y másicos)	✓ recomendaciones de materiales
inercia térmica					✓ análisis de materiales		
vegetación	✓ complemento de sombreadores en los exteriores ✓ control de humedad	✓ plantación de árboles para controlar humedad y ventilación					✓ plantación de árboles para controlar humedad y ventilación
acabados	✓ acabados reflejantes (climas cálidos secos)	✓ pinturas claras en los interiores					
orientación						✓ ventajas por análisis de orientación	✓ control de sombreado
tecnología constructiva	✓ muro trombe ✓ construcciones másicas ✓ zonas de descarga térmica	✓ sellado de ventanas ✓ vidrios polarizados			✓ arreglo de materiales		✓ tecnologías en muros (ligeros y másicos) ✓ uso de ventanales y protecciones
equipamiento		✓ uso de lámparas fluorescentes compactas ✓ uso eficiente de lavadora ✓ uso eficiente de refrigerador	✓ uso adecuado de electrodomésticos ✓ uso de lámparas fluorescentes compactas ✓ sustitución de refrigeradores	✓ uso de lámparas fluorescentes compactas			✓ uso de calentador de agua, lavadora y refrigerador eficientes
automatización HVAC		✓ sistemas automáticos (* sólo industria)	✓ equipos eficientes de reguación			✓ sistemas de enfriamiento	✓ equipos eficientes de reguación
	EVALUACIÓN DE PROGRAMAS				EVALUACIÓN DE NORMAS		

tabla 15. Elementos considerados por las etapas de evaluación en ahorro energético en la evaluación II: programas oficiales y normatividad vigente

Como fue señalado desde el capítulo 1: *Antecedentes*, las diversas iniciativas de mejoramiento de vivienda para ahorro de energía no están dedicadas a la intervención o rehabilitación, sin embargo, muchos sistemas son susceptibles de ser adaptados fácilmente para proyectos que requieran cumplir con un ahorro energético.

Cada zona en la vivienda tiene un comportamiento diferente de acuerdo a las condiciones de temperatura, humedad, radiación e iluminación. En general, todos los organismos promueven un estudio de los materiales ya que ayudan al comportamiento térmico de la envolvente ayudando a la ganancia de calor en algunos casos y trasladando algunas condiciones a otros períodos de tiempo.

Uso de elementos ahorradores

La CONAVI así como les entidades involucradas en el ahorro de energía emiten un documento intitulado *Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México* donde se estiman ahorros para las zonas bioclimáticas de estudio, y para las ciudades representativas de éstas. El documento tiene vigencia y apoyo por parte de la *Hipoteca Verde*, que es uno de los programas de INFONAVIT (ver capítulo 1: *Antecedentes*). Este desarrollo se lleva a cabo en dos etapas.

ahorro de energía	Ahorro de Gas
	Calentador de Gas Instantáneo
	Ahorro de Gas
	Calentador Solar de Agua
	Ahorro de Electricidad
ahorro de agua	Lámparas Compactas Fluorescentes
	Ahorro de Electricidad
	Aire Acondicionado
	Ahorro de Electricidad
	Aislamiento en el Techo
	Ahorro de Agua
	Regadera Ahorradora
	Ahorro de Agua
Llaves Ahorradoras	
ahorro de agua	Ahorro de Agua
	Sistema Dual para WCA

tabla 16. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - Etapa 1a

ahorro de energía	Ahorro de Gas
	Sistema Fotovoltaico
	Ahorro de Electricidad
	Ventilación Natural
	Ahorro de Electricidad
	Sistemas de Descarga de Calor
	Ahorro de Electricidad
ahorro de agua	Protección Solar en Ventanas
	Ahorro de Electricidad
	Orientación Adecuada de la Vivienda
	Ahorro de Agua
	Tratamiento de Aguas Grises
ahorro de agua	Ahorro de Agua
	Tratamiento de Aguas Negras

tabla 17. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - Etapa 2a

Se ubican los ahorros en dos grupos importantes, el primero dirigido al ahorro de energía (gas y electricidad) y el segundo al ahorro de agua (sistemas hidrosanitarios).⁵⁸ En este trabajo se utiliza de modo extendido lo referente al primer grupo.

Nota: Cabe señalar que la segunda etapa no ha sido implementada oficialmente, sin embargo la propuesta y parte del análisis puede ser integrado a la etapa de evaluación integral de máxima eficiencia.

⁵⁸ Los valores mostrados se refieren a estimaciones mensuales; además, los ahorros representan un monto sobre el excedente en las tarifas eléctricas.

Ciudad	Calentador de Gas Instantáneo			Calentador Solar de Agua			Lámparas Compactas Fluorescentes			Aire Acondicionado y Aislante en Techo			Ahorro CO2 1a etapa	Ahorro \$ 1a etapa
	CO2 evitado [kg/mes]	Gas ahorrado [kg/mes]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Gas ahorrado [kg]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Electr ahorrada [kWh]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Electr ahorrada [kWh]	Ahorro [\$]		
Zacatecas	28.25	9.42	80.00	0.05075	16.92	160.00	0.00674	10.10	22.10	0.00000	0.00	0.00	85.74	262.10
Cd. de México	28.25	9.42	80.00	0.05225	17.42	170.00	0.00674	10.10	22.21	0.00000	0.00	0.00	87.24	272.21
Xalapa	28.25	9.42	80.00	0.05450	18.67	175.00	0.00674	10.10	22.21	0.00000	0.00	0.00	89.49	277.21
Aguascalientes	28.25	9.42	80.00	0.04975	16.58	160.00	0.00674	10.10	22.21	0.00000	0.00	0.00	84.74	262.21
Guadalajara	28.25	9.42	80.00	0.05450	18.17	170.00	0.00674	10.10	22.21	0.00000	0.00	0.00	89.49	272.21
Cuernavaca	28.25	9.42	80.00	0.05450	18.17	175.00	0.00709	10.62	23.36	0.03537	53.00	116.60	125.21	394.96
Monterrey	28.25	9.42	80.00	0.05950	19.83	190.00	0.01285	19.26	42.36	0.05270	79.00	173.80	153.30	486.16
Mexicali	28.25	9.42	80.00	0.05600	18.68	180.00	0.02778	41.63	91.59	0.11433	171.31	376.88	226.36	728.47
Merida	28.25	9.42	80.00	0.05025	16.92	160.00	0.01285	19.26	42.36	0.05270	79.00	173.80	144.05	456.16
Acapulco	28.25	9.42	80.00	0.05450	18.17	175.00	0.00868	13.00	28.62	0.03537	53.00	116.60	126.80	400.22

tabla 18. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - resultados 1a etapa

Sistema Fotovoltaico			Ventilación Natural			Sistemas de Descarga de Calor			Protección Solar en Ventanas			Orientación Adecuada			Ahorro CO2 2a etapa	Ahorro \$ 2a etapa
CO2 evitado [Ton]	Gas ahorrado [kg]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Electr ahorrada [kWh]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Electr ahorrada [kWh]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Electr ahorrada [kWh]	Ahorro [\$]	CO2 evitado [Ton]	Electr ahorrada [kWh]	Ahorro [\$]		
1.25326	187.78	423.44	0.00715	10.71	24.15	0.01268	19.00	42.85	0.00662	9.91	22.36	0.00045	3.93	8.87	28.14	521.67
1.16677	174.82	394.22	0.0072436	10.85	24.47	0.01468	22.00	49.61	0.00703	10.54	23.87	0.00515	7.71	17.39	28.03	509.56
1.06759	159.96	360.71	0.00710	10.64	23.99	0.00463	6.94	15.66	0.00463	6.94	15.66	0.00147	2.20	4.97	18.91	420.99
1.14795	172.00	387.86	0.00710	10.64	23.99	0.00934	14.00	31.57	0.00450	6.74	15.20	0.00086	1.28	2.89	22.95	461.51
1.14795	172.00	387.86	0.00710	10.64	23.99	0.02469	37.00	83.44	0.00608	9.11	20.55	0.00100	1.50	3.39	40.03	519.23
1.06758	159.96	360.71	0.00852	12.76	28.78	0.00467	7.00	15.79	0.00470	7.04	15.89	0.00055	0.82	1.84	19.51	423.01
1.22763	183.94	414.78	0.01427	21.38	48.21	0.01001	15.00	33.83	0.00430	6.45	14.54	0.00772	11.57	26.08	37.53	537.44
1.27688	191.32	431.43	0.02810	42.11	94.95	0.02202	33.00	74.42	0.00554	8.29	18.70	0.00201	3.01	6.78	58.94	626.28
1.06038	158.88	358.27	0.01618	24.24	54.66	0.02269	34.00	76.67	0.00391	5.86	13.22	0.00160	2.39	5.40	45.44	508.22
1.05544	158.14	356.61	0.01382	20.70	46.69	0.01468	22.00	10.11	0.00299	4.48	10.11	0.00160	2.39	5.40	34.15	428.92

tabla 19. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - resultados 2a etapa

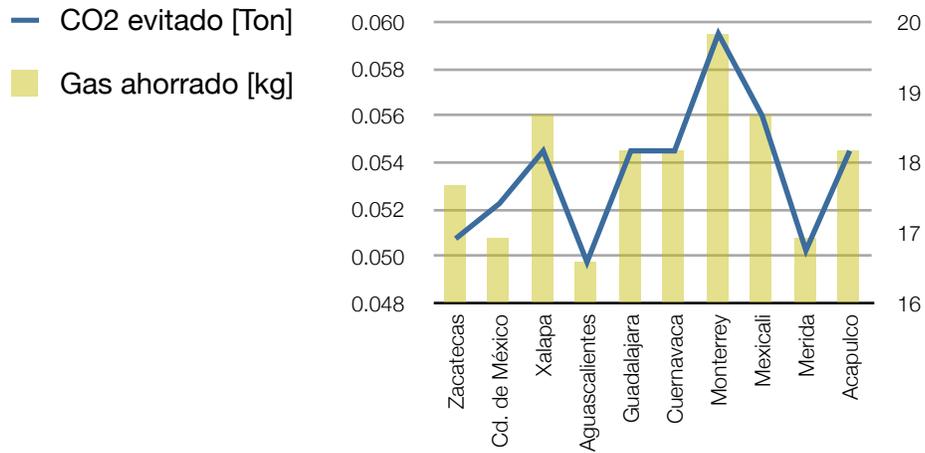


fig 24. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - calentador solar de agua

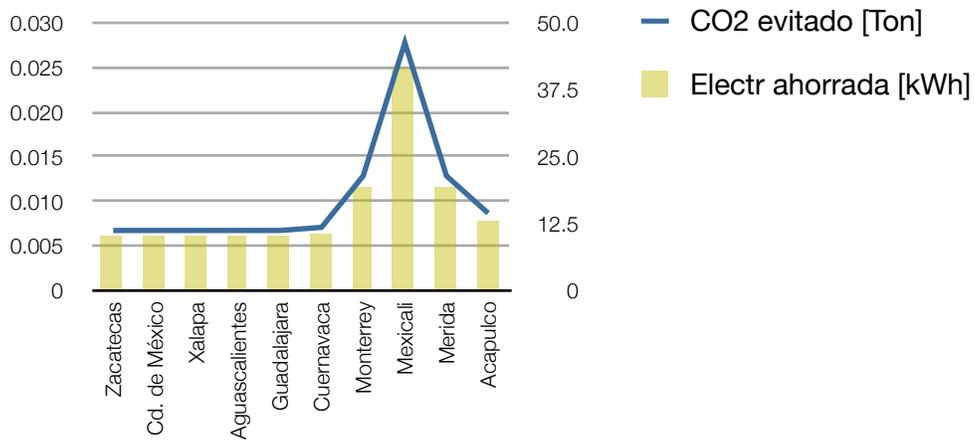


fig 25. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - Lámparas Compactas Fluorescentes

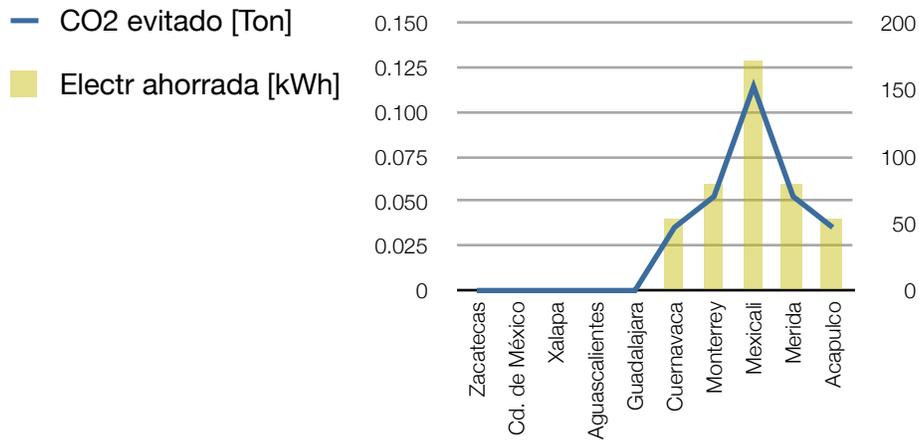


fig 26. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - Aire Acondicionado y Aislante en Techo

Estimaciones de ahorro por programas oficiales y normas

Con la NOM-020-ENER establece la especificación comparativa por la determinación del flujo de calor a través de la envolvente, a través del coeficiente de transferencia de calor K. Este índice se modifica por efecto de la forma, sobretodo en sombreadores, y por los materiales que componen los 4 elementos que componen el análisis de ganancia de calor por la envolvente en edificios residenciales que son: techo, pared, superficie interior y piso. Los resultados para la norma se comparan entre el denominado edificio de referencia y el edificio proyectado. (Ver *Capítulo 1: Antecedentes*).

La norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 establece las especificaciones para comparar el valor de la resistividad térmica de la envolvente por efecto de los materiales que la componen; dicha resistividad, denominada R, es la suma de las resistencias superficiales, interna y externa, y de las resistencias térmicas de las varias capas de los diversos materiales que componen al elemento de la envolvente. Además, en esta norma se utiliza el valor de los grados-día, entendidos como el punto en el cual la vivienda comienza a necesitar calentamiento o enfriamiento para mantener las condiciones hidrotérmicas requeridas, para clasificar los requerimientos de R. Los elementos de análisis son: muros, techos y elementos ventilados.

Ciudad	vivienda tipo		vivienda con R normas	
	R techo	R base techo	R muro	R base muro
Zacatecas	0.498	1.378	0.949	1.913
Cd. de México	0.484	1.201	1.358	1.854
Xalapa	0.484	1.087	1.358	1.855
Aguascalientes	0.484	1.130	1.358	1.854
Guadalajara	0.484	1.031	1.358	1.819
Cuernavaca	0.484	0.983	1.358	1.819
Monterrey	0.543	0.906	2.282	0.901
Mexicali	0.543	0.887	2.282	0.790
Merida	0.481	0.894	2.157	0.868
Acapulco	0.481	0.896	1.048	0.829

tabla 20. Comparación de resistencia térmica en la vivienda. LA modificación de la R en la segunda sección de la columna surge al equiparar el valor determinado en las normas para eficiencia energética. (ver *Tabla 13*)

Varias de las características que se estipulan en las normas de mayor relevancia para el uso eficiente de la energía, han sido integradas por la *Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México* antes referida. De tal modo que los valores sugeridos de K o R, según corresponda, son comparados luego de las modificaciones en el modelo de las viviendas. En la tabla 21 se tienen valores de la proyección de materiales convencionales en la vivienda tipo, con intervención en los materiales de la envolvente, para satisfacer las recomendaciones de las normas; estos valores son comparados con el valor de la resistividad térmica base obtenida a partir de una síntesis de las normas existentes.

Ahorro por equipamiento

En la figura 38 correspondiente, se presenta una estimación-tendencia por la implementación de las políticas de ahorro de energía en la vivienda. A su vez, estos datos se ligan directamente a una estimación de mitigación de toneladas de CO₂ equivalente.

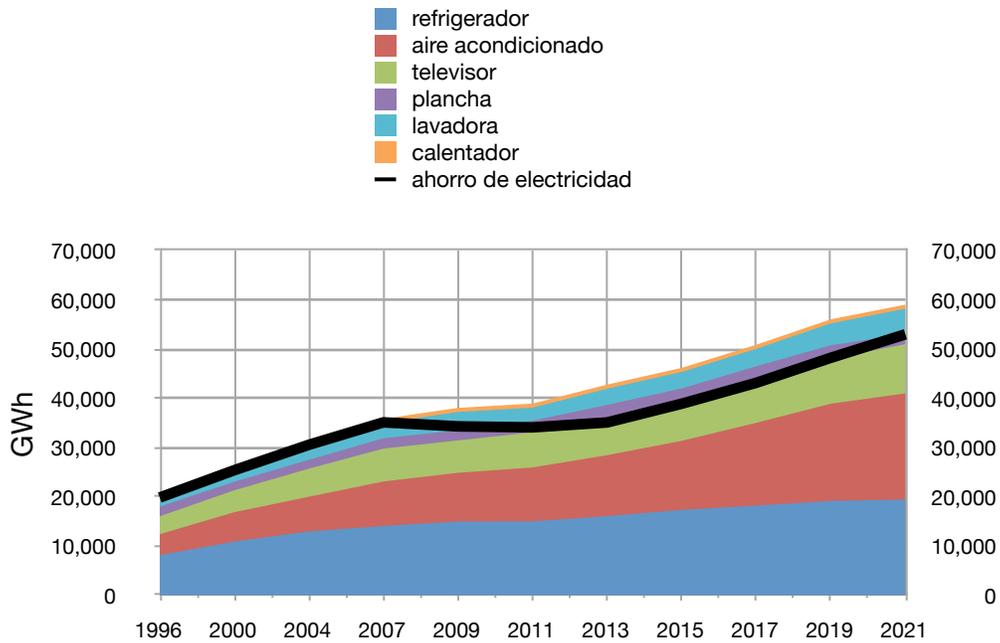


fig 27. Ahorro de energía residencial GWh [Fuente: Rosas-Flores, Morillón Galvez. Saturation, energy consumption, CO₂ emission and energy efficiency from urban and rural households appliances in Mexico]

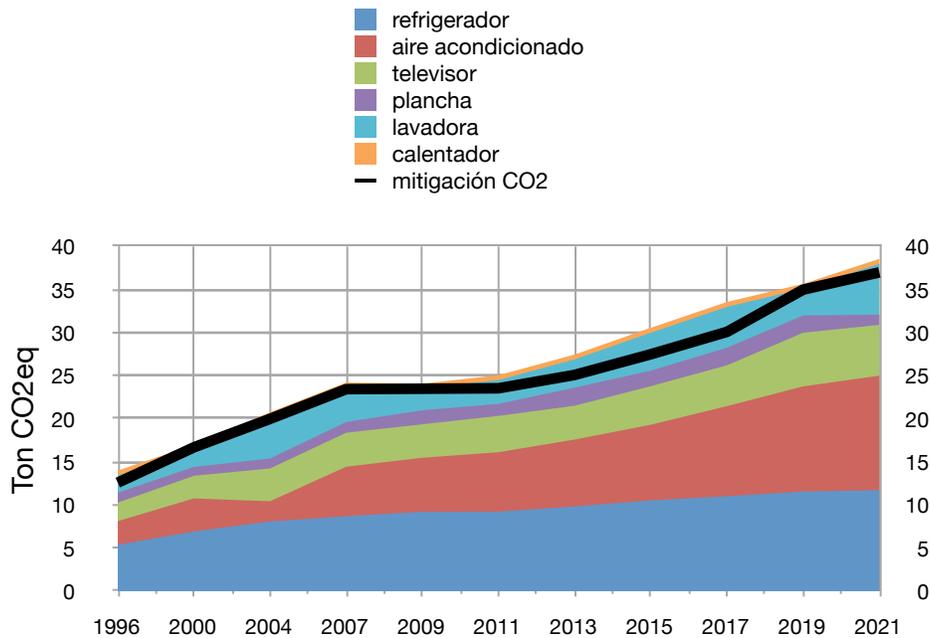


fig 28. Mitigación de CO₂ residencial Ton_{eq} [Fuente: Rosas-Flores, Morillón Galvez. Saturation, energy consumption, CO₂ emission and energy efficiency from urban and rural households appliances in Mexico]

Simulación (beneficios otorgados por los programas oficiales y las normatividad en el país)

Una proyección sobre el estado de la vivienda luego de la intervención acaecida por los programas oficiales y la normatividad vigente, muestra variaciones considerables. Las intervenciones son:

- ➔ uso de aleros u quebrasoles
- ➔ aislamiento en zonas calurosas
- ➔ acabados reflejantes en clima cálido
- ➔ construcciones másicas en zonas cálidas
- ➔ sellado de ventana
- ➔ configuración adecuada de materiales

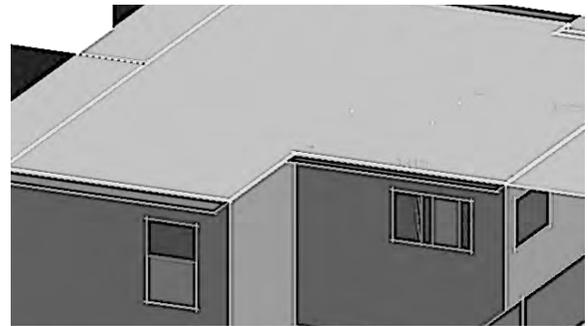
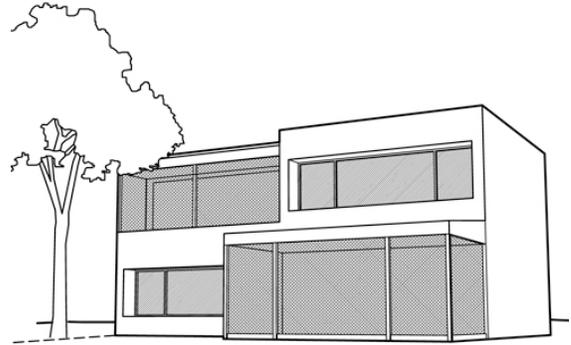
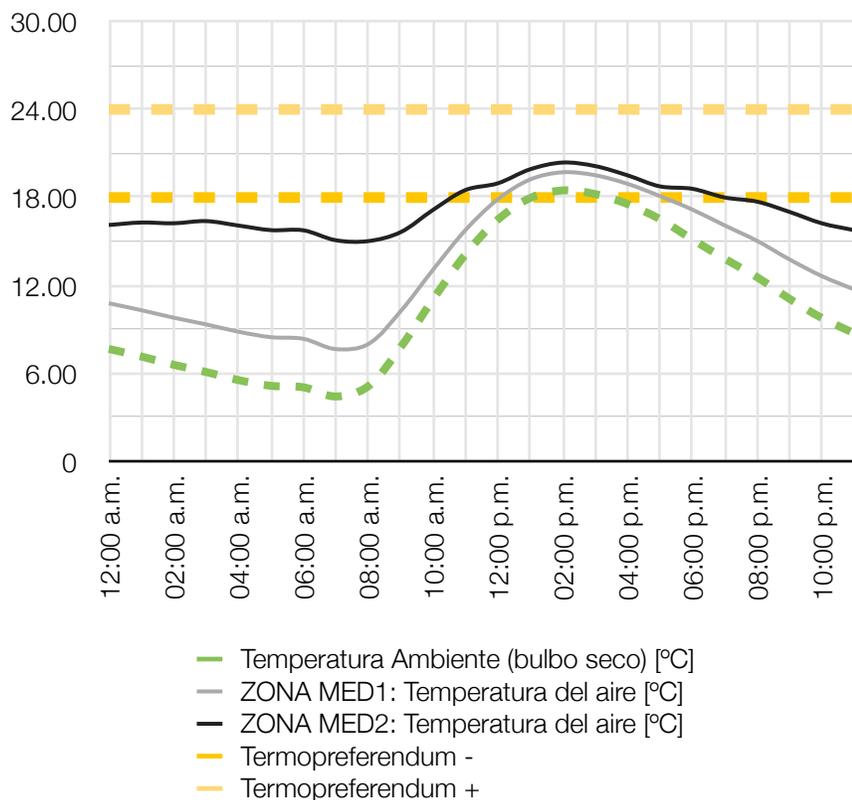


fig 29. Intervenciones en la vivienda tipo (sombreadores, aislamiento, reflejante, materiales)

En el conjunto de gráficas mostradas a continuación se presenta, *grosso modo*, una comparación entre las condiciones de comportamiento térmico en la vivienda tipo original (etapa 1) y la vivienda tipo con intervención (etapa 2); esta segunda etapa se refiere a la integración de las estrategias y tecnologías n la vivienda que benefician las condiciones térmicas de esta, antes de ocupar tecnologías de confort ambiental. Asimismo, se presentan gráficas que describen el comportamiento térmico de ganancia y pérdida.

día más frío medias



En la vivienda tipo simulada en Zacatecas, el día más frío ocurre el 22 de enero y el día más cálido el día 17 de mayo. En el frío no se alcanza una temperatura de confort, sin embargo, con la intervención de tecnologías en la envolvente, se aproxima mucho a la condición de confort. En el día cálido, desde las 10 de la mañana hasta las 6 de la tarde se tienen condiciones confortables a pesar de que se llega a sobrepasar el umbral de confort.

día más cálido medias

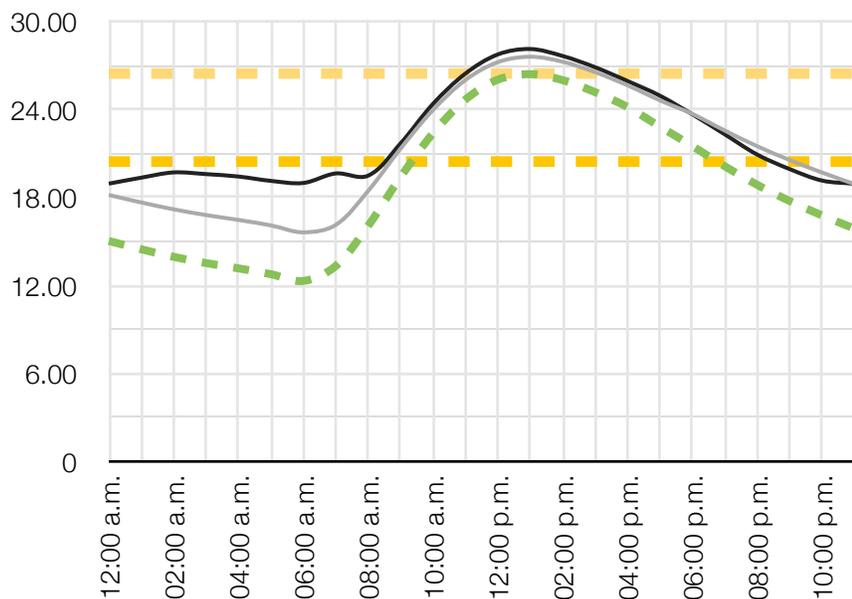
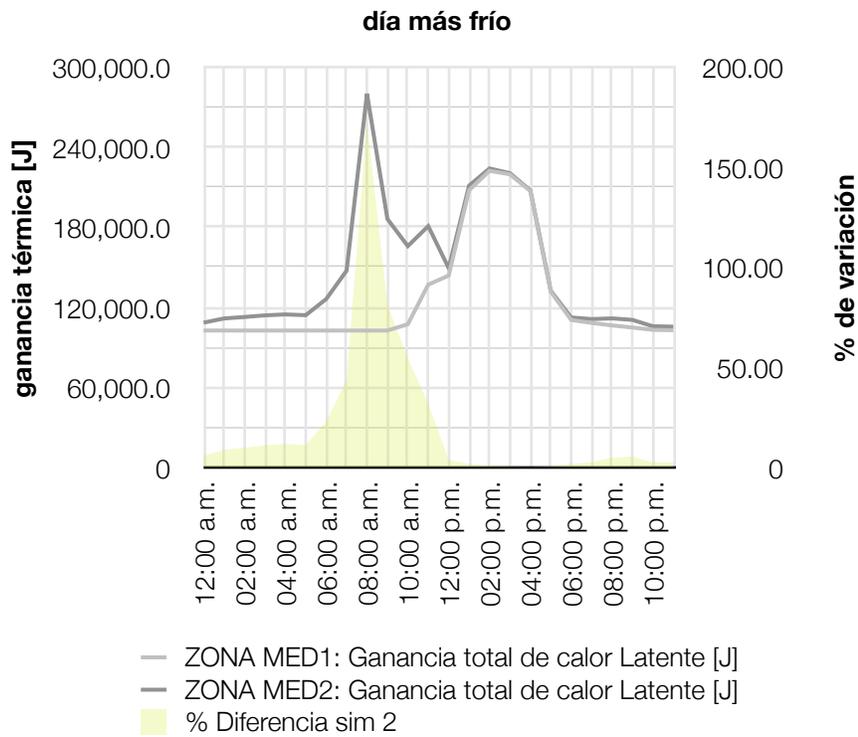


fig 30. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 01 Zacatecas



En la vivienda tipo simulada en Zacatecas, para el día frío hay una ganancia interna considerable en la mañana, después el comportamiento es el normal. Para el día cálido la variación es mínima, teniendo una ligera reducción en la tarde, tal y como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

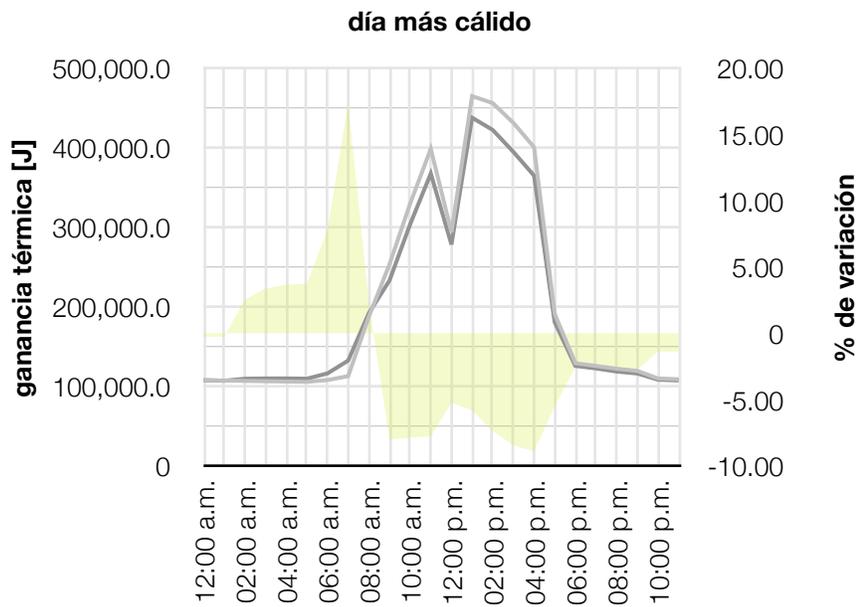
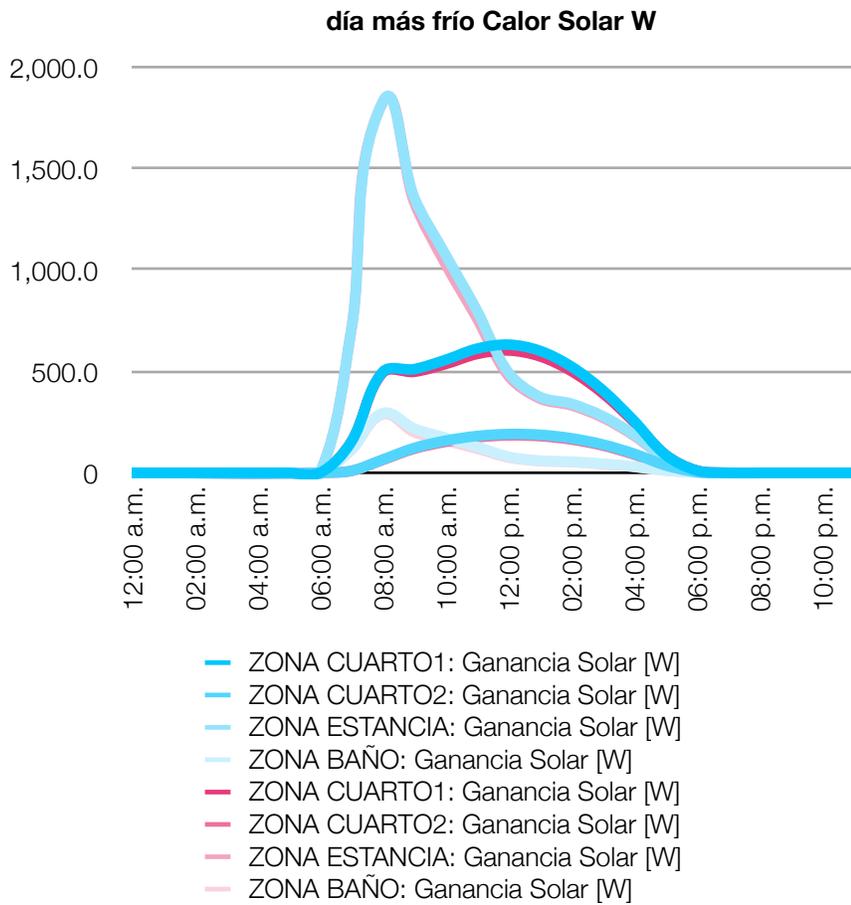


fig 31. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 01 Zacatecas



En la vivienda tipo simulada en Zacatecas, los cambios por efecto de los sombreadores son mínimos.

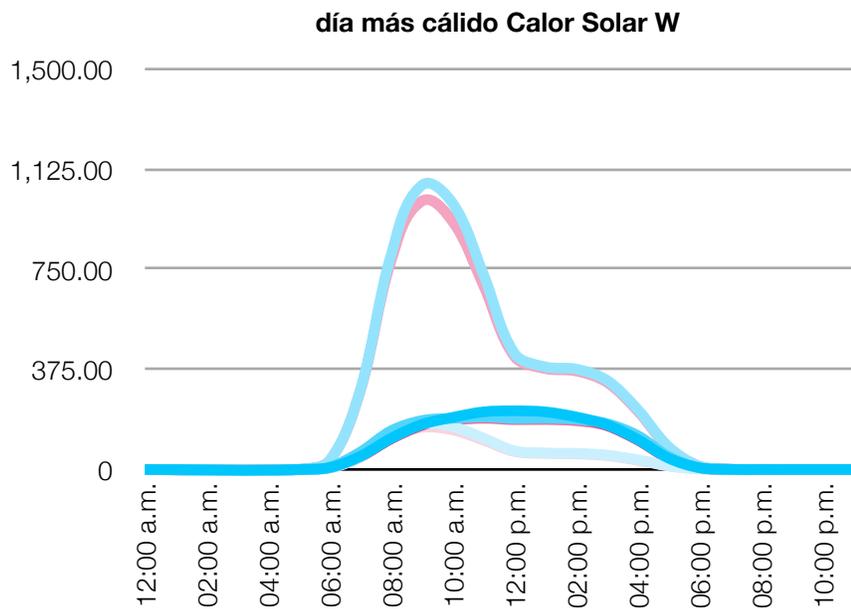
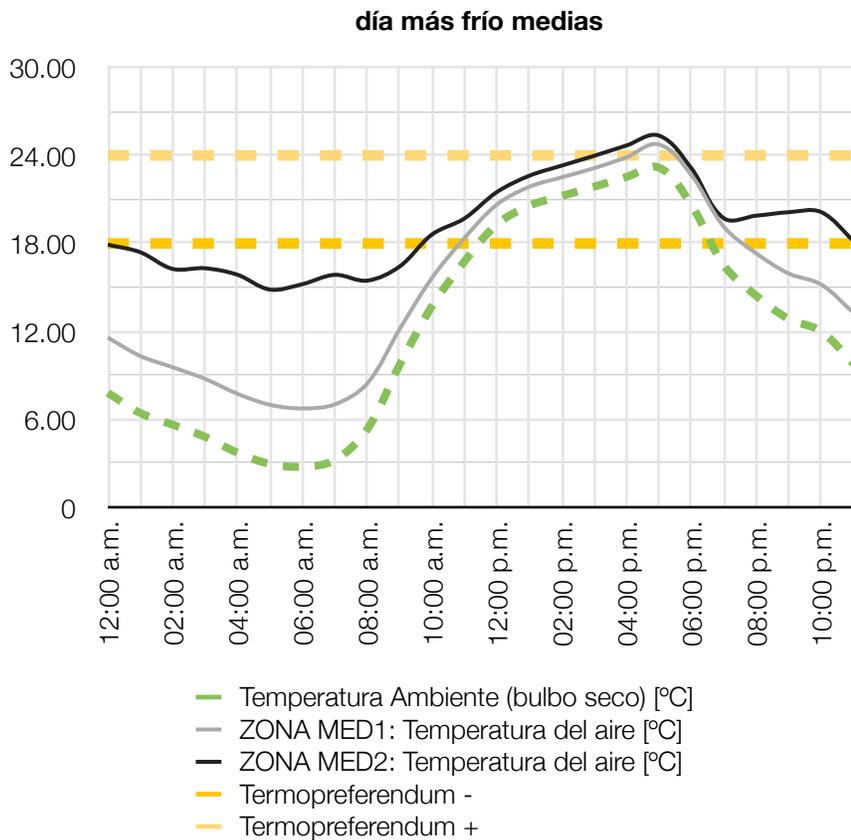


fig 32. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 01 Zacatecas



En la vivienda tipo simulada en la Ciudad de México, el día más frío ocurre el 25 de diciembre y el día más cálido el día 1 de junio.

En el frío no se alcanza una temperatura de confort, sin embargo, salvo unas horas en la tarde, esto con ayuda de tecnologías en la envolvente. Con los cambios hechos, la temperatura promedio se acerca a la sección de confort definida. En el día cálido, por la tarde, las condiciones de temperatura sobrepasan el confort a pesar de las estrategias aplicadas, sin embargo, las condiciones de temperatura promedio se acercan mucho a la confortabilidad delimitada.

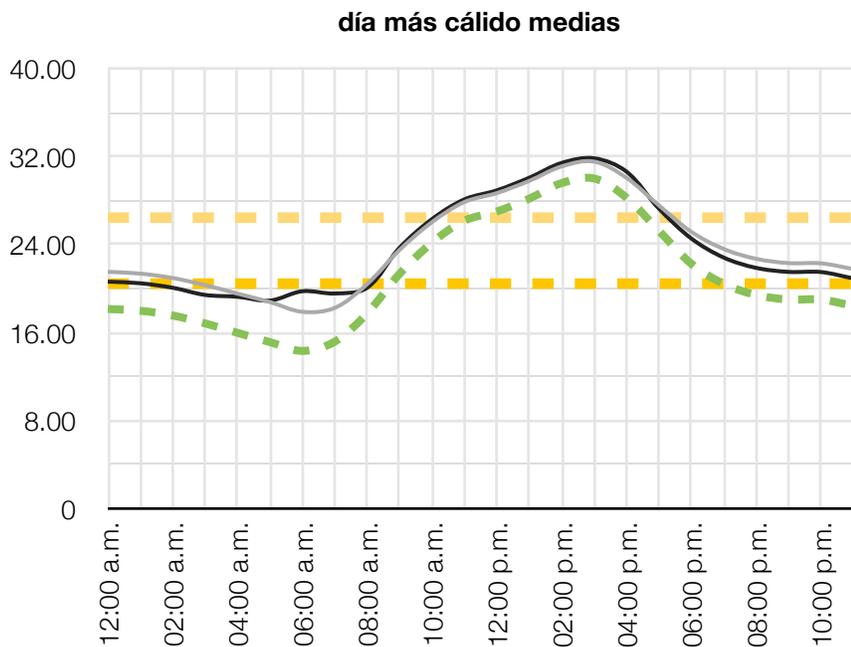
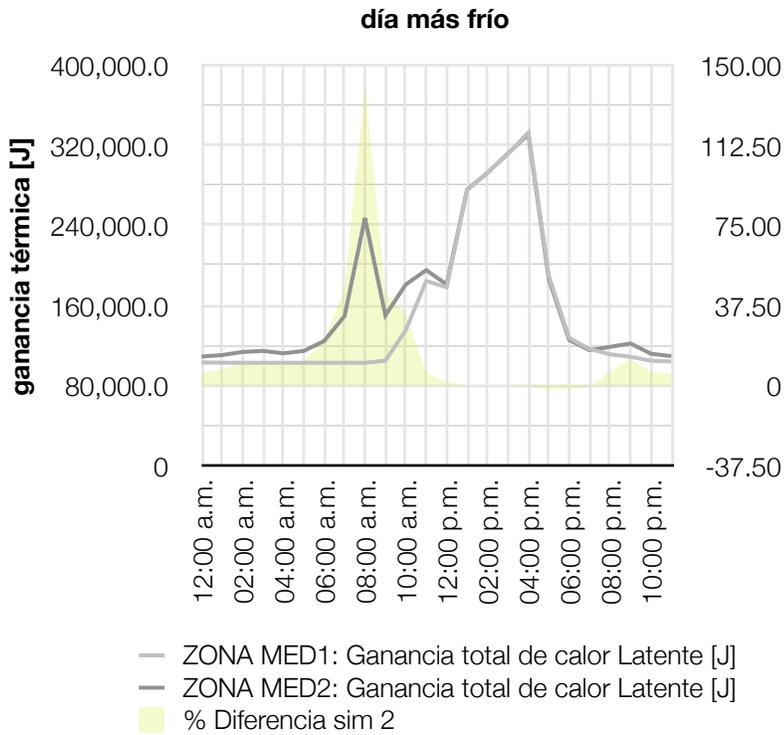


fig 33. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 02 Ciudad de México



En la vivienda tipo simulada en México, para el día frío hay una ganancia interna considerable entre las 7 y las 10 de la mañana, aumentando la ganancia a las 9, posteriormente el comportamiento es el mismo. Para el día cálido la variación es mínima, con una pequeña reducción en la ganancia, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

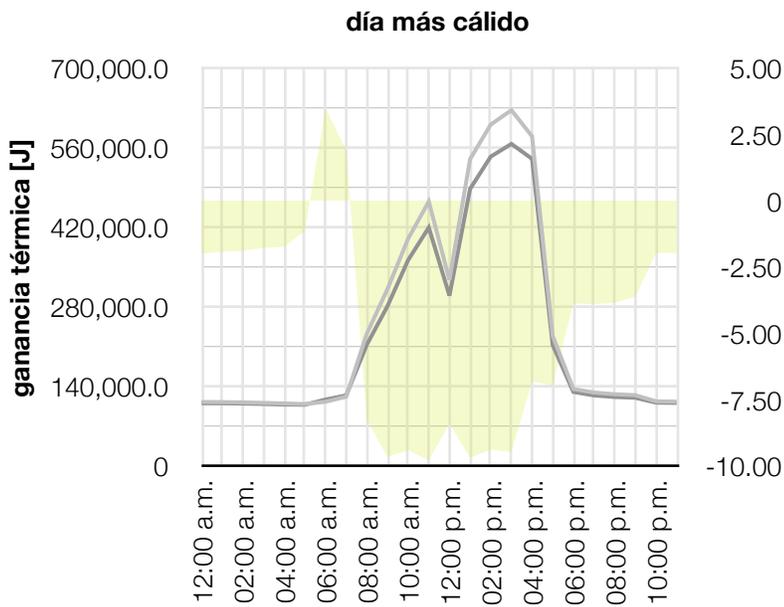
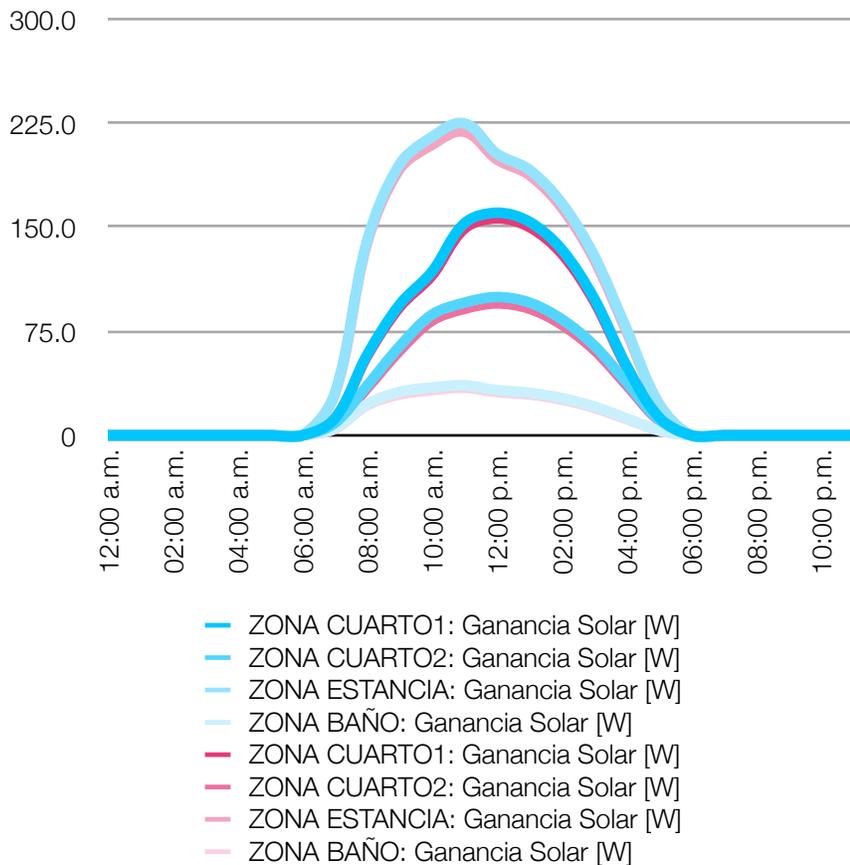
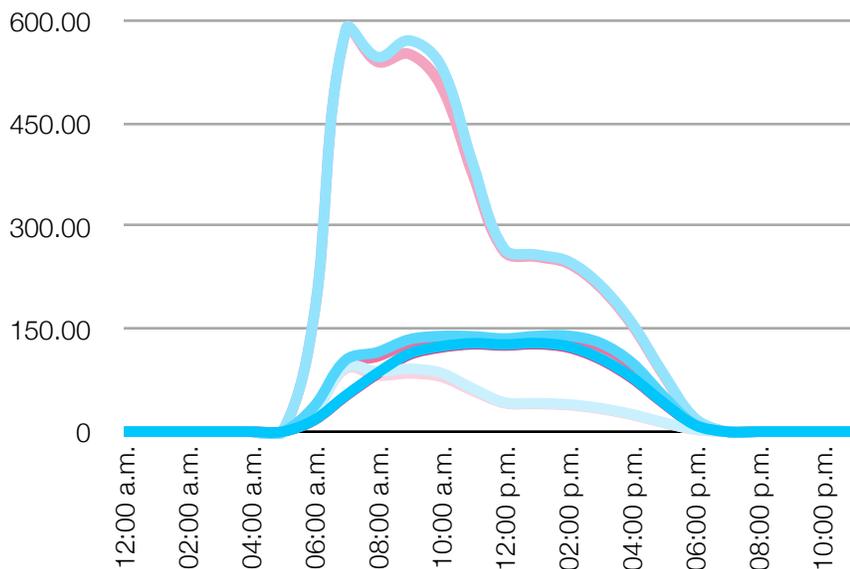


fig 34. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 02 Ciudad de México

día más frío Calor Solar W



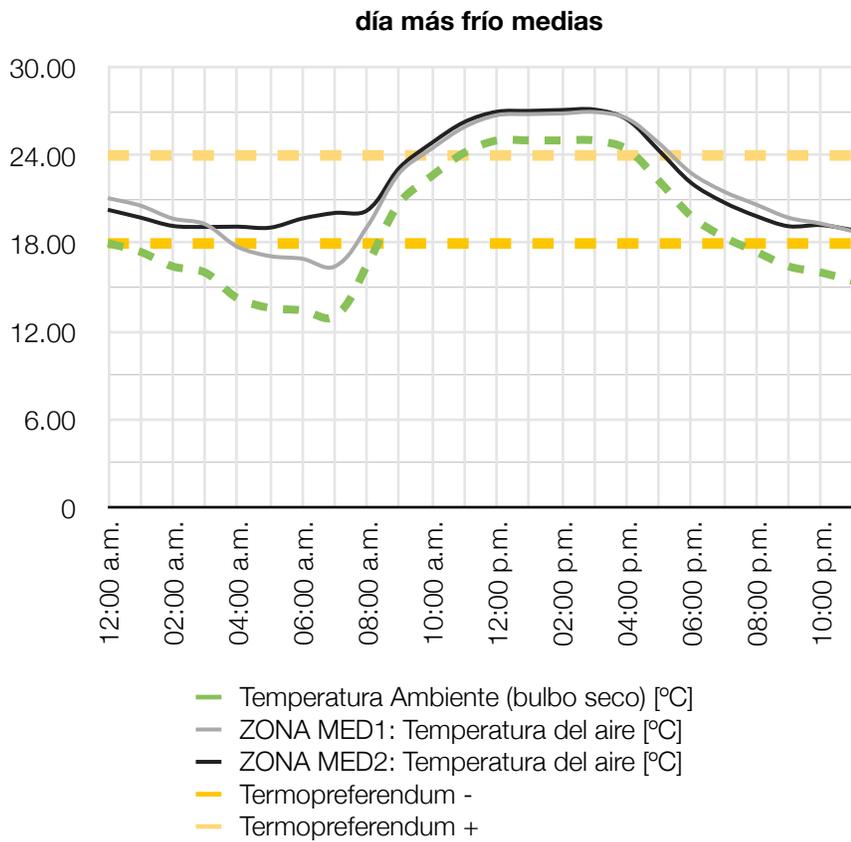
día más cálido Calor Solar W



→

En la vivienda tipo simulada en la Ciudad de México, el efecto de los sombreadores es mínimo. Como puede observarse en la figura, hay disminución pero no es representativa.

fig 35. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 02 Ciudad de México



En la vivienda tipo simulada en Xalapa, el día más frío ocurre el 9 de enero y el día más cálido el día 27 de marzo.

