



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO
TÉRMICO, ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE
LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN
MÉXICO: UNA RETROSPECTIVA Y
PROSPECTIVA (2001 – 2012)

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ENERGÍA – PROCESO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA:

PRESENTA:

Andrés Alfonso Andrade Vallejo

TUTOR:

Dr. DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

Diciembre 2007

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Sheinbaum Pardo Claudia

Secretario: Dr. Morillón Gálvez David

Vocal: Dr. Rodríguez Padilla Víctor

1^{er} Suplente: Dr. Reinking Cejudo Arturo Guillermo

2^o Suplente: Ing. Sánchez Cifuentes Augusto

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

México Distrito Federal; Facultad de Ingeniería, C.U.

TUTOR DE TESIS:

Dr. David Morillón Gálvez.

FIRMA

*De nada sirve la vida de una persona, si en ella no existieran los sueños ni los ideales;
Y es peor si los tiene y no lucha por ellos.*

*Esta tesis esta dedicada a:
Mi Mamá Margarita (Andrea) y a mi Papá Andres (La papa)*

"Hasta la victoria siempre"

*Talvez sea algo muy sencillo pero es con el corazón:
"GRACIAS".*

A mis padres:

Mi Papá Antonio Andrade Y Flores (El Chabelo)

Y a mis Mamás Isabel Vallejo De Andrade (La Chabela), Mi Mamá Toña y mi Mamá Memé.

A mis hermanos:

*Andrea (mongolina), Ma. Del Carmen (Mamá Memé), Ma. Antonieta (Mamá Toña),
Isabel (Tia Chacha), Juan (el prieto), Francisco (Paco), Antonio (El caquiamo) y Felipe
(Pimpón).*

A mi esposa quien amo. Gracias por todo tu apoyo mi pequeña Suazi Trais.

A mis profesores

A mis amigos:

*Aziyade (Melioestión), Raúl (El tondo) y sus Padres, el buen Richard, Selenia, Isabel,
Celina, Esteban, etc.....*

*Y pido disculpas si omití el nombre de alguien, no es que no lo tome en cuenta pero es que son
chorropinchemil a los que les estoy agradecido, ya que todos son parte de este logro.*

*Y un agradecimiento especial Para mi maestro y un gran amigo, por que nunca dejo de creer en
mi, muchas gracias David M.*

ÍNDICE

Pág.

Resumen	1
Summary	2
Introducción	3
1. ANTECEDENTES	6
1.1 Consumo de energía en la vivienda	6
1.2 Diagnóstico térmico de la vivienda: Simulación	8
1.3 Diagnóstico térmico de la vivienda: Monitoreo	10
1.4 Diagnóstico térmico de la vivienda: Simulación y monitoreo	11
1.5 Conclusiones	13
2. LA VIVIENDA EN MEXICO	14
2.1 Tipos de vivienda	14
2.1.1 Interés social: tipo básica	15
2.1.2 Interés social: tipo social	16
2.1.3 Interés social: tipo económica	17
2.1.4 Materiales de uso común en la vivienda de interés social	17
2.2 Demanda de vivienda en México (2001–2006)	19
2.2.1 Viviendas construidas: 2001–2006	20
2.2.2 Distribución del tipo de vivienda, de acuerdo con el ingreso por hogar	22
2.3. Vivienda construida por bioclima	25
2.3.1 Características generales de los bioclimas	25
2.3.2 Distribución del tipo de vivienda construida por bioclima	34
2.3.3 Prospectiva de vivienda nueva de 2007 a 2012	35
3. MÉTODO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA	36
3.1 Descripción del método	38
3.1.1 Cálculo de la ganancia de calor	39
3.1.1.1 Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda proyectada	39
3.1.1.1.1 Ganancia de calor por conducción	40
3.1.1.1.2 La ganancia de calor por radiación	41
3.1.1.2 Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda de referencia	42
3.1.1.2.1 Ganancia de calor por conducción	43
3.1.1.2.2 Ganancia de calor por radiación	44
3.1.2 Determinación del coeficiente global de transferencia de calor (K) de las porciones de la envolvente	45