En el día frío las condiciones de temperatura se aproximan mucho al confort. En el día cálido, prácticamente se supera el umbral de confort durante todo el día y sólo por la noche se mantienen condiciones confortables.

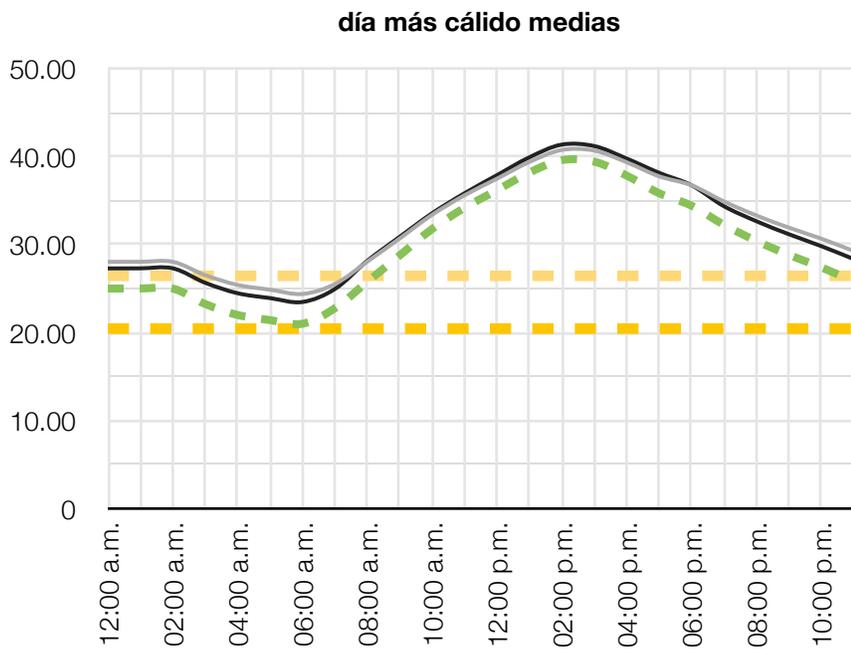
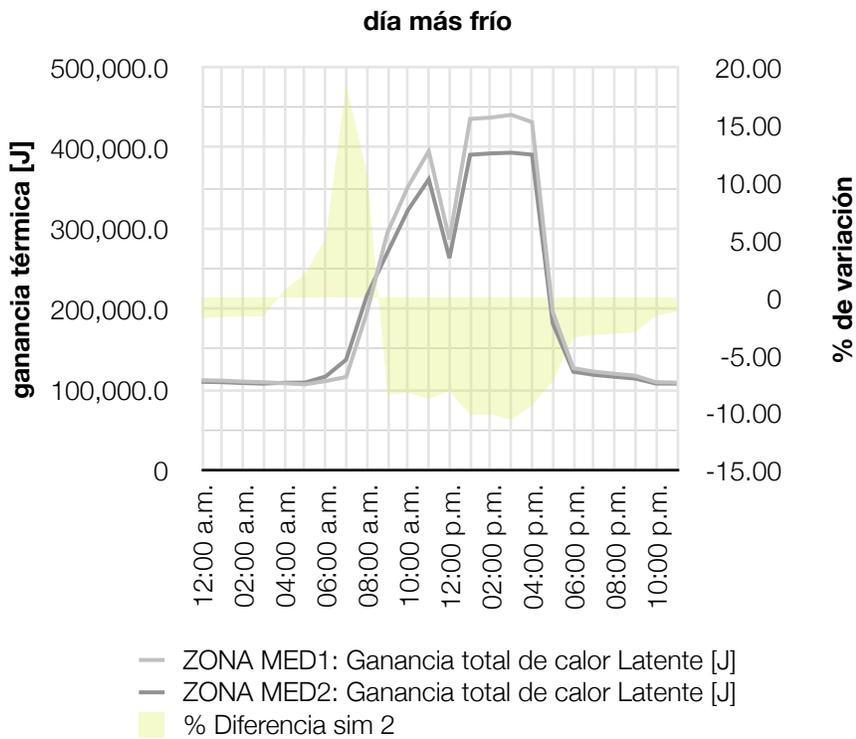


fig 36. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 03 Xalapa



En la vivienda tipo simulada en Xalapa, para el día frío hay una ganancia interna mínima que ocurre durante el día. Para el día cálido la variación también es mínima, aunque con una ligera reducción, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

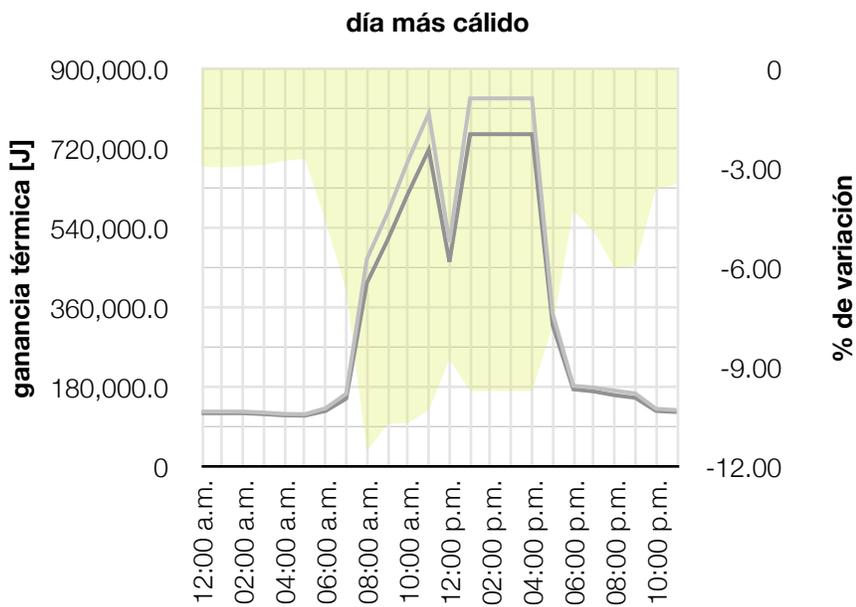
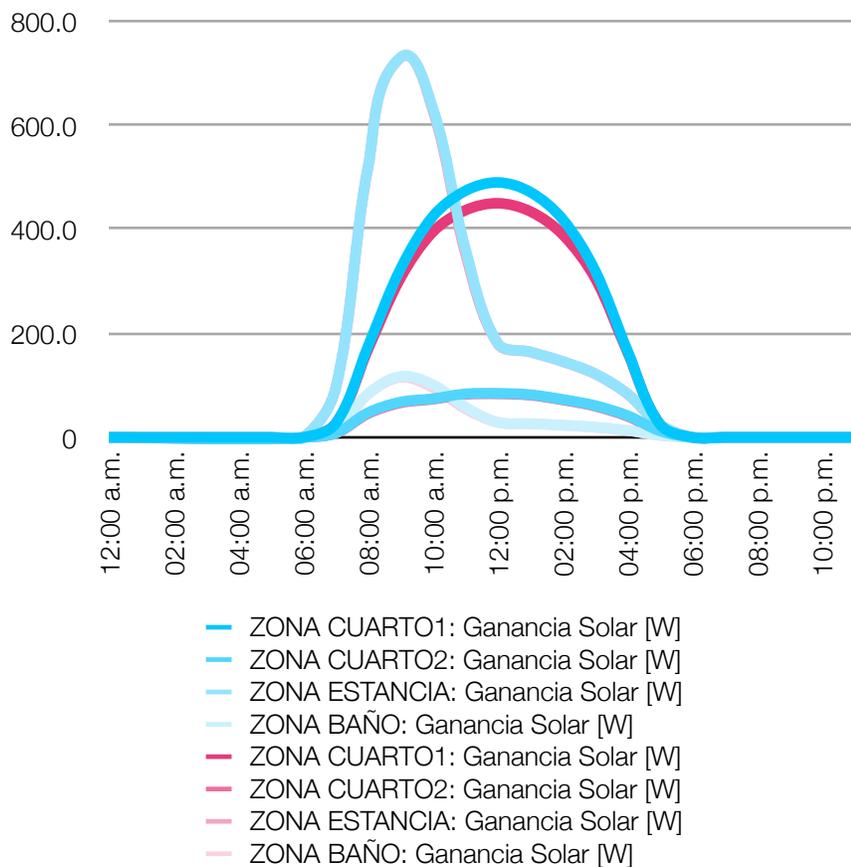


fig 37. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 03 Xalapa

día más frío Calor Solar W



En la vivienda tipo simulada en Xalapa, la variación por efecto de sombreadores no es representativa, pues la reducción es mínima y en apenas una de las zonas.

día más cálido Calor Solar W

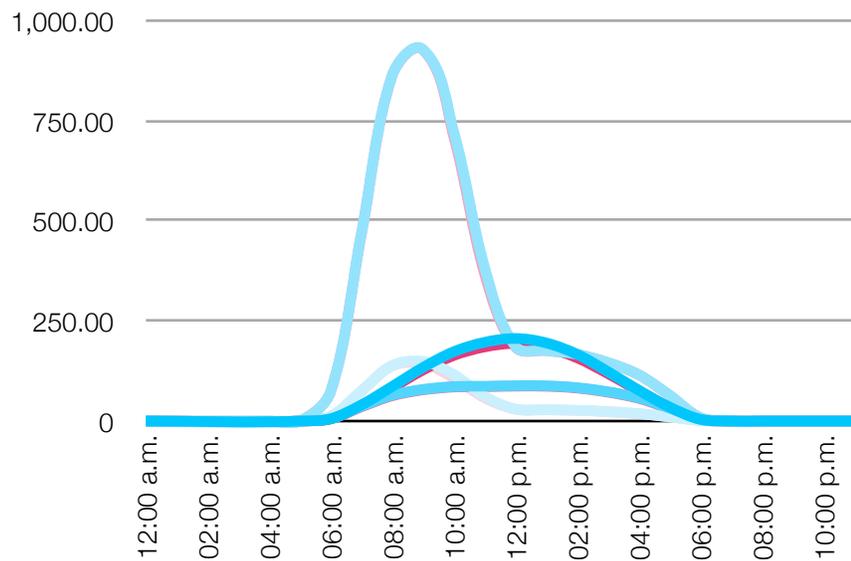
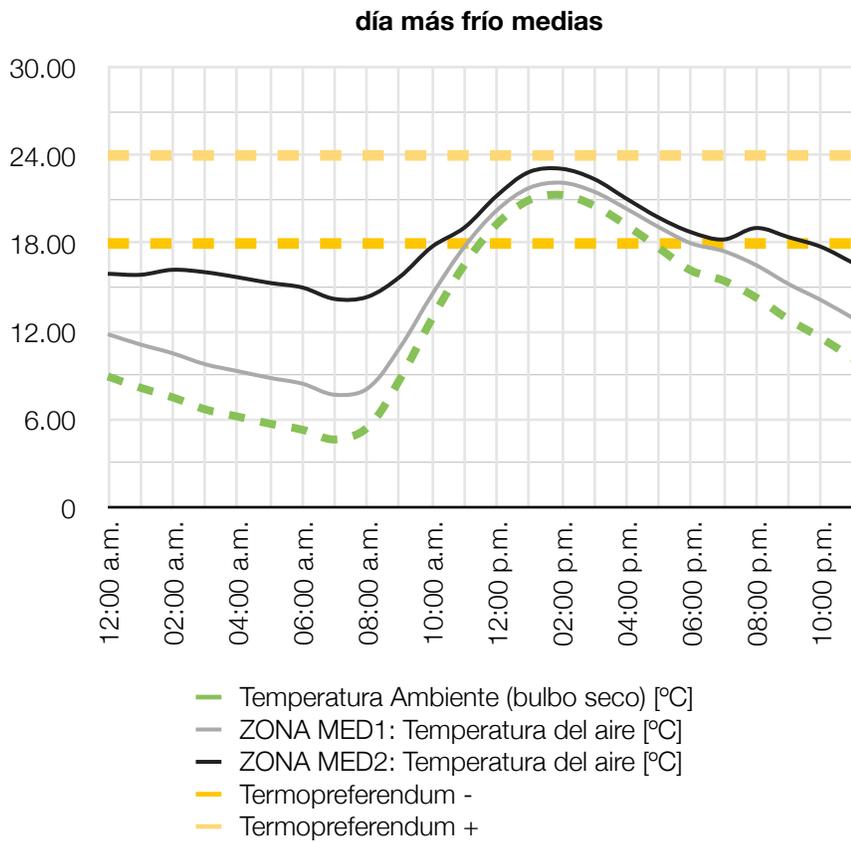


fig 38. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 03 Xalapa



En la vivienda tipo simulada en Aguascalientes, el día más frío ocurre el 17 de enero y el día más cálido el día 17 de mayo.

En el frío sólo se alcanzan condiciones de confortabilidad en la tarde, con la intervención de tecnologías en la envolvente. En el día cálido, prácticamente todo el día se tienen condiciones de confort.

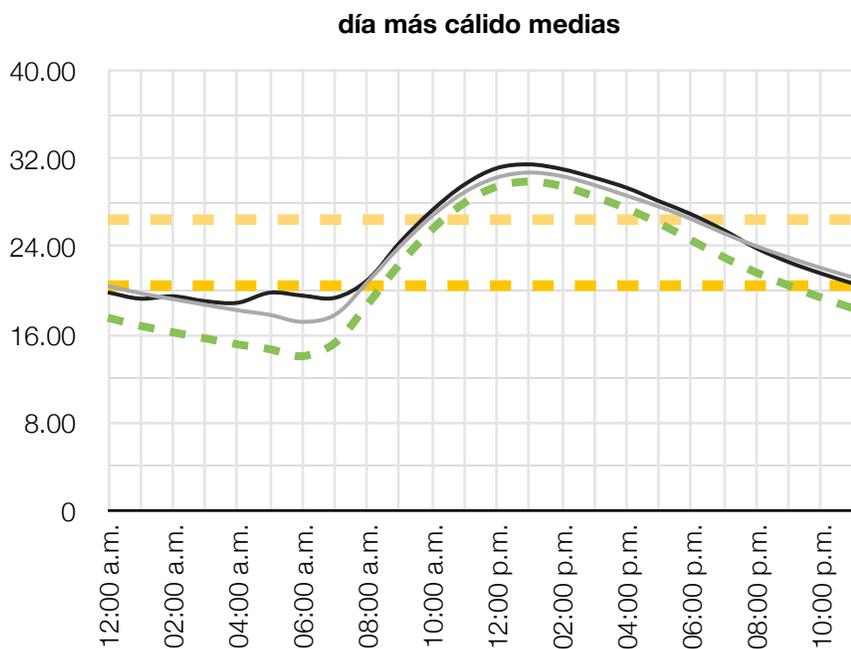
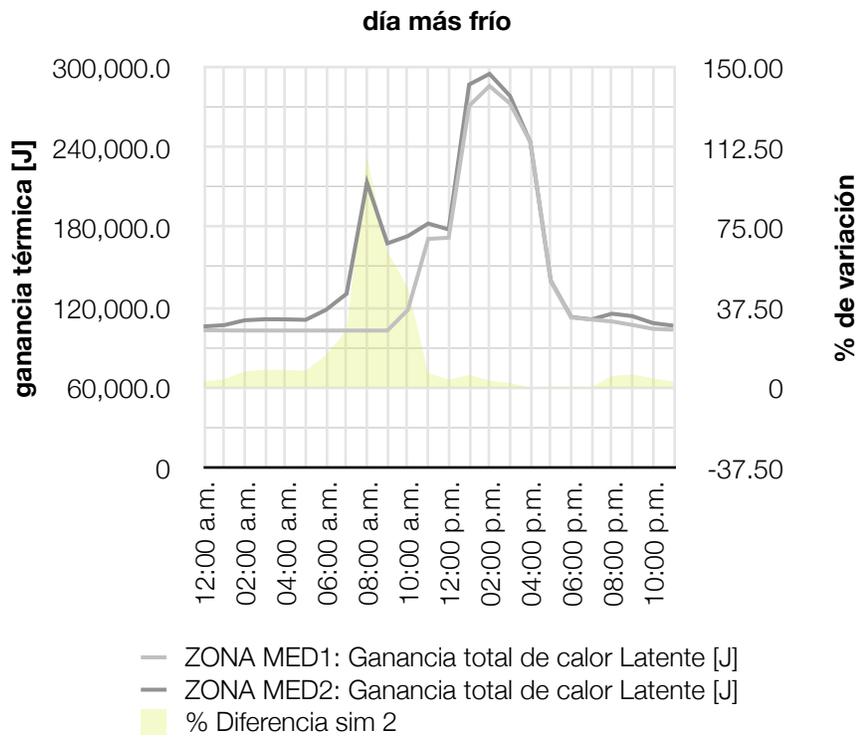


fig 39. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 04 Aguascalientes



En la vivienda tipo simulada en Aguascalientes, para el día frío hay una ganancia interna considerable entre las 7 y las 9 de la mañana, posteriormente el comportamiento es el mismo. Para el día cálido la variación es mínima, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

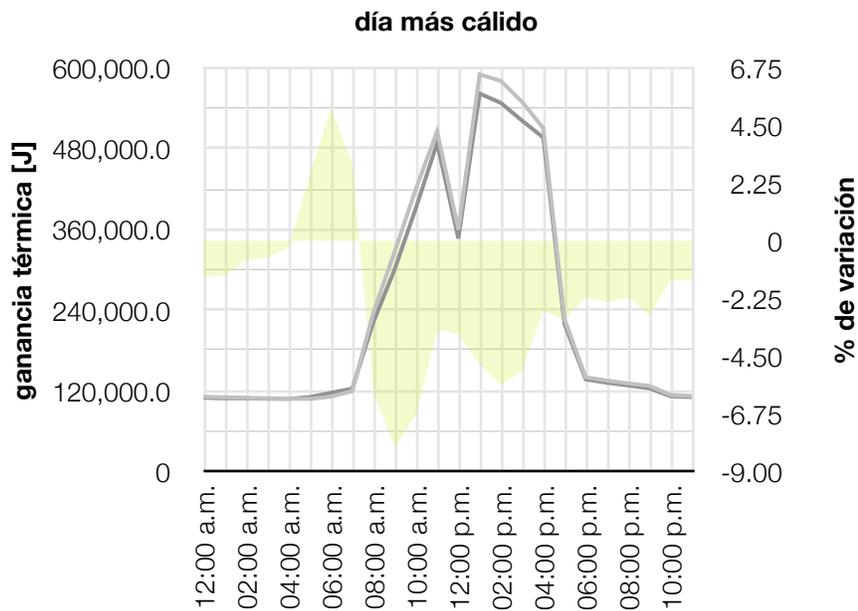
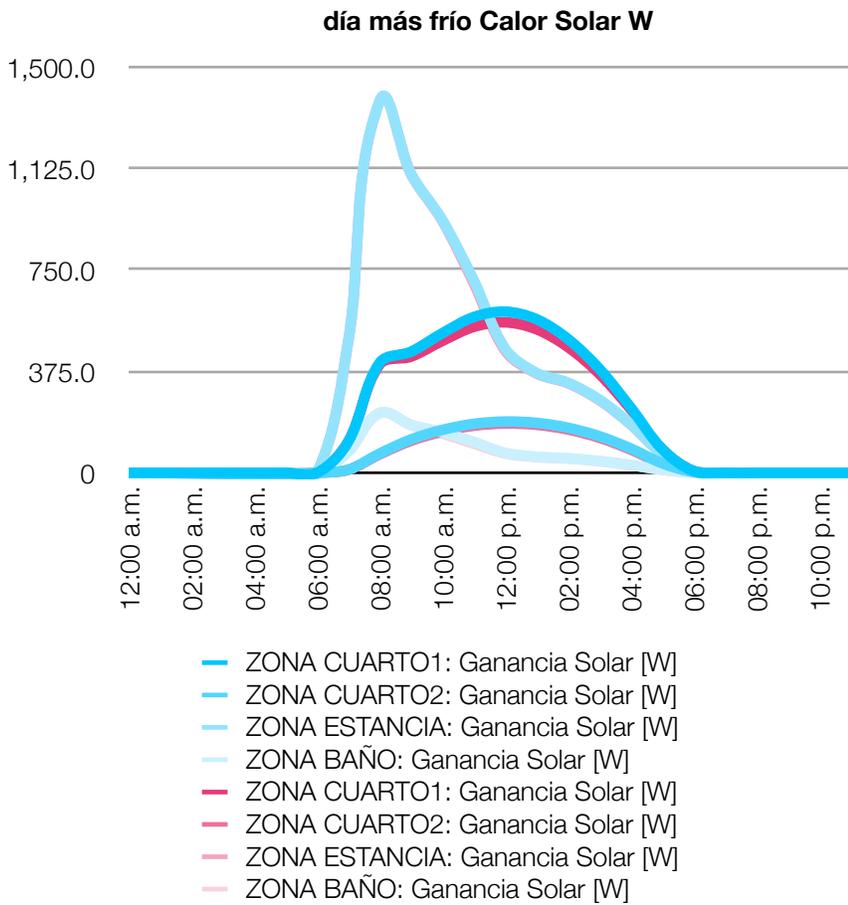


fig 40. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 04 Aguascalientes



En la vivienda tipo simulada en Aguascalientes, el efecto de los sombreadores no es representativo.

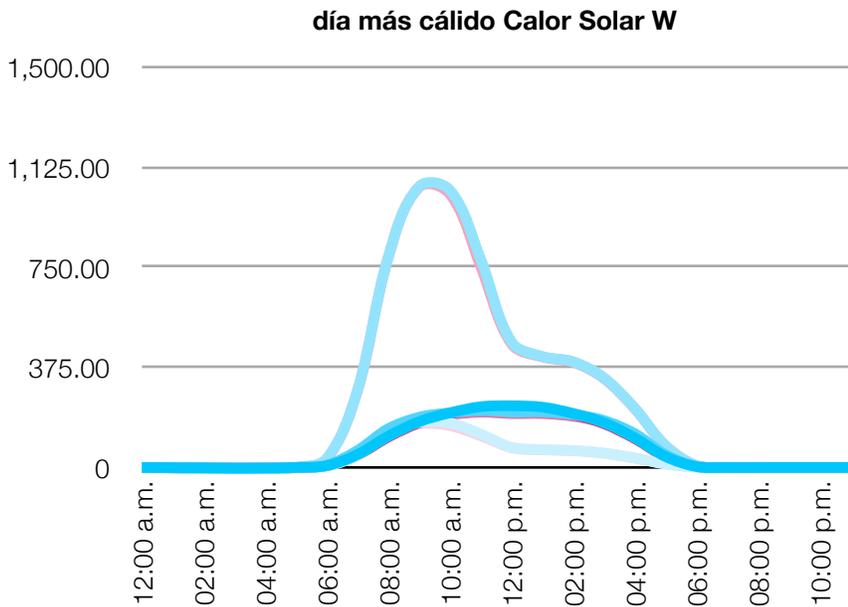
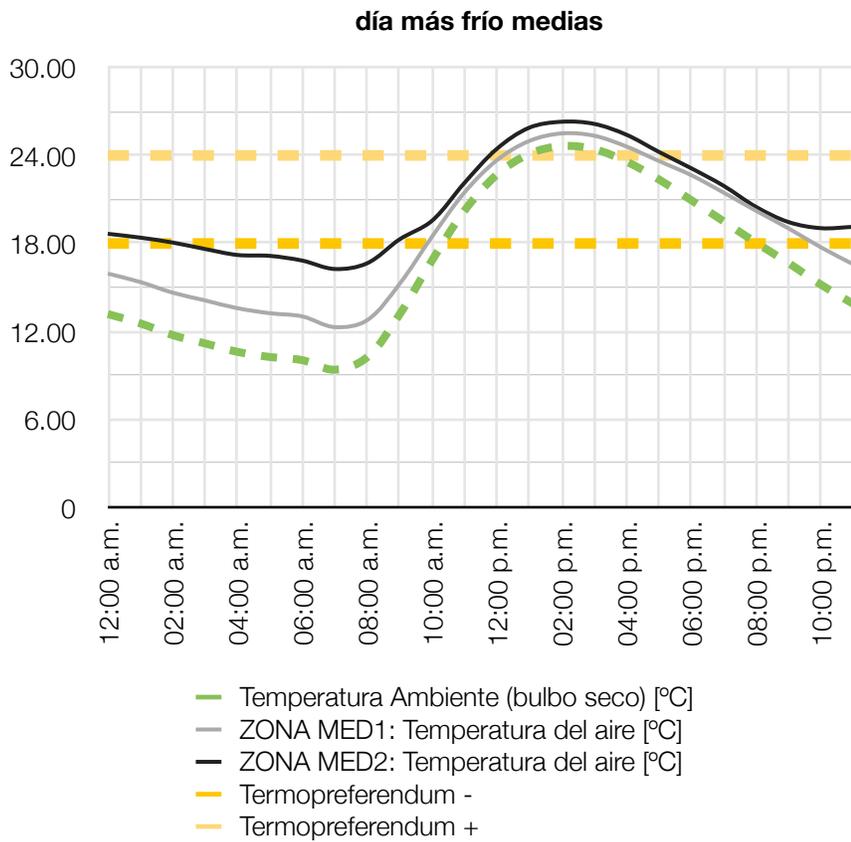


fig 41. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 04 Aguascalientes



En la vivienda tipo simulada en Guadalajara, el día más frío ocurre el 17 de enero y el día más cálido el día 16 de mayo.

En el día frío se alcanza una temperatura de confort por algunas horas en la tarde. En el día cálido, ocurre lo contrario, por la tarde, las condiciones de temperatura sobrepasan el confort a pesar de las estrategias aplicadas.

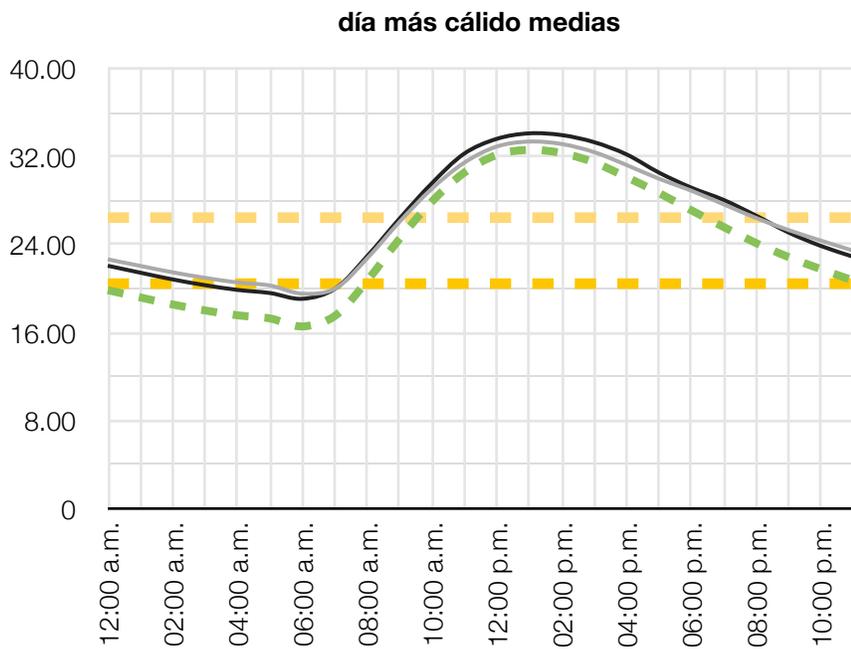
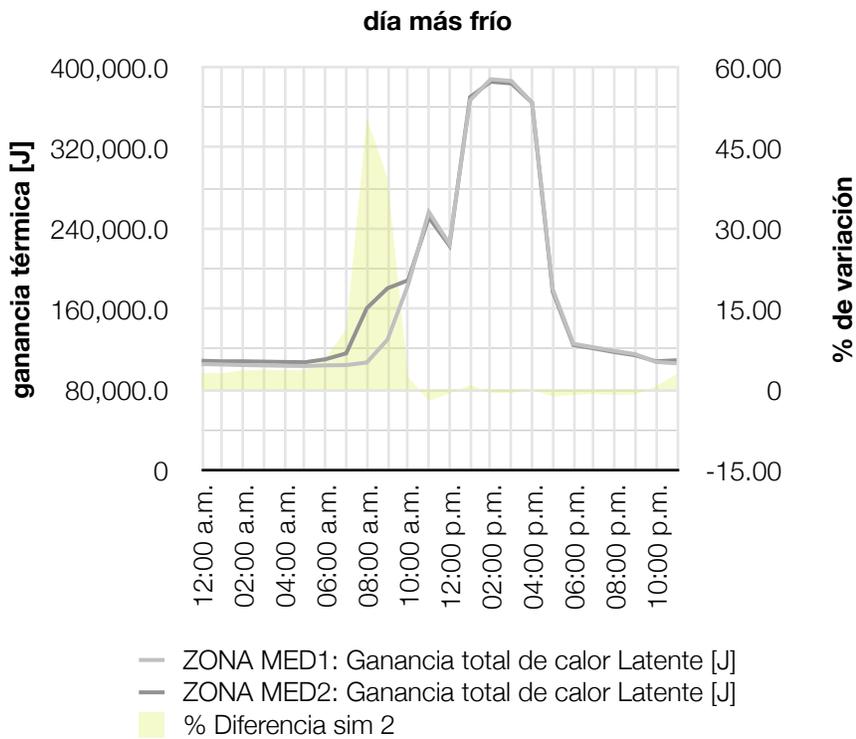


fig 42. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 05 Guadalajara



→

En la vivienda tipo simulada en Guadalajara, para el día frío hay una ganancia interna considerable entre las 7 y las 9 de la mañana, posteriormente el comportamiento es el mismo. Para el día cálido la reducción es mínima, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

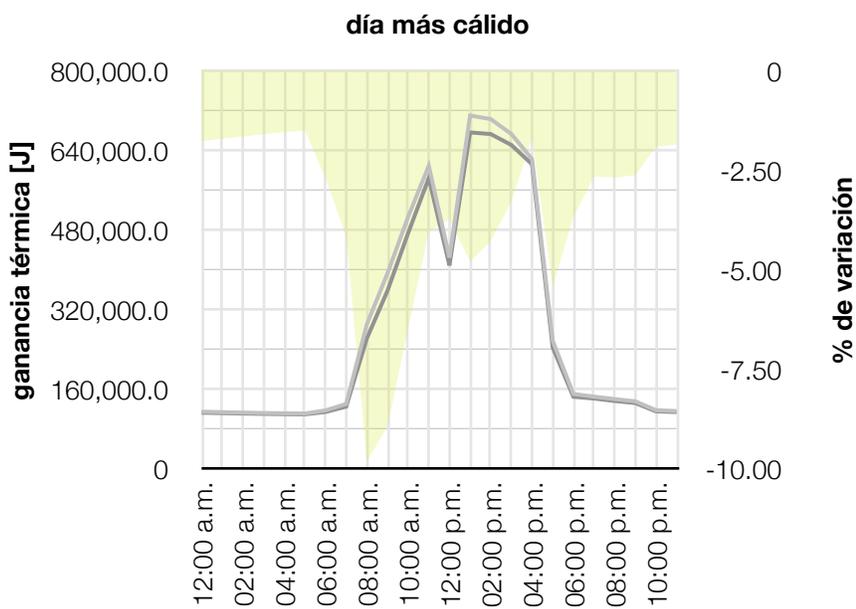
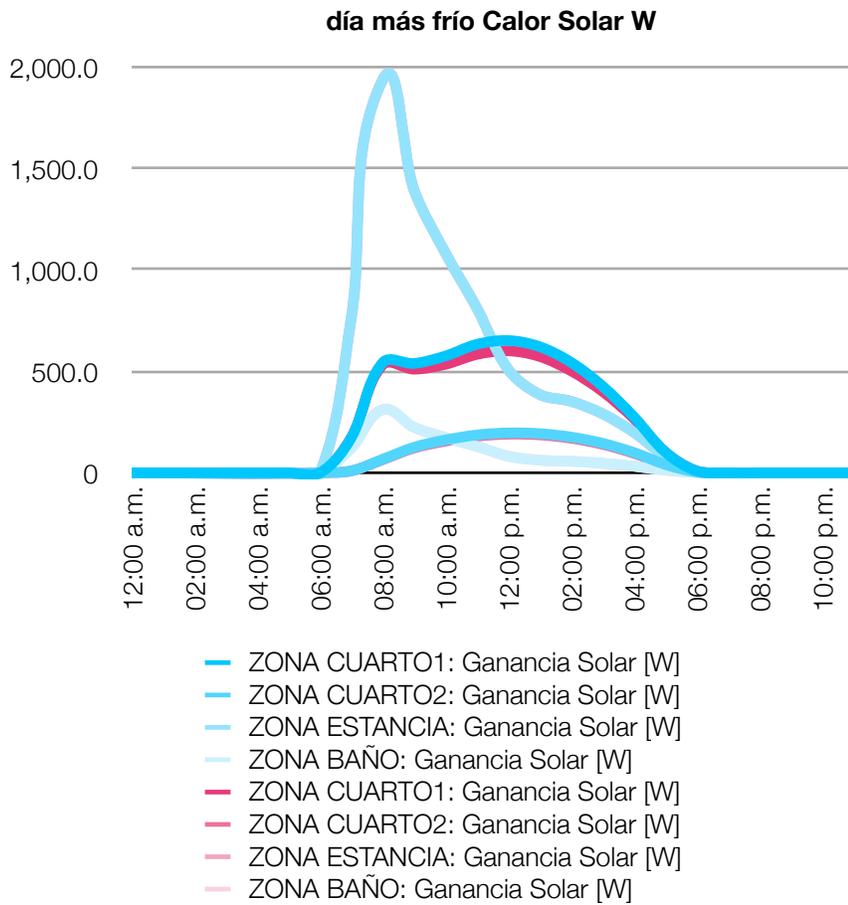


fig 43. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 05 Guadalajara



En la vivienda tipo simulada en Guadalajara, el efecto de los sombreadores es mínimo.

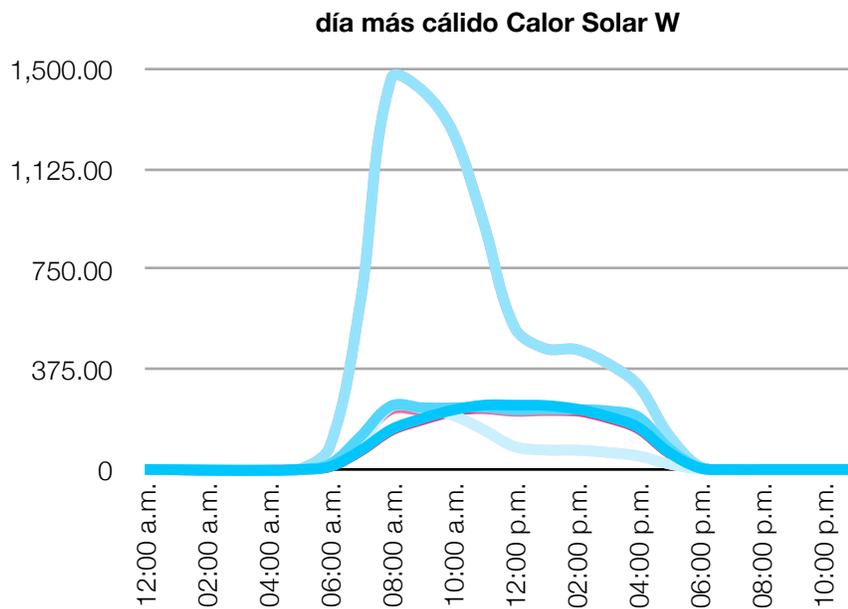
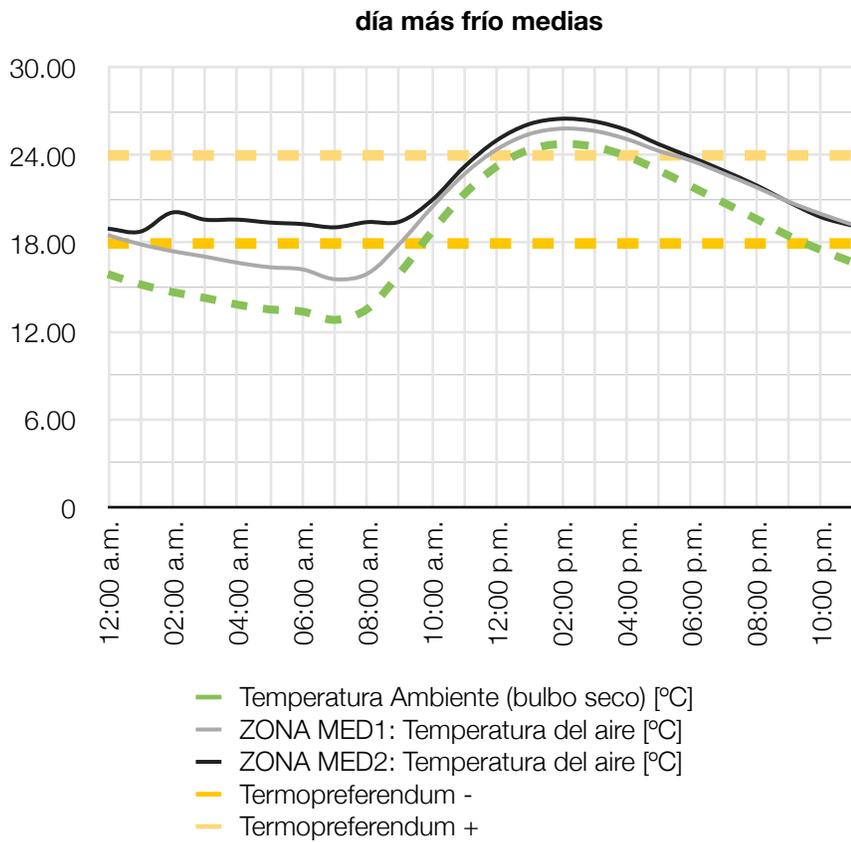


fig 44. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 05 Guadalajara



En la vivienda tipo simulada en Cuernavaca, el día más frío ocurre el 31 de diciembre y el día más cálido el día 19 de abril.

En el frío se alcanza una temperatura de confort durante la tarde, por la mañana está por debajo la temperatura aunque no es grande la diferencia. En el día cálido, prácticamente todo el día está en condiciones de confort.

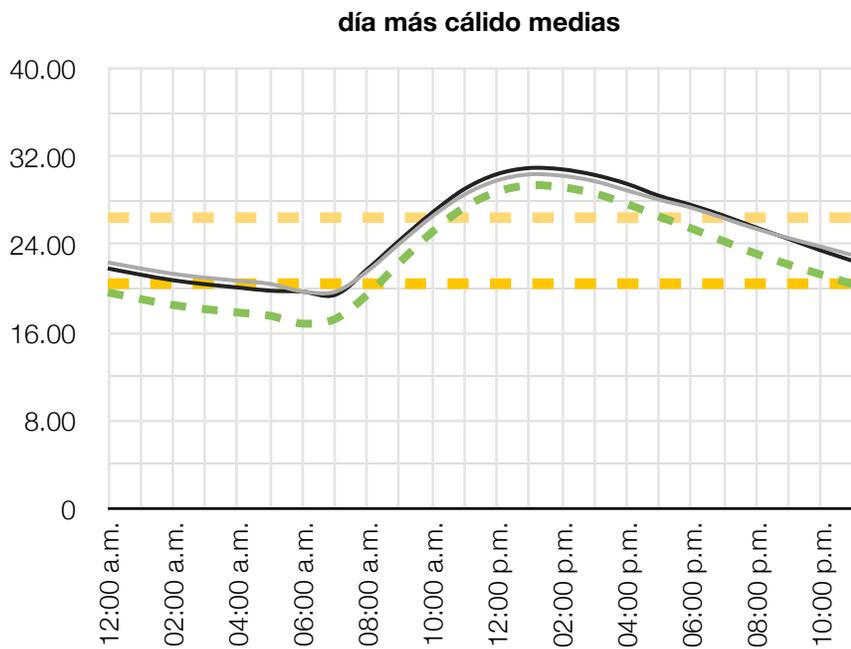
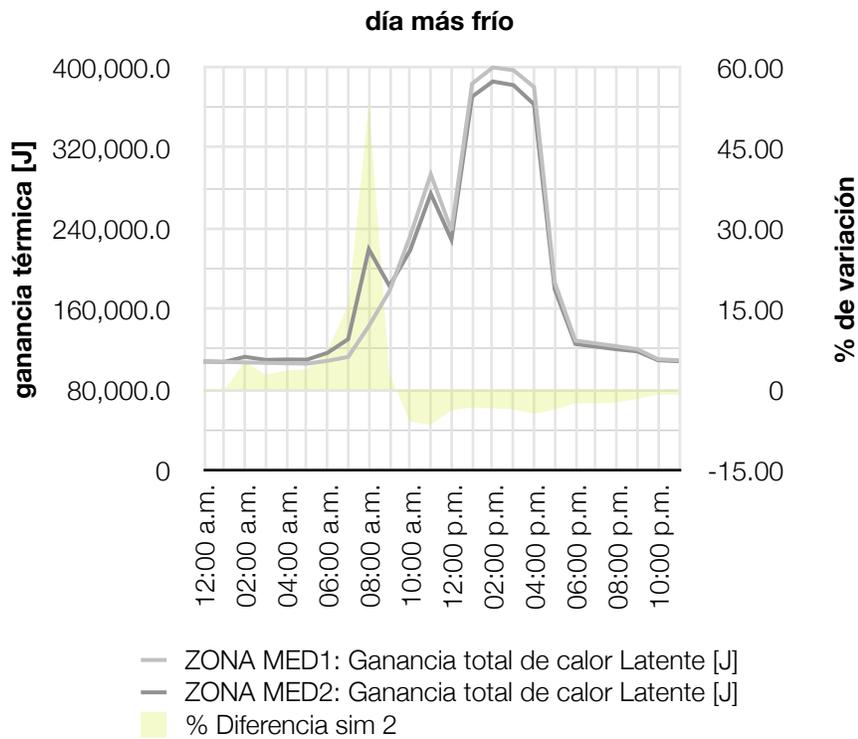


fig 45. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 06 Cuernavaca



En la vivienda tipo simulada en Cuernavaca, para el día frío hay una ganancia interna considerable entre las 6 y las 9 de la mañana, posteriormente el comportamiento es el mismo. Para el día cálido la reducción es mínima, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

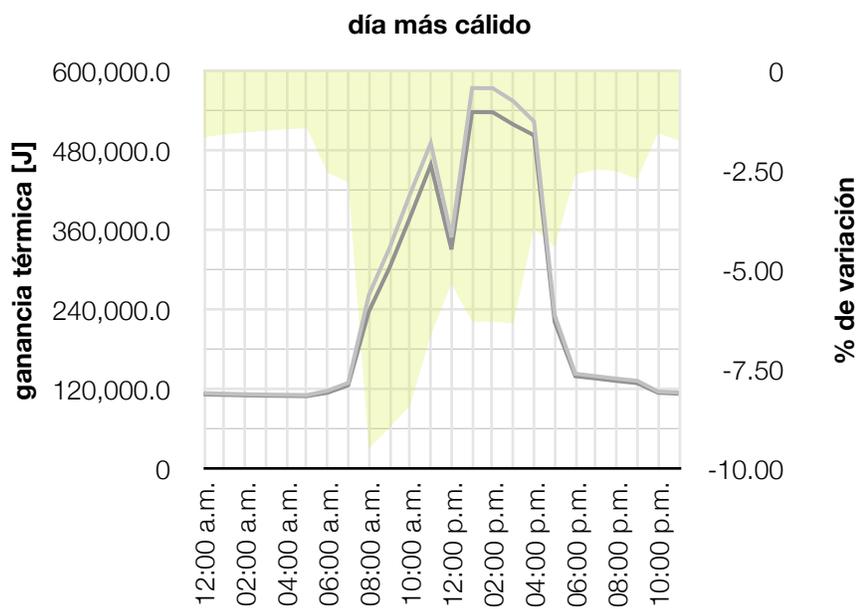
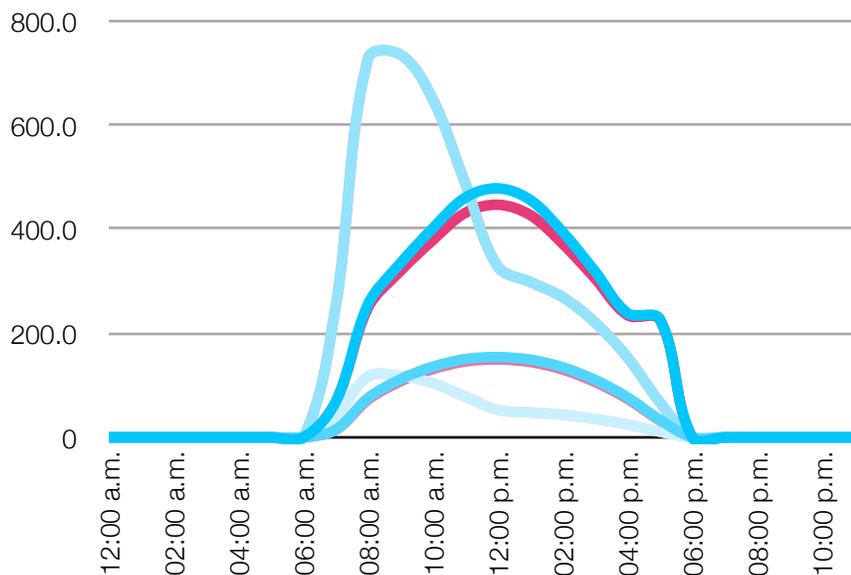


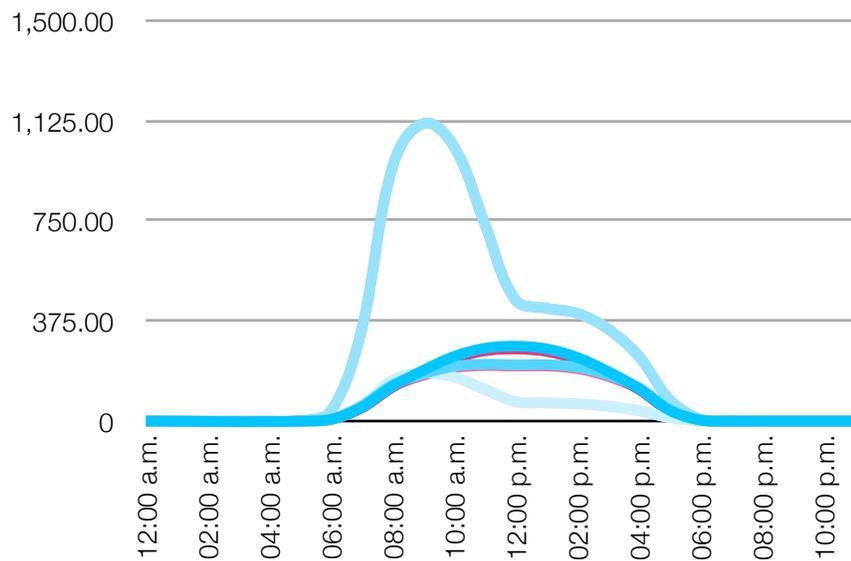
fig 46. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 06 Cuernavaca

día más frío Calor Solar W



- ZONA CUARTO1: Ganancia Solar [W]
- ZONA CUARTO2: Ganancia Solar [W]
- ZONA ESTANCIA: Ganancia Solar [W]
- ZONA BAÑO: Ganancia Solar [W]
- ZONA CUARTO1: Ganancia Solar [W]
- ZONA CUARTO2: Ganancia Solar [W]
- ZONA ESTANCIA: Ganancia Solar [W]
- ZONA BAÑO: Ganancia Solar [W]

día más cálido Calor Solar W

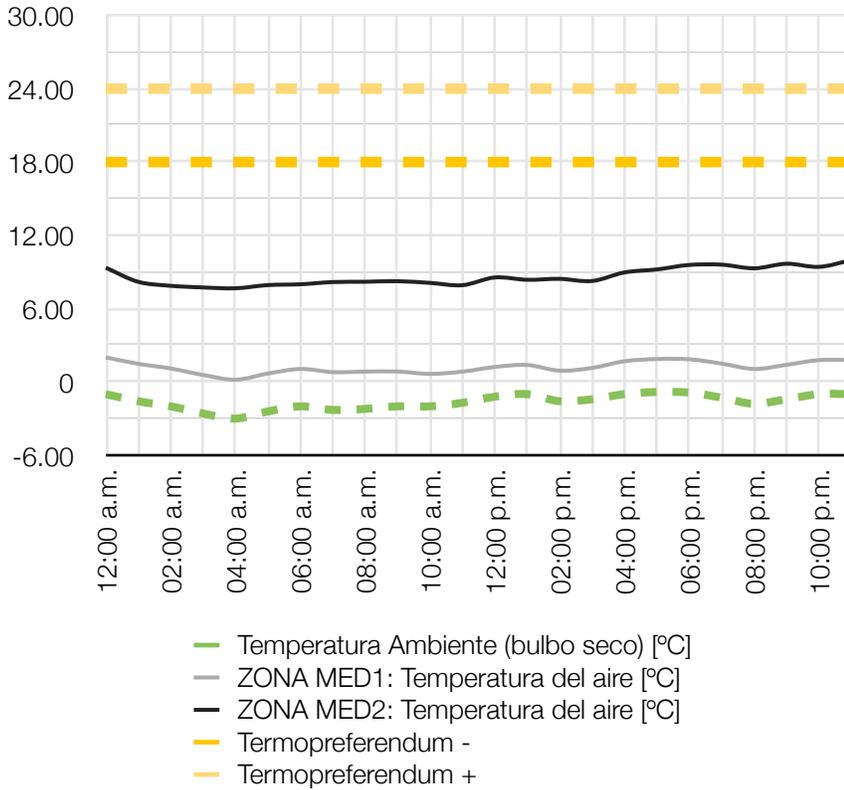


→

En la vivienda tipo simulada en Cuernavaca, el efecto de los sombreadores es mínimo y no representa cambios significativos.

fig 47. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 06 Cuernavaca

día más frío medias



En la vivienda tipo simulada en Monterrey, el día más frío ocurre el 13 de enero y el día más cálido el día 7 de mayo.

En el frío no se alcanza una temperatura de confort, y la diferencia es amplia. Con ayuda de las recomendaciones implementadas, la temperatura aumenta pero no alcanza la zona de confort. En el día cálido, por la tarde, las condiciones de temperatura sobrepasan por mucho el confort, a pesar de las estrategias aplicadas.

día más cálido medias

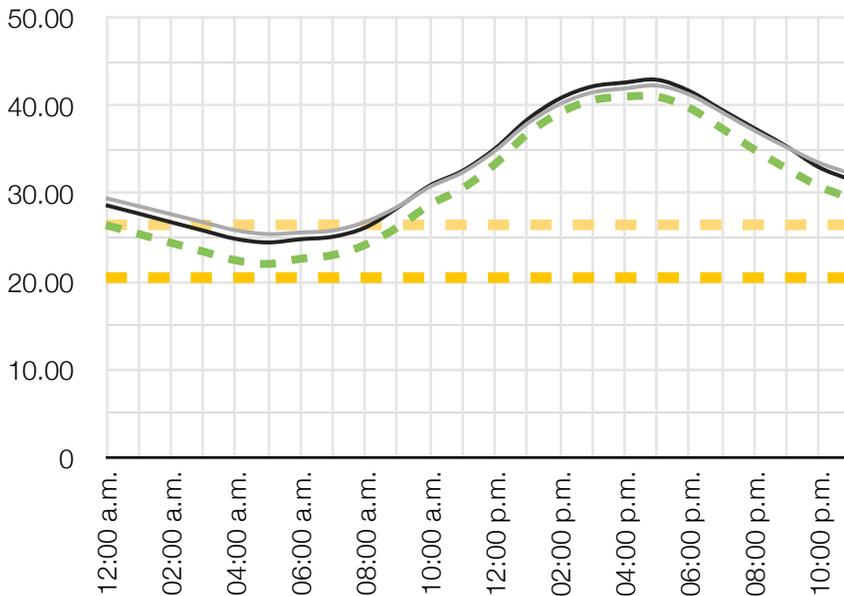
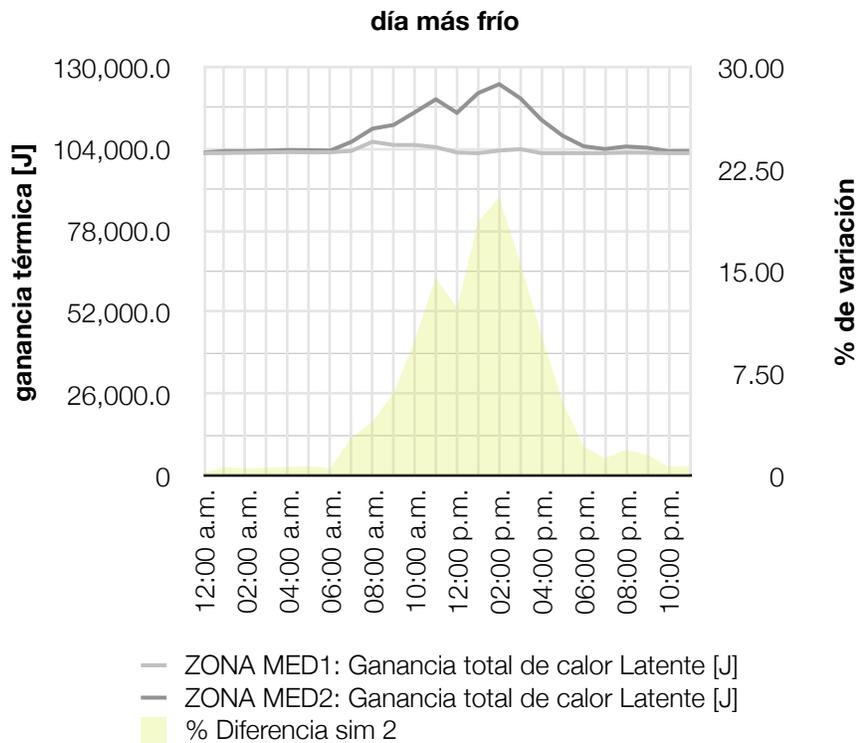


fig 48. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 07 Monterrey



En la vivienda tipo simulada en Monterrey, para el día frío hay una ganancia interna entre las 9 y las 15 horas, posteriormente el comportamiento es el mismo. Para el día cálido la reducción es mínima, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

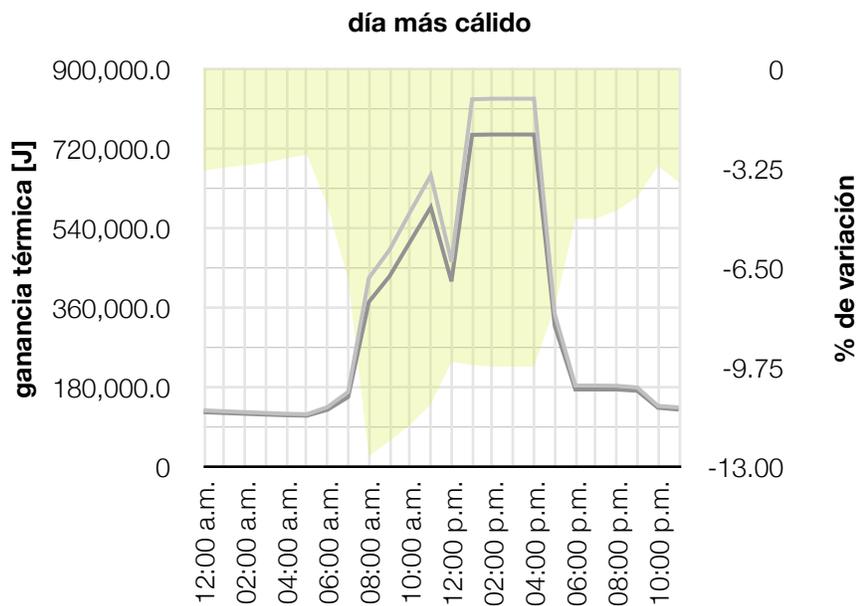
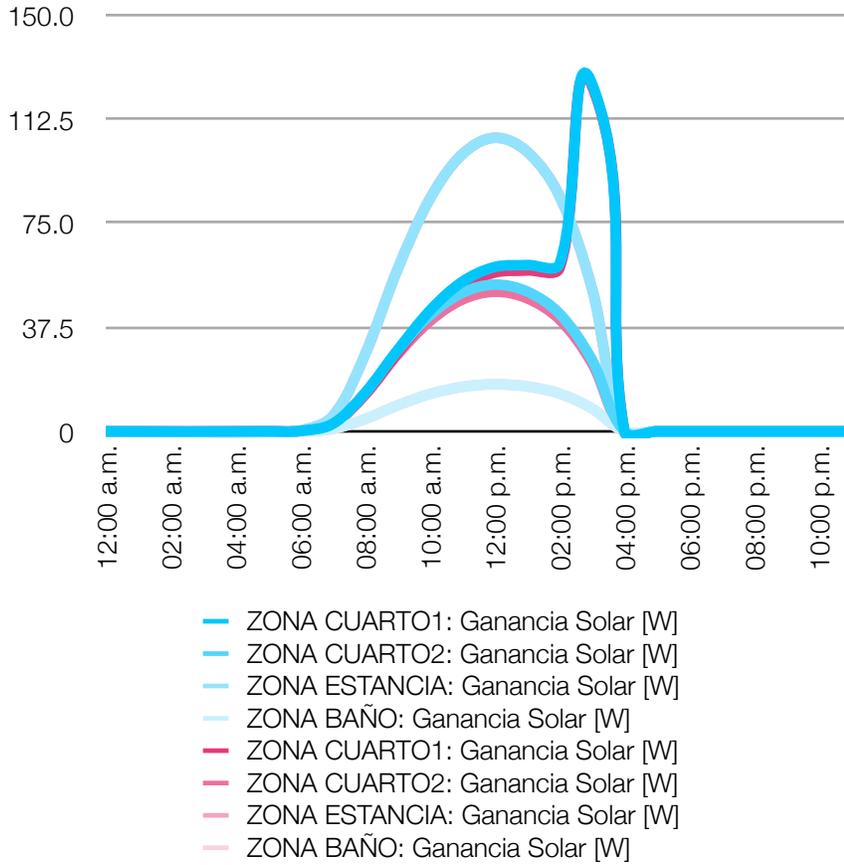


fig 49. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 07 Monterrey

día más frío Calor Solar W



En la vivienda tipo simulada en Monterrey, los sombreadores no disminuyen por mucho la ganancia de calor.

día más cálido Calor Solar W

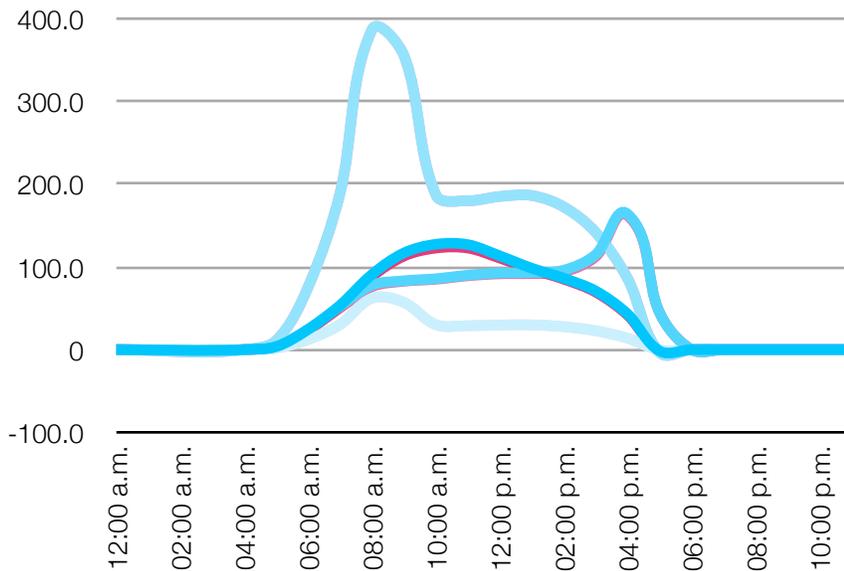
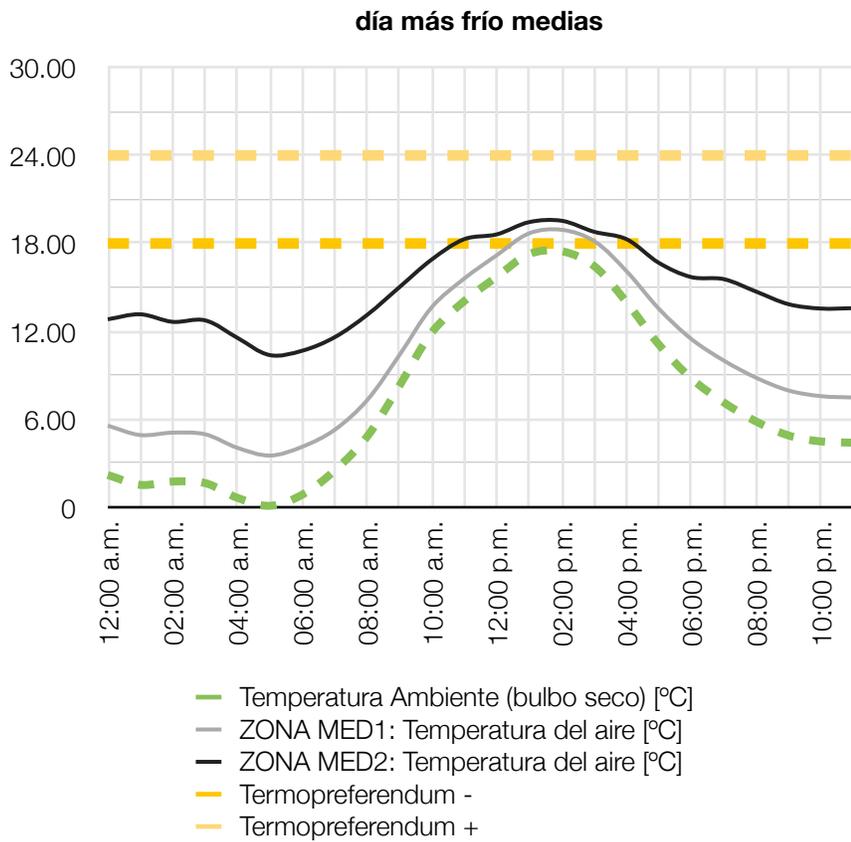


fig 50. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 07 Monterrey



En la vivienda tipo simulada en Mexicali, el día más frío ocurre el 29 de diciembre y el día más cálido el día 7 de julio. En el frío sólo se alcanza una temperatura de confort en la media tarde. En el día cálido, prácticamente durante todo el día las condiciones de temperatura sobrepasan el confort a pesar de las estrategias aplicadas, y sólo por la noche se tienen condiciones confortables.

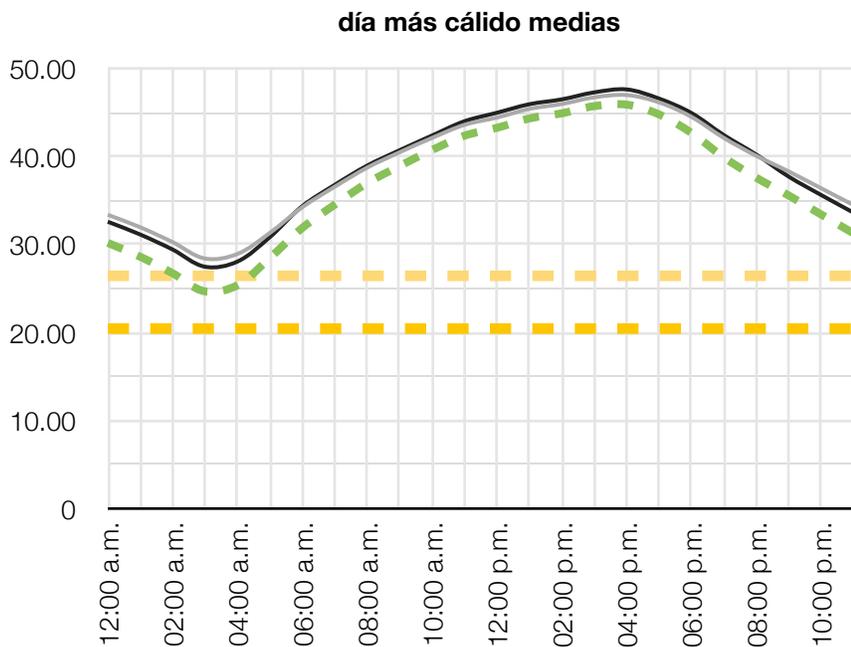
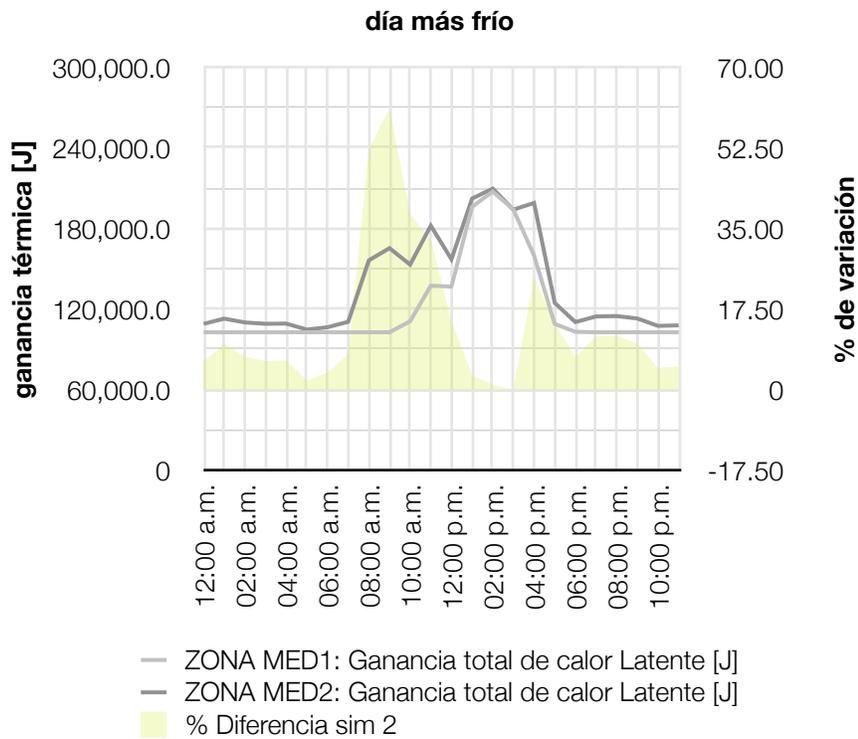


fig 51. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 08 Mexicali



En la vivienda tipo simulada en Mexicali, para el día frío hay una ganancia interna considerable entre las 7 y las 11 de la mañana, posteriormente el comportamiento es el mismo. Para el día cálido la variación es mínima, como puede observarse en el cambio porcentual (eje derecho).

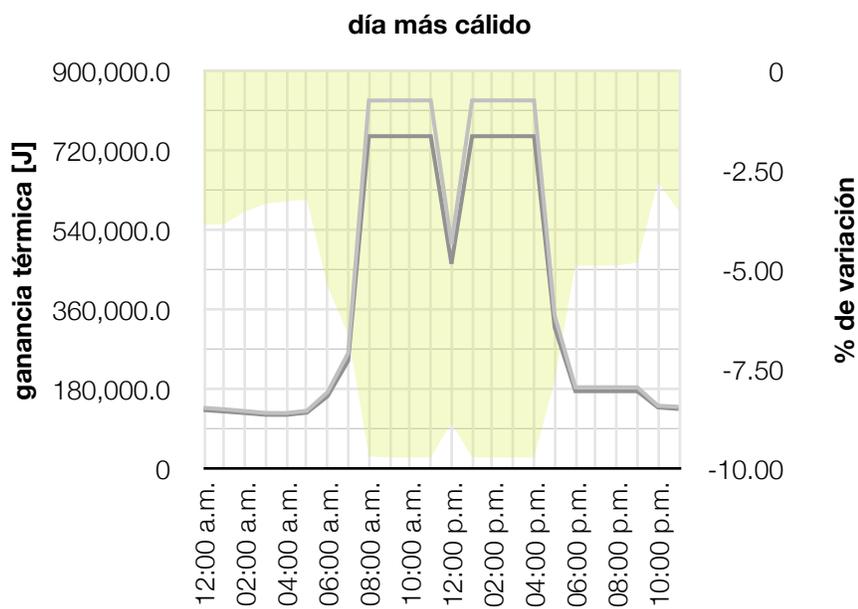
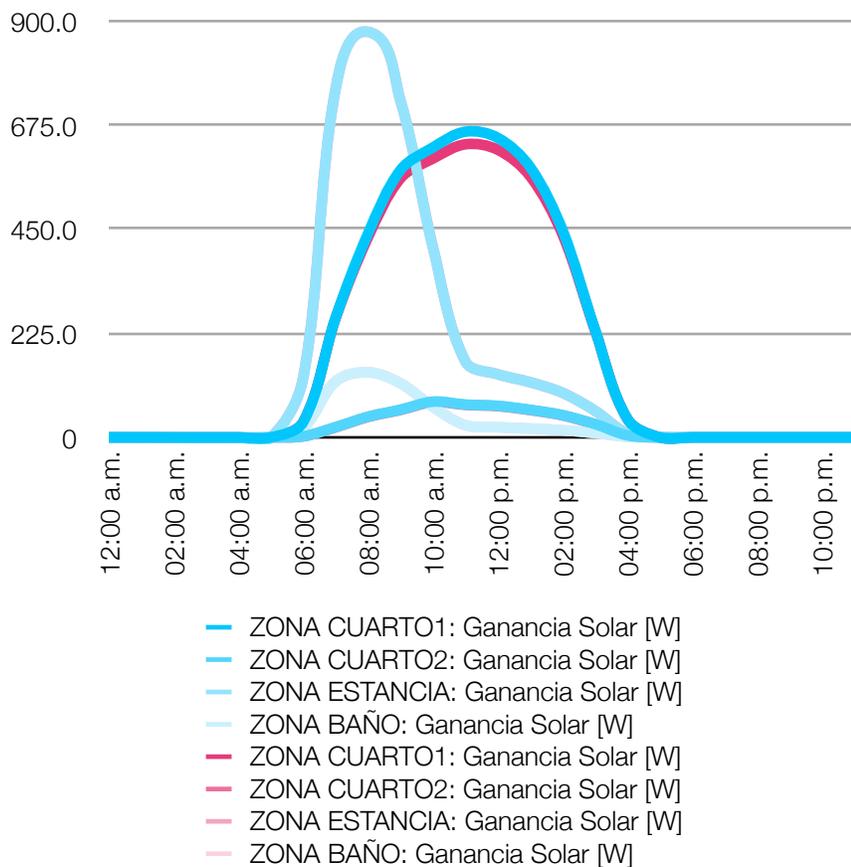


fig 52. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 08 Mexicali

día más frío Calor Solar W



En la vivienda tipo simulada en Mexicali, la alteración por efecto de sombreadores es mínima.

día más cálido Calor Solar W

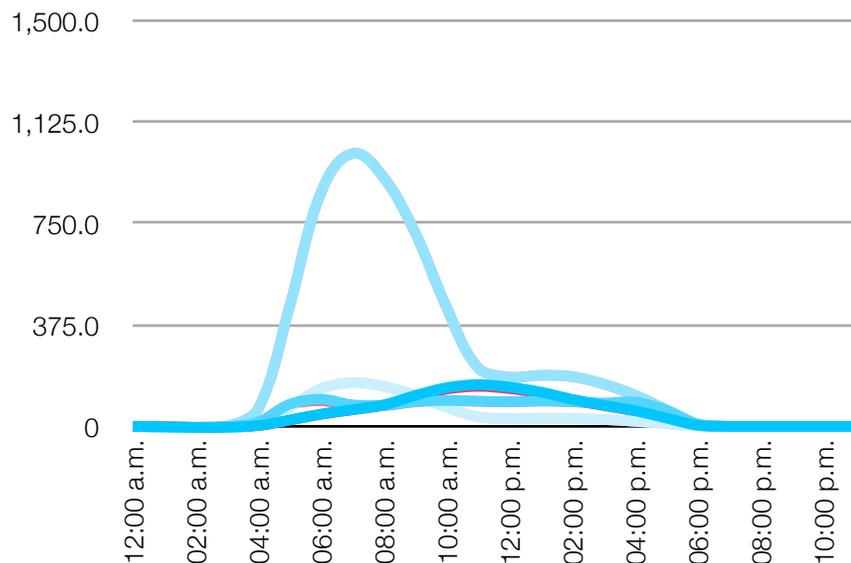
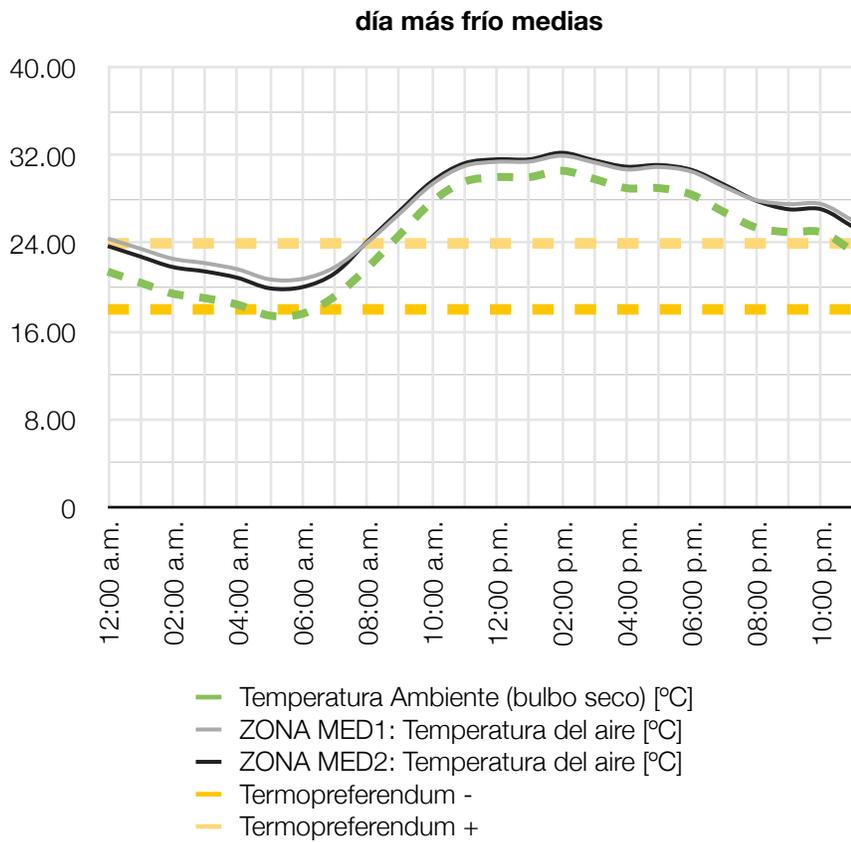


fig 53. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 08 Mexicali



→

En la vivienda tipo simulada en Mérida, el día más frío ocurre el 29 de enero y el día más cálido el día 17 de julio.

En el día frío se tienen condiciones de confort y en la tarde se supera el límite. En el día cálido, prácticamente todo el día se tienen condiciones superiores del rango de confort.

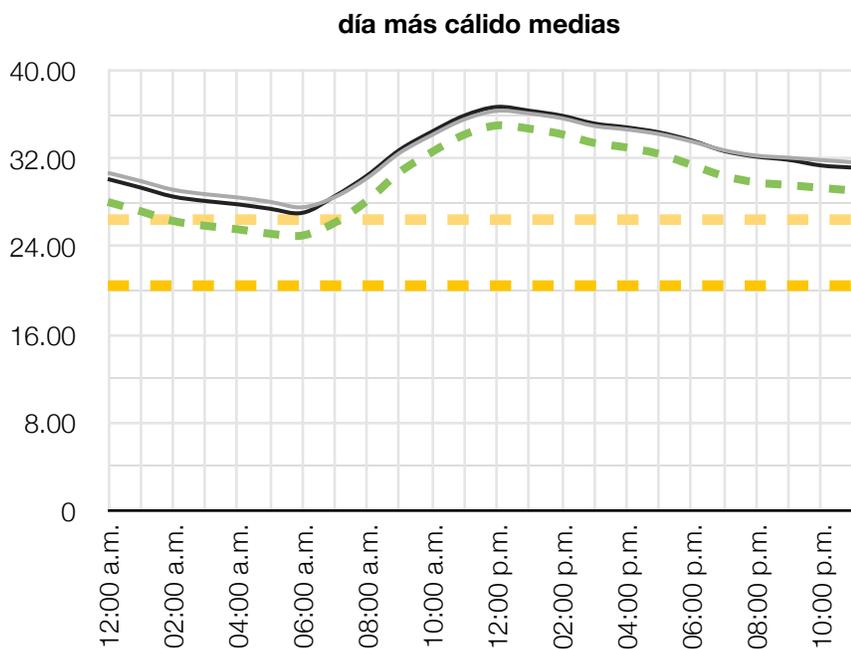
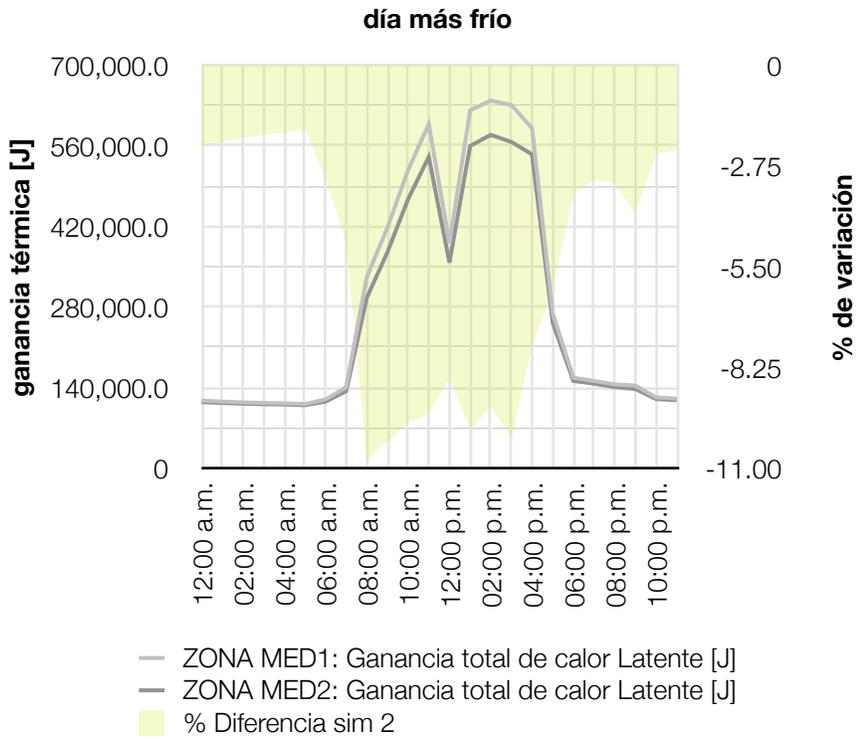


fig 54. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 09 Mérida



→

En la vivienda tipo simulada en Mérida, tanto para el día cálido como para el día frío no hay ganancias internas considerables.

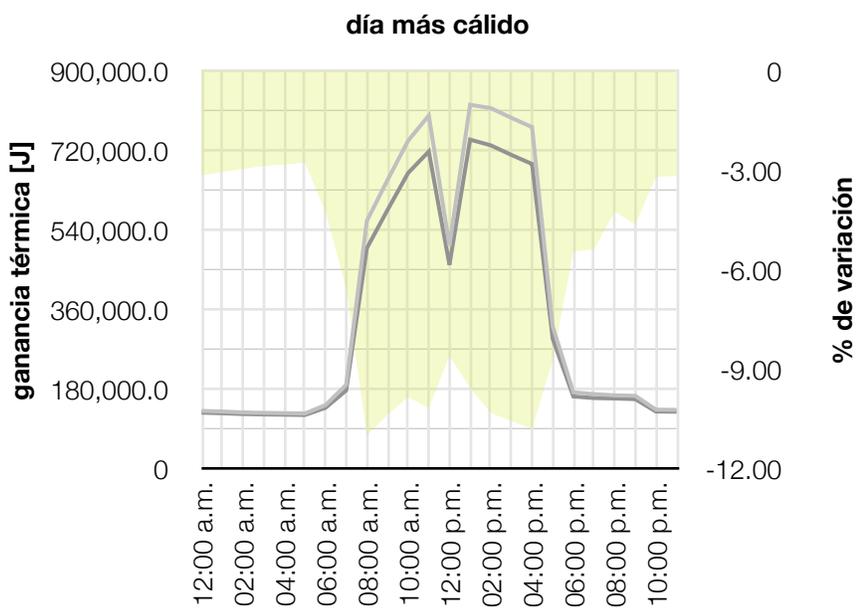
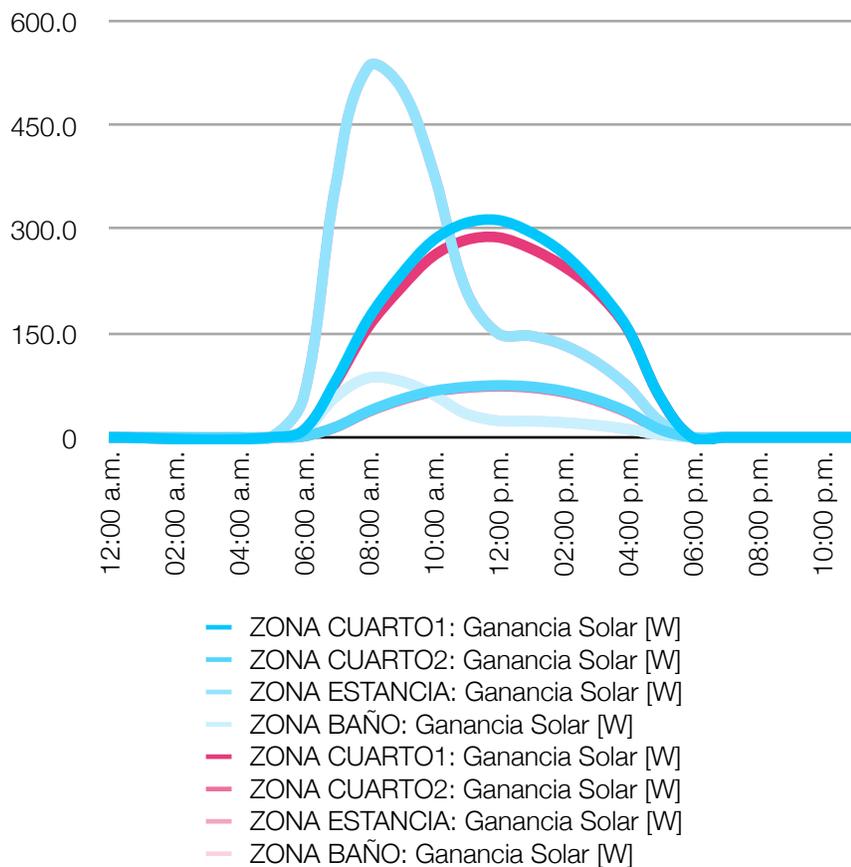


fig 55. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 09 Mérida

día más frío Calor Solar W



En la vivienda tipo simulada en Mérida, el efecto de los sombreadores es mínimo.

día más cálido Calor Solar W

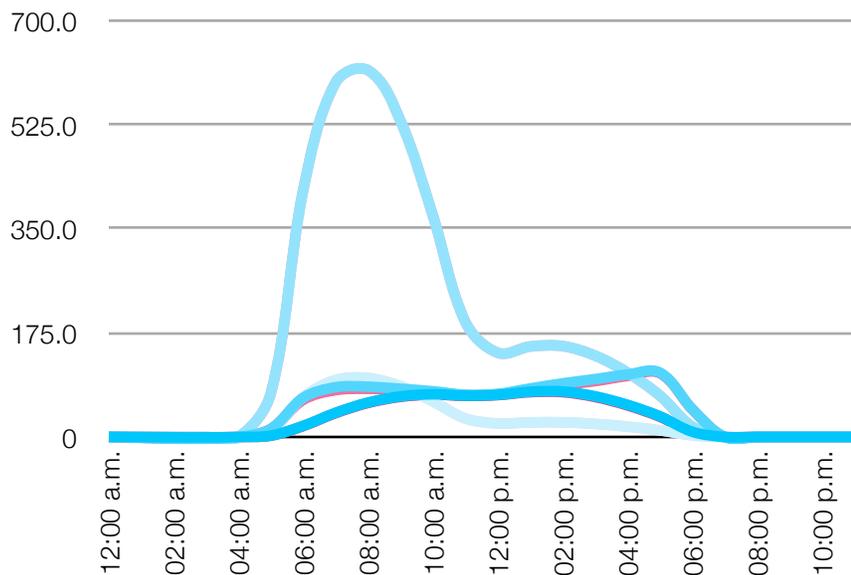
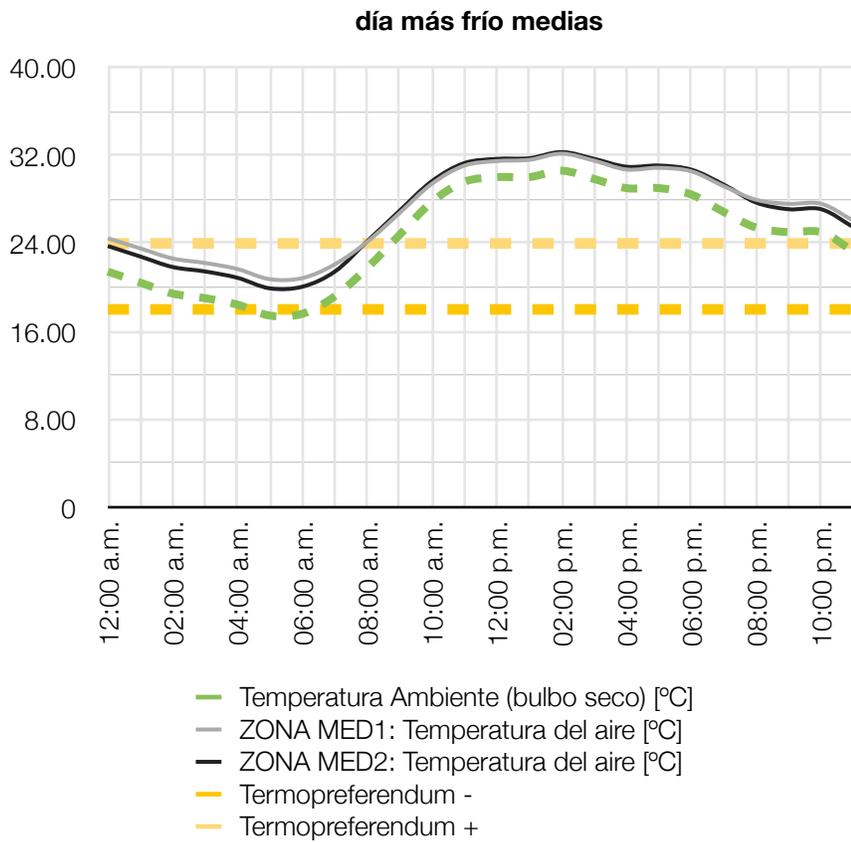


fig 56. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 09 Mérida



En la vivienda tipo simulada en Acapulco, el día más frío ocurre el 29 de enero y el día más cálido el día 17 de julio.

En el frío no se alcanza una temperatura de confort, sin embargo, con la intervención de tecnologías en la envolvente, se aproxima mucho a la condición de confort. En el día cálido, por la tarde, las condiciones de temperatura sobrepasan el confort a pesar de las estrategias aplicadas.

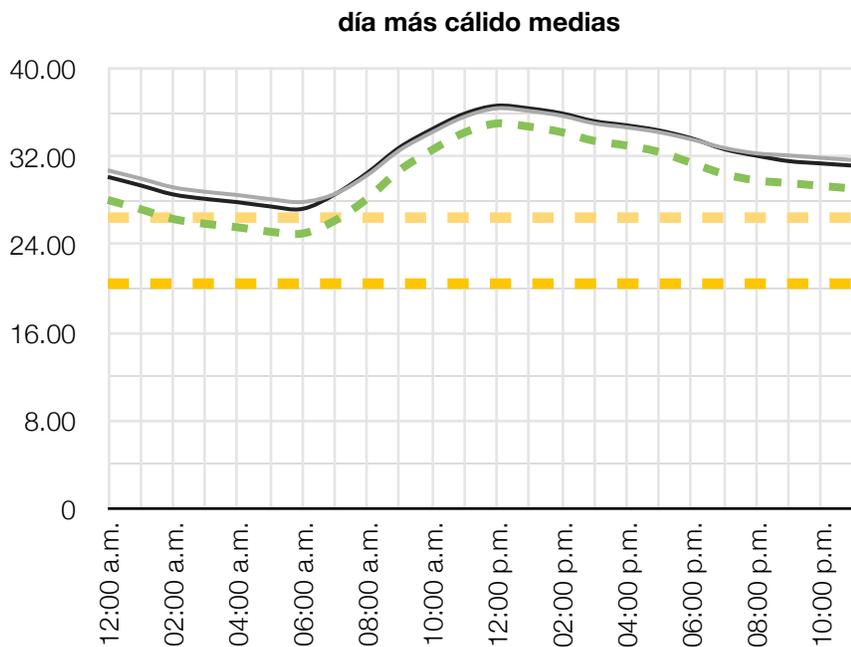
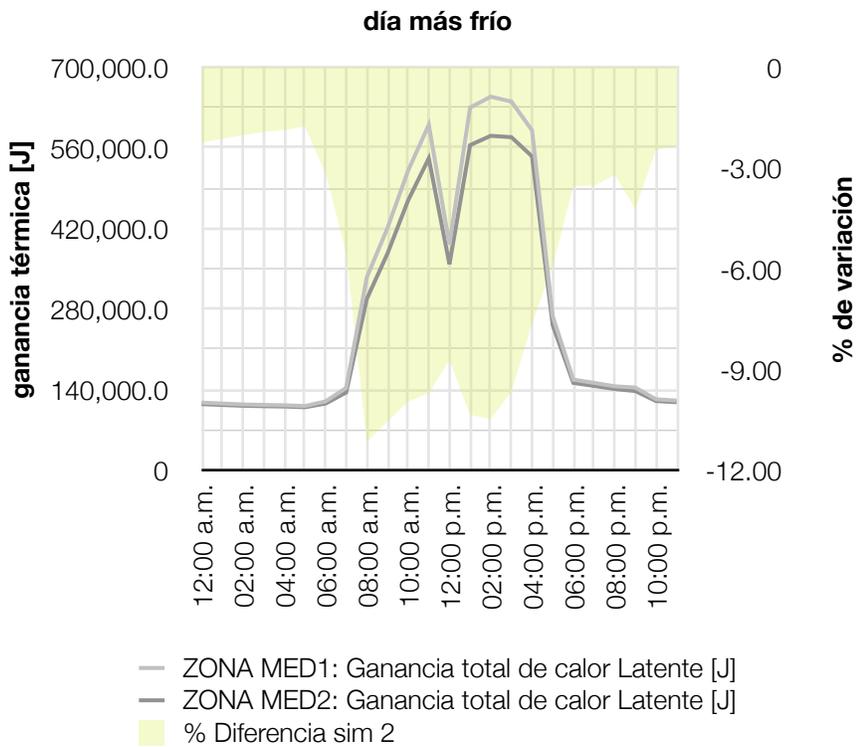


fig 57. Variación de la temperatura media (o en conjunto zonal) de la vivienda tipo : 10 Acapulco



En la vivienda tipo simulada en Acapulco, tanto para el día cálido como para el día frío no hay ganancias internas considerables.