4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	48
4.1 Ganancia de calor en la vivienda de interés social por bioclima	48
4.1.1 Bioclima cálido Húmedo	50
4.1.2 Bioclima cálido semi húmedo	51
4.1.3 Bioclima cálido seco	52
4.1.4 Bioclima templado	53
4.1.5 Bioclima templado seco	54
4.1.6 Bioclima templado Húmedo	55
4.1.7 Bioclima semifrío	56
4.1.8 Bioclima semifrío húmedo	57
4.1.9 Bioclima semifrío seco	58
4.2 Evaluación del comportamiento térmico	59
5. IMPACTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO: RETROSPECTIVA (2001–2006) Y PROSPECTIVA (2007–2012)	62
5.1. Retrospectiva (2001–2006)	65
5.1.1 Impacto energético	65
5.1.2 Impacto ambiental	66
5.2 Prospectiva (2007–2012)	67
5.2.1 Impacto energético	67
5.2.2 Impacto ambiental	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	
ANEXO A Valores para calculo del flujo de calor a través de la envolvente	76
ANEXO B Tablas 2, 3 , 4 y 5 para determinar el factor de corrección de sombreado exterior (SE)	79
ANEXO C Valores del coeficiente de conductividad "K" para el flujo de calor a través de la envolvente	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Clasificación por superficie construida	14
Tabla 2.2.	Tipos de materiales usados para muros y techos.	17
Tabla 2.3	Combinaciones de los diferentes materiales más utilizados para la construcción de la vivienda de interés social.	18
Tabla 2.4	Materiales de recubrimiento utilizados para los acabados de la vivienda.	19
Tabla 2.5	Vivienda construida en México por año y entidad federativa en el periodo 2001-2006	21
Tabla 2.6	Estados donde se concentra la vivienda construida en México en el periodo 2001-2006.	22
Tabla 2.7.	Distribución del tipo de vivienda, de acuerdo con el salario mínimo	23
Tabla 2.8.	Distribución de vivienda de acuerdo con el ingreso por hogar.	23
Tabla 2.9.	Porcentaje de hogares por tipo de vivienda de acuerdo con el ingreso.	24
Tabla 2.10.	Distribución de los hogares por tipo de vivienda.	24
Tabla 2.11	Tipo de vivienda construida, de acuerdo con el bioclima en el periodo 2001–2006	34
Tabla 2.12.	Total de viviendas que serán construidas en el periodo 2007–2012, por bioclima	35
Tabla 4.1	Ciudades características de los diferentes bioclimas, en los cuales se concentran las viviendas en México en el periodo 2001–2006	49
Tabla 4.2.	Coefficiente global de transferencia de calor (K) de los diferentes componentes arquitectónicos de la vivienda de interés social	49
Tabla 4.3	Diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, bioclimas cálidos	59

Tabla 4.4	Diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, bioclimas templados	60
Tabla 4.5	Diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, bioclimas semifríos	60
Tabla 5.1	Equivalencias para obtener la energía en Btu/h del excedente de calor en la vivienda	62
Tabla 5.2	Equivalencias para obtener la energía eléctrica consumida para reducir la carga de calor en la vivienda	63
Tabla 5.3	Cálculo para obtener la energía eléctrica consumida en un año para reducir la carga de calor en una vivienda	63
Tabla 5.4	Cálculo para estimar el impacto energético de la vivienda tipo básica, periodo 2001-2006	64
Tabla 5.5	Cálculo para estimar el impacto ambiental de la vivienda tipo básica, periodo 2001-2006	65
Tabla 5.6	Consumo en GWh eléctricos al año por la utilización de equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social construida en el periodo 2001–2006 en los diferentes bioclimas.	65
Tabla 5.7	Cantidad de CO ₂ emitido a la atmósfera, consecuencia de la generación de energía eléctrica utilizada por equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social construida en los diferentes bioclimas en el periodo 2001-2006	66
Tabla 5.8	Consumo en GWh eléctricos por la utilización de equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social que se construirá en el periodo 2007–2012 en los diferentes bioclimas	68
Tabla 5.9	Cantidad de CO ₂ emitido a la atmósfera, a consecuencia de la generación de energía eléctrica utilizada por equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social construida en los diferentes bioclimas en el periodo 2007–2012	69

INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS

Figura 2.1.	Vivienda tipo básica. Planta arquitectónica	15
Figura 2.2.	Vivienda tipo social. Planta arquitectónica.	16
Figura 2.3.	Vivienda tipo económica. Planta arquitectónica.	17
Gráfica 2.1	Estructura por edades de la población en 2005.	19
Gráfica 2.2.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima cálido-seco (Caso: Ciudad de Mexicali).	26
Gráfica 2.3.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima cálido-semi húmedo (Caso: Ciudad de Mérida)	27
Gráfica 2.4.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima cálido-húmedo (Caso: Ciudad de Villahermosa)	28
Gráfica 2.5.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima templado-húmedo (Caso: Ciudad de Cuernavaca)	29
Gráfica 2.6.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima templado (Caso: Ciudad de Guadalajara)	30
Gráfica 2.7.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima templado-seco (Caso: Ciudad de Oaxaca)	31
Gráfica 2.8.	Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima semifrío-seco (Caso: Ciudad de Zacatecas)	32
Gráfica 2.9.	Condiciones y sensaciones térmicas en el bioclima semifrío (Caso: Ciudad de Toluca)	33
Gráfica 2.10.	Condiciones y sensaciones térmicas en el bioclima semifrío-húmedo (Caso: Ciudad de Jalapa)	34
Gráfica 4.1.	Ganancia de calor por tipo de vivienda para el bioclima cálido-húmedo	50

Gráfica 4.2.	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima cálido-semi húmedo	51
Gráfica 4.3.	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima cálido-seco	52
Gráfica 4.4	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima templado	53
Gráfica 4.5	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima templado-seco	54
Gráfica 4.6.	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima templado-húmedo	55
Gráfica 4.7	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima semifrío	56
Gráfica 4.8	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima semifrío-húmedo	57
Gráfica 4.9.	Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima semifrío-seco	58

RESUMEN

En esta tesis se presenta la evaluación térmica de la envolvente arquitectónica en los tres tipos de vivienda de interés social (básica, social y económica) en los diferentes bioclimas de México. Considerando el parque de viviendas construidas y que se planea edificar, se exponen una retrospectiva (2001–2006) y una prospectiva (2007–2012) sobre los impactos energéticos y ambientales por el comportamiento térmico de la vivienda.

Los resultados revelan que en el periodo 2001-2006 se construyeron 4 millones 207 mil 964 viviendas, de las cuales la de interés social representó 92.75%. Estas últimas tuvieron un requerimiento de energía eléctrica de 2,787 GWh, por el uso de equipos de aire acondicionado, generando así emisiones por 975.44 mil toneladas de dióxido de carbono (CO₂). Cabe señalar que 80% de la electricidad es resultado de la quema de combustibles de origen fósil, y que el número de emanaciones antes mencionado significó 3.38% del total en el país.

De seguir esa tendencia y considerando que para 2007–2012 se pretende construir 6 millones de casas en toda la República, las emisiones de dicho gas tendrán un incremento de 42.6% respecto de las del periodo 2001–2006, lo que significará 415.41 mil toneladas, sumando un total de 1,391 mil toneladas, producto del consumo de 3,974 GWh eléctricos por el uso de equipos de aire acondicionado.

Estos resultados son trascendentales para conocer los beneficios de un programa de ahorro de energía y la mitigación del impacto ambiental en el sector vivienda. Asimismo, coadyuvan en la toma de decisiones encaminadas a establecer un desarrollo sustentable.

SUMMARY

In this thesis the surrounding thermal evaluation of the architectonic one in the three types of house of social interest (basic, social and economic) in different "bioclimas" from Mexico appears. Considering the park of constructed houses and that is planned to build, they expose retrospective (2001-2006) and a one prospectiva (2007-2012) on the power and environmental impacts by the thermal behavior of the house.

The results reveal that in period 2001-2006, were constructed to 4 million 207 thousand 964 houses, of which the one of social interest represented 92.75%. These last ones had a requirement of electrical energy of 2.787 GWh, by the use of conditioned air equipment, thus generating emissions by 975,44 thousand tons of carbon dioxide (CO₂). It is possible to indicate that 80% of the electricity are been from burns it of fuels of fossil origin, and that the number of emanations before mentioned meant 3,38% of the total in the country.