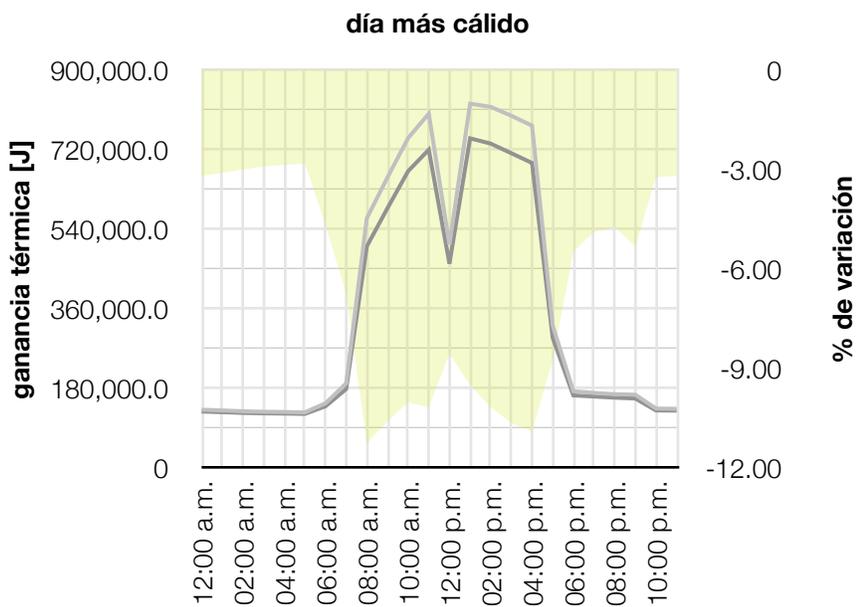
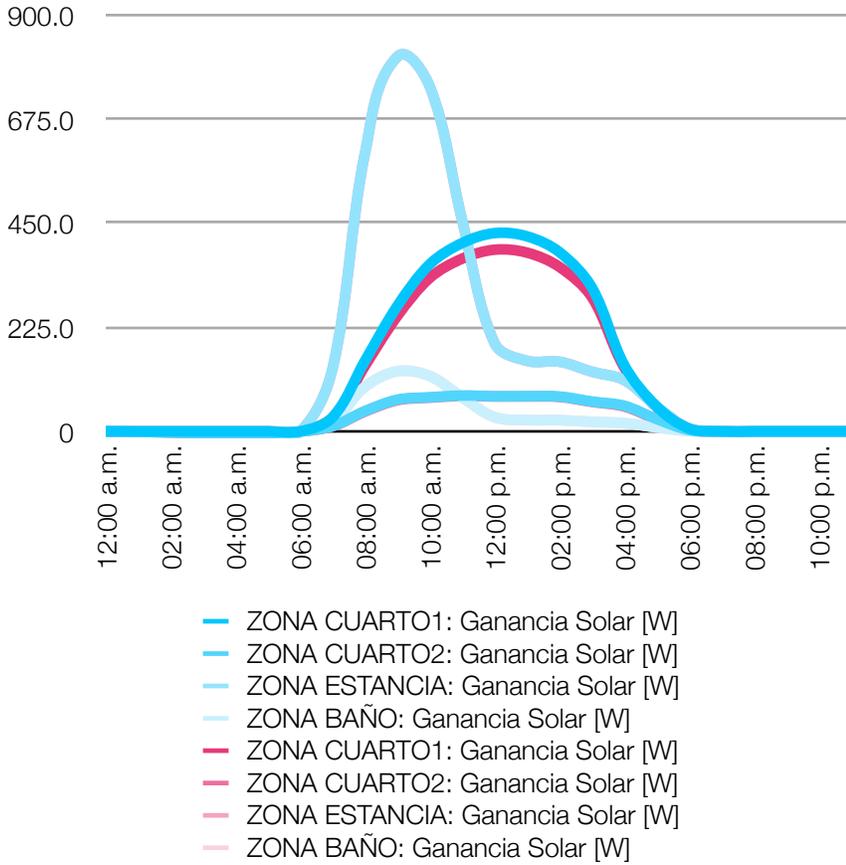


fig 58. Variación de la ganancia interna de calor de la vivienda tipo : 10 Acapulco

día más frío Calor Solar W



En la vivienda tipo simulada en Acapulco, el efecto de los sombreadores es mínimo.

día más cálido Calor Solar W

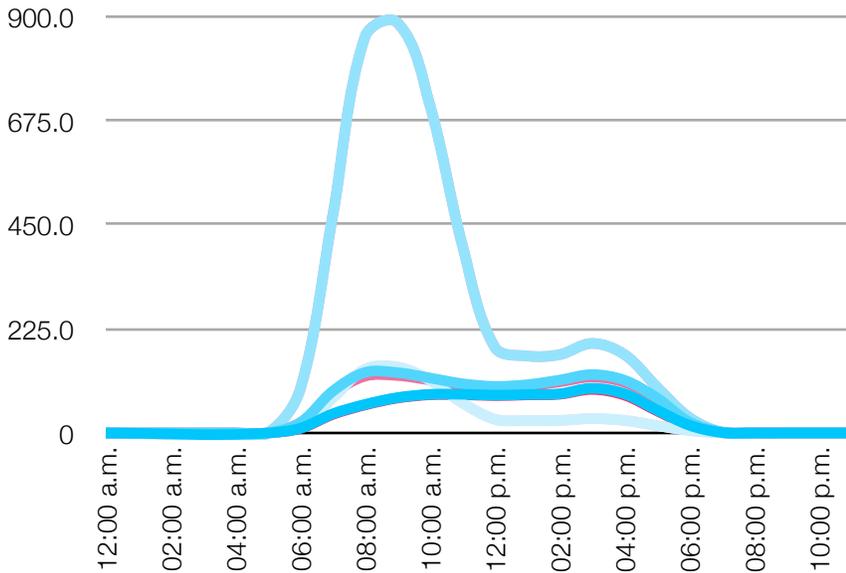


fig 59. Variación de la ganancia de calor por el Sol de la vivienda tipo : 10 Acapulco

Evaluación III : rehabilitación bioclimática - máxima eficiencia

Como fue señalado en el capítulo IV: *Estudio de Caso: evaluación de los programas nacionales de eficiencia energética y mejoramiento en la República Mexicana*, es vasta la cantidad de estudios de análisis y estrategias en diseño bioclimático del país. Sin embargo, sólo un número reducido de los mencionados sistemas tienen una vigencia (o trascendencia) en el estado de la construcción del país, y aún con menor injerencia en la intervención o rehabilitación de la vivienda nacional.

Como ha sido desarrollado a lo largo de este trabajo, la vivienda es de interés social; tiene un área aproximada de 45 m² y para el caso de la evaluación (simulación) se aplica la misma configuración de la vivienda para volumetría, orientación y condiciones externas (sombreadores). Se llevaron a cabo 3 etapas:

- ➔ La primera etapa simulación utiliza la configuración de materiales convencionales y no se le aplica ninguna tecnología de eficiencia energética. La variación es mínima aunque son consideradas las configuraciones promedio referidas en el INEGI.
- ➔ La segunda etapa simulación aplica configuraciones en materiales para aumentar la resistividad térmica (R), utiliza sombreadamiento por aleros, se aplican condiciones de ventilación natural, y acabados reflejantes (zonas cálidas). [Ver: tabla 16. *Elementos considerados por las etapas de evaluación en ahorro energético en la evaluación II: programas oficiales y normatividad vigente*]
- ➔ La tercera simulación aplica otras tecnologías de ventilación ya sea natural forzada o mecánica, se simulan materiales en la envolvente con máxima eficiencia en la R, y se modifican las condiciones de humidificación. Esta tercera etapa utiliza aproximaciones de los sistemas misma que queda fuera de la normatividad en la construcción actual, pero que han sido estudiadas desde las academias e instituciones de desarrollo. Representan las estrategias de máxima eficiencia energética propuestas en esta tesis.

Tanto los programas de eficiencia energética, como las normas relacionadas, sugieren un uso adecuado de materiales y acabados en las envolventes, así como algunos elementos de control solar, sin embargo no se ha logrado el impacto esperado mediante la aplicación de otros sistemas de control térmico como los relacionados con ventilación y humidificación a través de vegetación adecuada; de igual modo, el estudio de materiales y tecnologías que van más allá de los acabados y la selección de materiales para la envolvente como lo referente a masa térmica, losa ventilada, etc.

En esta etapa evaluación se analiza el impacto que tendría la aplicación de sistemas específicos de climatización en las zonas que así lo requieran.

Cabe señalar que algunos de los sistemas sólo tienen aplicación en las zonas cálidas, pues es ahí donde se tiene la mayor demanda de climatización (humedad y enfriamiento) en las temporadas de calor, y es ahí donde el impacto tiene mayor relevancia, como se podrá ver más adelante. Esto puede inferirse a partir del estudio climático para cada región.

	Estrategias Bioclimáticas +
control solar	✓ estudios de sombreadores por sitio
ventilación	✓ sistema regulador de ventilación
aislamiento	✓ aislamiento en techos
inercia térmica	✓ estudio de materiales de la región
vegetación	
acabados	✓ ventanas con reflejantes
orientación	
tecnología constructiva	
equipamiento	✓ tecnologías de ahorro
automatización HVAC	✓ sistemas de enfriamiento automatizados (zonas áridas)

tabla 21. Elementos considerados por las etapas de evaluación en ahorro energético en la propuesta - evaluación III

Como ya fue señalada anteriormente, en el documento *Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México* se menciona propone una segunda etapa de intervención y mejoramiento en la vivienda, al no ser oficial, estas soluciones pueden ser integradas en la evaluación de máxima eficiencia, ocupando parte de las estimaciones emitidas.

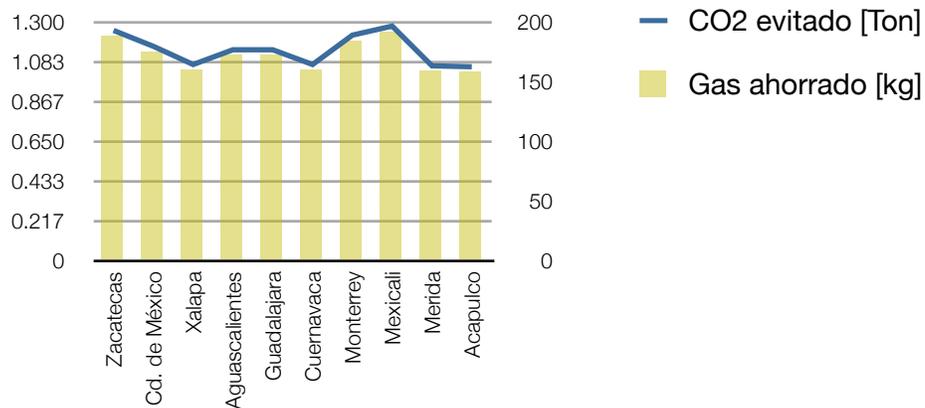


fig 60. Tecnologías de ahorro energético - Sistema fotovoltaico [Fuente: Morillón, documento para Hipoteca Verde - INFONAVIT]

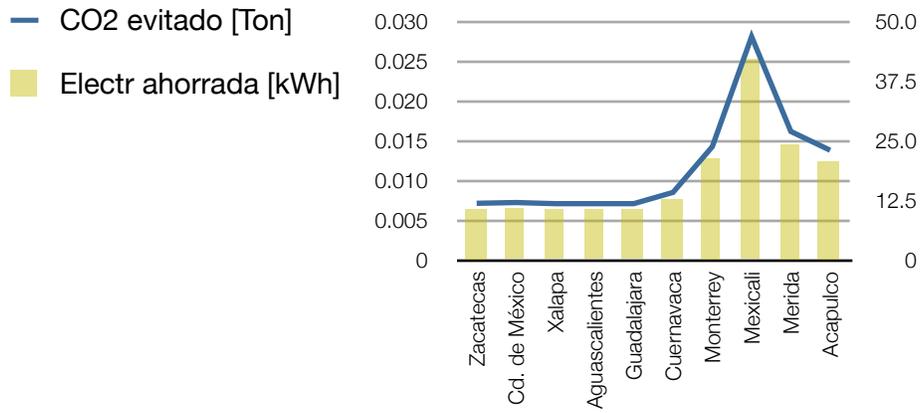


fig 61. Tecnologías de ahorro energético - Ventilación natural [Fuente: Morillón, documento para Hipoteca Verde - INFONAVIT]

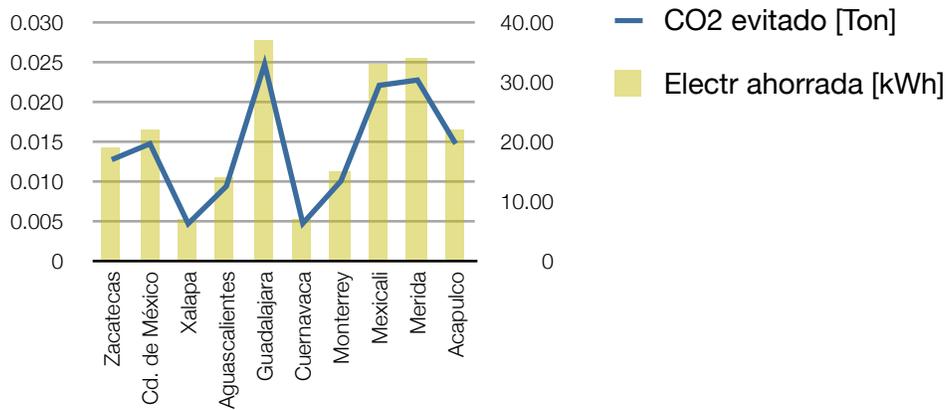


fig 62. Tecnologías de ahorro energético - Descarga de calor [Fuente: Morillón, documento para Hipoteca Verde - INFONAVIT]

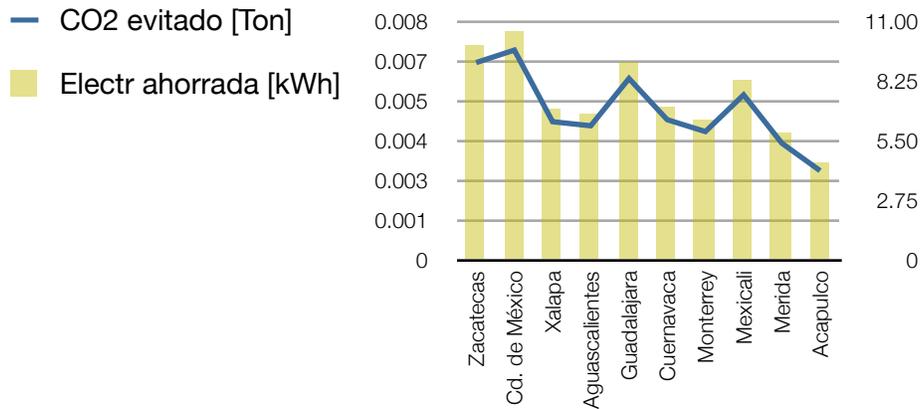


fig 63. Tecnologías de ahorro energético - Protección solar en ventanas [Fuente: Morillón, documento para Hipoteca Verde - INFONAVIT]

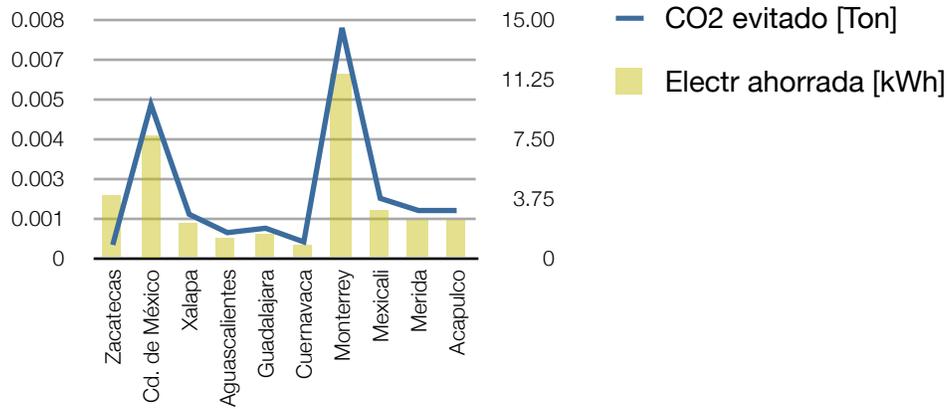


fig 64. Tecnologías de ahorro energético (Hipoteca Verde - INFONAVIT) - Orientación

Simulación (ventajas otorgadas por la aplicación de sistemas bioclimáticos)

Una proyección sobre el estado de la vivienda luego de la intervención de los mencionados sistemas bioclimáticos, muestran variaciones importantes en el comportamiento de la temperatura, la transferencia de calor y el consecuente estado de confortabilidad.

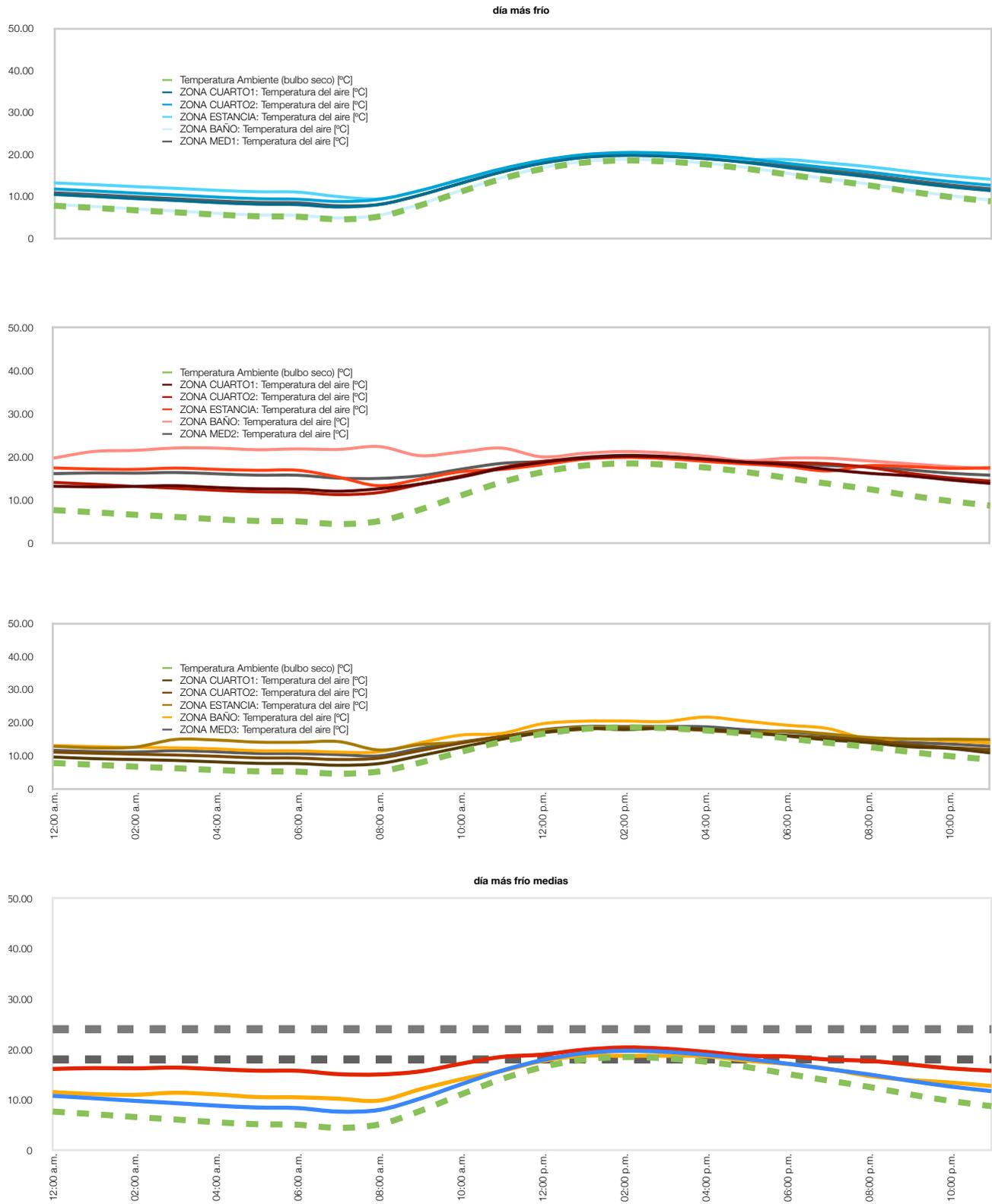


fig 65. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 01 Zacatecas

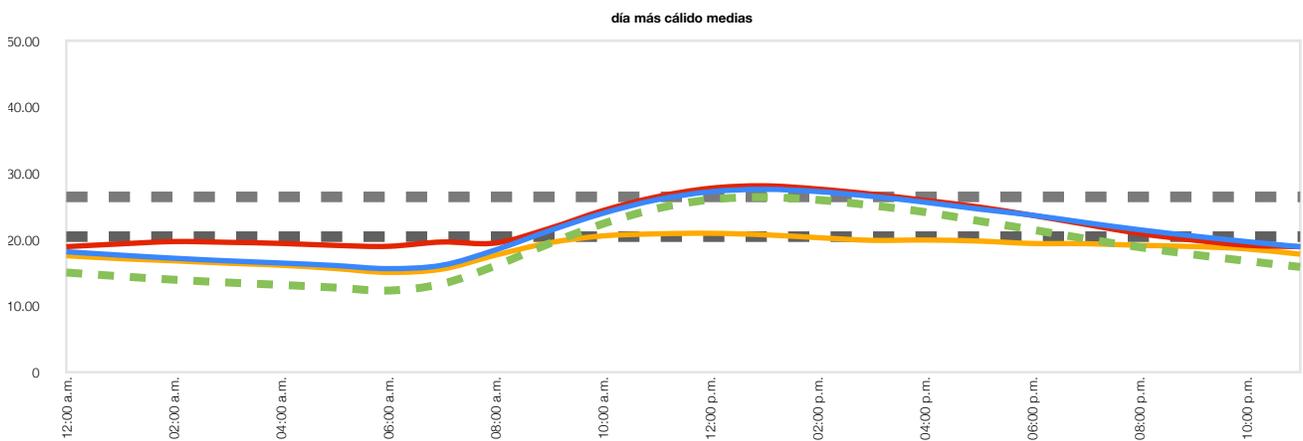
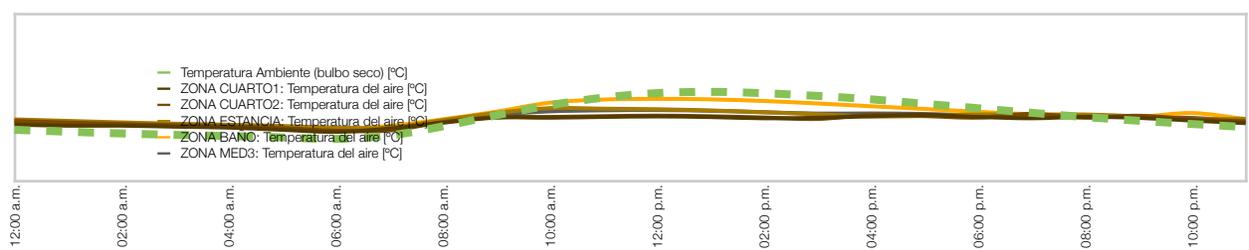
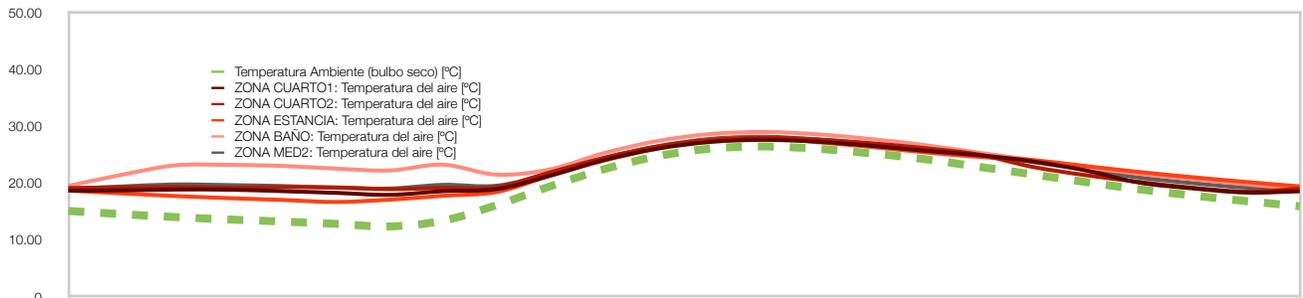
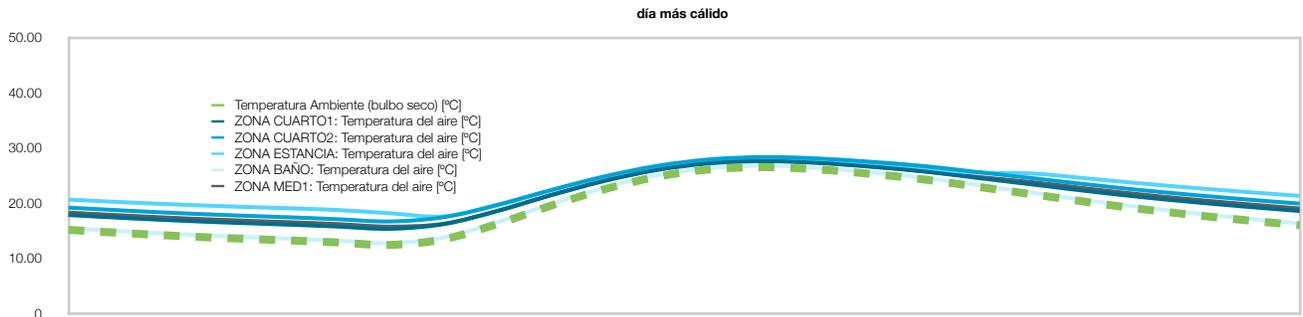


fig 66. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 01 Zacatecas

+ frío	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]		Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,653.49	108,522.79	102,614.47	-5%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	111,655.04	102,600.00	-8%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	112,748.38	102,762.28	-9%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	113,969.38	103,740.92	-9%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	114,679.94	103,713.31	-10%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	114,087.14	103,520.92	-9%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	126,160.16	104,650.44	-17%
07:00 a.m.	245.51	245.30	193.36	-21%	102,600.00	147,419.75	107,146.60	-27%
08:00 a.m.	671.02	667.78	675.90	1%	102,600.00	280,063.13	107,288.85	-62%
09:00 a.m.	552.53	538.06	541.97	1%	102,600.00	186,229.37	110,025.12	-41%
10:00 a.m.	490.85	469.15	471.12	0%	107,299.19	165,872.79	109,294.26	-34%
11:00 a.m.	430.61	410.35	414.18	1%	136,981.58	180,833.81	134,397.21	-26%
12:00 p.m.	349.52	335.36	339.60	1%	143,792.09	149,428.60	133,554.81	-11%
01:00 p.m.	306.03	294.81	295.94	0%	207,703.21	211,191.08	170,714.47	-19%
02:00 p.m.	272.73	263.08	265.45	1%	222,309.86	224,052.62	166,928.54	-25%
03:00 p.m.	218.39	211.21	214.74	2%	219,660.66	220,508.54	169,166.81	-23%
04:00 p.m.	142.85	138.85	143.78	4%	207,149.73	207,613.62	189,133.08	-9%
05:00 p.m.	53.49	52.17	56.29	8%	131,683.29	132,373.89	125,978.79	-5%
06:00 p.m.	6.07	5.93	7.61	28%	110,515.55	112,385.49	109,448.71	-3%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,308.05	111,184.22	107,750.54	-3%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,455.52	111,713.51	104,813.17	-6%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	104,846.88	110,566.39	103,601.48	-6%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,134.52	105,804.95	102,834.18	-3%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,838.25	105,522.97	102,901.98	-2%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			1%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-16%
+ cálido	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]		Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,813.25	107,530.12	106,058.60	-1%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,160.66	106,877.74	105,629.91	-1%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,679.81	109,397.16	105,285.25	-4%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,218.98	109,787.00	104,959.55	-4%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	105,892.87	109,784.76	104,706.66	-5%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	105,525.42	109,434.32	104,307.05	-5%
06:00 a.m.	13.82	13.55	11.01	-19%	107,723.70	116,150.48	105,235.09	-9%
07:00 a.m.	116.23	113.67	105.16	-7%	112,675.89	132,205.94	109,334.95	-17%
08:00 a.m.	299.79	289.29	280.80	-3%	187,369.36	191,770.97	165,176.17	-14%
09:00 a.m.	397.17	376.21	373.99	-1%	253,239.37	232,912.51	205,823.83	-12%
10:00 a.m.	385.65	363.13	365.26	1%	329,509.22	303,527.78	237,504.04	-22%
11:00 a.m.	314.27	299.82	304.52	2%	398,368.52	367,379.37	246,268.27	-33%
12:00 p.m.	228.74	222.74	225.77	1%	293,659.98	278,241.78	183,576.54	-34%
01:00 p.m.	213.46	208.85	208.86	0%	464,689.05	437,615.86	242,991.44	-44%
02:00 p.m.	205.27	200.66	201.51	0%	455,878.56	422,160.80	232,850.70	-45%
03:00 p.m.	181.56	176.94	179.02	1%	430,997.58	394,541.17	221,268.58	-44%
04:00 p.m.	124.78	121.23	125.20	3%	400,514.82	364,800.91	210,080.57	-42%
05:00 p.m.	47.41	45.90	49.74	8%	190,964.34	180,400.77	134,826.75	-25%
06:00 p.m.	6.85	6.61	7.95	20%	128,915.87	125,596.31	112,775.56	-10%
07:00 p.m.	0.31	0.30	0.35	17%	125,472.73	122,349.43	112,679.60	-8%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	121,995.92	118,452.62	113,361.14	-4%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	119,281.76	115,998.21	112,001.42	-3%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,741.46	108,216.90	106,491.23	-2%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,732.69	107,219.31	106,301.48	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			1%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-16%

tabla 22. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 01 Zacatecas]

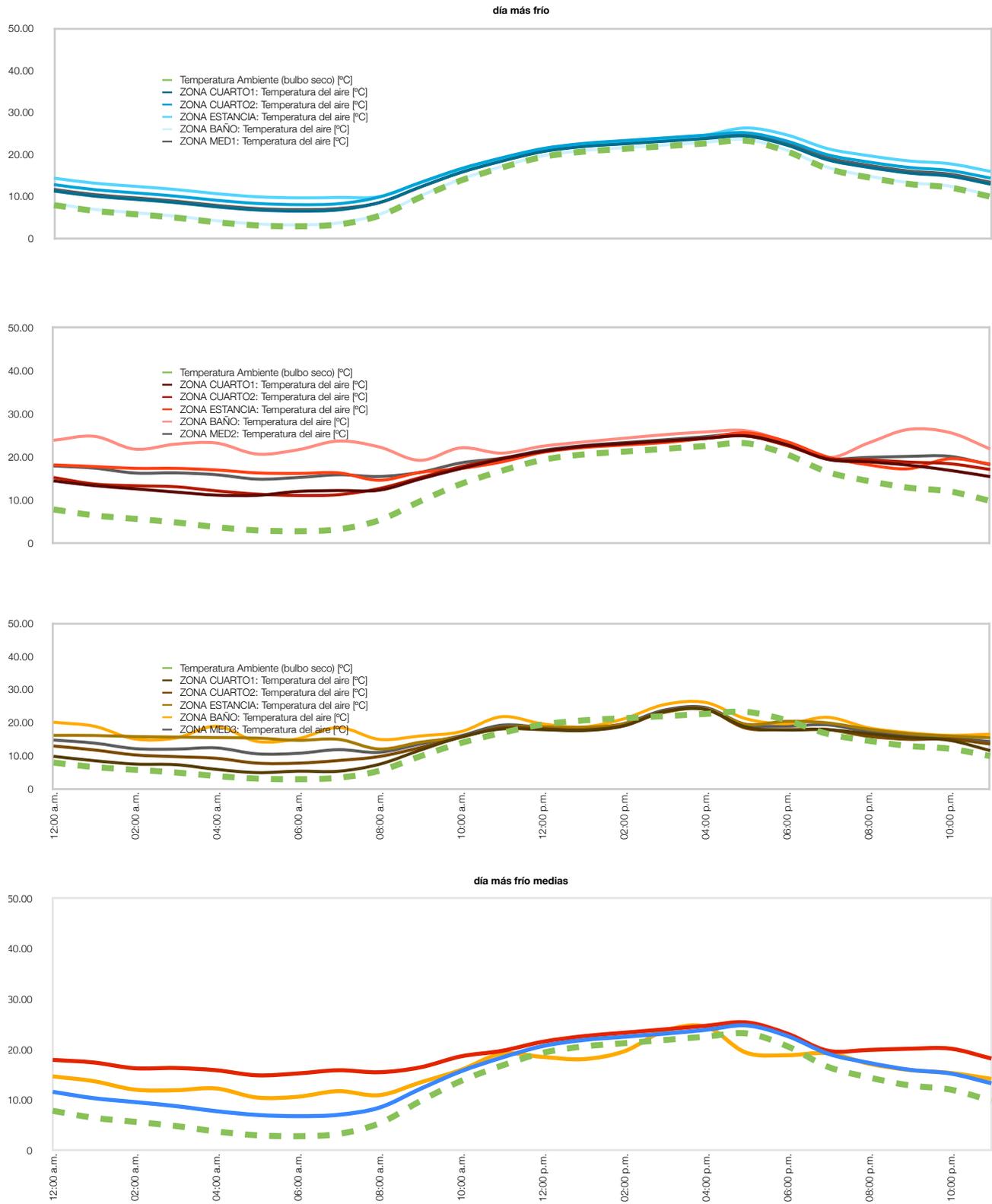


fig 67. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 02 Ciudad de México

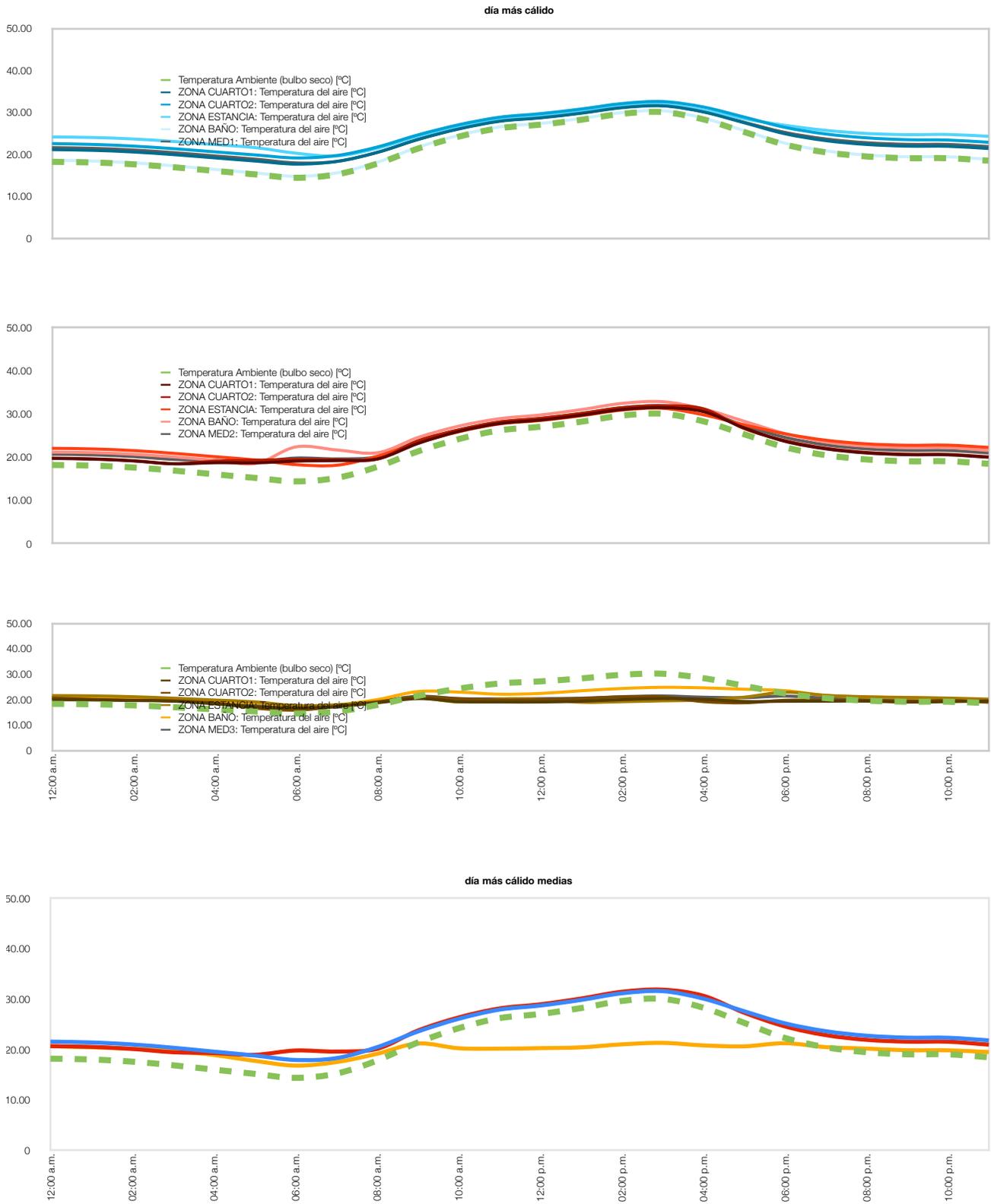


fig 68. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 02 Ciudad de México

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,922.26	108,815.83	106,281.64	-2%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,662.62	110,281.37	105,726.17	-4%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	113,394.66	104,324.70	-8%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	114,422.95	104,792.69	-8%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	112,070.63	106,290.81	-5%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	114,371.38	105,838.45	-7%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	124,283.90	109,460.91	-12%
07:00 a.m.	13.98	13.69	13.69	0%	102,600.00	149,297.06	118,411.39	-21%
08:00 a.m.	64.18	62.98	62.98	0%	102,600.00	247,276.20	123,139.23	-50%
09:00 a.m.	96.22	93.64	93.64	0%	104,705.91	149,921.06	119,011.24	-21%
10:00 a.m.	113.64	109.96	109.96	0%	135,377.59	180,851.21	137,871.83	-24%
11:00 a.m.	127.33	123.31	123.31	0%	184,251.67	195,121.44	227,743.08	17%
12:00 p.m.	123.94	120.38	120.38	0%	177,995.28	180,879.92	153,897.54	-15%
01:00 p.m.	118.01	114.68	114.68	0%	275,132.30	275,587.77	176,941.64	-36%
02:00 p.m.	103.07	100.22	100.22	0%	292,752.57	292,403.42	188,463.04	-36%
03:00 p.m.	78.53	76.40	76.40	0%	311,183.39	311,708.75	302,184.01	-3%
04:00 p.m.	44.47	43.18	43.18	0%	332,738.29	330,868.90	325,419.12	-2%
05:00 p.m.	12.84	12.44	12.44	0%	189,618.63	186,273.26	143,314.86	-23%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	127,398.54	125,397.03	114,970.78	-8%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	116,320.90	115,163.39	120,221.06	4%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,057.75	118,473.97	109,887.59	-7%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,523.94	121,887.46	107,736.27	-12%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	104,706.57	111,651.29	104,590.50	-6%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,848.72	109,243.01	104,153.41	-5%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-12%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,259.20	110,011.17	110,068.79	0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,042.91	109,881.22	109,496.76	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,548.65	109,441.35	109,028.08	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,675.64	108,702.51	108,548.10	-0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,650.87	107,745.26	107,652.19	-0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,651.08	107,399.95	106,507.29	-1%
06:00 a.m.	62.84	62.23	62.23	0%	112,620.61	116,550.50	108,805.99	-7%
07:00 a.m.	209.81	207.00	207.00	0%	121,519.65	123,836.06	115,951.99	-6%
08:00 a.m.	209.13	204.01	204.01	0%	232,400.09	213,158.57	201,214.35	-6%
09:00 a.m.	227.81	219.24	219.24	0%	311,079.71	281,028.69	221,893.32	-21%
10:00 a.m.	221.09	210.50	210.50	0%	399,569.34	361,943.17	242,051.30	-33%
11:00 a.m.	180.83	174.38	174.38	0%	464,932.89	419,327.15	224,854.83	-46%
12:00 p.m.	143.12	140.41	140.41	0%	326,946.43	299,444.32	175,007.13	-42%
01:00 p.m.	142.17	139.60	139.60	0%	539,666.79	487,345.40	227,218.06	-53%
02:00 p.m.	138.36	135.56	135.56	0%	600,582.38	544,154.49	245,447.86	-55%
03:00 p.m.	121.70	118.91	118.91	0%	625,823.34	566,472.92	249,300.46	-56%
04:00 p.m.	91.78	89.43	89.43	0%	579,828.03	540,211.28	243,209.20	-55%
05:00 p.m.	48.72	47.36	47.36	0%	228,479.71	212,554.57	149,691.65	-30%
06:00 p.m.	10.75	10.41	10.41	0%	135,192.54	129,960.16	119,699.91	-8%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	128,821.78	123,789.33	117,362.15	-5%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,911.77	121,063.43	115,949.80	-4%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	124,225.13	119,711.83	115,443.45	-4%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	113,389.48	111,149.92	109,083.85	-2%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,823.83	110,598.73	108,750.51	-2%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-18%

tabla 23. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 02 Ciudad de México]

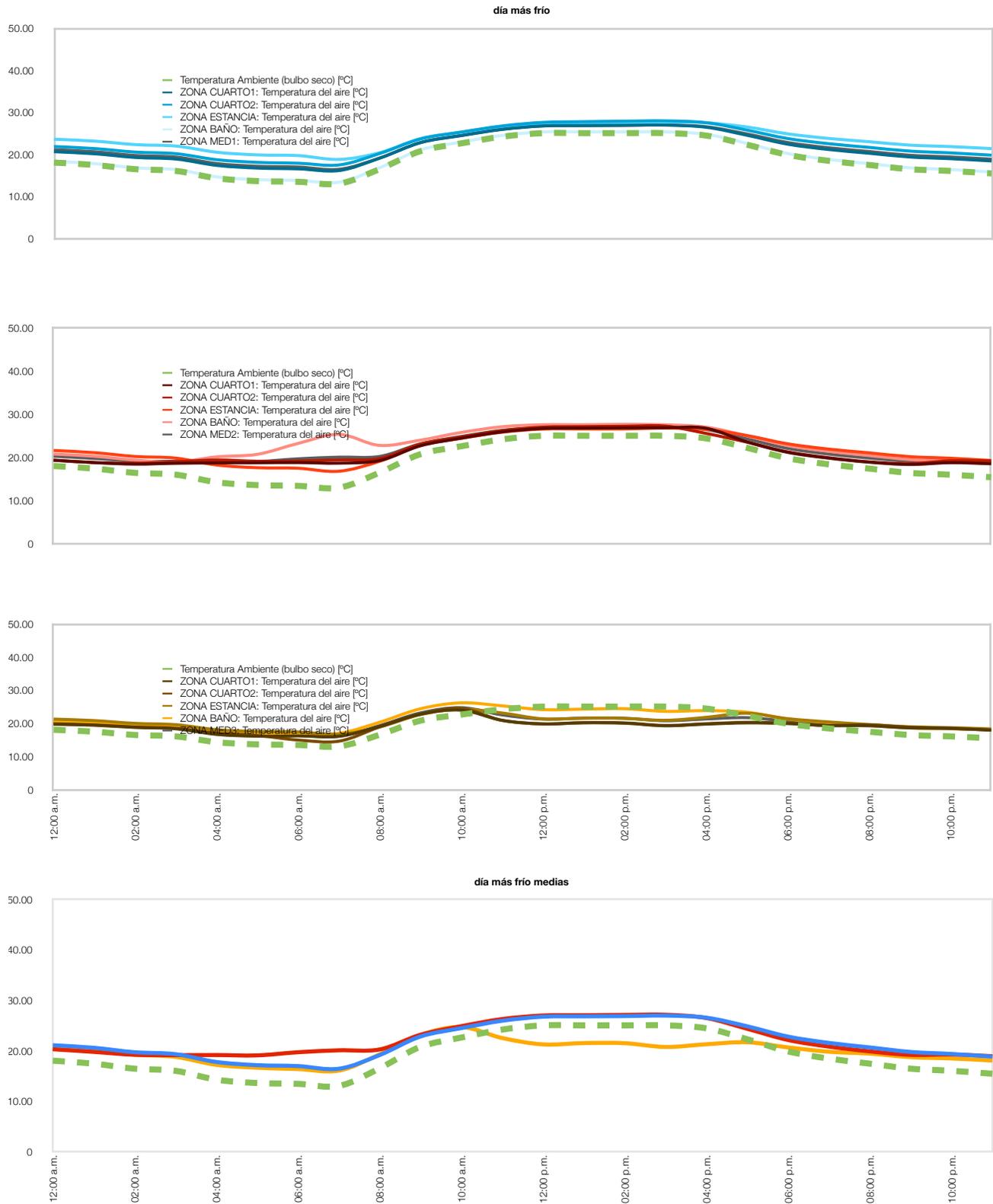


fig 69. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 03 Xalapa

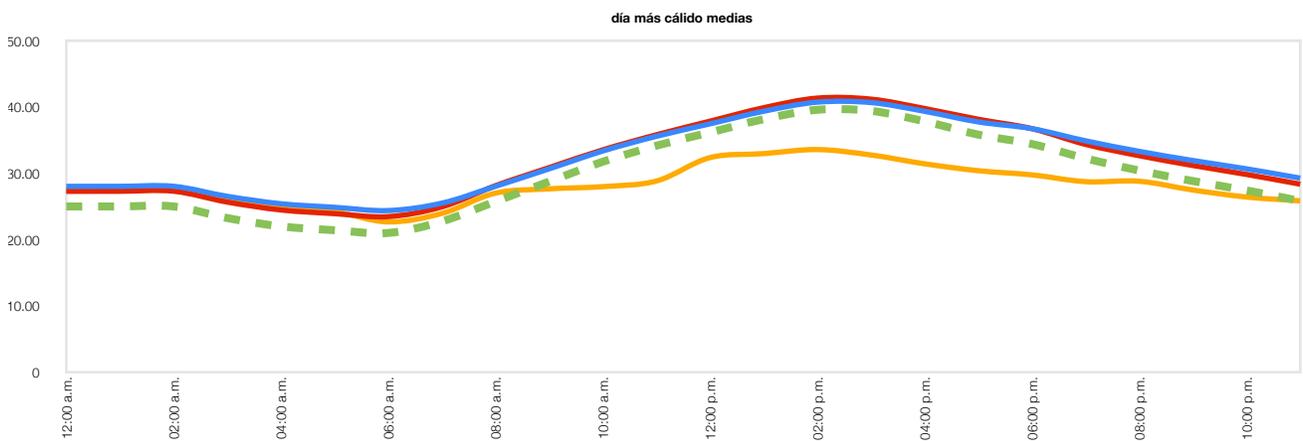
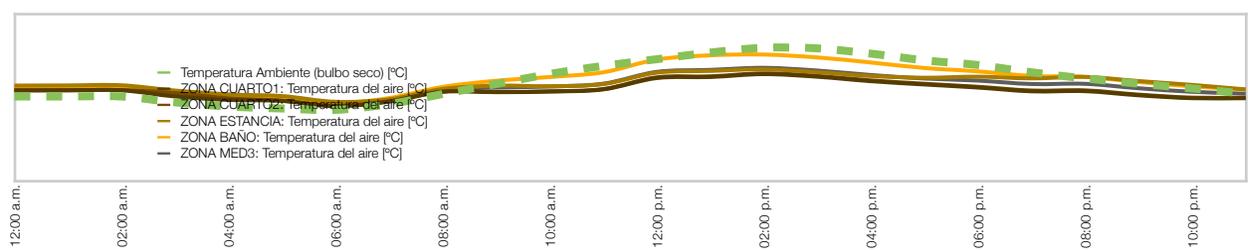
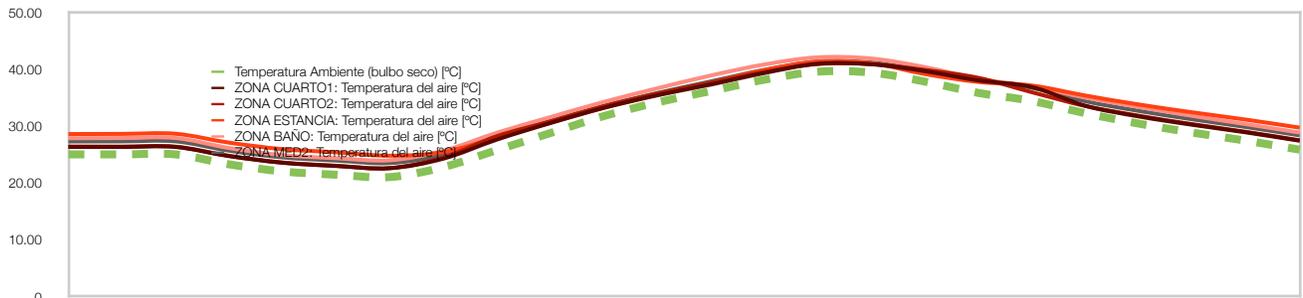
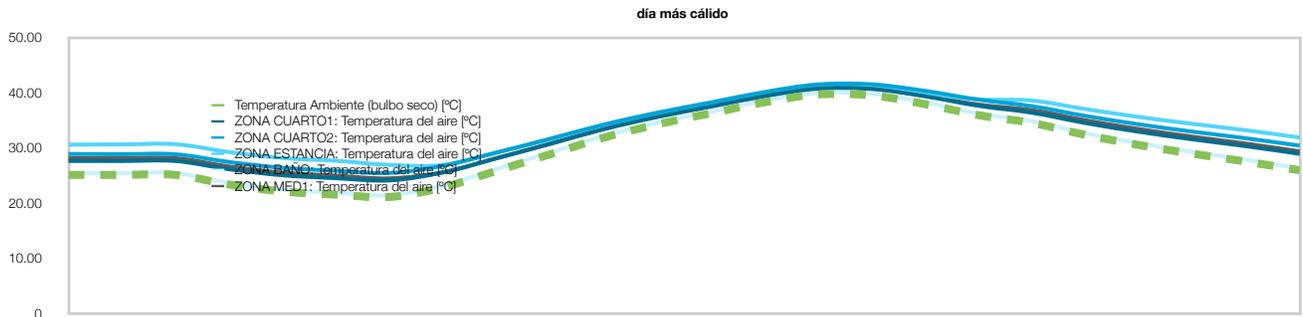


fig 70. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 03 Xalapa

+ frío	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]		Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,542.63	109,555.18	109,285.40	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,028.75	109,112.62	108,935.88	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,823.02	108,017.01	108,029.63	0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,128.25	107,335.84	107,424.90	0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,773.51	108,434.07	106,107.85	-2%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,416.37	108,596.33	105,096.28	-3%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,453.59	116,085.47	108,470.16	-7%
07:00 a.m.	36.34	36.14	36.14	0%	115,613.79	137,029.00	114,969.50	-16%
08:00 a.m.	206.93	204.91	204.91	0%	195,152.09	216,345.37	190,046.36	-12%
09:00 a.m.	309.81	304.44	304.44	0%	294,934.33	270,090.44	283,351.05	5%
10:00 a.m.	308.11	297.84	297.84	0%	352,078.86	322,908.18	321,128.22	-1%
11:00 a.m.	244.64	231.82	231.82	0%	395,655.44	360,799.55	297,131.47	-18%
12:00 p.m.	196.15	185.50	185.50	0%	286,279.39	263,049.14	188,644.17	-28%
01:00 p.m.	186.13	176.43	176.43	0%	435,707.24	391,211.19	253,219.98	-35%
02:00 p.m.	165.40	157.68	157.68	0%	437,344.81	392,917.73	261,612.28	-33%
03:00 p.m.	130.98	126.88	126.88	0%	440,762.90	393,811.49	242,571.31	-38%
04:00 p.m.	76.44	75.32	75.32	0%	431,782.30	391,351.58	247,813.18	-37%
05:00 p.m.	16.62	16.29	16.29	0%	196,478.58	182,150.57	157,729.19	-13%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	126,488.15	122,084.82	117,829.47	-3%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	122,177.44	118,171.30	115,442.55	-2%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	119,595.11	115,823.67	113,971.95	-2%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	117,135.84	113,595.90	112,084.77	-1%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,158.45	107,402.42	106,913.07	-0%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,670.85	107,327.76	106,652.85	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-10%
+ cálido	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]		Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	124,100.11	120,432.66	120,263.82	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	124,114.36	120,424.85	120,233.42	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	124,129.60	120,475.26	120,374.39	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	121,883.79	118,351.86	118,608.90	0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	118,879.57	115,573.81	115,831.45	0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	118,151.39	114,939.29	114,889.57	-0%
06:00 a.m.	24.53	24.40	24.40	0%	131,561.98	125,510.90	123,201.52	-2%
07:00 a.m.	155.82	155.03	155.03	0%	164,418.11	153,431.34	147,227.94	-4%
08:00 a.m.	288.72	287.24	287.24	0%	468,982.11	414,843.70	387,958.37	-6%
09:00 a.m.	322.42	319.06	319.06	0%	573,050.89	511,608.24	444,233.21	-13%
10:00 a.m.	273.84	266.07	266.07	0%	692,171.53	618,162.87	444,059.43	-28%
11:00 a.m.	181.97	173.75	173.75	0%	799,134.82	716,755.88	476,312.37	-34%
12:00 p.m.	127.60	123.82	123.82	0%	507,357.82	462,828.74	353,475.75	-24%
01:00 p.m.	121.89	118.62	118.62	0%	832,750.20	751,750.20	645,748.75	-14%
02:00 p.m.	110.92	108.33	108.33	0%	832,750.20	751,750.20	639,671.79	-15%
03:00 p.m.	91.51	90.00	90.00	0%	832,750.20	751,750.20	633,570.20	-16%
04:00 p.m.	67.32	66.51	66.51	0%	832,750.20	751,750.20	582,806.55	-22%
05:00 p.m.	35.50	34.88	34.88	0%	345,853.58	318,983.40	251,120.59	-21%
06:00 p.m.	4.62	4.51	4.51	0%	182,411.93	174,588.77	148,879.65	-15%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	178,437.85	169,659.59	146,150.71	-14%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	171,480.70	161,147.63	144,497.33	-10%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	165,105.32	155,311.92	141,771.38	-9%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	130,445.68	125,700.84	119,215.93	-5%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	127,496.11	123,057.67	118,427.01	-4%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-11%

tabla 24. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 03 Xalapa]

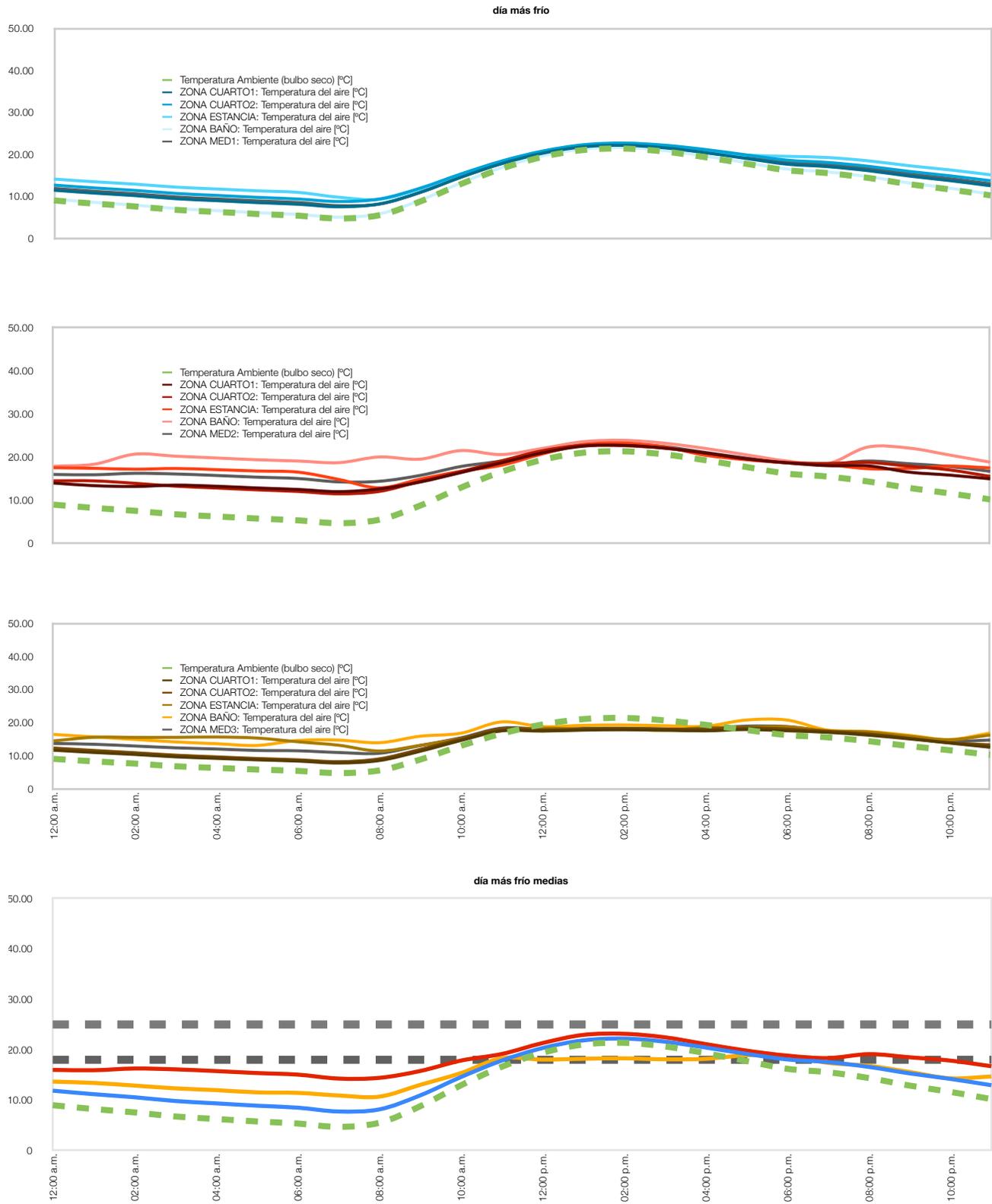


fig 71. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 04 Aguascalientes

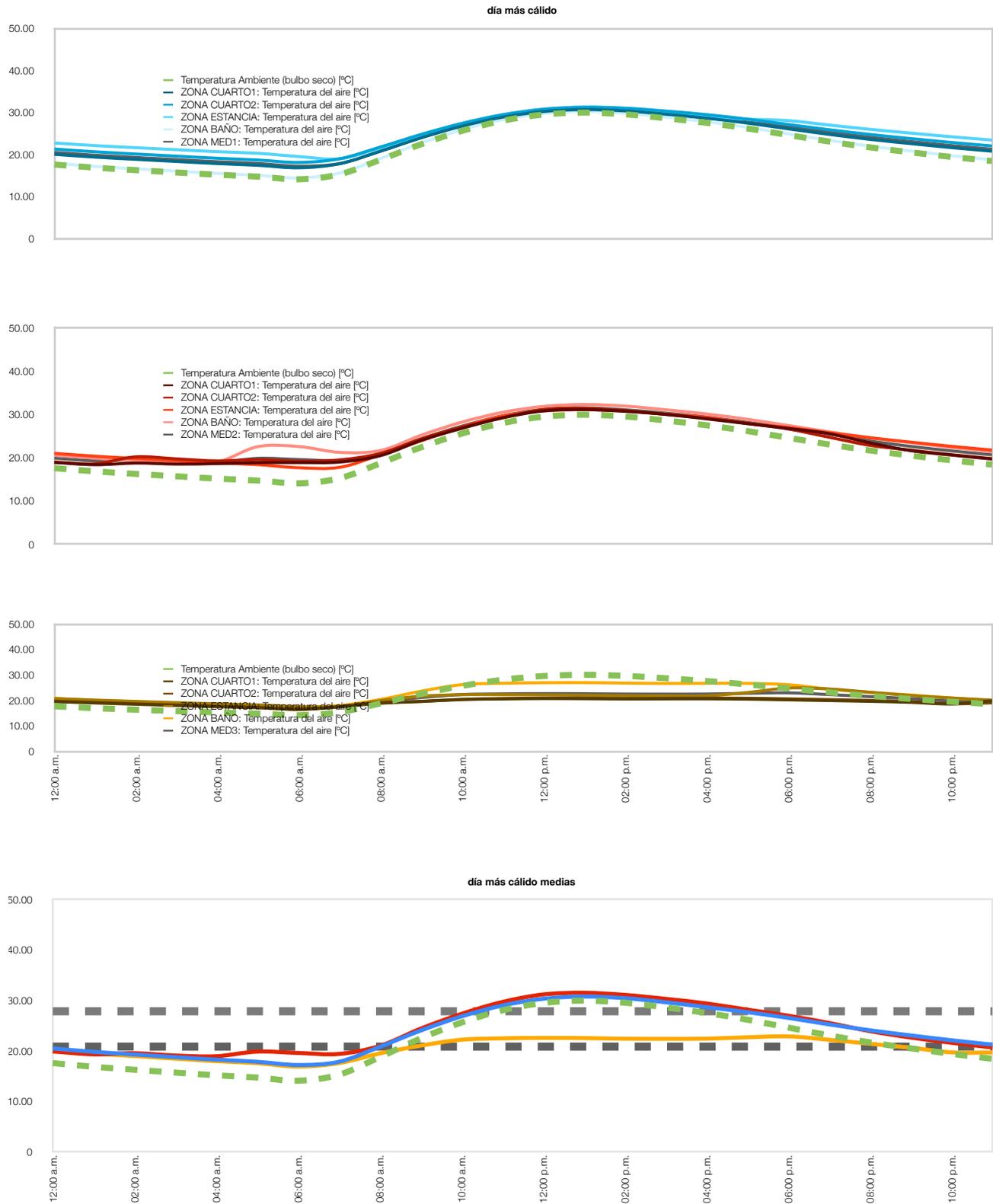


fig 72. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 04 Aguascalientes

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,854.18	105,680.61	103,450.52	-2%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,689.66	106,624.39	104,311.72	-2%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,604.83	110,282.59	104,035.33	-6%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	111,057.19	103,734.72	-7%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	110,958.62	104,430.82	-6%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	110,650.84	104,309.88	-6%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	118,183.62	107,630.14	-9%
07:00 a.m.	173.67	173.43	173.43	0%	102,600.00	130,131.35	113,867.12	-12%
08:00 a.m.	518.48	516.06	516.06	0%	102,600.00	213,467.83	119,207.68	-44%
09:00 a.m.	463.48	457.03	457.03	0%	102,600.00	167,930.20	115,659.43	-31%
10:00 a.m.	439.64	428.86	428.86	0%	118,049.91	173,360.37	130,766.65	-25%
11:00 a.m.	395.53	380.09	380.09	0%	171,246.32	182,781.64	191,173.88	5%
12:00 p.m.	329.38	315.23	315.23	0%	172,179.98	178,359.17	147,536.38	-17%
01:00 p.m.	295.11	283.25	283.25	0%	270,908.34	286,908.11	177,540.99	-38%
02:00 p.m.	261.87	252.04	252.04	0%	285,840.98	294,925.21	183,792.17	-38%
03:00 p.m.	208.30	201.66	201.66	0%	272,753.20	278,439.74	174,548.50	-37%
04:00 p.m.	134.90	131.99	131.99	0%	243,774.23	243,661.40	194,180.62	-20%
05:00 p.m.	51.19	50.29	50.29	0%	139,581.71	139,952.52	139,859.34	-0%
06:00 p.m.	4.17	4.09	4.09	0%	112,393.65	112,709.80	117,841.80	5%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,849.47	110,985.36	109,316.71	-2%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,402.28	115,227.40	108,653.37	-6%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,763.32	113,367.43	106,555.80	-6%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,917.41	108,205.62	103,672.93	-4%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,261.56	106,246.69	104,848.52	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-13%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,736.56	109,156.74	108,883.08	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,804.47	108,310.77	108,376.38	0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,068.49	108,243.60	107,740.22	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,442.41	107,732.12	107,203.76	-0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,817.55	107,526.75	106,659.08	-1%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,313.57	110,086.22	106,243.19	-3%
06:00 a.m.	13.24	13.06	13.06	0%	110,797.63	116,538.49	108,807.98	-7%
07:00 a.m.	111.96	110.41	110.41	0%	119,029.49	122,642.30	115,380.04	-6%
08:00 a.m.	294.68	291.28	291.28	0%	236,073.11	222,097.42	200,148.22	-10%
09:00 a.m.	395.23	390.06	390.06	0%	326,797.99	300,376.47	244,148.66	-19%
10:00 a.m.	403.72	394.55	394.55	0%	420,207.63	391,582.06	272,990.32	-30%
11:00 a.m.	336.45	324.80	324.80	0%	505,858.21	488,233.04	286,976.44	-41%
12:00 p.m.	245.98	240.77	240.77	0%	359,352.27	346,208.26	204,944.40	-41%
01:00 p.m.	229.17	225.51	225.51	0%	590,511.17	562,092.74	288,471.88	-49%
02:00 p.m.	215.16	211.68	211.68	0%	580,868.65	548,089.45	283,322.51	-48%
03:00 p.m.	183.25	179.80	179.80	0%	549,576.64	521,632.22	282,495.36	-46%
04:00 p.m.	123.75	121.15	121.15	0%	510,517.91	496,585.61	282,420.70	-43%
05:00 p.m.	45.76	44.73	44.73	0%	226,032.78	219,010.05	165,215.73	-25%
06:00 p.m.	3.82	3.73	3.73	0%	139,652.19	136,582.49	125,034.78	-8%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	134,733.09	131,490.24	122,861.89	-7%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	130,403.68	127,534.98	120,573.95	-5%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	126,857.11	123,168.31	117,814.70	-4%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	113,195.43	111,434.61	109,044.16	-2%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,838.42	110,160.24	109,039.16	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-17%

tabla 25. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 04 Aguascalientes]

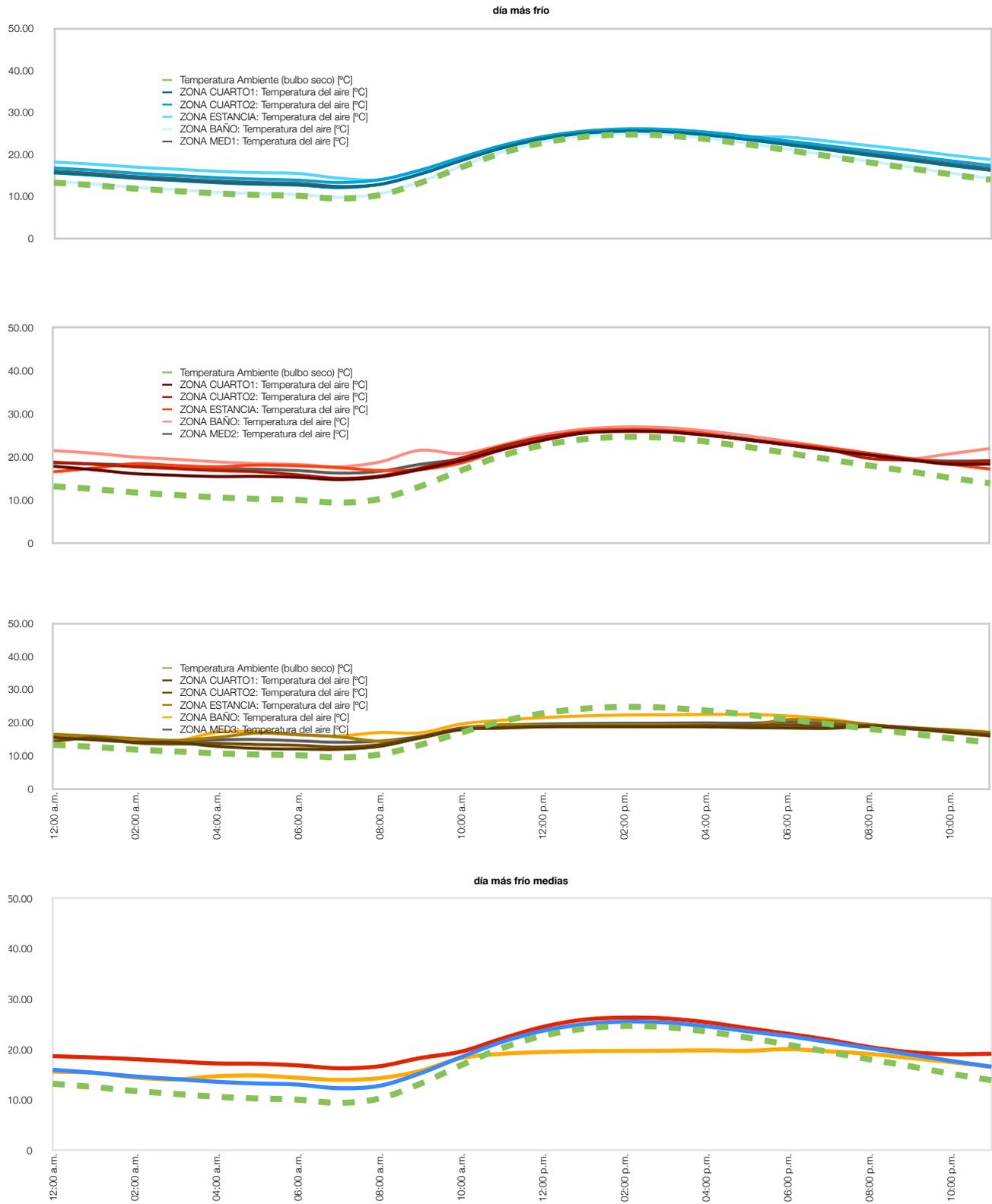


fig 73. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 05 Guadalajara

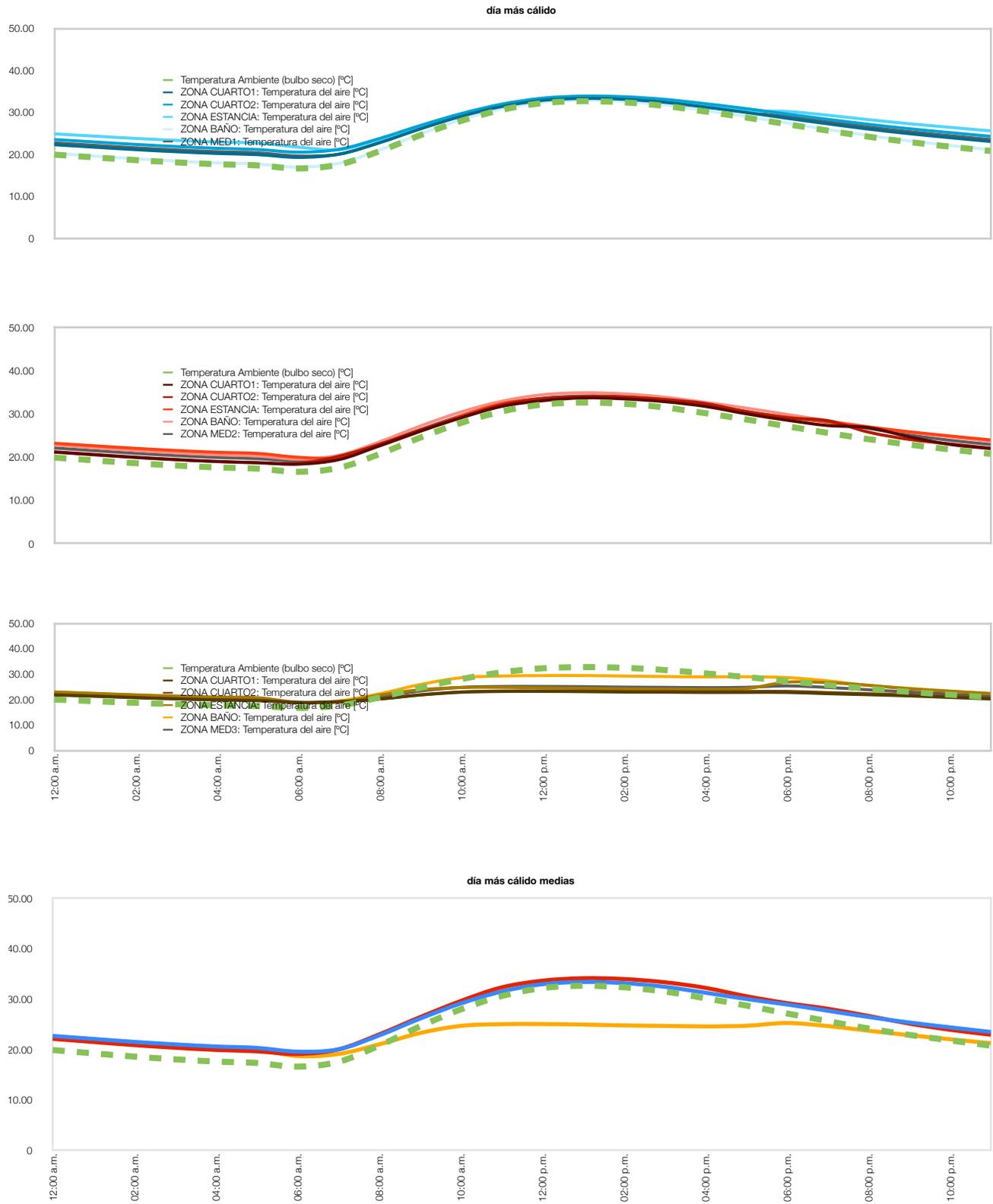


fig 74. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 05 Guadalajara

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	105,276.01	108,513.84	104,825.50	-3%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	104,818.67	107,990.32	104,460.40	-3%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	104,299.80	108,028.00	103,728.75	-4%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,912.08	107,700.29	103,501.44	-4%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,606.26	107,333.79	104,510.96	-3%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,377.77	107,077.20	105,149.45	-2%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	103,988.49	110,050.90	107,368.88	-2%
07:00 a.m.	268.08	267.96	267.96	0%	104,231.52	115,890.23	110,500.31	-5%
08:00 a.m.	714.60	711.62	711.62	0%	106,809.59	160,742.46	127,369.96	-21%
09:00 a.m.	570.48	562.46	562.46	0%	129,498.85	180,478.45	134,527.52	-25%
10:00 a.m.	498.69	487.05	487.05	0%	184,060.73	188,438.86	166,345.47	-12%
11:00 a.m.	440.49	426.47	426.47	0%	256,287.03	250,829.55	194,941.42	-22%
12:00 p.m.	359.87	345.50	345.50	0%	224,513.58	222,845.92	160,725.69	-28%
01:00 p.m.	315.72	302.05	302.05	0%	367,096.39	370,274.11	214,105.39	-42%
02:00 p.m.	282.43	270.54	270.54	0%	387,984.44	385,470.88	217,485.67	-44%
03:00 p.m.	227.81	220.14	220.14	0%	386,225.74	383,780.51	215,321.82	-44%
04:00 p.m.	152.23	149.32	149.32	0%	364,760.77	364,730.15	214,489.93	-41%
05:00 p.m.	60.11	59.30	59.30	0%	179,621.93	177,284.21	139,744.86	-21%
06:00 p.m.	5.43	5.36	5.36	0%	125,434.38	124,181.76	115,774.89	-7%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	121,830.26	120,800.78	115,014.19	-5%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	118,327.94	117,129.83	113,798.71	-3%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	115,093.47	114,001.28	111,823.82	-2%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,347.07	108,012.42	106,383.32	-2%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,003.22	109,034.88	105,526.63	-3%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-14%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	114,059.28	112,039.82	111,642.08	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	113,141.41	111,205.47	111,218.02	0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,227.81	110,370.05	110,403.49	0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,468.01	109,688.62	109,749.86	0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,852.29	109,140.13	109,228.09	0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,423.41	108,763.85	108,865.87	0%
06:00 a.m.	32.23	32.00	32.00	0%	116,706.98	113,545.68	112,414.97	-1%
07:00 a.m.	231.86	229.55	229.55	0%	129,692.80	124,302.07	122,422.34	-2%
08:00 a.m.	522.43	518.06	518.06	0%	289,832.23	261,342.95	232,845.22	-11%
09:00 a.m.	517.64	513.68	513.68	0%	392,410.91	357,331.54	294,481.45	-18%
10:00 a.m.	479.98	476.62	476.62	0%	506,135.98	473,319.33	341,574.98	-28%
11:00 a.m.	386.05	382.76	382.76	0%	608,635.26	583,983.41	356,895.94	-39%
12:00 p.m.	270.53	267.42	267.42	0%	424,112.85	408,249.28	244,051.91	-40%
01:00 p.m.	247.90	244.73	244.73	0%	709,873.44	675,789.08	355,335.17	-47%
02:00 p.m.	243.40	240.26	240.26	0%	702,623.17	672,500.43	349,874.09	-48%
03:00 p.m.	220.45	216.95	216.95	0%	672,526.26	650,448.51	345,979.57	-47%
04:00 p.m.	180.82	177.71	177.71	0%	622,258.62	611,736.13	342,972.69	-44%
05:00 p.m.	73.80	72.50	72.50	0%	257,274.15	243,298.19	182,936.47	-25%
06:00 p.m.	6.52	6.40	6.40	0%	149,701.93	144,179.87	132,124.06	-8%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	144,391.27	140,552.19	130,780.15	-7%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	139,439.26	135,690.69	126,620.11	-7%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	135,016.54	131,472.32	124,074.66	-6%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	117,059.48	114,819.48	112,076.00	-2%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	115,441.92	113,298.91	110,916.10	-2%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-16%

tabla 26. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 05 Guadalajara]

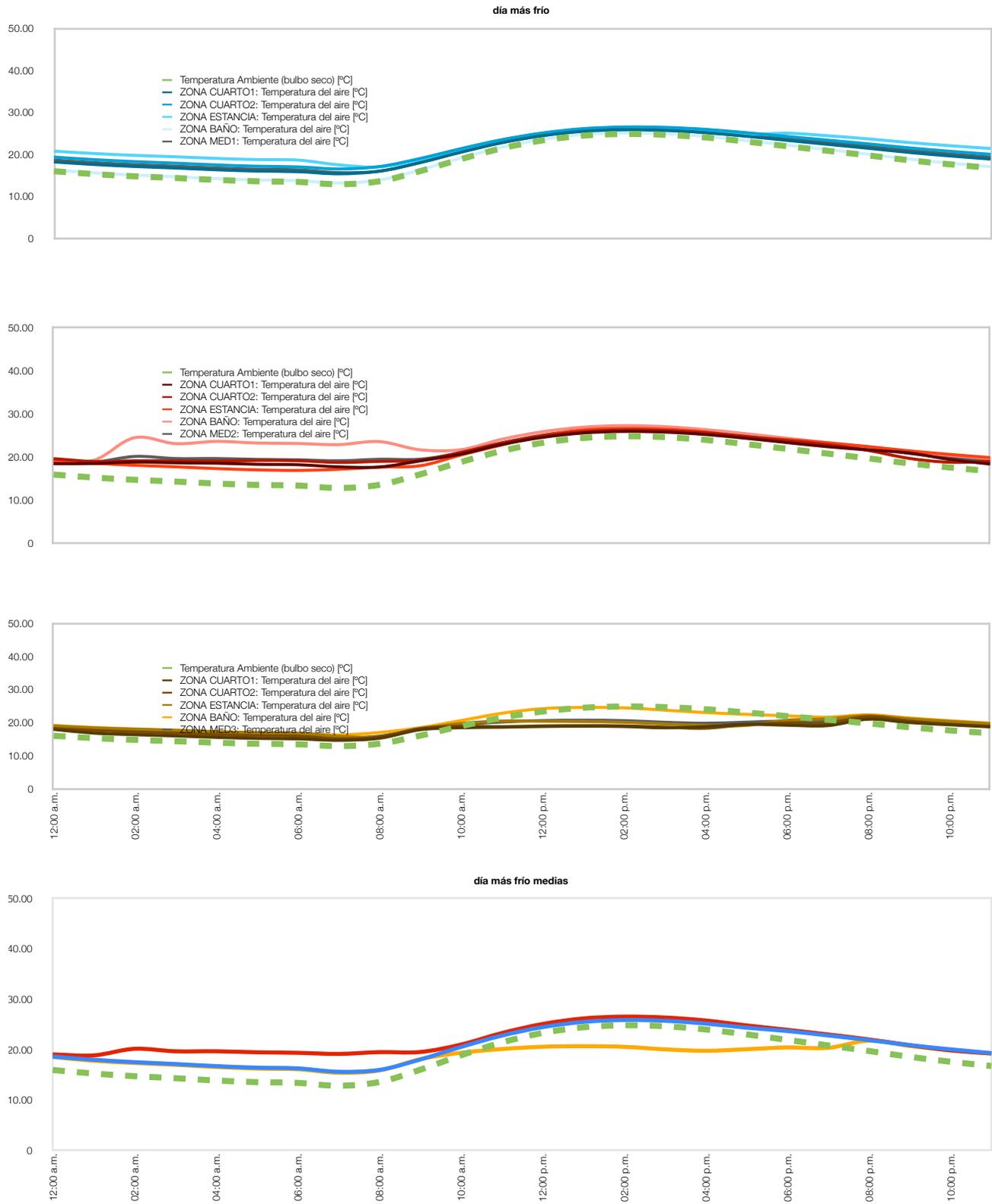


fig 75. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 06 Cuernavaca

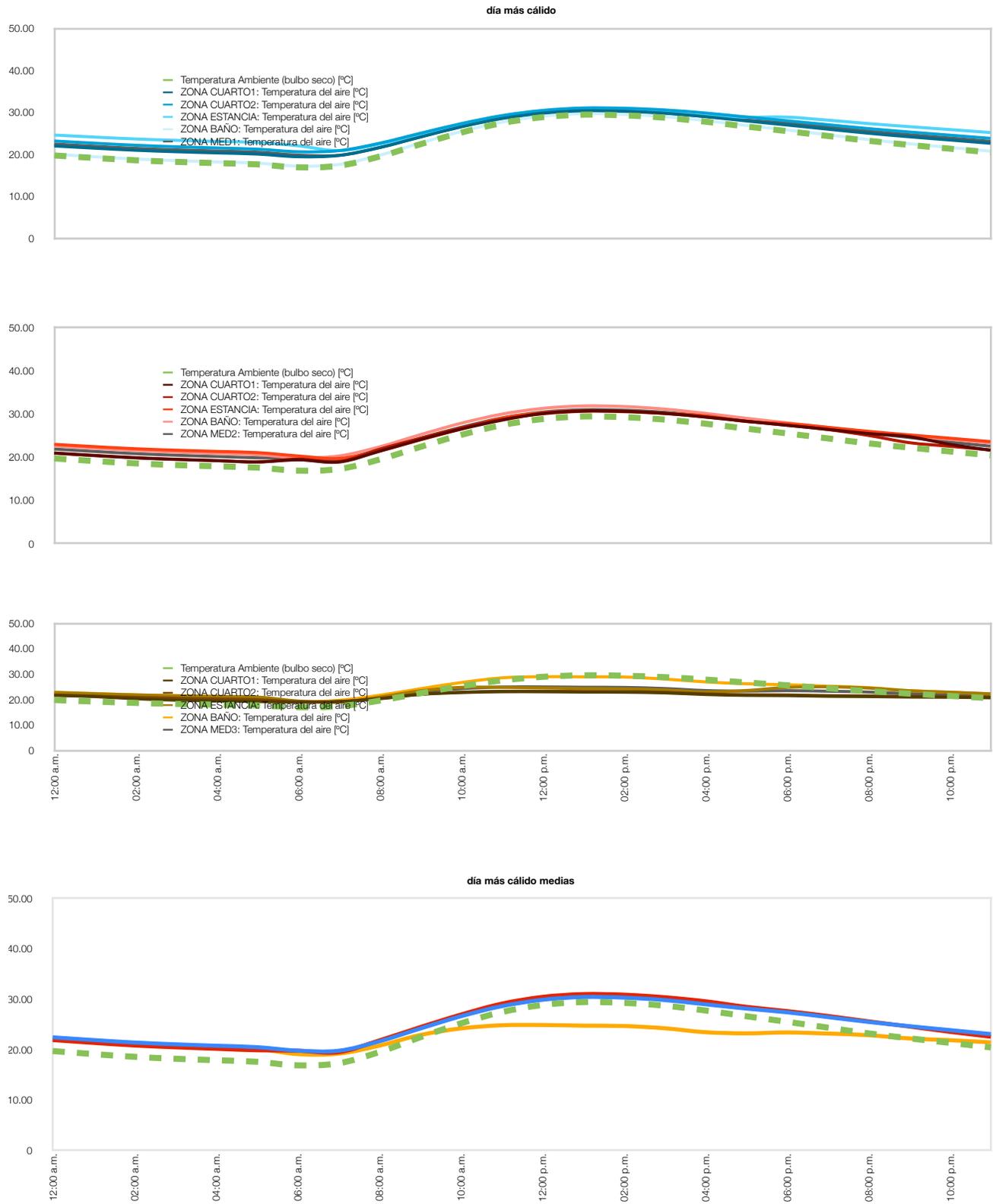


fig 76. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 06 Cuernavaca

+ frío	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]		Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,206.19	107,771.58	107,250.35	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	107,468.09	107,375.11	106,200.74	-1%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,880.57	112,459.23	105,705.22	-6%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,480.73	109,400.37	105,379.67	-4%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	106,056.09	109,792.03	105,003.55	-4%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	105,701.24	109,643.80	104,694.05	-5%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,491.24	116,416.64	106,521.27	-8%
07:00 a.m.	94.06	93.82	93.82	0%	112,337.41	129,938.86	109,389.86	-16%
08:00 a.m.	294.44	292.14	292.14	0%	143,000.94	219,229.60	131,526.40	-40%
09:00 a.m.	325.06	320.39	320.39	0%	177,658.90	182,728.17	173,421.23	-5%
10:00 a.m.	322.77	316.01	316.01	0%	232,205.78	218,162.05	199,797.83	-8%
11:00 a.m.	294.23	285.83	285.83	0%	293,532.80	274,377.12	223,301.87	-19%
12:00 p.m.	253.45	244.45	244.45	0%	237,942.57	228,731.85	176,217.92	-23%
01:00 p.m.	238.04	229.68	229.68	0%	383,515.09	370,658.22	240,635.67	-35%
02:00 p.m.	210.56	203.86	203.86	0%	399,649.39	385,726.09	236,946.76	-39%
03:00 p.m.	171.41	167.12	167.12	0%	396,930.66	382,117.82	227,724.68	-40%
04:00 p.m.	123.63	121.94	121.94	0%	380,223.72	363,103.78	215,517.79	-41%
05:00 p.m.	84.77	84.25	84.25	0%	186,477.40	179,536.58	140,979.80	-21%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	128,515.09	125,250.64	116,041.19	-7%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,767.91	122,540.34	116,070.97	-5%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	122,910.47	119,955.36	119,403.38	-0%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	120,035.80	117,920.10	117,454.78	-0%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,069.41	109,079.74	108,804.50	-0%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	109,104.59	108,104.06	108,047.29	-0%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-14%
+ cálido	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1:	ZONA MED2:	ZONA MED3:	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]	Ganancia Solar [W]		Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	Ganancia total de calor Latente [J]	
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	113,600.62	111,704.45	111,547.14	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,764.29	110,951.45	111,147.31	0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,004.81	110,266.52	110,161.24	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,443.82	109,765.03	109,427.31	-0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,040.37	109,401.74	109,074.64	-0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	110,643.84	109,043.93	108,723.49	-0%
06:00 a.m.	13.90	13.78	13.78	0%	117,161.38	114,155.15	113,158.42	-1%
07:00 a.m.	126.00	124.99	124.99	0%	129,012.25	125,397.21	122,722.96	-2%
08:00 a.m.	341.49	339.36	339.36	0%	261,506.28	236,637.12	224,975.50	-5%
09:00 a.m.	414.87	412.05	412.05	0%	332,417.67	302,599.10	277,914.23	-8%
10:00 a.m.	410.21	406.69	406.69	0%	414,004.59	379,118.20	323,667.11	-15%
11:00 a.m.	335.85	331.92	331.92	0%	490,658.07	458,024.82	344,527.34	-25%
12:00 p.m.	254.29	250.29	250.29	0%	349,216.29	330,495.23	241,366.32	-27%
01:00 p.m.	243.18	239.29	239.29	0%	573,780.05	537,573.78	347,631.50	-35%
02:00 p.m.	227.39	223.94	223.94	0%	573,500.58	537,304.89	345,041.94	-36%
03:00 p.m.	189.77	187.03	187.03	0%	553,906.49	518,710.97	333,834.58	-36%
04:00 p.m.	132.32	130.40	130.40	0%	523,349.60	502,559.15	311,232.78	-38%
05:00 p.m.	44.09	43.39	43.39	0%	231,157.75	220,910.39	168,519.16	-24%
06:00 p.m.	3.93	3.86	3.86	0%	142,805.70	139,075.51	125,608.20	-10%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	139,130.80	135,667.06	125,299.46	-8%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	135,393.61	131,974.29	124,074.40	-6%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	132,209.49	128,599.83	121,857.78	-5%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	116,037.08	114,209.92	111,599.82	-2%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	114,712.61	112,703.64	110,982.78	-2%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-12%

tabla 27. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 06 Cuernavaca]

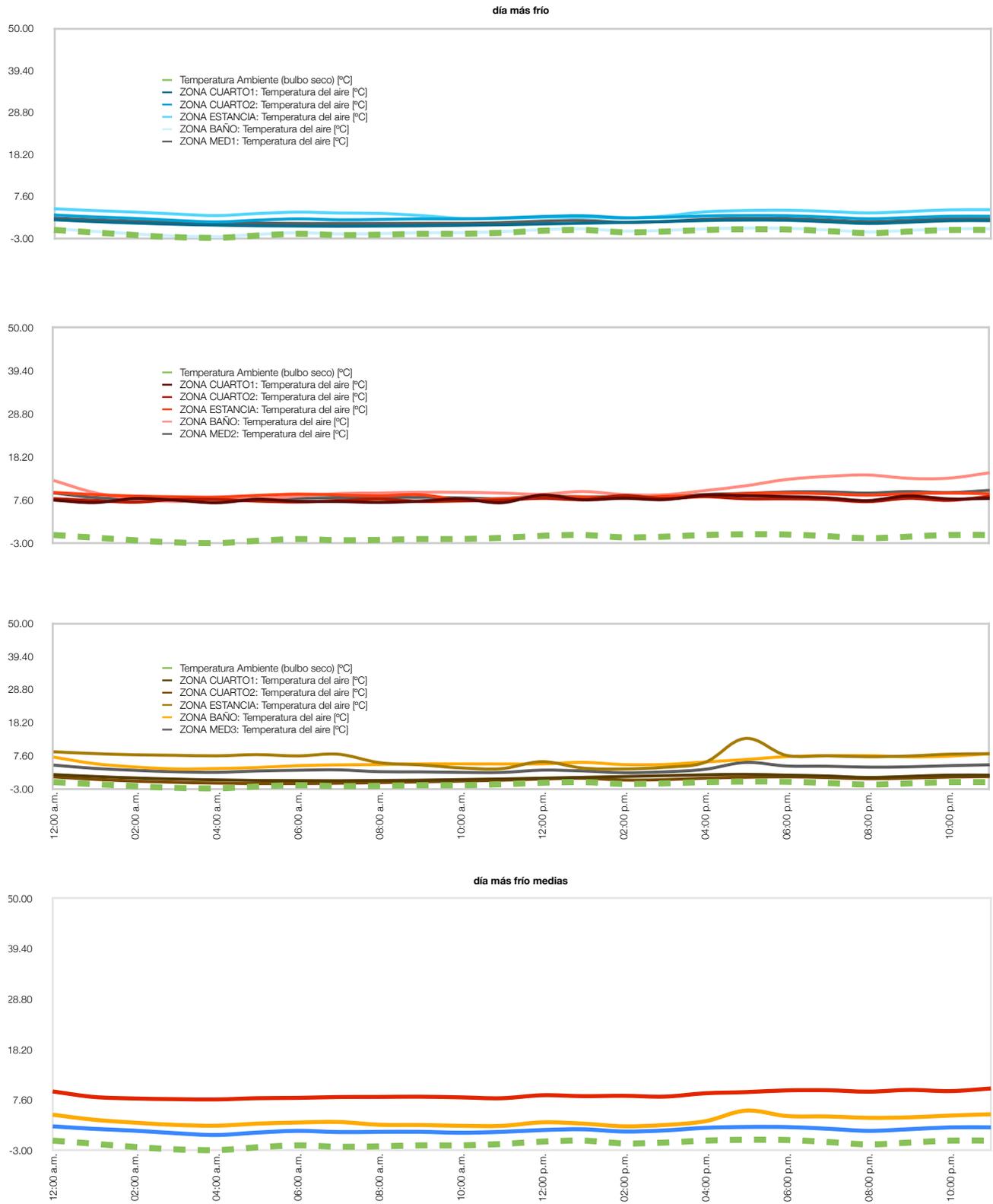


fig 77. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 07 Monterrey

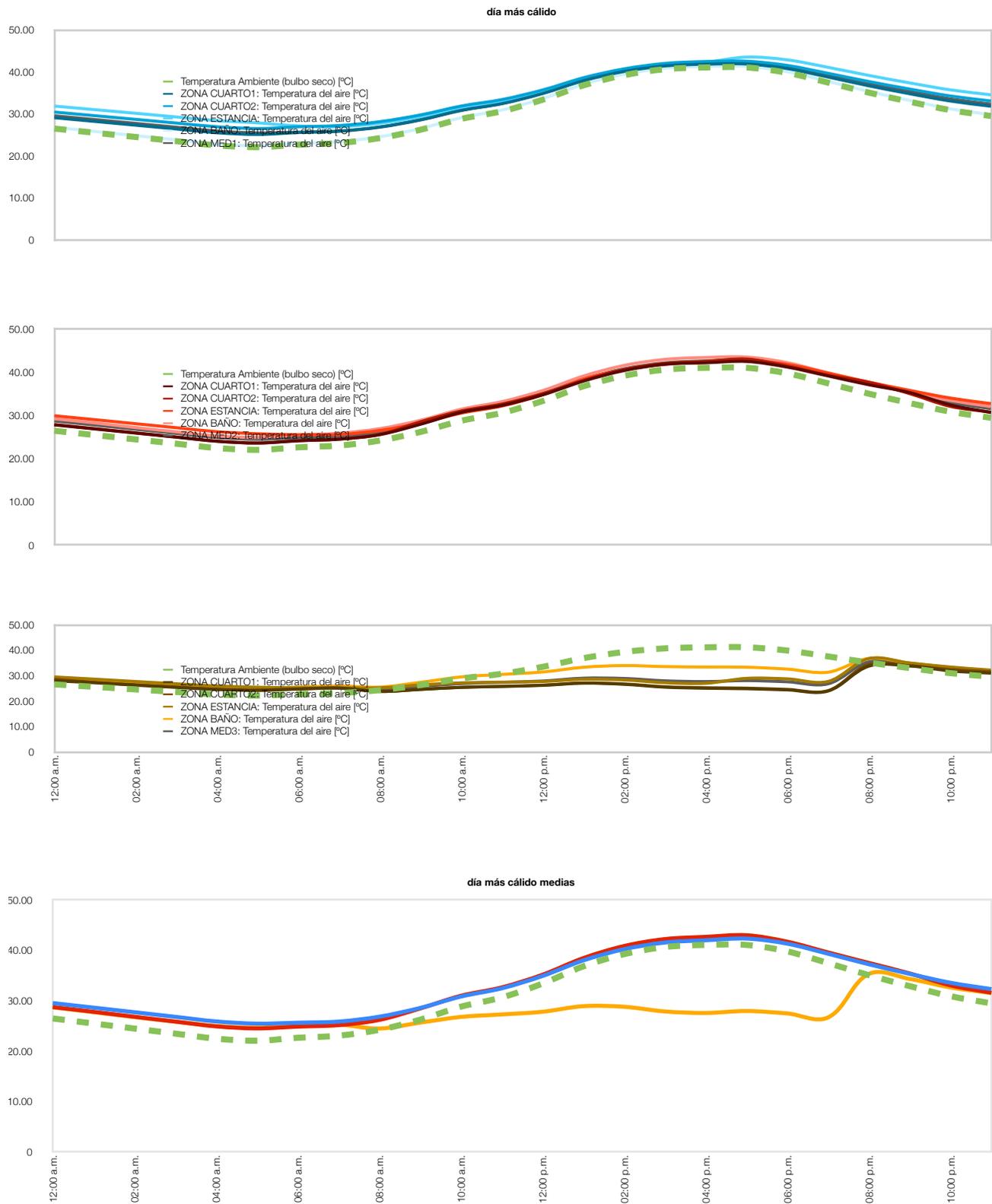


fig 78. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 07 Monterrey

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	102,772.54	102,600.00	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,645.55	103,276.10	102,600.00	-1%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,744.25	103,258.66	102,600.00	-1%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,825.77	103,400.96	102,622.24	-1%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,944.61	103,596.90	102,660.15	-1%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,859.42	103,540.58	102,626.06	-1%
06:00 a.m.	0.17	0.17	0.17	0%	102,889.27	103,424.58	102,600.00	-1%
07:00 a.m.	2.95	2.89	2.89	0%	103,338.22	106,200.28	102,604.07	-3%
08:00 a.m.	15.02	14.73	14.73	0%	106,209.04	110,400.04	103,121.36	-7%
09:00 a.m.	31.54	30.94	30.94	0%	105,198.19	111,585.21	103,138.73	-8%
10:00 a.m.	45.67	44.80	44.80	0%	105,199.43	115,619.01	102,870.51	-11%
11:00 a.m.	54.96	53.89	53.89	0%	104,510.52	119,733.60	102,763.21	-14%
12:00 p.m.	58.73	57.58	57.58	0%	102,813.67	115,444.91	102,611.62	-11%
01:00 p.m.	56.81	55.71	55.71	0%	102,600.00	121,716.83	102,600.00	-16%
02:00 p.m.	50.27	49.39	49.39	0%	103,429.95	124,559.02	102,720.06	-18%
03:00 p.m.	52.64	52.17	52.17	0%	103,867.29	120,081.30	103,069.86	-14%
04:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	113,214.99	102,600.00	-9%
05:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	108,163.69	102,763.42	-5%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	104,787.79	102,659.71	-2%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,625.53	103,918.28	102,600.00	-1%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,783.94	104,713.36	102,600.00	-2%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,741.46	104,330.73	102,600.00	-2%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	103,260.97	102,600.00	-1%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	103,315.80	102,600.00	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-5%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	127,590.60	123,347.65	122,819.88	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,570.68	121,525.39	120,972.85	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	123,618.12	119,722.66	119,195.40	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	121,735.79	118,006.33	117,536.60	-0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	119,926.20	116,420.22	116,089.73	-0%
05:00 a.m.	5.02	4.94	4.94	0%	118,829.16	115,503.90	115,231.40	-0%
06:00 a.m.	34.25	33.78	33.78	0%	134,957.73	128,915.30	128,401.51	-0%
07:00 a.m.	81.46	80.57	80.57	0%	169,394.87	157,720.06	156,622.36	-1%
08:00 a.m.	154.43	153.37	153.37	0%	426,794.61	372,750.04	333,281.28	-11%
09:00 a.m.	153.08	151.98	151.98	0%	490,462.56	430,799.73	361,577.19	-16%
10:00 a.m.	107.45	106.12	106.12	0%	576,268.70	509,194.28	400,025.84	-21%
11:00 a.m.	106.42	105.19	105.19	0%	659,412.10	587,206.82	424,295.36	-28%
12:00 p.m.	105.16	104.24	104.24	0%	463,909.56	419,489.26	289,100.62	-31%
01:00 p.m.	101.89	101.24	101.24	0%	831,446.60	751,014.96	476,872.30	-37%
02:00 p.m.	95.60	94.80	94.80	0%	832,750.20	751,750.20	490,984.06	-35%
03:00 p.m.	87.50	86.59	86.59	0%	832,750.20	751,750.20	457,169.46	-39%
04:00 p.m.	76.47	75.72	75.72	0%	832,750.20	751,750.20	444,486.09	-41%
05:00 p.m.	9.69	9.64	9.64	0%	345,983.40	318,983.40	222,213.26	-30%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	183,727.80	174,727.80	141,707.79	-19%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	183,727.80	174,727.80	138,184.18	-21%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	183,205.62	174,727.80	165,721.65	-5%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	179,329.34	171,815.63	168,919.50	-2%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	137,699.63	133,331.14	131,862.88	-1%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	134,275.69	129,312.32	129,033.14	-0%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-14%

tabla 28. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 07 Monterrey]