To follow that tendency and considering that stops 2007-2012 it tries to construct 6 million houses in all the Republic, the emissions of this gas will have a 42,6% increase of respect to those of period 2001-2006, which will mean 415,41 thousand tons, adding a total of 1.391 thousand tons, product of electrical the 3.974 consumption of GWh by the use of conditioned air equipment.

These results are transcendental to know the benefits a program of energy saving and the mitigación of the environmental impact in the sector house. Also, they help in the directed decision making to establish a sustainable development.

INTRODUCCIÓN

En México, en 2006 había un parque de viviendas de 26 millones 348 mil, que tuvieron un consumo total de energía eléctrica de 43,633 GWh¹. En el periodo 2001-2006 se edificaron 4 millones 207 mil 964, aproximadamente 16% del total en el año antes mencionado. De éstas, 3 millones 903 mil 010 fueron de interés social, convirtiéndose así en la parte más representativa del sector vivienda.

Estas casas se construyen bajo los mismos esquemas en todo el país, y al no considerarse las condiciones climáticas se presentan ganancias de calor a través de su envolvente, razón por la que en climas cálidos se requiere el uso de equipos de aire acondicionado, lo que incrementa el consumo de energía eléctrica.

De acuerdo con datos de Instituto Nacional de Ecología² (INE), en México se generan aproximadamente 116,790 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) por la generación de energía eléctrica. La vivienda consume 24.75% de la electricidad en el país, y del total de ese gas que se produce ésta contribuye con 28.81 millones de toneladas.

Según el programa sectorial de vivienda 2007-2012³, se construirán 6 millones de unidades, lo que representaría 22.6% del total existente en 2006. Ello provocará un aumento del consumo eléctrico de 16,770 GWh⁴, equivalente a un alza de 38.43% respecto del consumo registrado en 2006.

Al analizarse esta situación se observa que la vivienda tiene un papel destacado en el impacto energético y ambiental, lo cual crea una necesidad vital de tener un panorama más claro de lo que está sucediendo y, mejor aún, de lo que podría ocurrir para la toma de decisiones que coadyuven a lograr un desarrollo sustentable.

¹ Sener (Secretaría de Energía) “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”.

² Fuente INE (Instituto Nacional de Ecología) en el informe realizado en el 2005 para el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002.
http://www.ine.gob.mx/cclimatico/download/inegei_2002_ffijas.pdf

³ Programa Sectorial de Vivienda 2007–2012, Plan Nacional de Desarrollo. Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), México.

⁴ Sener (Secretaría de Energía) “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”.

Esta tesis presenta un diagnóstico térmico sobre el comportamiento de la vivienda de interés social que se construye en México, considerando una retrospectiva (2001–2006) y una prospectiva (2007–2012), y un análisis del impacto energético y ambiental en los diferentes bioclimas del país, de acuerdo con la cifra de casas edificadas en cada periodo, relacionando la ganancia de calor con el consumo de energía eléctrica que habrá por la utilización de equipos de aire acondicionado, energía que es generada quemando combustible de origen fósil, lo cual emite gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono.

Objetivo

El propósito de este trabajo es presentar una retrospectiva (2001–2006) y una prospectiva (2007–2012) del comportamiento térmico y los impactos energéticos y ambientales de las viviendas arriba mencionadas en México, en función de los diferentes tipos de bioclimas.

Hipótesis

Uno de los principales efectos del consumo de energía son las emisiones de CO₂ producidas por la quema de combustible fósil para la generación de energía eléctrica. El consumo de electricidad es mayor en climas extremos por el uso de sistemas de aire acondicionado empleados para contrarrestar la carga térmica en la vivienda. La que más se construye en el país es la de interés social, la cual, si se desarrolla bajo los mismos esquemas en cualquier parte de la República, genera impactos energéticos y ambientales a causa de la ganancia de calor en la envolvente de la vivienda. Éstos pueden ser importantes para desarrollar acciones encaminadas a disminuir el consumo de energía y, por tanto, reducir sus impactos ambientales.

La metodología empleada es con base en el cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda, la cual se compara con la carga térmica de una vivienda de referencia (confortable) para determinar el excedente de calor; esa diferencia, considerando el parque de viviendas construidas en cada periodo, se relaciona con la energía eléctrica que utilizarían los equipos de aire acondicionado y el CO₂ que se emite al ambiente por el consumo de dicha energía.