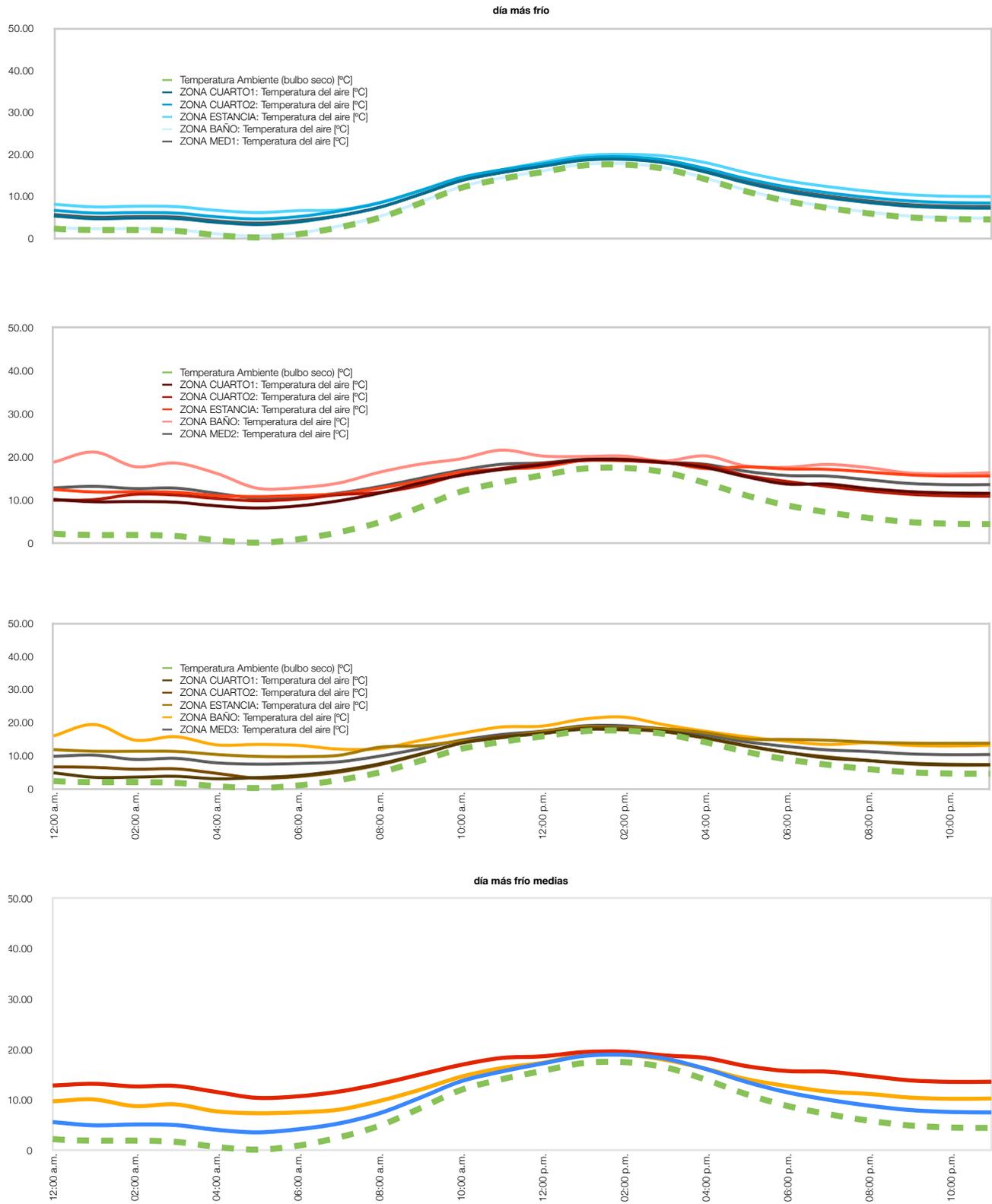


fig 79. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 08 Mexicali

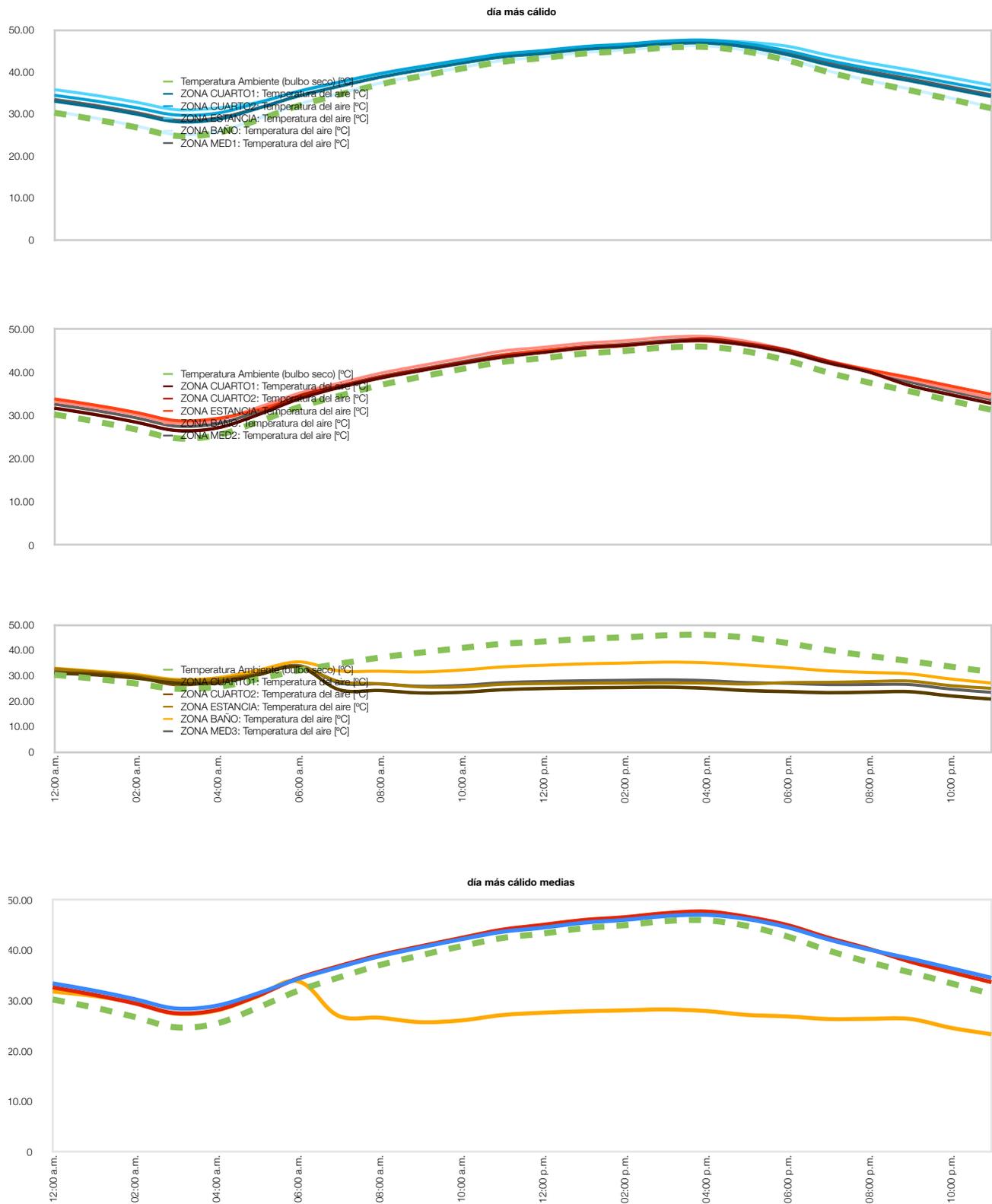


fig 80. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 08 Mexicali

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	108,883.20	105,409.42	-3%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	112,756.95	110,588.04	-2%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	109,930.62	106,560.63	-3%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	108,912.65	105,379.92	-3%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	109,058.64	105,944.39	-3%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	104,624.68	102,643.10	-2%
06:00 a.m.	46.76	46.73	46.73	0%	102,600.00	106,356.67	102,618.20	-4%
07:00 a.m.	289.34	289.11	289.11	0%	102,600.00	110,391.52	102,753.76	-7%
08:00 a.m.	375.84	373.77	373.77	0%	102,600.00	156,148.16	103,323.84	-34%
09:00 a.m.	370.53	365.88	365.88	0%	102,600.00	165,207.35	120,154.43	-27%
10:00 a.m.	295.16	288.90	288.90	0%	110,783.79	152,996.42	121,423.67	-21%
11:00 a.m.	230.58	223.57	223.57	0%	137,265.11	181,931.84	152,769.51	-16%
12:00 p.m.	218.51	211.89	211.89	0%	136,644.53	156,999.10	139,239.84	-11%
01:00 p.m.	195.50	190.43	190.43	0%	196,035.56	202,149.12	184,664.93	-9%
02:00 p.m.	151.77	149.34	149.34	0%	207,369.58	209,561.60	234,719.99	12%
03:00 p.m.	81.98	81.64	81.64	0%	193,950.28	193,869.09	188,688.96	-3%
04:00 p.m.	13.47	13.43	13.43	0%	159,798.44	198,905.35	163,710.20	-18%
05:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	108,821.80	124,518.78	111,514.88	-10%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,987.75	110,197.14	104,672.01	-5%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	114,399.15	104,402.14	-9%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	114,655.47	106,497.05	-7%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	112,867.65	106,139.38	-6%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	107,371.70	104,158.36	-3%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	102,600.00	107,748.84	104,354.68	-3%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-8%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	137,288.67	131,967.42	127,767.22	-3%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	133,903.07	128,732.03	127,607.15	-1%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	129,842.96	125,238.50	124,841.92	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,616.71	121,414.12	120,884.89	-0%
04:00 a.m.	23.45	23.41	23.41	0%	125,306.00	121,188.62	120,017.46	-1%
05:00 a.m.	154.79	154.08	154.08	0%	130,429.78	126,203.79	125,632.40	-0%
06:00 a.m.	287.09	285.45	285.45	0%	172,600.79	163,229.21	162,517.32	-0%
07:00 a.m.	328.01	327.22	327.22	0%	260,879.03	243,601.39	185,712.77	-24%
08:00 a.m.	306.14	305.69	305.69	0%	832,472.69	751,750.20	410,590.74	-45%
09:00 a.m.	259.38	258.40	258.40	0%	832,750.20	751,750.20	396,518.32	-47%
10:00 a.m.	187.61	186.04	186.04	0%	832,750.20	751,750.20	389,078.78	-48%
11:00 a.m.	124.97	123.15	123.15	0%	832,750.20	751,750.20	430,971.07	-43%
12:00 p.m.	112.03	110.39	110.39	0%	508,239.00	463,239.00	293,983.66	-37%
01:00 p.m.	110.04	108.80	108.80	0%	832,750.20	751,750.20	460,055.87	-39%
02:00 p.m.	101.40	100.61	100.61	0%	832,750.20	751,750.20	465,477.25	-38%
03:00 p.m.	86.59	85.87	85.87	0%	832,750.20	751,750.20	473,476.40	-37%
04:00 p.m.	70.56	69.80	69.80	0%	832,750.20	751,750.20	468,318.84	-38%
05:00 p.m.	40.58	40.11	40.11	0%	345,983.40	318,983.40	216,762.83	-32%
06:00 p.m.	5.60	5.53	5.53	0%	183,727.80	174,727.80	139,033.69	-20%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	183,727.80	174,727.80	137,598.52	-21%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	183,727.80	174,727.80	136,609.78	-22%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	183,591.88	174,727.80	136,959.68	-22%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	141,913.11	137,944.39	117,265.72	-15%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	139,480.56	134,558.64	114,534.25	-15%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-23%

tabla 29. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 08 Mexical]

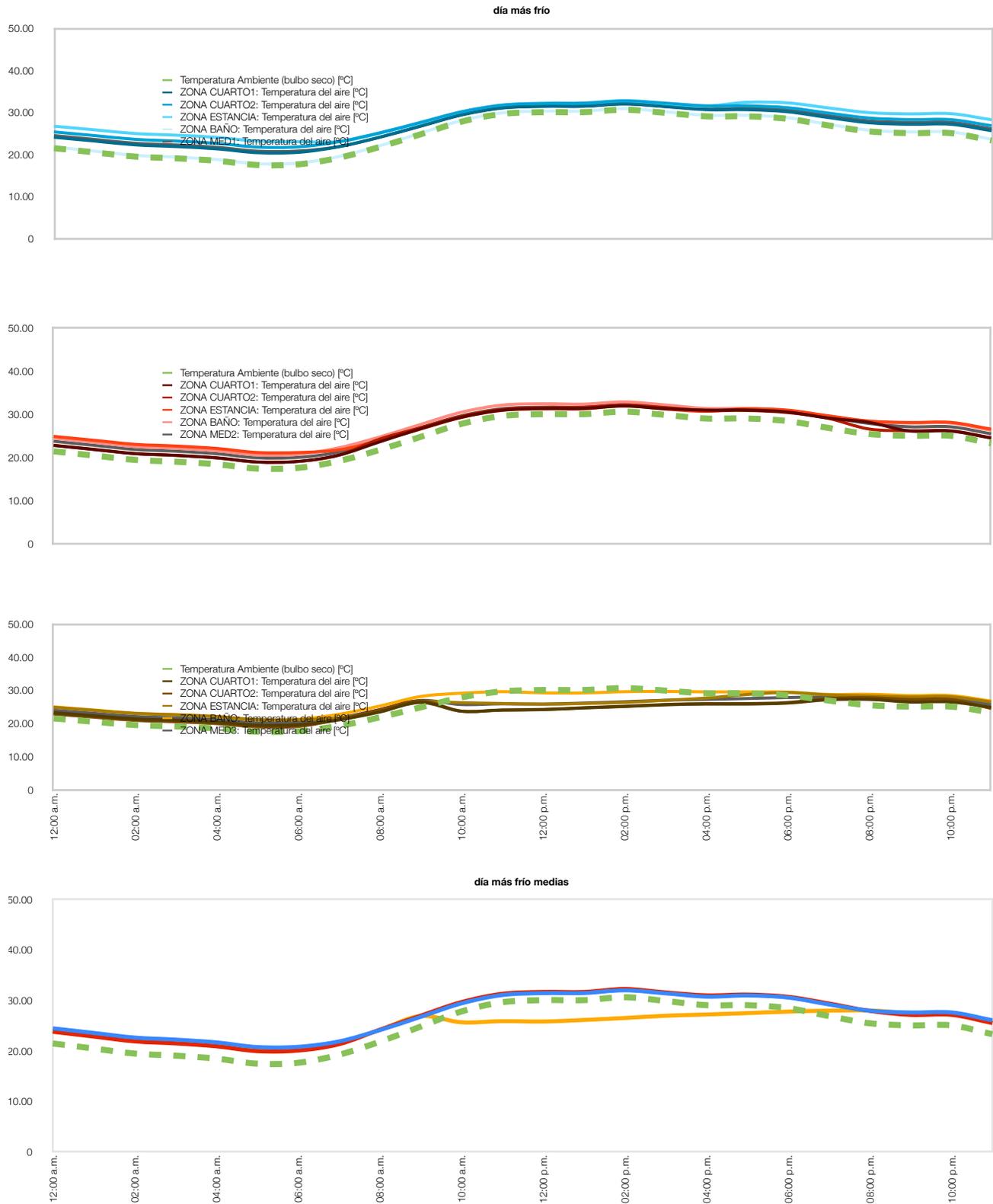


fig 81. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 09 Mérida

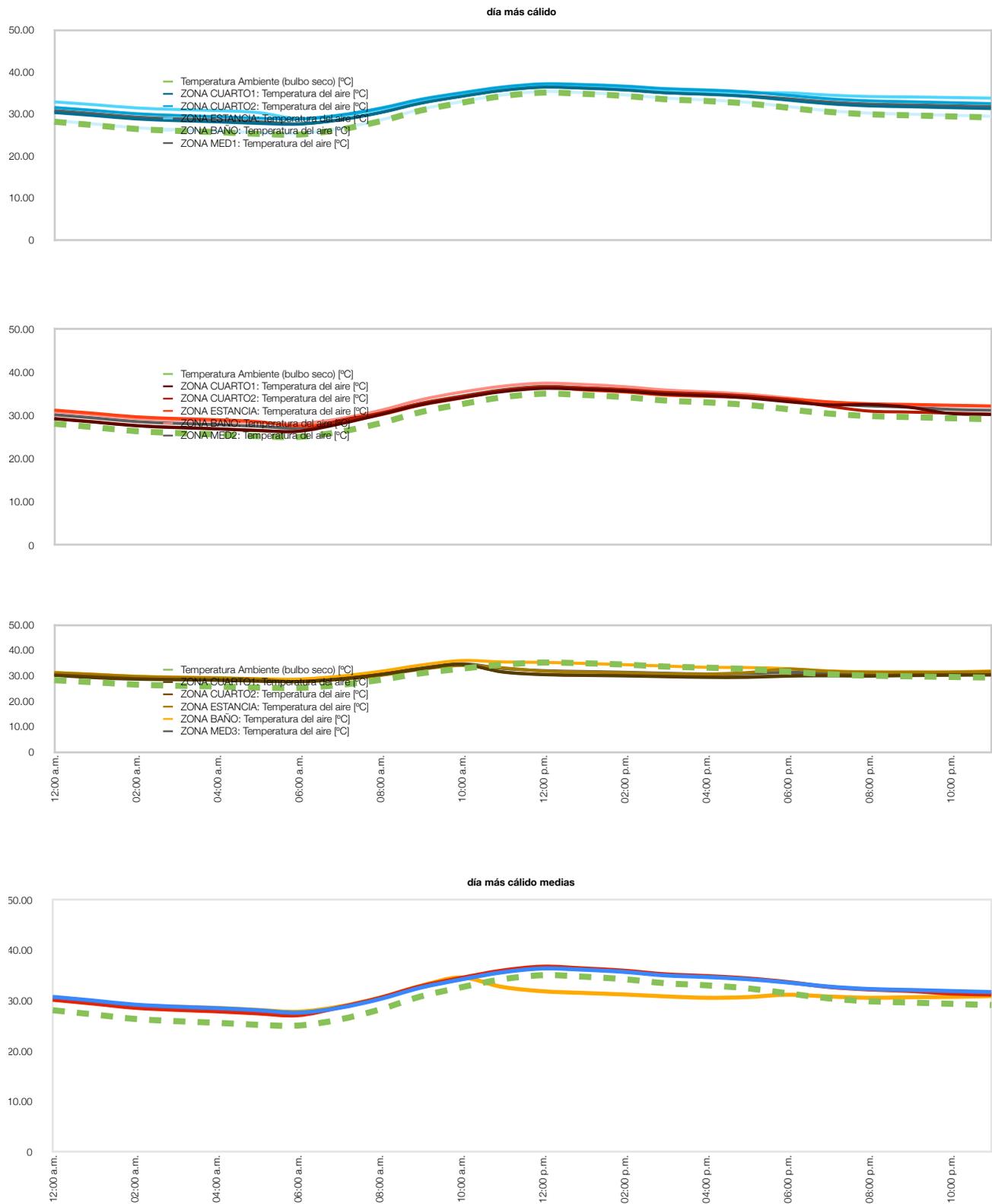


fig 82. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 09 Mérida

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	117,216.15	114,632.54	114,464.21	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	115,622.17	113,194.33	113,032.23	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	114,098.72	111,828.07	111,672.63	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	113,214.19	111,061.25	110,903.79	-0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,598.88	110,513.74	110,371.76	-0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,232.68	109,298.42	109,165.19	-0%
06:00 a.m.	19.25	19.23	19.23	0%	119,260.43	115,565.67	115,267.12	-0%
07:00 a.m.	129.77	129.06	129.06	0%	140,403.76	133,577.06	132,914.28	-0%
08:00 a.m.	206.81	203.79	203.79	0%	331,964.78	296,141.27	292,942.75	-1%
09:00 a.m.	218.78	213.83	213.83	0%	418,161.55	375,147.00	376,268.96	0%
10:00 a.m.	199.36	193.46	193.46	0%	517,949.29	467,467.82	382,976.95	-18%
11:00 a.m.	157.59	151.18	151.18	0%	597,482.81	540,530.11	384,882.02	-29%
12:00 p.m.	140.55	134.03	134.03	0%	390,354.64	356,970.26	256,032.78	-28%
01:00 p.m.	134.77	128.54	128.54	0%	621,246.47	559,475.36	384,085.58	-31%
02:00 p.m.	122.01	116.94	116.94	0%	638,414.34	578,891.11	396,397.43	-32%
03:00 p.m.	100.28	98.12	98.12	0%	630,564.81	566,477.93	409,448.16	-28%
04:00 p.m.	69.91	69.34	69.34	0%	590,463.65	545,015.04	419,574.81	-23%
05:00 p.m.	24.18	23.96	23.96	0%	269,099.44	252,522.59	212,282.53	-16%
06:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	157,055.66	151,479.05	140,274.16	-7%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	151,458.41	146,737.25	139,578.19	-5%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	145,445.74	140,743.31	140,361.68	-0%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	143,334.91	137,530.97	136,895.79	-0%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	122,999.05	120,018.48	119,752.27	-0%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	120,763.01	117,956.08	117,770.31	-0%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-9%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	130,274.32	126,159.11	126,498.70	0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	128,675.90	124,740.10	124,556.23	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	126,798.35	123,037.72	123,681.07	1%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,683.17	122,070.55	123,204.64	1%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,110.10	121,569.38	122,830.71	1%
05:00 a.m.	25.45	25.41	25.41	0%	124,272.41	120,827.08	122,109.91	1%
06:00 a.m.	141.85	140.92	140.92	0%	143,333.40	137,222.08	139,809.58	2%
07:00 a.m.	204.14	202.75	202.75	0%	188,932.85	176,506.24	181,895.47	3%
08:00 a.m.	214.49	213.43	213.43	0%	559,897.10	498,286.79	522,446.33	5%
09:00 a.m.	191.47	190.75	190.75	0%	652,404.28	584,686.37	602,744.33	3%
10:00 a.m.	145.03	144.58	144.58	0%	741,586.64	668,564.36	683,602.22	2%
11:00 a.m.	91.24	91.00	91.00	0%	798,515.28	717,172.42	641,555.80	-11%
12:00 p.m.	76.89	76.63	76.63	0%	504,197.80	460,792.64	377,591.70	-18%
01:00 p.m.	83.57	83.05	83.05	0%	822,864.70	744,077.79	580,126.28	-22%
02:00 p.m.	85.98	85.05	85.05	0%	815,281.99	731,103.32	568,925.13	-22%
03:00 p.m.	81.13	79.98	79.98	0%	793,299.27	709,401.66	552,814.37	-22%
04:00 p.m.	71.22	70.30	70.30	0%	772,292.77	688,850.36	540,763.99	-21%
05:00 p.m.	55.94	55.47	55.47	0%	321,661.62	293,544.97	249,473.28	-15%
06:00 p.m.	18.91	18.76	18.76	0%	172,211.27	162,820.20	153,472.62	-6%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	168,268.83	159,189.24	152,342.22	-4%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	165,300.41	158,273.88	150,809.64	-5%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	164,313.36	156,686.33	150,903.64	-4%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	132,980.75	128,710.04	127,036.91	-1%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	132,453.43	128,260.37	127,006.20	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-6%

tabla 30. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 09 Mérida]

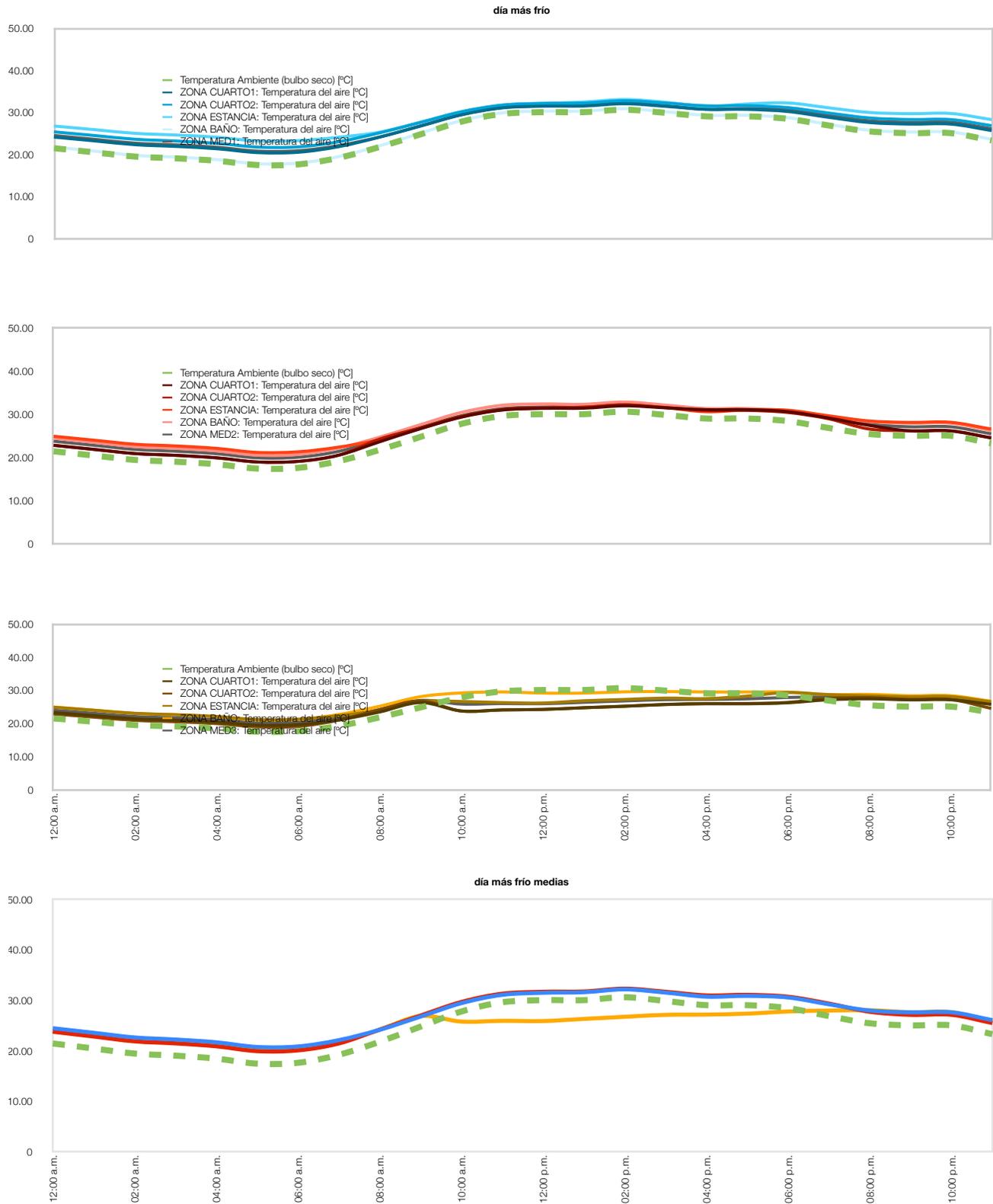


fig 83. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más frío : 10 Acapulco

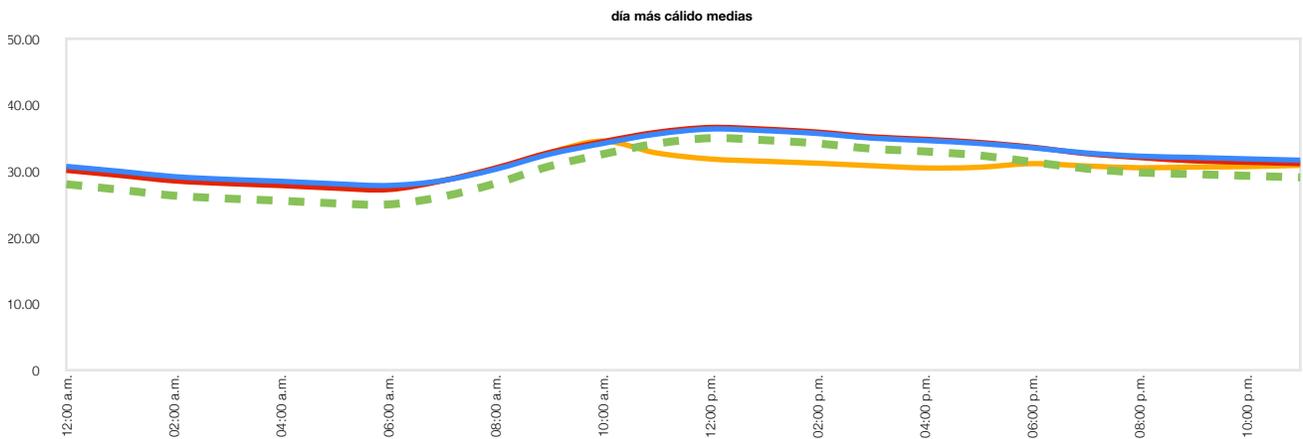
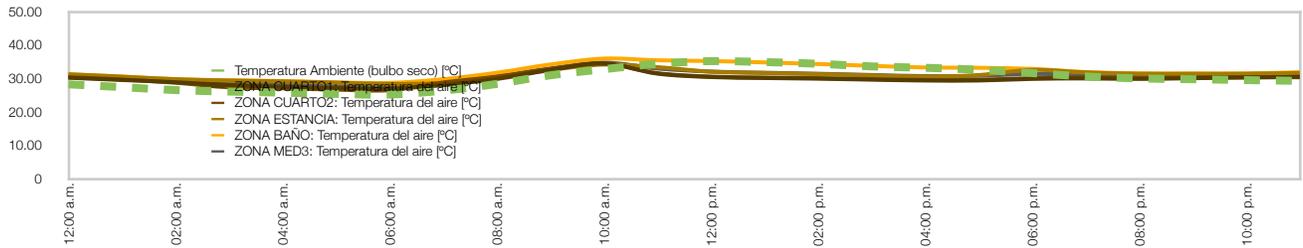
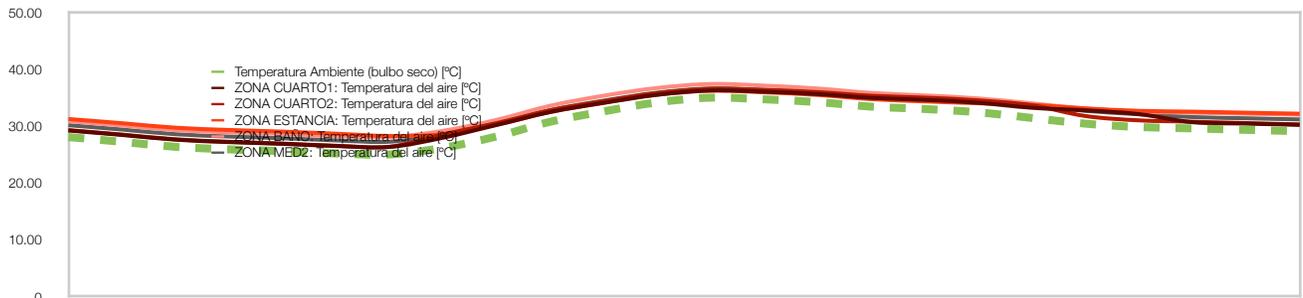
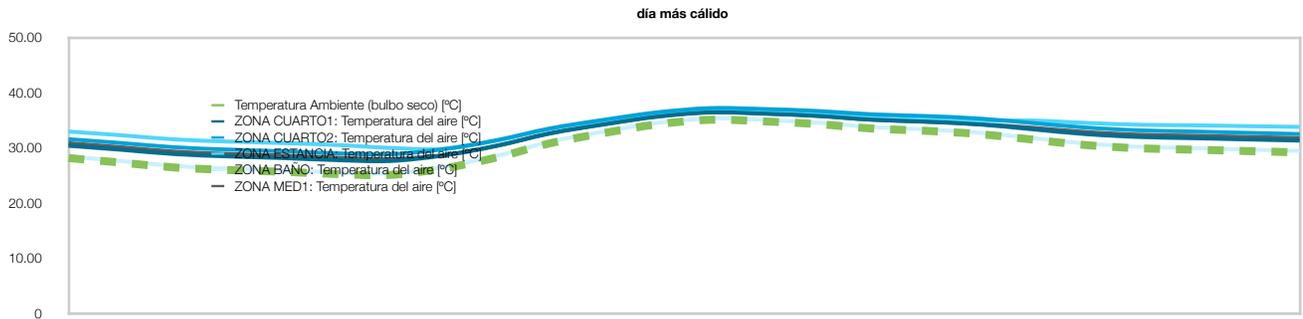


fig 84. Variación de la temperatura por zona de la vivienda tipo en el día más cálido : 10 Acapulco

+ frío	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	117,265.28	114,636.24	114,461.30	-0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	115,666.32	113,196.92	113,028.65	-0%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	114,139.43	111,830.35	111,669.27	-0%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	113,249.45	111,061.37	110,898.85	-0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	112,629.18	110,511.84	110,365.32	-0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	111,258.04	109,295.08	109,157.94	-0%
06:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	119,358.22	115,589.30	115,281.72	-0%
07:00 a.m.	50.56	50.26	50.26	0%	142,791.28	134,886.59	134,210.47	-1%
08:00 a.m.	224.27	221.30	221.30	0%	334,955.85	297,564.58	294,159.90	-1%
09:00 a.m.	320.23	314.49	314.49	0%	420,627.15	376,256.13	375,233.47	-0%
10:00 a.m.	324.91	317.30	317.30	0%	520,338.68	468,535.76	391,222.01	-17%
11:00 a.m.	253.07	244.41	244.41	0%	599,701.92	541,480.54	387,725.67	-28%
12:00 p.m.	181.23	172.09	172.09	0%	391,876.57	357,670.03	257,704.17	-28%
01:00 p.m.	168.64	159.67	159.67	0%	629,645.31	564,466.34	392,714.23	-30%
02:00 p.m.	159.30	151.08	151.08	0%	648,621.44	580,651.24	406,201.60	-30%
03:00 p.m.	131.07	125.66	125.66	0%	640,138.46	578,277.37	418,674.27	-28%
04:00 p.m.	81.49	79.92	79.92	0%	590,090.58	544,975.61	418,803.34	-23%
05:00 p.m.	35.38	34.84	34.84	0%	267,443.69	251,604.33	210,367.63	-16%
06:00 p.m.	3.85	3.79	3.79	0%	157,106.57	151,543.90	140,340.85	-7%
07:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	151,588.83	146,229.63	139,524.81	-5%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	145,577.26	140,910.81	141,112.51	0%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	143,457.65	137,412.11	139,159.09	1%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	123,054.57	120,024.64	120,940.14	1%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	120,810.25	117,959.02	118,468.51	0%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + frío			0%	diferencia total de Calor Latente en día + frío			-9%
+ cálido	ZONA MED1: Ganancia Solar [W]	ZONA MED2: Ganancia Solar [W]	ZONA MED3: Ganancia Solar [W]	Diferencia % en máxima eficiencia / Ganancia Solar	ZONA MED1: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED2: Ganancia total de calor Latente [J]	ZONA MED3: Ganancia total de calor Latente [J]	Diferencia % en máxima eficiencia / Calor Latente
12:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	130,384.71	126,194.67	126,545.74	0%
01:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	128,778.80	124,772.15	125,747.96	1%
02:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	126,893.93	123,066.67	124,133.77	1%
03:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,773.66	122,097.35	122,241.74	0%
04:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	125,193.51	121,592.41	121,413.56	-0%
05:00 a.m.	0.00	0.00	0.00	0%	124,394.45	120,871.95	120,699.10	-0%
06:00 a.m.	35.84	35.59	35.59	0%	144,962.26	138,152.06	137,799.28	-0%
07:00 a.m.	169.20	167.51	167.51	0%	190,006.96	177,168.85	176,402.73	-0%
08:00 a.m.	296.88	294.62	294.62	0%	563,695.32	500,114.33	497,926.09	-0%
09:00 a.m.	309.02	307.22	307.22	0%	656,047.47	586,450.82	593,800.39	1%
10:00 a.m.	256.02	254.74	254.74	0%	745,070.47	670,249.36	684,129.92	2%
11:00 a.m.	165.26	164.26	164.26	0%	800,246.45	718,725.14	645,375.28	-10%
12:00 p.m.	99.35	98.48	98.48	0%	504,179.72	460,924.48	378,794.94	-18%
01:00 p.m.	95.16	94.22	94.22	0%	822,833.78	744,510.85	582,129.59	-22%
02:00 p.m.	98.94	97.74	97.74	0%	815,607.43	732,454.05	570,824.30	-22%
03:00 p.m.	111.94	109.95	109.95	0%	795,469.84	710,668.73	554,765.20	-22%
04:00 p.m.	98.92	97.06	97.06	0%	773,144.76	688,704.30	540,608.09	-22%
05:00 p.m.	60.23	59.21	59.21	0%	320,989.76	292,865.40	248,395.44	-15%
06:00 p.m.	19.82	19.45	19.45	0%	172,200.23	162,738.89	154,064.40	-5%
07:00 p.m.	1.24	1.22	1.22	0%	168,404.39	160,147.49	152,363.61	-5%
08:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	165,439.15	157,583.67	150,863.52	-4%
09:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	164,438.62	155,656.63	150,949.94	-3%
10:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	133,035.96	128,709.33	127,048.46	-1%
11:00 p.m.	0.00	0.00	0.00	0%	132,500.25	128,255.27	126,985.93	-1%
	diferencia total de Ganancia Solar en día + cálido			0%	diferencia total de Calor Latente en día + cálido			-6%

tabla 31. Diferencial en ganancia térmica por propuesta de máxima eficiencia- [Caso 10 Acapulco]

Beneficios por rehabilitación térmica, energética y ambiental en el país

Resulta pues, que la vivienda representa un sector importante que puede ser atacado para modificar la demanda de energéticos a nivel nacional. Entendiendo que las modificaciones se ejecutan tanto en la legislación como en la tecnología *en sí* de los componentes de la vivienda. (Por ejemplo, hace diez años la televisión era el electrodoméstico con mayor consumo de electricidad, sin embargo, gracias a los cambios en la tecnología, éste ha disminuido su consumo y ya no se encuentra en el primer lugar.)

En síntesis, se presenta un esquema de resultados con las etapas antes mencionadas, algunos valores se apoyan en las estimaciones de la CONAVI, expuestas en la *Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México*, referentes a equipamiento e incorporación de tecnología.

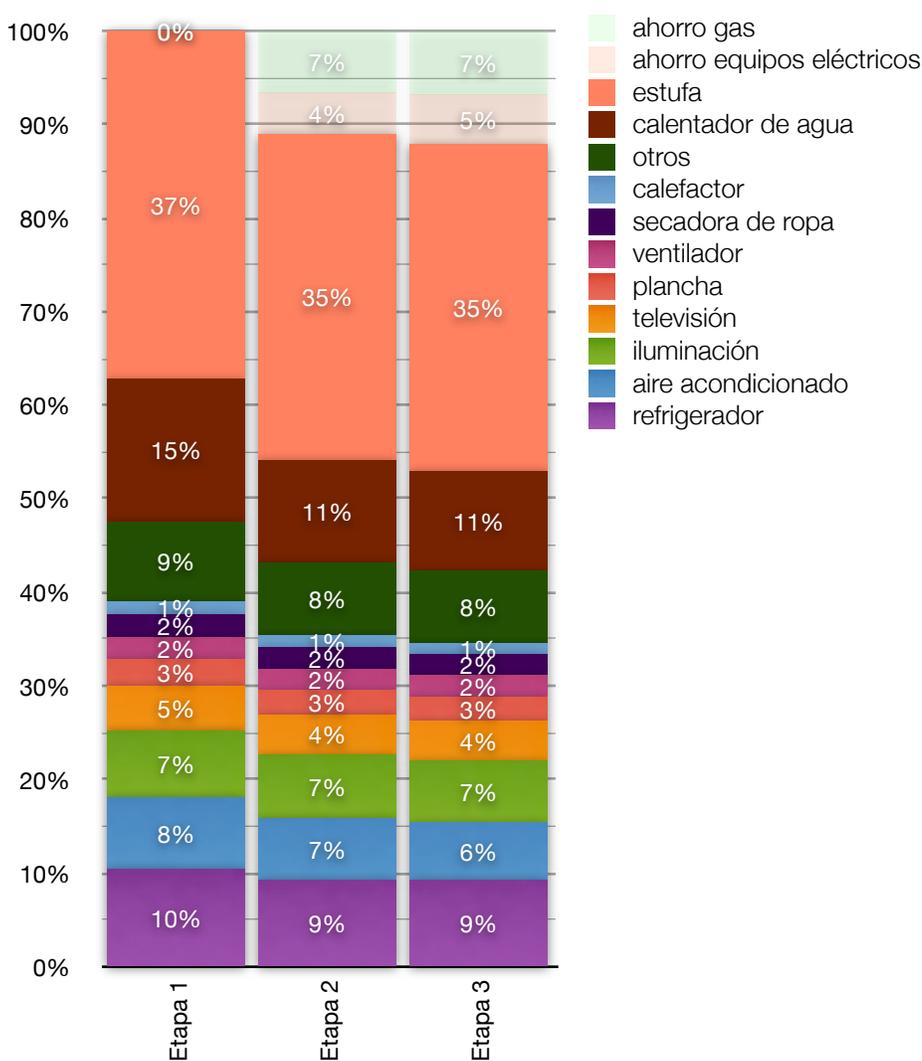


fig 85. Desarrollo de etapas en proceso de ahorro de energía

En la etapa 2 hay una reducción de gas y electricidad debido al abatimiento de la demanda en el confort térmico; otros factores que participan en este ahorro de energéticos son los cambios tecnológicos referenciados previamente.

De modo puntual, los elementos de medición en la evaluación de la vivienda, se sintetizan en las tablas 32 y 34. Y es sí que se puede entender la influencia tanto de lo existente (o aplicable) en los programas de mejoramiento de vivienda y en el reglamento de energía doméstica, como en las estrategias bioclimáticas proyectadas.

Ciudad	U _{techo} [watts / m ² °C]				U _{muro} [watts / m ² °C]				T _{confort} [%]			
	vivienda tipo	programas	normas, reglamento	estrategias	vivienda tipo	programas	normas, reglamento	estrategias	vivienda tipo	programas	normas, reglamento	estrategias
Zacatecas	2.008	0.726	0.377	0.551	1.054	0.523	0.556	0.539	33.50%	36.18%	29.00%	6.93%
Cd. de México	2.065	0.833	0.435	0.634	0.736	0.539	0.813	0.676	34.78%	42.44%	38.45%	16.38%
Xalapa	2.065	0.920	0.435	0.677	0.736	0.539	0.813	0.676	50.54%	53.07%	58.64%	64.21%
Aguascalientes	2.065	0.885	0.435	0.660	0.736	0.539	0.813	0.676	36.55%	36.34%	33.11%	29.89%
Guadalajara	2.065	0.970	0.476	0.723	0.736	0.550	0.909	0.729	37.82%	31.76%	36.10%	40.45%
Cuernavaca	2.065	1.018	0.476	0.747	0.736	0.550	0.909	0.729	43.71%	37.31%	35.10%	32.90%
Monterrey	1.840	1.104	0.476	0.790	0.438	1.110	0.909	1.010	32.88%	36.58%	47.80%	51.86%
Mexicali	1.840	1.128	0.476	0.802	0.438	1.266	0.909	1.087	31.60%	34.84%	34.69%	34.53%
Merida	2.078	1.118	0.476	0.797	0.464	1.152	0.909	1.030	36.19%	40.32%	51.12%	56.62%
Acapulco	2.078	1.116	0.476	0.796	0.954	1.206	0.909	1.058	36.07%	40.32%	49.20%	56.16%

tabla 32. Variación en las etapas de evaluación (tabla A)

Ciudad	Ganancia Interna Latente por zona [J / hr]				Ganancia Solar por zona [W / hr]			
	vivienda tipo	programas	normas, reglamento	estrategias	vivienda tipo	programas	normas, reglamento	estrategias
Zacatecas	167,036.54	173,686.25	166,288.66	134,751.57	130.728	126.478	126.431	126.231
Cd. de México	198,917.48	198,648.50	189,258.46	149,227.27	56.340	54.790	54.790	54.790
Xalapa	286,486.45	265,041.60	256,812.20	221,728.99	76.754	74.697	74.697	74.697
Aguascalientes	193,599.11	197,012.77	187,905.07	149,077.53	122.456	119.698	119.698	119.698
Guadalajara	229,577.32	226,410.18	214,967.51	166,185.59	152.282	149.717	149.717	149.717
Cuernavaca	216,887.92	210,351.43	202,194.35	167,419.42	107.285	105.551	105.551	105.551
Monterrey	225,290.48	212,891.86	205,047.73	171,606.99	30.983	30.635	30.635	30.635
Mexicali	263,346.65	254,367.81	241,166.35	184,886.41	93.077	92.067	92.067	92.067
Merida	325,021.16	298,235.99	290,945.49	259,864.93	62.720	61.657	61.657	61.657
Acapulco	326,272.58	298,942.60	291,565.01	260,113.22	78.163	76.586	76.586	76.586

tabla 33. Variación en las etapas de evaluación (tabla B)

De igual modo, como se mantuvo durante todo este trabajo, la relación entre consumo de energía se liga directamente con los contaminantes originados por los electrodomésticos en las viviendas. Las estimaciones de reducción son analizadas para cada sistema y en algunos casos para cada equipo.

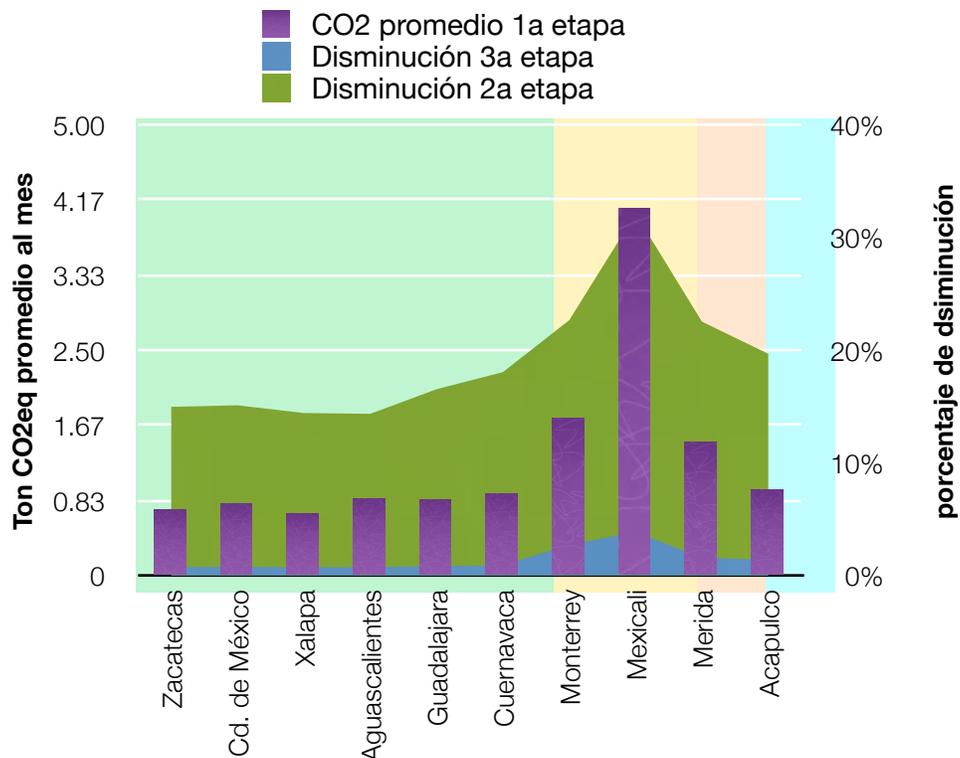


fig 86. Disminución de contaminantes por ciudad

Ciudad	programas	estrategias
Zacatecas	20.49%	5.00%
Cd. de México	18.87%	5.00%
Xalapa	20.88%	5.00%
Aguascalientes	16.87%	5.00%
Guadalajara	19.67%	5.00%
Cuernavaca	19.82%	5.00%
Monterrey	12.94%	12.00%
Mexicali	7.89%	12.00%
Merida	15.21%	7.00%
Acapulco	20.70%	7.00%

tabla 34. Porcentaje de emisiones nacionales ahorradas para cada etapa por ciudad

Mitigación de contaminantes al año



fig 87. Desarrollo de etapas en reducción de CO₂ por hogar

Se revisó que el aporte de contaminantes a la atmósfera por parte del sector residencial es de aproximadamente 4.75%. Las estimaciones de ahorro por uso eficiente de equipamientos y sistemas convencionales disminuye en un 2.575% para el cálculo de las 10 ciudades estudiadas; realizando una proyección hacia el impacto nacional, este podría interpretarse alrededor de 7.98% de ahorro para el sector residencial. Este valor traducido al impacto del portafolio energético representaría una disminución de 0.4% en el impacto nacional, resultando así un valor considerable. Con la aplicación de una etapa de máxima eficiencia energética, se suma cerca de 0.1%, con la esperanza de una aplicación nacional. La figura 83 muestra el resultado de incorporar los programas de eficiencia energética en vivienda comparado con el uso convencional.

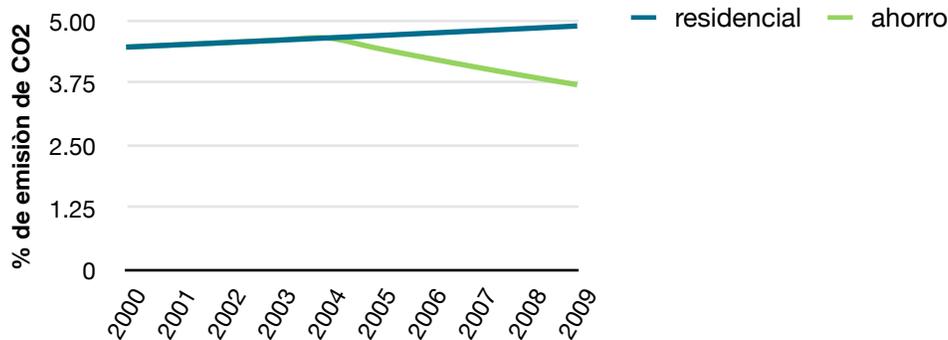


fig 88. Presencia del sector residencial en la emisión de CO₂

A nivel térmico, tanto los programas oficiales como los reglamentos actuales consideran materiales de la envolvente, acabados, aislantes, uso de elementos de control solar, y recomendaciones sobre el uso de tecnologías eficientes de electrodomésticos, estos elementos tienen un impacto directo en la temperatura de la vivienda, ya que se satisface un mayor número de horas de confort, que tiene como consecuencia la disminución en el consumo de sistemas reguladores de temperatura y humedad. Al reducir la ganancia térmica, se reduce la necesidad de enfriar. Esto puede observarse bien en las simulaciones con resultados de temperatura zonal y en las ganancias térmicas.

A nivel energético, las estimaciones proyectadas por los programas de ahorro energético son confiables y se complementan con el impacto térmico que tiene la adecuación de sistemas en la vivienda.

A nivel ambiental, los valores que se esperan por la aplicación de todos los sistemas propuestos y estudiados, representan un sector importante y, sobretodo, viable, en la mitigación de contaminantes a nivel nacional. Esta mitigación tiene su reflejo fuera de la vivienda, sin embargo, no por ello debe descartarse ni analizarse.

Conclusiones

Se mencionó al inicio de este trabajo sobre el doble problema que afrontan las viviendas modernas, primeramente, los diseños antiguos (en esta época de industrialización y la llamada modernidad) no consideran ni el estado orgánico-material ni el estado bioclimático-ambiental; y por otro lado, las construcciones actuales tienden a satisfacer una gran demanda y su construcción depende de instituciones dedicadas a masificar viviendas sin alguna consideración para los ocupantes, resultando lo denominado: *urgencia constructiva*. Es entonces cuando surge una oportunidad, pues el diseño bioclimático no debe mantenerse como herramienta en los nuevos diseños sino que debe participar en las recomendaciones (y en algunos casos, obligaciones) para las construcciones existentes.

Resulta de sumo evidente la ligereza con que ha sido estructurado el sustento de programas de eficiencia energética viables en el país, prescindiendo de la necesidad actual de establecer una normatividad real, es decir, que defina claramente los límites y establezca alternativas de diseño y mejoramiento de construcciones, ya que sólo se ha desarrollado un perfil de mejoramiento en vivienda a través de pocos programas y en un reducido número de normas que, además, tienen carácter de voluntarias.

Asimismo, se señaló anteriormente una de las posturas presentadas por un país de América Latina que mayor integración ha logrado en el sector vivienda sobre el tema de rehabilitación. En Cuba, todas las instituciones promueven valores y argumentos que definen el estado de la rehabilitación en vivienda y de la concepción que se tiene sobre esta. Los principios promovidos, son: fundamentación científica, factibilidad económica, participación social, adecuación cultural, apropiabilidad tecnológica, responsabilidad ecológica, viabilidad administrativa, progresividad ejecutiva, eficacia en el tiempo e integralidad total. Este ejemplo puede resultar importante para desarrollar e impulsar programas de gran envergadura que apuntalen la intervención en la vivienda en México. Naturalmente, para llevar a cabo un impulso nacional en el tema de la rehabilitación, se necesita la creación de un organismo que tenga participación activa en las decisiones a nivel nacional; el tema de la flexibilidad y del ajuste de diseño es fundamental. Lo que se espera es una eficiencia en todo el sistema de la vivienda (uso y forma). Otro país que sirve de referencia muy útil en el estudio de rehabilitación en vivienda es España; en esta país se han desarrollado políticas integrales y congruentes con el Plan Nacional de Desarrollo que promueven y definen las limitantes para la intervención en la vivienda, encaminadas a satisfacer condiciones de eficiencia energética y confort habitacional.

Cabe señalar que los programas de eficiencia energética en vivienda (e intervención, con sus limitaciones señaladas), tienen tanto su origen como su fin en un marco netamente financiero. Esto resulta erróneo debido a que no se promueve un cambio paradigmático en esa re-concepción de la vivienda como elemento esencial en el desarrollo de la vida, que tanto se ha mencionado en el desarrollo de esta tesis.

Con la *Rehabilitación térmica, energética y ambiental, para la sustentabilidad de la vivienda en México*, se motiva a crear herramientas que puedan ayudar y ser usadas por los responsables en el diseño de viviendas, así como promover un cambio ideológico en la concepción que se tiene por la vivienda, retomando los conceptos básicos que apuntaban a la comodidad y a la practicidad de los habitantes. Hasta ahora, las intervenciones oficiales se refieren a la actualización eficiente de los sistemas energéticos que intervienen en la vivienda; de hecho, los resultados presentados por los organismos responsables son alentadores, sin embargo, los datos de simulación ofrecen una perspectiva de mayor impacto al implementar elemento bioclimáticos en la vivienda. Desde luego, los sistemas no tienen el mismo comportamiento en todo el país, pero pueden fácilmente ser adaptados para lograr un funcionamiento de máxima eficiencia. Es por ello que se promueve lograr un esquema práctico de sugerencias y detalles de diseño, construcción y evaluación que, además –como ha sido constantemente

mencionado–, va de la mano con los impactos que la vivienda tiene sobre el ambiente. También se propone crear un esquema de recomendaciones bioclimáticas sobre las viviendas existentes, logrando un cambio estratégico que pueda impactar en la planeación energética del país, gracias a la rehabilitación.

Desde siempre, los habitantes buscarán el modo de satisfacer todas sus necesidades de vivienda a un bajo costo; de ahí que el ahorro, ya sea energético o económico, resulta atractivo para los mismos. A pesar de que una vivienda no haya sido diseñada bajo argumentos bioclimáticos, es posible estudiarla y garantizar medidas que ofrezcan un ahorro de energía considerable. De igual modo, es posible determinar el impacto del consumo energético, mediante valores de insumos y gastos energéticos, obteniendo un diagnóstico integral de la vivienda que servirá de herramienta y base para la evaluación del impacto que tiene el sector vivienda en las emisiones nacionales. Hoy en día, el análisis energético resulta imprescindible y útil para futuras modificaciones en la edificación. Sobre todo, cuando ese análisis puede agilizarse gracias a la simulación.

En el diagnóstico de este trabajo resaltan algunos valores, primeramente se muestran las estimaciones de ahorro gracias a los programas de mejoramiento energético en vivienda dirigidos a equipamiento que, además de reducir el consumo energético, cooperan en la mitigación de contaminantes ambientales; otro factor que se mantiene en todos los programas de mejoramiento energético es lo relacionado con aislamiento en la vivienda, y el impacto consecuente en el uso eficiente de sistemas de climatización. En general, la construcción ha dejado fuera elementos como uso de sombreadores, materiales de aislamiento y acabados, materiales adecuados para la envolvente, zonas de descarga térmica, vegetación, sellado de ventanas, tecnologías en vidrios, electrodomésticos eficientes, tecnologías de ventilación natural, sistemas de enfriamiento y calefacción natural. Por ello la necesidad de levantar un diagnóstico de las condiciones actuales, y mejorar la línea de desarrollo que se ha alejado de las soluciones naturales y de bajo costo, otorgándole mayor importancia a las soluciones tecnológicas de confort, que no son garantía de un uso eficiente de la energía.

Es por este motivo que actualmente se han impulsado programas y normativas nacionales que pretenden difundir el valor que tiene el estudio energético de la vivienda. Sin embargo, cabe señalar que algunas iniciativas quedan a nivel de recomendaciones para la vivienda, donde cada usuario decide si debe o no hacer modificaciones; todas enfocadas, como se mencionó, al uso eficiente de la energía y, en consecuencia, al cumplimiento de los acuerdos de reducción de emisiones del Protocolo de Kioto.

Queda claro que las estimaciones auguran resultados notables en el ahorro energético, sin embargo, algunos proyectos aún se encuentran aislados y no logran conformar una política de ahorro energético en vivienda: viable y claramente rentable. Por un lado, se han logrado avances técnicos en el ahorro energético, y por otro lado, se han impulsado políticas que sostienen un compromiso y modelo de desarrollo sustentable en la vivienda. El problema es que ambos desarrollos no están vinculados íntimamente.

La vivienda estudiada es de interés social; normalmente las ventanas no tienen tecnologías eficientes, la envolvente no cumple con las normas de eficiencia, la ventilación no es un tema considerado, tampoco se adaptan a condiciones de climatización y la vegetación o elementos de regulación térmica no son siquiera presentados. Esto no significa que la vivienda de interés social no pueda ser intervenida.

En el trabajo de tesis presentado, se expone el beneficio que tiene la aplicación (o supuesta aplicación, dado el carácter de voluntario que tienen los programas y las normas correspondientes) de recomendaciones bioclimáticas. Si estas se ocuparan en los modelos actuales, el ahorro en energéticos supera el 10% pero las condiciones de confort en la vivienda consiguen extenderse en poco más de 30%. En regiones cálidas (Monterrey y Mexicali, como ejemplos de elección del trabajo), la intervención en la vivienda garantiza que la temperatura interna aumentará en invierno y en verano disminuirá, aproximándose a la zona de confort en ambos casos; esto significa que las condiciones para lograr un estado de confort requiere de un menor trabajo por los sistemas de climatización. Si además, estas mejoras se complementan con equipos eficientes, el gasto por energía en la vivienda baja notablemente. El resto de los bioclimas evaluados para la República Mexicana no tiene cambios tan sensibles como los mencionados de región cálida, sin embargo, en su mayoría, acceden a las zonas de confort

correspondientes, lo que garantiza que pueden lograr condiciones de confort sin la necesidad de climatizar mediante equipos de aire acondicionado, calefactor o ventilador. Lógicamente, como ya fue mencionado, en las regiones cálidas el ahorro en la facturación es mayor que en el resto del país. Sin embargo, cualquier intervención ejecutada en la vivienda representa un ahorro económico (y, aunque ciertamente queda fuera del usuario, un ahorro en contaminantes por generación de energía).

En consecuencia, la tarea que nos queda consiste en alterar la concepción que se tiene sobre la vivienda. De ahí que es vital modificar el entendimiento de la vivienda y de la confortabilidad, ofreciendo las opciones y los beneficios que pueden surgir en el diseño de las viviendas en el país. Lo importante es que ahora no sólo se apunta hacia el ahorro energético nacional sino también hacia las acciones favorables para combatir el cambio climático mediante estimaciones claras del ahorro de CO₂ y otros contaminantes. Esto, además, logra ciertos rubros de los principios cubanos referidos como: fundamentación científica, apropiabilidad tecnológica, responsabilidad ecológica y viabilidad administrativa.

Es importante señalar que esta tesis presenta un desarrollo de simulación donde quedan evidenciadas las ventajas de la implementación de tecnologías bioclimáticas ya que ayudan a tener niveles de temperatura en la vivienda que se acercan mucho a los niveles de confort definidos. El avance que se logra considerando una zonificación es realmente notable, pero cuando es posible optimizar las condiciones geográficas y climáticas de la edificación, pueden mejorarse los resultados.

Hay un problema que marca una diferencia con los estudios elaborados en otros países (sobre todo en Estados Unidos), que además ha representado un obstáculo en diversos estudios de simulación desarrollados en el país, que consiste en la fuente de información del clima, pues los datos que ofrece al Sistema Meteorológico Nacional a través de las Normales Climatológicas y la Comisión Nacional de Agua, si bien son datos fidedignos de una vasta cantidad de ciudades de la República Mexicana, estos datos están limitados a muestras reducidas de recolección de datos o a insuficiencia de aparatos de medición en las estaciones climatológicas locales. Por ello, otro rubro de este trabajo que difícilmente puede ser obstaculizado, consiste en la elaboración de herramientas altamente confiables, amables y susceptibles de ser utilizadas bajo cualquier sistema, es decir, que puedan ser empleadas por todos. El propósito no consiste en crear herramientas 'abiertas' para el análisis sino accesibles para todos los involucrados, es decir, que apoyados en los estudios, programas y normas actuales, así como su zonificación, se desarrollen herramientas de simulación que aumenten la precisión de los resultados, acercándose más a los valores reales en la estimación. Si el proceso actual de simulación se fortalece, tanto en la técnica como en su inversión (para manejo y desarrollo), la prospectiva sobre el estudio energético de la vivienda nacional se verá ampliamente beneficiada. La viabilidad en el impulso de *software* libre en un país subdesarrollado como México es realmente considerable. Son pocas las consideraciones que se han elaborado hacia este rubro a pesar de tener buenos resultados. (Sin entrar a debate sobre las características técnicas que ofrece.) Este tipo de herramientas y cooperaciones de desarrollo tecnológico satisfacen otros elementos de los referidos en el ejemplo cubano como factibilidad económica, educación cultural y eficacia en el tiempo.

Sin embargo, el objeto de este trabajo consiste no sólo en rehabilitar o reestructurar una vivienda, sino, también, en reestructurar las ideas que se tienen sobre el confort. Y, como consecuencia, ligar el confort de un habitante en su hábitat, con el impacto ambiental que tiene (a favor o en contra). Es crear conciencia. Se expone la cooperación responsable con el entorno. Es reestructurar y ampliar el concepto de la vivienda como máquina para vivir, donde antes del impacto económico, se sobrepone el impacto de habitabilidad. Es entender a la vivienda como esa interacción holística con el medio ambiente y las necesidades actuales. Pues, para que la rehabilitación pueda ser aceptada, es necesario que sea suficientemente buena y no molesta. La gente tiene que sentirse a gusto con ella y no debe cambiar sustancialmente ninguna de las demás cosas que forman su hogar. Sin embargo, debe tener un gran impacto que justifique la inversión en su vivienda. La rehabilitación en la vivienda y el diseño bioclimático, deben transgredir los límites (culturales) establecidos, favoreciendo los nuevos esquemas de ahorro y confortabilidad, se debe establecer que el propósito no consiste en calentar o enfriar una zona, sino controlar un sistema habitable. El precepto es: interiorizar un poco del mundo exterior para lograr armonía en el ambiente, justo lo suficiente para brindar condiciones de confort, sin prescindir del espacio dedicado a la supervivencia; lo que acrecienta su plusvalía con el paso del tiempo.

Es realmente importante mantener e impulsar una ideología de desarrollo sustentable que, como se trató en este trabajo, se refiere al compromiso social, económico, ambiental y político en un entorno de simultaneidad donde todos los sectores se involucran y, además, mantienen una responsabilidad intergeneracional. Este estado de desarrollo complementa conceptos de relevancia como la participación social así como la integridad total. De nuevo, la concepción que debe permanecer es que la vivienda digna no es un lujo.

Uno de los objetivos del diseño bioclimático –y fue comentado–, consiste en desarrollar una vivienda digna, funcional, estética, sana y adecuada a las condiciones climáticas de la localidad, sin embargo, es inconveniente prescindir de las costumbres por parte de los habitantes. Normalmente, debido al costo de los equipos y a la incidencia en la economía familiar, no se intenta mejorar la situación de confort como inversión a largo plazo; en general, se utilizan algunas estrategias para abatir el disconfort tanto con frío como con calor. Por ello, un diseño bioclimático promueve la disposición de herramientas naturales que, además de integrarse con las condiciones confortables de los habitantes, reducen el consumo de energía convencional.

Si la vivienda es el principal demandante de energía eléctrica, al hacer modificaciones en los consumos, habrá una repercusión positiva sobre el sistema eléctrico del país; además, el cambio en los hábitos de consumo van aunados a la disminución de emisiones al ambiente lo que fortalece la afronta al cambio climático en la actualidad –fue señalado que el impacto no afecta directamente al habitante-consumidor, pero no por ello debe prescindirse en la estrategia y en la promoción del usuario final–. Hoy en día existe un nicho de mercado sólido que tiene como objetivo satisfacer las condiciones de confort en la vivienda, sin embargo, se recurre preferentemente al uso de tecnologías diversas para cumplir con este requisito prescindiendo del consumo energético eficiente; es decir, con tal de lograr un ambiente en particular, se compran recursos cuando podrían disponerse libremente, incluso antes de actualizar o mejorar los sistemas y equipos utilizados. Y como consecuencia, la aplicación de estos sistemas deviene en una contaminación visual y en un rompimiento con la imagen del lugar, sin olvidar el costo de operación resultante de las viviendas.

El diseño bioclimático no es una negación de la modernidad, y tampoco pretende resolver los problemas de habitabilidad en la vivienda por medios naturales, sin embargo, la meta es obtener el mejor uso de estos recursos, y así complementar la demanda de la vivienda, de un modo eficiente. Por ello, la aplicación de sistemas reguladores de clima en la vivienda no va en contra del diseño bioclimático, mientras no sea una sustitución o ponderación de tiempo que desdeña el impacto del uso desmedido de energéticos externos.

Tenemos la obligación de responder a las nuevas exigencias de calidad energética en vivienda, y las acciones que presentemos deben pertenecer a un sistema de mayor trascendencia para el desarrollo del país. Debemos proponer, hacer y sostener políticas de corto, mediano y largo plazo, y no debemos coartar las decisiones por intereses ajenos al esquema de sustentabilidad en la vivienda mexicana. Así como ocurre en España, donde los programas de mejoramiento en vivienda son un rubro medular en el plan de desarrollo nacional y estatal, debemos fortalecer el estado de la eficiencia energética, a través de programas específicos, subsistemas de desarrollo, planes locales, normas aplicables y un fomento a la nueva concepción de nuestra vivienda. El tema de la sustentabilidad en la vivienda debe ser ampliado notablemente en las líneas estratégicas de desarrollo nacional, pues si bien aparecen apartados en el Plan de Desarrollo Nacional, el Código de Edificación y en la Estrategia Nacional de Energía, debería ser un tema fundamental y preponderante en la política nacional.

Ciudad Universitaria, México

noviembre de 2011

Referencias

- Aguirre Gas, José Luis. (1983). *Vivienda con ganancia solar directa y almacenamiento térmico*. La Revista Solar. ANES. No. 6. México.
- Bolis, Guillermo (1991). *Diseño y vivienda pública en México*. UAM-X. México.
- Barrios R. Ma. del Pilar y Morales, Diego (1998) . *La simulación del desempeño térmico de edificios como elemento de apoyo para su diseño*. Memorias de ANES 1998. Mexicali B.C., México.
- Brown, G.Z. (1994). *Sol, luz y viento: estrategias para el diseño*. Ed. Trillas; México.
- Butti, Ken y John Perlín (1980), *Un hilo dorado, 2500 años de arquitectura y tecnología solar*; Ed. H. Blume; Madrid, España.
- Camelo, Susana. Gonçalves, Helder. (2008). *Propostas de melhoramento térmico da habitação social em Portugal*. Os Edifícios Bioclimáticos, a Integração das Energias Renováveis e os Sistemas. Livro de Apresentações. Lisboa, Portugal.
- Camporeale, Patricia (2006). *Remodelación Comedor Infantil Fundación Padre Luis Farinello: Aplicación de Estrategias Bioclimáticas*. Memorias de ASADES 2006. Argentina.
- Carrasco Cota y Morillón (2005). *Arquitectura vernácula: una posible solución al problema térmico de la vivienda actual*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. V, p. 196-203. México.
- Casabianca, G. Toscán, M. S. (2006). Propuesta de mejoras en las condiciones de confort en el Colegio Nacional de Buenos Aires incorporando pautas de acondicionamiento natural y eficiencia energética. Memorias de ASADES 2006. Argentina.
- Cedeño V., Alberto. (1998). *La rehabilitación industrializada de viviendas: un contexto*. UAM-X. México.
- Cedeño V., Alberto. (2007) *La modernización de las instalaciones en la rehabilitación de viviendas*. Diseño y sociedad. UAM-X. México.
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas CIEMAT (1986). *Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático*. España.
- Coscollana, José; *Restauración y rehabilitación de edificios*, Thomson-Paraninfo, Madrid, 2004.
- Esteves, Alfredo. Mercado, Victoria. Ganem, Carolina. (2007). *Reciclaje solar pasivo de una vivienda en el centro-oeste de Argentina*. Memorias de ASADES 2007. Argentina.
- Evans, J. Martin, de Schiller, Silvia. (2004). *Arquitectura energéticamente eficiente: 3 proyectos demostrativos en Argentina*. La Revista Solar. ANES. No. 50. México.
- Evans, J. Martin (2007). *The comfort triangles: a new tool for bioclimatic design*. Delft University of Technology. Holanda.
- Fernández Zayas, José Luis (1984). *La energía solar en México: su importancia actual y futura*, Información Científica y Tecnológica, núm. 93, CONACYT, México.
- Figueroa Castrejón, Aníbal (2002). *La factibilidad económica en la arquitectura bioclimática*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IV, p. 20-37. México.
- Figueroa Castrejón, Aníbal (2007). *Nuevas herramientas y modelos informáticos en arquitectura bioclimática*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IX, p. 154-161. México.
- Figueroa Vidal, Carlos Román (2001). *Arquitectura y urbanismo en Cuba: rehabilitación y retos sociales*. Islas 43 (128):37-50 . Cuba.
- Ganem, Carolina. Esteves, Alfredo. Coch, Helena. (2006). *Rehabilitación ambiental de la tipología de medio patio*. Memorias de ASADES 2006. Argentina.
- Garzón, Beatriz. Giuliano, Gabriela. (2007). *Mejoramiento térmico de una vivienda rural en Balderrama y Colalao del Valle-Tucumán a partir de la evaluación de estrategias aplicadas de diseño bioclimático y de sus simulación térmica*. Los edificios en el futuro, estrategias bioclimáticas y sustentabilidad. Libro de Ponencias. San Luis, Argentina.
- Garzón, Beatriz (2008). *Herramientas-soportes para la adecuación bioclimático-energética de escuelas y viviendas rurales de interés social*. Os Edifícios Bioclimáticos, a Integração das Energias Renováveis e os Sistemas. Livro de Apresentações. Lisboa, Portugal.
- Givony, B (1969). *Man, climate and Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Hertz, John B. (1989). *Arquitectura Tropical: Diseño Bioclimático de viviendas en la Selva del Perú*. Centro de Estudios Teológicos de la Amazonia. Iquitos, Perú.
- Hernández, Everardo (1983). *ABC de la climatización natural con uso directo e indirecto de energía solar*. Revista Solar No. 6, ANES. México.
- Huenchuir, Marcelo. Román, Roberto (2005). *Adaptación Térmica de vivienda social en Chile*. Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América. Libro de ponencias del seminario. CYTED. San Martín de los Andes, Argentina.
- Huerta Velázquez, Verónica (2003). *Normatividad Internacional relacionada con el diseño térmico de las edificaciones*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. V, p. 196-203. México.
- Huerta Velázquez, Verónica (2002). *Simulación de las características arquitectónicas de dos edificios residenciales, de acuerdo con la normatividad*

- mexicana sobre eficiencia energética. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IV, p. 216-227. México.
- Jaramillo, Simón (2000). *Buena Energía. Normas de eficiencia energética alrededor del mundo*. Grupo EMAT, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Kabre, Ch (1998), WINSHADE: A computer design tool for solar control, Building and Environment (Magazine) N° 34, 263-274 . EUA.
- Kaspé, Vladimir (1986). *Arquitectura como un todo: aspectos teórico-prácticos*. Ed. Diana; México.
- Kloos, Marten (1991). *Architecture Now*. Architectura & Natura - ARCAM. Amsterdam, Holanda.
- Knowles, R L (2003), *The solar envelope: Its meaning for urban growth and form*, Energy and Buildings 35, 15–25. EUA.
- Koshalek, Richard y Elizabeth A. T. Smith comp. (1998). *A fin de siglo. Cien años de arquitectura*. Antiguo Colegio de San Ildefonso, México.
- Lamberts, R (2005), *Reglamentación para etiquetado voluntario de nivel de eficiencia energética de edificios comerciales y públicos*, Ley de Eficiencia Energética, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil, Conferencias ISES-ISADES 2006.
- Leveratto, M, y Licon, C (1998), *Energy use and city form. The case of Arizona*, Proceedings of PLEA 98, Lisboa, Portugal.
- Manríquez Rosalía; Fuentes, Victor; Guerrero Luis (2006). *Traditional Architecture and Bioclimatic Design*. UAM. México.
- Mata Sandoval, Juan (2008). *Instrumentos de Eficiencia Energética en México*, Reunión Anual ARIAE, San Luis Potosí, SLP.
- Morales-Acevedo, Arturo (2006). *Diseño y realización de celdas solares de silicio con características industriales en México*. Memorias de ANES 2006. México.
- Morillón, David (1992). *Bioclimática*. Universidad de Guadalajara, México.
- Morillón, David (2000) *Metodología para el diseño bioclimático*. Asociación Nacional de Energía Solar. Mexico.
- Morillón, David y Mejía, David (2004). *Modelo para diseño y control solar en edificios*. Series de Investigación y Desarrollo, SID/645. UNAM. México.
- Morillón, David (2005). *Elementos del diseño bioclimático. Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*, Editado por la Comisión Federal de Electricidad y Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, México
- Morillón, D y Rodríguez M, *30 Años, Evolución y Desarrollo de la Arquitectura Bioclimática en México*, Ed. ANES, México, 2006.
- Morillón, David (2007) *El diseño bioclimático en México*. Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y Sustentabilidad. Libro de Presentaciones. San Luis, Argentina.
- Morillón D., Fuentes V. (2003). *Notas del curso Arquitectura Bioclimática*. Asociación Nacional de Energía Solar. México.
- Morillón, David. (2004) *Atlas del bioclima de México*. Series de Investigación y Desarrollo. UNAM. México.
- Morillón, David (2002). *Impacto térmico, energético y ambiental de la envolvente arquitectónica vs confort*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IV, p. 96-107. México.
- Morillón, David (2008). *Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Vol. IX, p. 86-100. México.
- Nyuk, H. W., Khee, P. L., Feriadi, H. (2000) *The use of performance based simulation tools for building design and evaluation- a Singapore perspective*. Journal Building and Environment. 35 Pp. 709-736. EUA.
- Olivares Correa, Marta (2008). *Le Corbusier: la vivienda social*. CENIDIAP. Instituto Nacional de Bellas Artes. México.
- Pasta, Adriano (1994). *Ristrutturazioni ed impianti. La impiantistica moderna nella ristrutturazione edilizia*, Kappa, Roma, Italia.
- Rincón Mejía, Eduardo, Aranda Pereyra, Martha / compiladores. (2006). *30 años de Energía Solar en México*. ANES. México.
- Rosas Flores, Jorge Alberto (2006). Tesis. *Sector Residencial en clima cálido seco; equipamiento y consumo eléctrico por los sistemas de climatización: región noroeste de México*. UNAM, México.
- Restany, Pierre (2008). *Hundertwasser. El pintor rey con sus cinco pieles*. Editorial Taschen. París, Francia.
- Simonson, C (2005), *Energy consumption and ventilation performance of a naturally ventilated ecological house in a cold climate*, Energy and Buildings, 37, 23-35. EUA.
- Szokolay, S.V. (1978). *Solar Energy and Building*, John Wiley and Sons, Nueva York, EUA.
- Trebilcock, Maureen. Burdiles, Roberto. Fissore, Adelqui. (2001). *La modelación y simulación energético-ambiental como herramienta de rediseño arquitectónico*. SIGRaDi. Chile.
- Triana Espinosa, José Antonio y Montes Jiménez, Carmelo (1997). *Habitabilidad, energía y medio ambiente: una propuesta holística para la vivienda en México*. Memorias ANES 1997. Chihuahua. México.
- Valente, Carmelo Gerardo (1972). *La vivienda en el mundo*. Editorial Universitaria de Buenos Aires; Argentina.

Código de Edificación de Vivienda. Parte VI: Sustentabilidad (pp. 225-258). Grupo Coordinador del Código de Edificación de Vivienda (*Comisión Nacional de Vivienda*): Carlos Gutiérrez Ruiz, Evangelina Hirata Nagasako, Ma. Cristina González Zertuche, Eduardo Carmona Uroza; *Sedesol*: Craig Davis Arzac; *Ayuntamiento de Mexicali*: José Luis Rodríguez Escoto; *Instituto de Vivienda de Colima*: José Francisco Rivas Valencia, Marco Antonio Preciado Castillo; *UNAM. Instituto de Ingeniería*: Sergio Alcocer Martínez de Castro, Carlos Javier Mendoza Escobedo, David Morillón Gálvez; *Urbí*: Carlos Cota Arce, Héctor Domínguez Tapia; *Lean House*: Fernando Mayagoitia Witrón; *Interplan*: José Antonio Soto Montoya, Eleazar Acuña Cabrera; *Cemex*: Oscar Villagrán Guevara, Ángel Ponce Córdoba; *International Code Council (ICC)*: Alberto Herrera.

Programa Universitario de Energía, Tecnologías Energéticas del Futuro, Foro de Consulta Permanente, 2 de marzo de 1983, UNAM, México, 1983.

Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda. Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. 2006. *Dirección General de Fomento al Crecimiento del Sector Vivienda*: Arq. Evangelina Hirata Nagasako, Arq. Cristina González Zertuche, Lic. Rosa María Escobar Briones; *Asociación de Empresas para el Ahorro de energía en la Edificación, A.C.*: Arq. Jenny Tardán Waltz; *Instituto de Ingeniería - UNAM*: Dr. David Morillón Gálvez; *SEMARNAT*: Arq. Gloria García Fonseca, Soc. Túpac Huriata Alcáuter Montero *FOVISSSTE*: Ing. Gustavo Fernández Díaz de León, Ing. Eduardo Alexander Fierro Arq. Felix Nieto Cortés; *CFE*: Ing. Enrique Vargas Nieto, Ing. Octavio Rivera Hernández, Ing. Adrián Valera Negrete; *FIDE*: Lic. José Antonio Urteaga Dufour, Ing. Juan Rubén Zagal León; *LFC*: Ing. Jaime Luna Traill, Ing. Hipólito Bernal Sánchez; *INE*: Biol. Julia Martínez Fernández, M.I. Israel Laguna Monroy

Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 (decreto). Diario Oficial de la Federación 27.nov.09.

ASHRAE (2000). Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioner Engineers, Inc. Atlanta, GA.

Asociación Nacional de Energía Solar, A.C. - Arquitectura Bioclimática.

Climate Consultant & Heed: son herramientas diseñadas por el Department of Architecture and Urban Design University of California, Los Angeles.

Ecotect: extensión desarrollada en 2007 por Autodesk.

EnergyPlus: programa desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) para simular los procesos de transferencia de calor. la ventilación natural, los sistemas de climatización, la iluminación y otros factores relacionados con el consumo energético de los edificios.

EP + GoogleSketchUp: herramineta libre desarrollada por Google que permite diseñar el modelo en una plataforma CAD.

Grafisol: simulador solar para un diseño energéticamente racional. En las memorias de la XII Reunión Nacional de Energía Solar. ANES. UMSNH. Desarrollado por Gómez Aspeitia y Luis Gabriel. Morelia, Mich. 1989.

Transys: programa desarrollado en 1975 por University of Wisconsin-Madison Solar Energy Lab and the University of Colorado Solar Energy Applications Lab.

Parasol v.1.0 "Programa de cómputo para diseño de protección solar". Juan C. Baltazar y Juan M. Rodríguez. Universidad de Guanajuato, México. 1997.

Anexo 1: estudio del clima para 10 ciudades de México

Para cada una de las diez ciudades representativas se elabora un estudio de las condiciones del clima utilizando diversas herramientas. Primero se obtienen las normales climatológicas de los últimos 30 años, y se aplica una herramienta de cálculo con los estudios de Alberto Tejeda, así se pueden estimar las temperaturas y humedades horarias-mensuales. Con las mismas normales se complementan las condiciones de precipitación.

Con ayuda de algunas herramientas libres y con apoyo de los diversos mapas de radiación solar en México, se estiman las condiciones de radiación, de igual modo, para una tabla horaria-mensual.

Con esta información se crea un archivo particular para cada ciudad. Esto se logra utilizando una extensión del programa Ecotect®Autodesk para generar un archivo EPW (Energy Plus Weather file) que servirá como base en los estudios consecuentes.

tablaTemperaturas

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	18.4	18.5	18.4	17.8	16.0	14.2	12.4	10.9	9.8	10.0	10.4	10.8
100	12.8	13.0	13.8	17.3	18.5	17.7	17.1	17.5	16.5	14.9	13.8	13.8
200	12.4	12.8	13.4	18.9	18.1	17.4	16.8	17.1	16.1	14.6	13.4	13.4
300	12.1	12.2	13.0	16.5	17.8	17.1	16.8	16.8	17.0	15.8	14.1	13.0
400	11.8	11.8	14.7	16.2	17.5	16.9	16.3	16.6	16.6	15.6	13.9	12.7
500	11.5	11.6	14.4	16.0	17.3	16.7	16.4	16.6	16.5	15.5	13.6	12.5
600	11.3	11.4	14.2	15.1	16.6	16.2	15.8	15.7	15.8	14.2	13.4	12.3
700	10.7	10.9	14.1	16.4	16.2	17.8	17.0	16.9	16.6	14.9	12.9	11.6
800	12.2	12.8	16.5	16.2	20.7	20.1	19.3	19.1	19.2	16.6	14.4	13.0
900	14.5	15.3	19.4	21.7	23.4	22.5	21.8	21.6	20.9	19.0	16.7	15.3
1000	16.9	18.2	22.1	24.3	25.4	24.4	23.5	23.4	22.9	21.2	18.2	17.6
1100	18.9	20.3	24.2	25.9	27.1	25.6	24.8	25.0	24.5	23.0	21.1	19.8
1200	20.3	21.6	25.4	26.9	27.9	26.2	25.4	25.8	25.4	24.1	22.4	21.3
1300	20.0	22.2	25.9	27.2	27.9	26.2	25.4	26.0	25.1	24.5	23.1	22.0
1400	21.0	22.2	26.9	27.6	28.8	26.1	25.7	25.8	25.1	24.5	23.1	22.2
1500	20.7	21.7	25.1	26.2	26.8	25.1	24.4	25.0	24.0	24.0	22.8	21.8
1600	20.0	20.9	24.2	25.2	25.9	24.3	23.6	24.2	24.2	23.3	22.1	21.1
1700	19.2	19.9	23.1	24.1	24.8	23.3	22.7	23.3	23.3	22.5	21.2	20.3
1800	19.2	19.8	21.9	23.0	23.6	22.4	21.7	22.4	22.4	21.6	20.2	19.4
1900	17.2	17.8	20.8	21.9	22.7	21.5	20.8	21.4	21.5	20.6	19.3	18.3
2000	16.3	16.7	19.7	20.9	21.8	20.6	20.0	20.5	20.7	19.7	18.3	17.4
2100	15.4	15.8	18.7	20.0	20.9	19.9	19.2	19.7	19.9	18.9	17.5	16.5
2200	14.6	14.9	17.8	19.2	20.2	19.2	18.6	19.0	19.2	18.2	16.7	15.7
2300	14.0	14.2	17.0	18.4	19.6	18.6	18.4	18.6	18.6	17.6	16.0	15.0

tablaTemperaturas

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	18.4	18.5	18.4	17.8	16.0	14.2	12.4	10.9	9.8	10.0	10.4	10.8
100	7.9	8.8	11.5	14.3	16.3	17.1	16.2	16.1	15.8	13.5	11.4	8.8
200	7.3	8.1	10.8	13.6	15.6	16.0	15.8	15.8	15.7	13.3	11.9	9.1
300	6.6	7.5	10.3	13.1	15.1	15.2	15.2	15.3	15.3	14.0	12.4	9.1
400	6.1	7.0	9.8	12.7	15.1	15.9	15.2	15.0	14.9	14.0	12.1	8.6
500	5.7	6.4	9.4	12.4	14.8	15.7	15.0	14.9	14.4	13.7	11.7	8.6
600	5.4	6.2	9.1	12.2	14.0	15.1	14.4	14.0	14.0	13.1	11.5	7.9
700	4.9	5.3	8.0	12.0	14.3	15.3	14.3	14.3	14.3	13.4	11.0	6.9
800	6.5	6.9	12.4	13.7	20.0	20.7	19.2	19.3	19.3	16.9	13.5	11.7
900	10.4	12.5	16.6	20.8	23.8	23.9	22.1	21.7	21.8	17.0	13.1	10.8
1000	14.5	16.7	20.3	24.3	26.9	26.5	24.4	23.7	23.7	20.3	15.2	14.8
1100	17.9	20.0	23.4	26.7	29.0	28.1	25.9	25.4	24.4	22.8	20.5	18.3
1200	20.3	22.1	25.1	28.1	30.0	28.9	26.8	26.3	25.6	24.5	22.7	20.8
1300	21.6	23.1	25.8	28.4	30.1	28.9	26.9	26.4	26.0	25.2	23.8	21.9
1400	21.7	23.1	25.6	28.0	29.5	28.3	26.1	26.1	26.1	25.1	24.0	22.1
1500	21.3	22.4	24.7	27.0	28.4	27.3	25.3	25.3	25.3	24.1	24.5	22.6
1600	20.1	21.2	23.4	25.4	26.8	27.1	24.1	24.1	24.1	23.1	22.3	20.6
1700	18.6	19.6	21.9	24.0	25.6	24.8	23.1	23.1	23.1	22.0	21.2	19.2
1800	17.0	17.9	20.2	22.4	24.0	23.0	21.9	21.9	21.9	21.8	20.8	19.7
1900	15.4	16.3	18.6	20.9	22.6	22.2	20.8	20.8	20.7	19.8	17.7	16.1
2000	13.8	14.7	17.0	19.4	21.2	21.1	19.8	19.8	19.6	18.2	16.5	14.8
2100	12.3	13.2	15.6	18.1	20.0	20.0	18.8	18.8	18.8	17.0	14.7	13.1
2200	11.0	11.8	14.3	16.9	18.9	19.1	18.0	18.0	17.7	15.9	13.4	11.8
2300	9.8	10.7	12.9	15.9	18.0	18.2	17.0	17.0	17.0	15.0	12.3	10.6

tablaHumedades

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
300	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
400	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
500	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
600	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
700	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
800	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
900	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1000	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1300	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1400	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1500	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1600	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1700	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1800	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1900	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2000	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2300	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76

tablaHumedades

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
300	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
400	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
500	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
600	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
700	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
800	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
900	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1000	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1300	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1400	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1500	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1600	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1700	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1800	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
1900	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2000	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2300	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76

tablaPrecipitación

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
mm	46	46	46	52	56	190	106	176	294	164	62	50
mm	76	91	96	106	106	106	106	106	106	106	106	106

tablaPrecipitación

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
mm	14	10	5	10	18	81	176	106	50	35	13	16
mm	77	91	96	106	106	106	106	106	106	106	106	106