La tesis consta de cinco capítulos. Después de la introducción se realiza una revisión del estado del arte respecto del diagnóstico térmico de la vivienda de interés social en México, mediante la simulación y el monitoreo. Posteriormente se presenta la descripción de la vivienda y el parque de ésta que fue edificada en 2001–2006 mediante financiamientos, obteniendo así el total en cada tipo de bioclima. De igual forma, se presentan en el mismo capítulo los prototipos de viviendas de interés social, detallando los materiales utilizados en los componentes arquitectónicos. Asimismo una proyección, basada en el Plan Nacional de Desarrollo, sobre el parque de viviendas que habrá en 2007–2012 en todo el territorio. Posteriormente se describe la metodología utilizada para el cálculo de la ganancia térmica de la envolvente de la vivienda. Luego se expone el diagnóstico del comportamiento térmico de dicho tipo de vivienda en los diferentes bioclimas, cuantificando el consumo de energía eléctrica que se requeriría por el uso de equipos aire acondicionado para lograr el confort térmico dentro de la vivienda, y las emisiones de CO₂ a la atmósfera por la generación de electricidad utilizada por dichos equipos en el parque de vivienda construida en cada periodo. Finalmente, después de analizar el reporte en su conjunto, se presentan las conclusiones.

1.- ANTECEDENTES

Se presentan algunos estudios directamente relacionados con la temática de la vivienda de interés social, con el fin de tomar como base lo efectuado hasta el momento.

En los antecedentes se encontraron referencias sobre el diagnóstico térmico en la vivienda de interés social a través de la simulación y el monitoreo, así como estudios relacionados con el consumo de la energía eléctrica en la vivienda, llevados a cabo por diferentes dependencias gubernamentales, académicos e investigadores, mismos que son expuestos a continuación.

1.1 Consumo de energía en la vivienda

El ahorro de energía eléctrica y el aprovechamiento racional de ésta cobra particular relevancia como elemento para el cuidado de los recursos energéticos no renovables, diversificación energética, protección del medio ambiente, aumento en la productividad y competitividad económica, y para la protección del presupuesto familiar.

Así, desde 1990 y en función de los claros beneficios que para el país representa, el gobierno federal, a través de diversas instituciones, ha desarrollado múltiples programas que ya muestran resultados significativos, palpables y duraderos en todo el territorio nacional.

Las principales entidades promotoras del ahorro de energía eléctrica, mediante la coordinación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), impulsan la aplicación masiva de estrategias y opciones tecnológicas para el ahorro de energía y el aprovechamiento de la energía renovable a través del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) y el Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI). Asimismo, incentivan el financiamiento de organismos facultados para fortalecer esos proyectos, tales como el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).

Para la vivienda se cuenta con tres líneas de acción: normalización, programas de ahorro de energía mediante tecnologías y fomento de la cultura del cuidado de ésta. La normalización es la medida que logra mayor ahorro de energía eléctrica mediante su regulación.

Entre las normas de edificación se encuentran:

- La NOM – 018 – ENER – 1997, se refiere a aislamientos térmicos para muros y techos.
- La NOM – 008 – ENER – 2001, sobre eficiencia energética de edificios no residenciales.
- La ANTEPROY – NOM – 020 – ENER, referente a la eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional.

Además, normas para equipo electrodoméstico, como refrigeradores, calentadores, equipo para bombeo de agua, etcétera.

Durante la primera reunión internacional sobre energía y medio ambiente, **Masera et al (1991)** presentan un estudio sobre las características de la demanda energética residencial en México, sus impactos ambientales y los potenciales de ahorro. Entre los resultados más importantes que dieron a conocer está el consumo residencial de energía por uso final, que para el aire acondicionado a nivel urbano resultó ser de 1.6 MWh/viv/año; a nivel rural, de 0.8 MWh/viv/año, y el promedio nacional de 1.4 MWh/viv/año. Finalmente determinan un potencial de ahorro por equipamiento en el sector residencial, que con los sistemas de climatización es de 20 a 80 por ciento.