tablaRadiaciónDirecta

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							

tablaTemperaturas

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	18.0	18.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	14.0	14.0	15.0	16.0	16.0
100	12.2	13.0	13.0	12.1	10.9	10.2	10.2	10.2	10.2	11.2	12.1	13.0
200	17.8	12.3	14.4	16.3	16.3	16.7	17.8	17.9	18.2	16.7	14.1	12.3
300	17.0	11.8	13.8	16.0	17.0	18.4	17.5	17.6	17.6	16.3	13.5	11.8
400	16.8	11.3	13.4	15.5	17.5	18.1	17.3	17.6	16.9	13.1	11.4	11.4
500	16.2	10.9	13.0	15.2	17.2	17.8	17.1	17.1	16.7	12.8	11.6	11.6
600	9.9	10.6	12.7	13.9	16.2	17.2	16.5	16.4	16.5	12.6	10.7	10.7
700	9.0	10.0	12.6	15.8	16.6	19.3	18.2	17.7	17.3	13.1	11.6	9.7
800	11.1	12.7	15.9	19.5	20.4	22.5	20.8	20.2	19.2	17.3	13.9	11.6
900	14.8	16.8	20.1	23.6	26.3	25.5	23.4	22.8	22.1	20.2	17.3	15.0
1000	18.3	20.4	23.9	27.2	29.5	28.0	25.4	25.0	24.4	21.7	20.8	18.6
1100	21.4	23.5	26.8	29.7	31.8	29.8	26.8	26.6	26.1	23.3	21.8	21.6
1200	23.5	25.4	28.8	31.1	32.7	30.4	27.5	27.4	27.0	24.7	23.7	23.7
1300	24.6	26.4	29.7	32.4	33.2	30.9	27.8	27.6	27.4	25.2	24.7	24.8
1400	24.7	26.3	29.0	31.0	32.2	29.9	27.1	27.2	27.2	25.3	24.8	25.0
1500	24.2	25.7	28.1	30.0	31.1	28.9	26.3	26.5	26.6	24.7	24.3	24.6
1600	23.2	24.5	26.8	28.6	29.7	27.8	25.4	25.6	25.8	23.8	23.3	23.6
1700	21.9	23.1	25.3	27.0	28.2	26.8	24.4	24.6	24.8	24.7	24.0	23.4
1800	20.4	21.6	23.7	25.4	26.6	25.2	22.9	23.0	23.1	22.6	22.0	21.1
1900	19.0	19.9	22.0	23.8	25.1	24.1	22.3	22.5	22.8	22.4	21.2	19.5
2000	17.5	18.5	20.5	22.3	23.7	23.0	21.4	21.6	21.9	21.2	19.8	18.1
2100	16.2	17.1	19.1	21.0	22.5	22.0	20.6	20.7	21.0	20.2	18.5	16.8
2200	15.0	15.8	17.9	19.8	21.4	21.1	19.8	20.0	20.3	19.3	17.9	15.7
2300	13.9	14.7	16.8	18.7	20.4	20.4	19.2	19.3	19.6	18.3	16.9	14.6

tablaTemperaturas

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	18.7	18.4	17.8	16.4	15.0	14.0	14.0	14.0	14.0	15.0	16.0	16.0
100	12.1	12.8	12.9	11.8	10.6	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	11.9	12.8
200	14.8	19.3	16.8	18.8	18.0	18.1	17.3	17.0	17.0	15.0	12.4	10.8
300	14.1	14.0	16.4	18.0	18.6	17.8	17.0	17.0	17.0	15.0	12.1	10.4
400	13.8	14.6	16.1	17.7	18.4	17.6	16.8	16.8	16.5	13.8	11.4	10.1
500	13.5	14.3	15.8	17.4	18.1	17.5	16.6	16.6	16.3	13.6	11.6	10.3
600	12.3	14.1	15.5	16.4	17.4	17.0	16.1	16.1	16.0	13.5	11.4	10.8
700	12.6	13.6	15.5	17.6	19.0	18.4	17.4	17.1	16.3	15.1	13.6	12.8
800	14.2	15.7	18.0	20.5	21.6	20.6	18.0	18.7	18.1	16.1	14.0	12.4
900	17.1	18.7	21.2	23.7	24.4	22.8	21.9	21.4	20.2	19.5	18.2	17.1
1000	20.0	21.6	24.1	26.4	26.7	24.6	23.7	23.3	22.2	21.9	21.0	20.0
1100	22.4	23.9	26.3	28.3	28.2	25.7	25.0	24.6	23.8	23.2	22.3	21.3
1200	24.0	25.3	27.6	29.4	29.0	26.3	25.6	25.3	24.4	24.9	24.4	23.9
1300	24.8	26.0	28.1	29.7	29.1	26.3	25.6	25.3	24.5	24.4	24.4	24.7
1400	24.9	26.0	28.0	29.3	28.7	26.0	25.3	25.2	24.5	24.4	24.4	24.8
1500	24.5	25.4	27.3	28.6	28.0	25.3	24.7	24.6	24.0	24.0	24.0	24.4
1600	23.7	24.6	26.3	27.5	27.0	24.5	23.8	23.8	23.3	24.1	24.2	23.7
1700	22.6	23.5	25.1	26.3	25.9	23.7	23.0	23.0	22.5	23.2	23.2	22.7
1800	21.6	22.3	23.9	24.8	24.8	22.6	22.0	22.0	21.5	22.2	22.1	21.6
1900	20.3	21.1	22.7	23.9	23.8	21.9	21.2	21.2	20.9	21.2	21.0	20.4
2000	19.2	20.0	21.5	22.8	22.8	21.1	20.4	20.4	20.1	20.3	20.0	19.4
2100	18.2	18.9	20.4	21.8	21.9	20.4	19.8	19.7	19.4	19.4	19.0	18.3
2200	17.2	18.0	19.5	20.9	21.1	19.8	19.0	19.1	18.7	18.6	18.1	17.4
2300	16.4	17.1	18.6	20.1	20.4	19.3	18.4	18.5	18.2	17.8	17.3	16.6

tablaHumedades

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
100	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
200	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67
300	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68
400	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69
500	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70
600	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
700	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
800	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73
900	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74
1000	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
1100	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
1200	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77
1300	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78
1400	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79
1500	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80
1600	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
1700	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82
1800	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83
1900	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84
2000	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85
2100	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86
2200	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87
2300	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88

tablaHumedades

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
100	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67
200	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68
300	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69
400	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70
500	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
600	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
700	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73
800	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74
900	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
1000	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
1100	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77
1200	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78
1300	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79
1400	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80
1500	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
1600	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82
1700	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83
1800	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84
1900	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85
2000	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86
2100	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87
2200	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88
2300	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89

tablaPrecipitación

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
mm	17	7	8	6	27	311	376	326	199	62	20	12
mm	176	31	108	54	44	44	44	44	44	44	44	44

tablaPrecipitación

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
mm	12	5	8	18	37	146	270	240	130	35	11	3
mm	176	27	34	38	28	28	28	28	28	28	28	28

tablaRadiaciónDirecta

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	0.0	0.0	0.0</								

tablaTemperaturas

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	16.97	19.94	17.65	20.48	23.11	24.93	25.25	25.84	26.33	16.97	13.16
100	10.0	12.1	16.7	20.1	22.4	23.7	24.6	24.7	23.0	19.7	15.3
200	9.4	11.8	16.3	19.6	21.9	23.2	24.1	24.1	22.5	19.1	14.7
300	8.9	11.0	15.3	19.0	21.6	22.8	23.6	23.7	22.1	18.7	14.2
400	8.5	10.6	14.9	18.5	21.2	22.5	23.3	23.3	21.8	18.3	13.8
500	8.2	10.3	14.4	18.2	20.9	22.2	23.0	23.0	21.5	18.0	13.5
600	7.9	10.0	14.1	18.0	20.9	22.1	22.9	23.4	21.7	17.7	13.3
700	7.1	9.2	13.1	17.4	20.6	22.2	22.9	23.5	21.6	17.9	12.5
800	7.5	10.0	14.4	19.0	22.0	24.0	24.8	24.1	21.7	17.6	12.0
900	9.0	11.9	16.8	21.5	24.7	26.4	27.2	26.4	23.6	19.2	14.5
1000	11.5	14.7	19.7	24.3	27.1	28.7	29.7	28.9	25.1	21.3	17.0
1100	14.3	17.7	22.6	26.8	29.2	30.6	31.1	27.8	23.4	19.7	15.5
1200	16.8	20.2	25.0	28.7	30.6	31.9	33.3	32.7	29.4	25.2	22.1
1300	18.6	22.0	26.5	29.6	31.6	32.6	34.1	33.7	30.5	26.5	23.8
1400	19.7	22.8	27.3	30.3	31.7	32.8	34.3	34.0	30.9	27.2	24.7
1500	20.0	22.9	27.4	30.3	31.4	32.4	33.9	33.8	30.9	27.4	25.0
1600	19.6	22.4	26.9	29.5	30.7	31.7	33.2	33.1	30.5	27.1	24.6
1700	18.8	21.4	26.0	29.0	30.9	31.9	33.2	33.2	30.8	26.6	23.7
1800	17.6	20.1	24.8	27.6	29.7	31.1	31.7	28.6	25.6	22.6	19.1
1900	16.4	18.7	23.5	26.2	27.6	28.6	29.9	30.1	27.9	24.7	21.4
2000	15.0	17.3	22.1	24.9	26.5	27.6	28.9	28.9	26.9	23.7	20.1
2100	13.8	16.0	20.8	23.7	25.1	26.0	27.8	27.9	26.0	22.8	19.3
2200	12.6	14.8	19.6	22.7	24.8	25.7	26.8	26.9	25.1	21.8	17.8
2300	12.6	13.8	18.5	21.7	23.8	24.9	26.0	26.1	24.3	21.6	16.8

tablaTemperaturas

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	18.7	19.64	14.8	17.7	20.9	20.4	20.5	20.1	20.5	20.7	19.6
100	8.8	10.8	13.7	16.2	20.0	24.4	28.7	28.3	26.6	19.7	12.7
200	8.3	9.7	12.8	15.4	19.2	23.7	28.0	27.6	24.8	18.9	11.8
300	7.5	9.1	12.3	14.8	18.6	23.1	27.5	27.1	24.2	18.2	11.2
400	7.0	8.7	11.7	14.3	18.1	22.5	27.0	26.6	23.6	17.6	10.7
500	6.6	8.3	11.3	13.9	17.6	22.0	26.6	26.2	23.2	17.1	10.3
600	6.3	8.0	10.9	12.8	16.3	21.0	25.8	24.9	21.8	16.4	10.0
700	5.5	7.0	9.8	11.7	15.8	20.2	25.1	25.6	22.0	15.4	8.9
800	5.5	7.7	11.5	15.2	20.7	26.2	29.9	28.1	23.6	16.3	8.4
900	7.0	9.7	13.7	18.4	24.3	30.1	33.2	31.2	26.4	18.6	11.0
1000	9.6	12.9	16.0	21.8	27.9	33.9	36.4	34.4	29.7	21.6	14.0
1100	12.8	16.4	20.0	24.9	30.9	35.9	38.0	37.1	32.8	25.0	17.5
1200	15.8	19.4	22.6	27.2	33.0	38.6	40.7	39.1	35.2	27.8	20.7
1300	18.1	21.6	24.3	28.6	34.0	39.5	41.5	41.2	36.8	29.9	23.2
1400	19.6	22.7	25.2	29.0	34.2	39.5	41.6	41.5	37.5	31.0	24.6
1500	20.1	23.0	25.3	28.8	33.6	38.7	40.9	41.2	37.4	31.3	25.1
1600	19.8	22.4	24.8	27.9	32.5	37.4	39.9	39.9	36.8	31.0	24.7
1700	19.0	21.3	23.8	26.7	31.0	35.9	38.5	38.1	35.7	30.1	23.7
1800	17.2	19.0	22.0	25.2	29.4	34.1	37.1	36.1	34.3	28.8	22.9
1900	16.3	18.3	21.1	23.7	27.7	32.3	35.5	35.2	32.9	27.4	20.8
2000	14.8	16.6	19.8	22.1	26.0	30.7	34.1	33.8	31.4	25.9	19.1
2100	13.3	15.1	18.2	20.7	24.5	29.1	32.7	32.4	30.0	24.5	17.5
2200	12.0	13.7	16.8	19.3	23.1	27.7	31.5	31.2	29.7	23.1	16.1
2300	10.8	12.5	15.7	18.1	21.9	26.4	30.4	30.1	27.5	21.8	14.8

tablaHumedades

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
100	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
200	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
400	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
500	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
600	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
700	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
800	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
900	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1000	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1100	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1200	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1400	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1500	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1600	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1700	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1800	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1900	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2000	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2100	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2200	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79

tablaHumedades

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
100	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
200	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
400	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
500	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
600	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
700	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
800	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
900	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1000	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1100	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1200	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1400	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1500	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1600	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1700	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1800	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1900	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2000	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2100	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2200	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
2300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79

tablaPrecipitacion

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
normal	17	16	16	34	68	70	52	50	189	76	21
max	78	60	78	106	106	106	106	106	106	106	106

tablaPrecipitacion

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
normal	8	9	8	1	1	1	1	1	16	11	8
max	41	40	39	24	2	0	0	0	20	16	21

tablaRadiacionDirecta

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700	48.1	52.9	101.9	203.7	249.2	241.1	200.0	122.2	62.2	48.7	28.1
800	109.9	149.9	266.6	403.8	441.7	411.1	348.3	248.2	174.9	109.9	62.9
900	204.1	268.4	458.8	597.6	597.4	531.8	398.1	268.1	188.3	109.9	62.9
1000	281.2	368.4	649.4								

Anexo 2: materiales en la vivienda

Para cada una de las diez ciudades representativas se elaboró un estudio de las condiciones del clima utilizando diversas herramientas.

Material	Zacatecas			Cd. de México			Xalapa			Aguascalientes			Guadalajara			Cuernavaca			Monterrey			Mexicali			Mérida			Acapulco		
	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]	espesor [m]	conductividad térmica [W/mK]	resistencia térmica [m ² ·°C / W]			
total			1.447			1.842			1.842			1.842			1.842			1.842			2.825			2.825			2.638			1.529
piso			0.234			0.234			0.234			0.234			0.234			0.234			0.234			0.234			0.234			0.234
muro			0.749			1.158			1.158			1.158			1.158			1.158			2.082			2.082			1.957			0.847
adobe	0.250	0.930	0.269		0.930			0.930			0.930			0.930			0.930			0.930			0.930			0.930	0.020	0.930	0.022	
roca ligera		1.290		0.010	1.290	0.008	0.010	1.290	0.008	0.010	1.290	0.008	0.010	1.290	0.008	0.010	1.290	0.008	0.050	1.290	0.039	0.050	1.290	0.039	0.015	1.290	0.012	0.010	1.290	0.008
roca mediana		1.520			1.520			1.520			1.520			1.520			1.520		0.250	1.520	0.164	0.250	1.520	0.164	0.150	1.520	0.099		1.520	
roca pesada	0.640	1.930	0.332	0.640	1.930	0.332	0.640	1.930	0.332	0.640	1.930	0.332	0.640	1.930	0.332	0.640	1.930	0.332		1.930			1.930			1.930			1.930	
cemento (duro)		1.047			1.047			1.047			1.047			1.047			1.047			1.047			1.047			1.047			1.047	
hormigón de cascote		0.760			0.760			0.760			0.760			0.760			0.760			0.760			0.760			0.760			0.760	
ladrillo		0.870		0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017	0.015	0.870	0.017
mortero	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.030	0.870	0.034	0.025	0.870	0.029	0.030	0.870	0.034
impermeabilizante	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022	0.005	0.230	0.022
entortado	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031	0.040	1.280	0.031
tezonite		0.190		0.124	0.190	0.653	0.124	0.190	0.653	0.124	0.190	0.653	0.124	0.190	0.653	0.124	0.190	0.653	0.320	0.190	1.684	0.320	0.190	1.684	0.315	0.190	1.658	0.124	0.190	0.653
concreto	0.100	1.740	0.057	0.100	1.740	0.057	0.100	1.740	0.057	0.100	1.740	0.057	0.100	1.740	0.057	0.100	1.740	0.057	0.150	1.740	0.086	0.150	1.740	0.086	0.150	1.740	0.086	0.100	1.740	0.057
aislante pamacon		0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052	
acero	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003	0.010	3.000	0.003
techo			0.27			0.256			0.256			0.256			0.256			0.256			0.315			0.315			0.253			0.253
plafón de yeso	0.030	0.70	0.043	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214	0.150	0.70	0.214
adobe	0.120	0.600	0.200		0.600			0.600			0.600			0.600			0.600			0.600			0.600			0.600			0.600	
aplanado de mortero	0.002	0.87	0.002	0.002	0.87	0.002	0.002	0.87	0.002	0.002	0.87	0.002	0.002	0.87	0.002	0.002	0.87	0.002	0.021	0.87	0.024	0.021	0.87	0.024	0.002	0.87	0.002	0.002	0.87	0.002
tabique rojo recocido		0.81		0.013	0.87	0.015	0.013	0.87	0.015	0.013	0.87	0.015	0.013	0.87	0.015	0.013	0.87	0.015	0.019	0.87	0.022	0.019	0.87	0.022	0.013	0.87	0.015	0.013	0.87	0.015
aplanado de yeso	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003	0.002	0.70	0.003
losa de concreto	0.030	1.65	0.018	0.030	1.65	0.018	0.030	1.65	0.018	0.030	1.65	0.018	0.030	1.65	0.018	0.030	1.65	0.018	0.080	1.65	0.048	0.080	1.65	0.048	0.025	1.65	0.015	0.025	1.65	0.015
aislante pamacon		0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052			0.052	
acero	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003	0.010	3.00	0.003
puertas			0.821			0.821			0.821			0.821			0.821			0.821			0.821			0.821			0.821			0.821
ventanas			0.006			0.006			0.006			0.006			0.006			0.006			0.006			0.006			0.006			0.006

Anexo 3: consumo eléctrico de la vivienda (estimación CFE)

Consumo bajo

Aparato	Potencia (promedio vatios)	Tiempo uso al día (períodos típicos)	Tiempo de uso al mes horas	Consumo mensual kilovatios-hora (vatios/1000) x hora
Abrelatas	60	15 min/semana	1	0.06
Aspiradora horizontal	800	2hr 2vec/semana	16	12.80
Aspiradora vertical	1000	2hr 2vec/semana	16	16.00
Batidora	200	1hr 2vec/semana	8	1.60
Bomba de agua	400	20 min/día	10	4.00
Estéreo musical	75	4 hrs. diarias	120	9.00
Exprimidores de cítricos	30	10 min/día	5	0.15
Extractores de frutas y legumbres	300	10 min/día	5	1.50
Focos fluorescentes (8 de 15 W c/u)	120	5 hrs. diarias	150	18.00
Horno de microondas	1200	15 min/día	10	12.00
Horno eléctrico	1000	15 min/día	10	10.00
Lavadora automática	400	4hr 2vec/semana	32	12.80
Licuada alta potencia	500	10 min/día	5	2.50
Licuada baja potencia	350	10 min/día	5	1.75
Licuada mediana potencia	400	10 min/día	5	2.00
Máquina de coser	125	2hr 2vec/semana	16	2.00
Radio grabadora	40	4 hrs. diarias	120	4.80
Secadora de cabello	1600	10 min/día	5	8.00
Tocadiscos de acetatos	75	1 hr/día	30	2.25
Tostadora	1000	10 min. diarios	5	5.00
T.V. color (13-17 pulg)	50	6 hrs. diarias	180	9.00
T.V. color (19-21 pulg)	70	6 hrs. diarias	180	12.60
Ventilador de mesa	65	8 hrs.diarias	240	15.60
Ventilador de pedestal o torre	70	8 hrs.diarias	240	16.80
Ventilador de techo sin lámparas	65	8 hrs.diarias	240	15.60
Videocassetera o DVD	25	3hr. 4vec/semana	48	1.20

Aparato	Potencia (promedio vatios)	Tiempo uso al día (períodos típicos)	Tiempo de uso al mes horas	Consumo mensual kilovatios-hora (vatios/1000) x hora
Cafetera	750	1 hr. diarias	30	22.50
Congelador	400	8 hrs. diarias	240	96.00
Equipo de cómputo	300	4 hrs. diarias	120	36.00
Estación de juegos	250	4 hrs. diarias	120	30.00
Focos incandescentes (8 de 60W c/u)	480	5 hrs. diarias	150	72.00
Plancha	1000	3hr 2vec/semana	24	24.00
Refrigerador (11-12 pies cúbicos)	250	8 hrs. diarias	240	60.00
Refrigerador (18-22 pies cúbicos)	375	8 hrs. diarias	240	90.00
Refrigerador (14-16 pies cúbicos)	290	8 hrs. diarias	240	69.60
Secadora de ropa	5600	4 hrs. semana	16	89.60
T.V. color (24-29 pulg)	120	6 hrs. diarias	180	21.60
T.V. color (43-50 pulg plasma)	360	6 hrs. diarias	180	64.80
T.V. color (32-43 pulg)	250	6 hrs. diarias	180	45.00
Ventilador de piso	125	8 hrs. diarias	240	30.00

Aparato	Potencia (promedio vatios)	Tiempo uso al día (períodos típicos)	Tiempo de uso al mes horas	Consumo mensual kilovatios-hora (vatios/1000) x hora
Aire lavado (cooler)grande	600	12 hrs. diarias	360	216
Aire lavado (cooler)mediano	400	12 hrs. diarias	360	144
Aparato de ventana 1 ton. antiguo	1850	10 hrs. diarias	300	555
Aparato de ventana 1 ton. nuevo	1200	8 hrs. diarias	240	288
Aparato de ventana 1.5 ton. antiguo	2250	10 hrs. diarias	300	675
Aparato de ventana 1.5 ton. nuevo	1800	8 hrs. diarias	240	432
Aparato de ventana 2 ton. antiguo	3200	10 hrs. diarias	300	960
Aparato de ventana 2 ton. nuevo	2450	8 hrs. diarias	240	588
Aparato dividido (minisplit) 1 ton.	1160	8 hrs. diarias	240	278
Aparato dividido (minisplit) 1.5 ton.	1680	8 hrs. diarias	240	403
Aparato dividido (minisplit) 2 ton.	2280	8 hrs. diarias	240	547
Calentador de aire	1500	4 hrs. diarias	120	180
Refrigeración central 5 ton. nuevo	5250	8 hrs. diarias	240	1260
Refrigeración central 3 ton. antiguo	4450	10 hrs. diarias	300	1335
Refrigeración central 3 ton. nuevo	3350	8 hrs. diarias	240	804
Refrigeración central 4 ton. antiguo	6500	10 hrs. diarias	300	1950
Refrigeración central 4 ton. nuevo	4250	8 hrs. diarias	240	1020
Refrigeración central 5 ton. antiguo	7900	10 hrs. diarias	300	2370
Refrigerador de más de 10 años	500	9 hrs. diarias	240	120
Refrigerador (25-27 pies cúbicos)	650	8 hrs. diarias	240	156

Anexo 4: breve referencia de la arquitectura moderna

Tendencias de la arquitectura moderna

En el desarrollo de la construcción, deben distinguirse, entre posibles soluciones a un problema ambiental determinado, dos orientaciones válidas: la estructural y la energética.

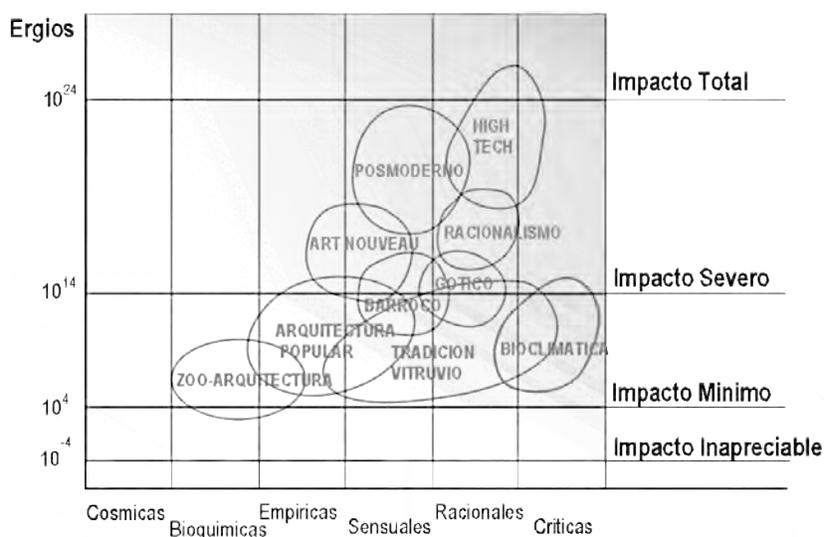


fig 1. Impacto energético-ambiental de etapas arquitectónicas (Fuente: Gómez, 1989)

La primera concibe la defensa o selección ambiental mediante sistemas estáticos y perennes, como son los muros y cubiertas en los edificios convencionales. La segunda controla el ambiente mediante recursos fungibles, dinámicos y más flexibles, como es el caso del fuego cuando se utiliza contra el frío, sustituyendo o complementando a la pared. Ambas técnicas se combinan en la arquitectura desde los tiempos más primitivos, pero los restos arquitectónicos que perduran son lógicamente sólo los estructurales, lo que conduce hacia un juicio de la arquitectura a través de la forma y la materia, olvidando la energía (luz, calor y sonido), que muchas veces son los verdaderos justificantes de las formas.⁵⁹ En el decurso de la arquitectura, se han tenido diversas etapas que no sólo modifican el estilo o el diseño arquitectónico (como las mencionadas anteriormente), sino que también han ejercido un impacto energético-ambiental como consecuencia del consumo de energía que demandan.

Apoyándose en uno de las figuras clave de la arquitectura moderna: Le Corbusier, se tiene que «la arquitectura es el juego sabio, correcto y magnífico de los volúmenes ensamblados bajo el sol». Así, se estructura un concepto que recurre a lo básico. Crea una relación íntima de los componentes con el sol y la sombra, y los predispone a convertirse en el principio de una formulación más compleja de la arquitectura que incide en la densidad de sus límites o en la superficie que envuelve el volumen. Mientras la

⁵⁹ Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático; CIEMAT; España, 1989.

cara exterior intercepta la trayectoria solar, reteniendo luces y sombras; la cara interior limita un espacio definido por la penumbra. Es, desde un punto de vista práctico, la concepción de la *arquitectura solar*.

Le Corbusier, además, definió que «la casa es una máquina para vivir», con ello, ponía en énfasis no sólo en la componente funcional de la vivienda, sino en su funcionalidad que debe estar destinada a vivir, comprendiéndose esto último desde un punto de vista metafísico. Le Corbusier creía que el objetivo de la arquitectura era generar belleza y que ésta debía repercutir en la forma de vida de los ocupantes de los propios edificios.

Otro exponente de la arquitectura modernista: Frank Lloyd Wright, en particular, en lo que entendió como arquitectura orgánica, expresa que ésta «no es una moda o un culto estético, sino un movimiento basado en la profunda idea de una nueva integración de la vida humana, en la que el arte, religión y ciencia son la misma cosa: forma y función indivisas».

Se tiene pues, que el desarrollo arquitectónico no debe permanecer en la arquitectura misma, sino que debe correlacionarse en los modelos actuales de desarrollo que integran campos e ideologías tanto técnicas como humanistas.⁶⁰ Si se retoma el concepto de máquina para vivir, se se regresa a lo básico, es necesario integrar tanto cuestiones estructurales como determinaciones sobre confortabilidad en el espacio. Siendo esta una parte constitutiva de la arquitectura y del diseño bioclimático –como se verá más adelante.

Según Scharoun, «la arquitectura debe proponernos como meta la creación de relaciones nuevas entre el hombre, el espacio y la técnica». Para Hundertwasser, «la naturaleza, el arte y la creación son una unidad. Es sólo que nosotros les hemos separado. (...) La creación del hombre y la creación de la naturaleza debe ser reunificada. La división entre esta creación tuvo consecuencias catastróficas para la naturaleza y las personas.» Sus ideas tienen un apego a esa vitalidad a la que se refería Le Corbusier, expresaba que quien vive en una casa debe tener derecho a asomarse a su ventana y a diseñar como le apetezca todo el trozo de muro exterior que pueda alcanzar con el brazo. Así será evidente para todo el mundo desde la lejanía, que allí vive una persona. Apuntaba que las casas están enfermas desde que existen planificadores urbanos dogmáticos y arquitectos de ideas fijas. Todas estas casas, que deben soportarse por miles, son insensibles, carecen de emoción, son dictatoriales, crueles, agresivas, lisas, estériles, austeras, frías y prosaicas, anónimas y vacías hasta el aburrimiento. Un buen edificio debe lograr unir dos cosas: la armonía con la naturaleza y la armonía con la creación humana individual. Somos simples huéspedes de la naturaleza y deberíamos comportarnos consecuentemente. A lo largo de su vida, Hundertwasser diseñó, construyó y reparó edificios en diferentes países con su idea y discurso en mente. Emparentadas con la arquitectura de Gaudí y otros arquitectos, surgieron casas de departamentos, museos, iglesias ecuménicas, centrales térmicas, balnearios, jardines de infantes y restaurantes, siguiendo la línea, como aquella primigenia espiral, que rompe la línea recta y les da tanto al individuo como a la naturaleza, un hogar para amar.

Se espera que las edificaciones y, en particular, las viviendas, tengan una trascendencia integral con su medio. Es decir, que sean construcciones, como se menciona anteriormente, eficientes y habitables –en la extensión total de la palabra. El futuro de las viviendas no puede prescindir de los requerimientos globales como lo son el uso eficiente de la energía, el cuidado del ambiente y la optimización de espacios habitables. Pues, como refieren Michiel Cohen y Jan Pesman: «la arquitectura que no reflexiona sobre su futuro, no tiene futuro».

⁶⁰ Antiguamente, para el hombre, se tenían dos vías de desarrollo, la vía socio-humanística que integraba a las ciencias sociales, la filosofía, el arte, el derecho, etc., y la vía científico-técnica que integraba a las ciencias exactas, las ingenierías, la química, etc. Se menciona esto porque en estos días, aunque la innovación tecnológica tenga per se sugestión directa, es importante conocer el impacto que puede tener en el terreno de lo social -lo que demanda, entonces, la aplicación ineludible de ambas vías del conocimiento. Como se sabe, algunas tecnologías implican un saber histórico-ético general para no engendrar daños sociales (v.g. tecnología bélica, tecnologías de telecomunicación).

En general, el propósito de conjuntar las perspectivas artísticas y técnicas, el diseño y el uso, la expresión y la función, se refiere a «percibir la gran complejidad de las facetas que se deben tener presentes al hacer arquitectura y posiblemente evite caer en las actuales tendencias formalistas, que sólo buscan el impacto de lo extraño, refugiándose en soluciones escenográficas que revelan una gran ignorancia de los valores de la arquitectura universal, que copian y repiten parcialmente en mezclas formales, ante la incapacidad para expresar el momento con recursos de la época, persiguiendo un sólo objetivo: el impacto visual, la notoriedad, olvidando que ésta es siempre pasajera, hay preocupación por la forma, no por el espacio que la arquitectura debe crearle al hombre para mejorar su ámbito de vida; preocupación de sólo lo envolvente y no el contenido, pensar en la obra arquitectónica como estridente objeto urbano, no como espacio conformado para que sirva al hombre de su época.»⁶¹

Son muchos los conceptos que hoy en día se refieren a la vivienda que, como mencionan Triana Espinosa y Montes Jiménez, «enfatan la indivisible interrelación dinámica entre los conceptos de energía, ecología, economía confort y bienestar que deben tenerse presentes.»⁶² Asimismo, ellos proponen el auge tan importante de dos ideas –piedras angulares de las arquitecturas vanguardistas–, que son: la contabilidad energética y la vivienda habitable; donde el primer concepto se refiere a la cuantificación de costos energéticos y ecológicos de los materiales utilizados, del acondicionamiento ambiental así como del mantenimiento de las edificaciones, y el concepto de habitabilidad se refiere, en resumen, a construir casas como si la gente importara.

En la actualidad, de nueva cuenta, se pretende crear el modelo para una arquitectura cuya belleza se basa en la practicidad y en la funcionalidad: el racionalismo –como expresaba Le Corbussier–. Y, partiendo de una premisa fundamental en el diseño bioclimático, se puntualiza que los elementos pasivos se crean para usuarios activos; el objetivo trata de que la vivienda motive en quienes la ocupan, una mayor identidad con el espacio que la integra. Sin embargo, el cambio en el paradigma no llega a través de la técnica, sino del entendimiento que se tenga sobre las necesidades y los derechos que surgen en una vivienda.

Para Tudela, «la transformación de la práctica dominante del diseño no depende de un gesto voluntarista de los diseñadores mismos. Su posibilidad está vinculada a una serie de cambios objetivos, internos y externos. La práctica del diseño se transformará en la medida en que lo haga su marco social de referencia.» Dicho en términos llanos, no se puede ofrecer un ambiente confortable si el usuario no sabe lo que un ambiente tal representa o significa. Desde luego, como se analizará más adelante, gran parte de los motivadores o detonadores en el cambio paradigmático tienen que ver con el ahorro energético y, sobre todo, en su impacto económico.

Etapas de la arquitectura bioclimática en Latinoamérica

La **arquitectura precolombina** refleja el desarrollo de diferentes culturas en diferentes climas. Antes de la llegada de los españoles la arquitectura tiene un nexo total con la naturaleza y el ambiente. Los vestigios más importantes de este período son la piedra monumental y las construcciones de mampostería por parte de las culturas inca, azteca, maya y otras. Es notable que los materiales utilizados son orgánicos, y se adaptan perfectamente a la lluvia y en clima caliente las bajas temperaturas.

La **arquitectura colonial** se gesta desde la llegada de los españoles hasta aproximadamente 1850, con variaciones según las regiones. La principal influencia es la arquitectura ibérica, principalmente elementos típicos de Andalucía que traía consigo una tradición árabe. Aún así, la arquitectura fue modificada un poco para adaptarse a la región. Fue similar lo ocurrido en Brasil que introdujo la tradición portuguesa con modificaciones para el clima tropical.

⁶¹ Prólogo a la obra *Arquitectura como un todo* del Arq. Vladimir Kaspé; Pedro Ramírez Vázquez, 1986.

⁶² Triana Espinosa, José Antonio y Montes Jiménez, Carmelo (1997). *Habitabilidad, energía y medio ambiente: una propuesta holística para la vivienda en México*. Memorias ANES 1997. Chihuahua. México.

La **arquitectura vernácula** nace con raíces en las arquitecturas precolombina y colonial, y las modificaciones mencionadas de adaptación a la región. Es este período el que muestra un mayor desarrollo en diseño bioclimático de edificaciones. Incluso, muchas construcciones se mantienen con un buen funcionamiento debido a la integración con los materiales del lugar y al buen diseño que se tuvo. En todas las regiones de Latinoamérica pueden observarse ejemplos de arquitectura vernácula, y algunos elementos siguen siendo imitados en la arquitectura moderna. En zonas cálido-secas de México y Chile es posible encontrar construcciones con muros mäsicos y el área de ventana es muy reducida; en zonas templadas-húmedas los techos son similares desde México hasta el sur del cono, elaborados con elementos que permiten la filtración y ventilación; y para cada uno de los climas es posible encontrar similitudes a lo largo del continente.

La **arquitectura post-revolución industrial** surge a partir de la industrialización de materiales nuevos, y a la producción de materiales tradicionales en grandes cantidades, a menor costo y de menor calidad. Asimismo, los diseños modificaron funciones y formas. Esto facilitó la expansión urbana, tanto en densidad de población, altura del edificio como área de construcción. Esto ocurrió a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. A pesar del cambio constructivo, se mantienen algunos estilos arquitectónicos. Sin embargo, este período marca la introducción de la energía barata y abundante, además de la dependencia al acondicionamiento artificial.

La **arquitectura moderna** rompe con los estilos históricos y propone una nueva imagen arquitectónica basada en la expresión de la función, características de los nuevos materiales y un estudio técnico en el proceso de diseño. Aunque este movimiento tiene su origen en Europa y Estados Unidos, recibió un impulso y una recepción favorable en los diversos climas de Latinoamérica. Esto ocurre hasta la década de los 70.

La **arquitectura solar y energéticamente eficiente** nace tras la crisis petrolera pues era evidente que la dependencia a los combustibles fósiles no podía mantenerse; los impactos ambientales de esta dependencia fueron estudiados con mayor fuerza. Como resultado en Europa y Estados Unidos se iniciaron investigaciones y programas dirigidos a tener mayor eficiencia energética y a usar recursos renovables. A pesar de que países de la región han adoptado medidas similares, el desarrollo ha sido limitado, salvo Brasil que ha tenido el desarrollo más grande en cuanto a recursos renovables se refiere.

La **arquitectura sustentable** aparece debido al aumento de los impactos ambientales de la construcción moderna. Esta arquitectura tiene la obligación de revertir las tendencias actuales del calentamiento global y el cambio climático; el medio ambiente construido debe responder con medidas para reducir los impactos, la demanda de recursos no renovables y proporcionar una mejor calidad de vida para todos los sectores de la población. En Latinoamérica es un reto especial pues en la región se tienen amplios contrastes sociales y una creciente desigualdad en la distribución de los recursos.

El sistema bioclimático de la vivienda

La relación de la vivienda con el ambiente puede ser concebida como un componente natural o ecosistema, que mantiene relaciones energéticas con el mismo. Consecuentemente, como se mencionó anteriormente, se entiende que hay un flujo de energías que entran y salen. Y se tienen dos tipos de energías: naturales (se encuentran en estado libre) y artificiales (resultado del aprovechamiento indirecto de las energías naturales).

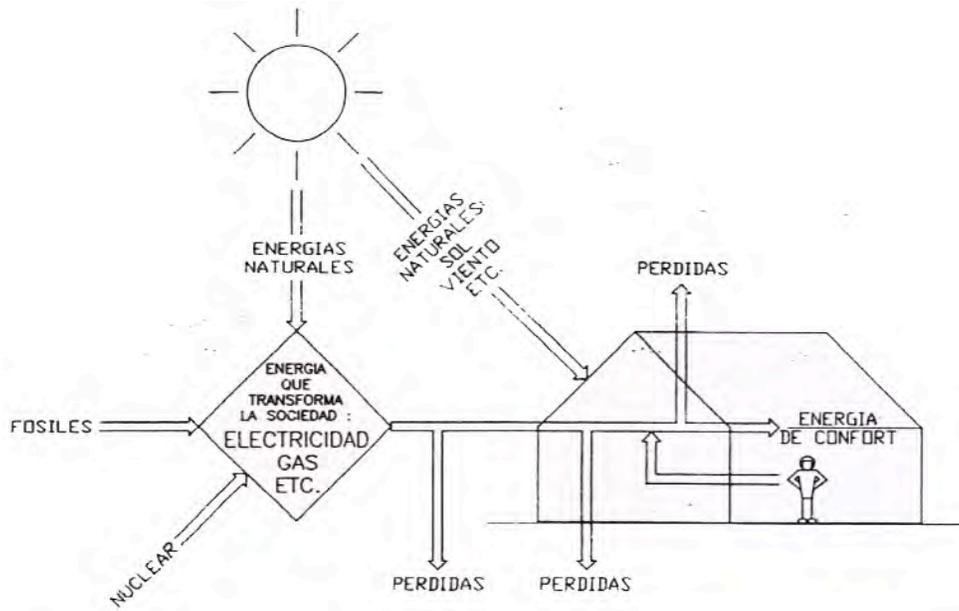


fig 2. sistema bioclimático [Fuente: *Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático*]

El objetivo del diseño bioclimático, como se mencionó, es optimizar los sistemas naturales de control, para regular al mismo tiempo las ganancias de energías naturales y las pérdidas energéticas del edificio a través de su piel, que se entiende como el conjunto de barreras y conectores energéticos entre exterior e interior, considerándola constituida por partes de distinto comportamiento. Sin embargo, la complejidad de la envolvente y la diversidad de energías que la atraviesan, complica su análisis como barreras y conectores.

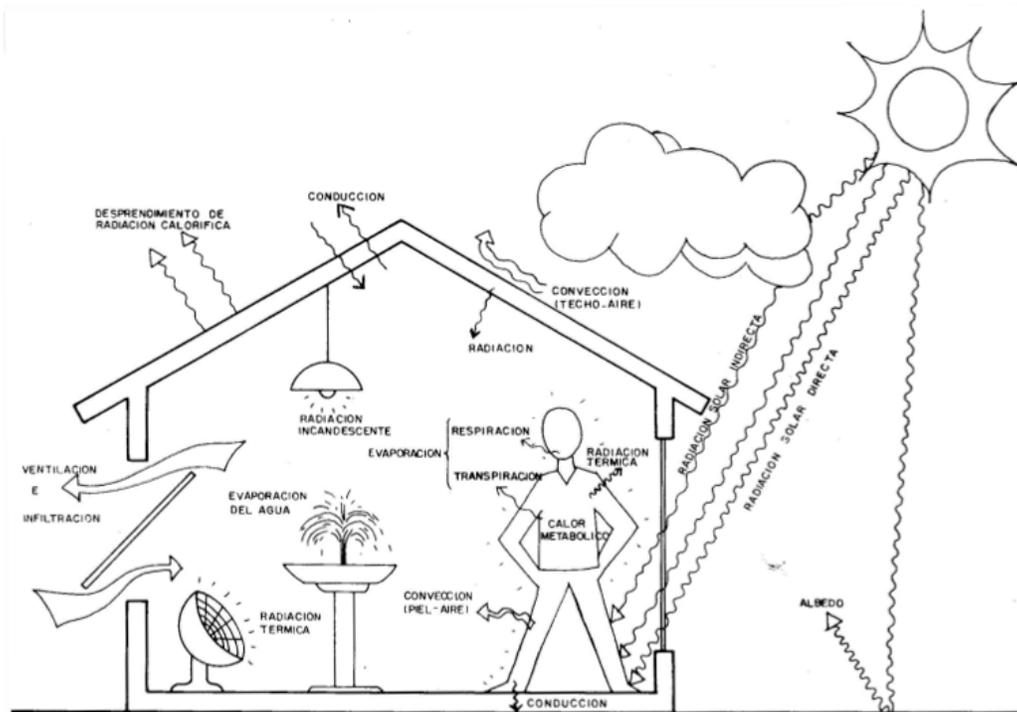


fig 3. Balance de confort [Fuente: *Revista Solar No. 6, ANES. Hernández, Everardo. 1983*]

Por un lado, pueden existir elementos que deban actuar como barreras a determinadas energías y como conectores a otras, como filtros más o menos complejos, según sea la característica del clima que regulen. Por otro lado, pueden existir barreras variables en el tiempo, como compuertas que detienen o favorecen el paso de energía según las condiciones exteriores o las necesidades interiores.

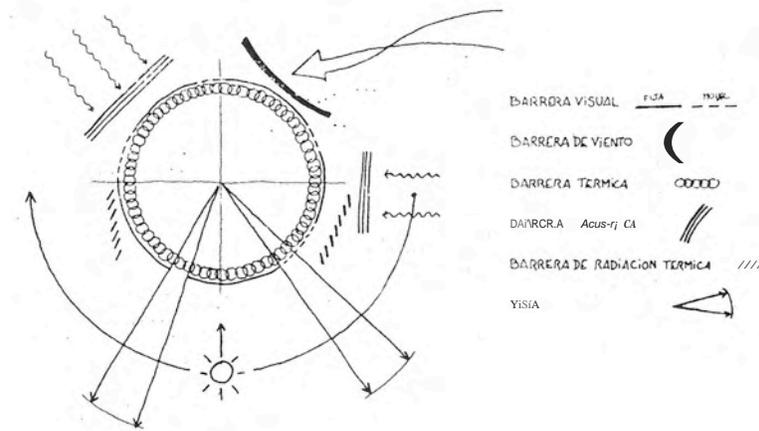


fig 4. Complejidad de la envolvente. [Fuente: *Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático*]

En general, los aspectos pueden analizarse como un balance térmico o física energética, es decir, mediante algoritmos matemáticos pueden analizarse los intercambios energéticos que incurren en la vivienda. En primer lugar, se plantea una situación estacionaria donde se conocen las condiciones de temperatura interior, igualando pérdidas y ganancias. Posteriormente, se incorpora la variación de la temperatura a lo largo del tiempo. Con esto se logra hallar la zona de confort más conveniente para el sistema.

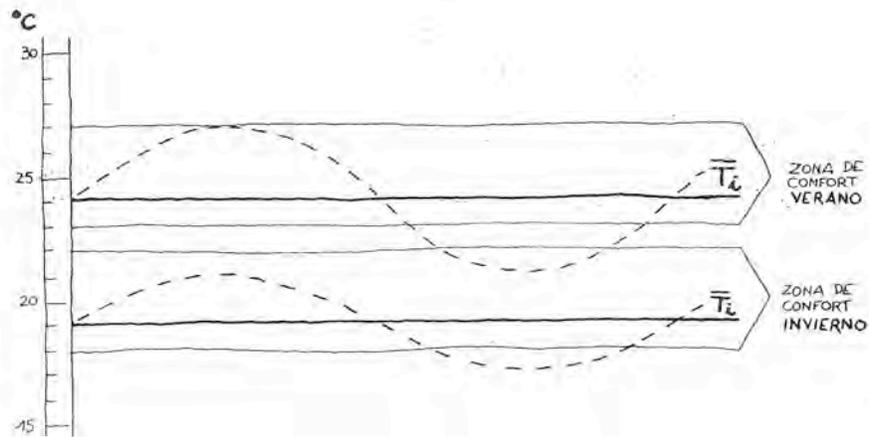


fig 5. Zona de Confort [Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático]

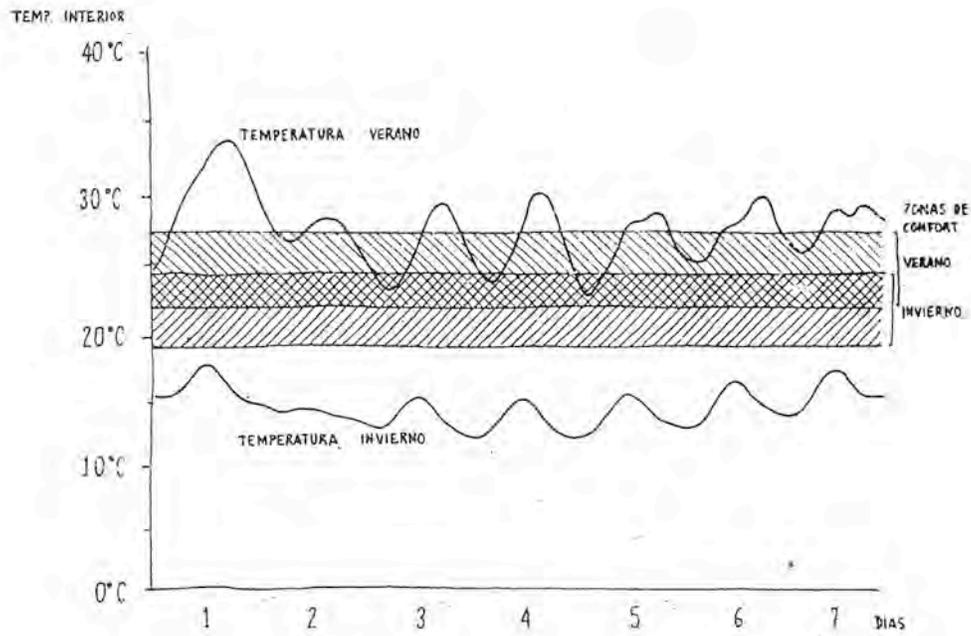


fig 6. Zona de Confort por temporada [Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático]

Los diferentes sistemas bioclimáticos, estudiados a profundidad, pueden revisarse en diversas publicaciones como *Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático* que publica el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, *Sol, luz y viento. Estrategias para el diseño arquitectónico* de G.Z. Brown, la serie de publicaciones de diseño bioclimático de viviendas que publica el Centro de Estudios Tecnológicos de la Amazonia, la *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda* publicada por la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda y otras ediciones que han tenido el acierto de conjuntar diversos sistemas y elementos bioclimáticos.