Dos años después, **De Buen (1993)** presentó un estudio sobre el consumo de energía de los sistemas de climatización en el sector residencial en la zona norte de México. Entre los resultados, expuso el consumo eléctrico por el uso de dichos sistemas en Mexicali, Baja California. La metodología que utilizó fue el empleo de un valor promedio de consumo eléctrico del equipamiento, que resultó ser de 3.08 MWh por año y se multiplicó por el número de habitantes de Mexicali. Con estos resultados, recomendó acciones y políticas de ahorro de energía para mejorar técnicamente dichos equipos y disminuir así su impacto ambiental, puesto que su trabajo no está dirigido al impacto térmico, sino a la eficiencia de dichos equipos.

Al siguiente año **Sheinbaum (1994)** expuso un trabajo, en el cual plantea que el uso de la energía en el país está definido por factores estructurales y económicos. Entre éstos se encuentran el tamaño de la vivienda, la estancia en el hogar, el ingreso y el precio de la energía. En el rubro de electrodomésticos, el estudio determina que en 1990 se tuvo un consumo eléctrico de 14.2 GWh, del cual el de refrigeradores fue de 31.5%; televisores, 28.9%; aire acondicionado, 10.5%; lavadoras, 5.2%; planchas, 7.8%, y otros, 15.9%. Finalmente realizó un análisis del impacto ambiental por las emisiones producto de la generación de electricidad para el uso de estos electrodomésticos en la vivienda en general, pero no determinó el impacto térmico por el tipo de envolvente arquitectónica.

Por su parte, **Rosas** (2006), en su tesis de maestría, presenta un estudio con las características de la demanda energética residencial en el noroeste de México, tomando como base la dinámica de población y vivienda y el equipamiento de las mismas, estimando así el potencial de ahorro de energía eléctrica y sus impactos ambientales, específicamente por los sistemas de climatización. El análisis lo lleva a cabo con base en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH) 1996-2002. Entre los resultados, encontró que el consumo de energía eléctrica atribuible a los sistemas de climatización en la región noroeste del país en el año 2002 fue de 3,743.93 GWh (2.3% del consumo eléctrico nacional). En ese documento no hizo una distinción entre los diferentes tipos de vivienda existentes en el país.

1.2 Diagnóstico térmico de la vivienda: Simulación

Díaz et al (1999) realizan un análisis térmico de la envolvente de la vivienda de interés social en seis ciudades de México con climas distintos, con base en la metodología propuesta por el anteproyecto de la NOM – 020 – ENER - 1998, que consiste en determinar las ganancias térmicas por conducción de muros y radiación a través de ventanas, para lo cual se estudian los materiales utilizados. Se concluye en que sólo dos urbes cumplen con los requerimientos del anteproyecto de dicha norma (Toluca y Ciudad de México). Estos resultados, junto con la metodología para el análisis térmico, son considerados y sirven como base para este proyecto.

A su vez, **Chan et al** (1999) muestran los resultados al simular térmicamente una vivienda unifamiliar representativa y evalúan el efecto térmico. Esto es, en términos de ahorro de energía eléctrica por la disminución en el uso de sistemas de aire acondicionado en verano. Este trabajo contempla la orientación y utiliza el sistema de tabique común en los muros y no el que más se aplica en la vivienda de interés social, que es el bloque de concreto.

Dos años después, **Bojórquez et al** (2001) simularon el prototipo de vivienda en serie en Mexicali, Baja California, con el programa DOEPLUS. Los autores mencionan la necesidad de conocer el desempeño térmico que tiene la vivienda de interés social en esa ciudad dadas sus condiciones climáticas extremas y el gasto económico por climatizar. La vivienda se simula con un archivo de datos climáticos de El Centro, California, Estados Unidos, y se calcula su desempeño utilizando un sistema de aire acondicionado para todas las zonas, excepto el baño. Se determinan las cargas térmicas que existen por conducción en muros, infiltración y ventilación, así como las cargas internas por ocupantes. El resultado, indican, es que la mayor ganancia de calor se encuentra en la

conducción de muros (37%), de la cual el techo ocupa 20%. Los resultados de la simulación, aunque en un clima cálido seco, pueden servir como referencia comparativa para los cálculos de la ganancia térmica y energética.

En un trabajo que presentan **Verdugo et al** un año después (2002), diagnostican las condiciones de confort térmico en viviendas de interés social en la ciudad de Mexicali. Utilizan la carta bioclimática de Olgay para realizar el diagnóstico de las condiciones de confort en la vivienda, y a través del software DOE - 2.1 determinan la energía consumida por el uso de sistemas de climatización. Indican que en ciertas épocas y temporadas específicas del año no es posible lograr un confort sin aire acondicionado, determinando el número de horas al año, en las cuales se tienen temperaturas fuera de confort y se requieren sistemas de climatización para conseguirlo. El uso de la carta antes mencionada es también utilizado en esta tesis con la misma metodología, aunque aplicado en diversas ciudades representativas de los diferentes bioclimas. De los materiales que comúnmente se utilizan para la construcción de vivienda, únicamente analizan el bloque de concreto de 0.15 metros de ancho empleado en muros y para el techo no especifica el material utilizado.

Un año después, **Canales et al** (2003) llevan a cabo un análisis térmico seleccionando cuatro prototipos de viviendas, los cuales son representativos de la vivienda media y de interés social en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Comparan las diferencias entre la carga térmica real y la de confort. Fruto de ese trabajo, estiman el ahorro de energía para la climatización. Para ese estudio toman como base la metodología presentada en el anteproyecto de NOM – 020 – ENER eficiencia energética en edificaciones envolventes de edificios residenciales hasta de tres niveles. Y determinan, a través del diagrama de isorequerimientos horarios, las horas en los 12 meses del año en que se necesitan sistemas de climatización para lograr confort. Cabe destacar que de la vivienda únicamente estudian la de tipo social en un clima semi frío.

Dos años más tarde, **Rodríguez et al** (2005) hacen una propuesta de estudio basada en un análisis estadístico que incluye la relación entre diferentes variables que influyen en el confort térmico, como la ganancia de calor, la temperatura interior, exterior, humedad relativa en las viviendas y consumo energético neto, con la cual hacen los cálculos necesarios para elaborar un informe energético sobre la situación actual de la vivienda económica en la ciudad de Veracruz. Cabe mencionar que ese trabajo no ha sido concluido y sólo se enfoca a uno de los tres tipos de vivienda de interés social.

Un año después, **Romero** (2006) efectúa una simulación a través de las temperaturas para establecer la relación de la zona de confort en el tipo de viviendas referidas en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Hace un análisis del clima con base en la temperatura del aire, la humedad relativa, el viento, la radiación y las diferentes orientaciones. Cabe mencionar que en este trabajo algunos aspectos fueron excluidos, como la selección de materiales y sus propiedades para el análisis térmico, debido a que la finalidad de éste fue plantear criterios de diseño bioclimático de construcción para cualquier tipo de vivienda que se vaya a edificar en dicha ciudad.

Recientemente, **Morillón** (2007), en el Segundo Seminario Internacional de Vivienda Sustentable, presenta la evaluación del comportamiento térmico y el impacto energético-ambiental de la vivienda de interés social, para la cual considera tres prototipos de vivienda de diferentes constructoras, manejando el total que se va a edificar de cada uno de éstos en diversas ciudades de la República Mexicana: Acapulco, Mexicali, Hermosillo, Ciudad Juárez y Querétaro. Asimismo, en Nuevo León y Tamaulipas. Estas viviendas forman parte de un programa piloto de la vivienda sustentable de la Conavi, el cual, a través del número de viviendas por prototipo, cuantifica el ahorro de energía en kWh y la reducción de emisiones de CO₂ producto del ahorro de electricidad, con la adecuación de diseño bioclimático. Este trabajo es base directa de la tesis.

1.3 Diagnóstico térmico de la vivienda: Monitoreo

Corrales (2002) realiza un análisis de la vivienda de interés social en el puerto de Topolobampo, Sinaloa, que incluye desde el monitoreo de la temperatura interior y exterior, así como la humedad interior, hasta un balance térmico de las viviendas analizadas; sin embargo, está dirigido a ofrecer estrategias para lograr un confort térmico. La autora considera, para la carga térmica en la vivienda, el bioclima del sitio.

A su vez, **Romero** (2002) hace una evaluación del comportamiento térmico para una vivienda de 172 m² en el clima cálido seco en Mexicali. En este estudio plantea una metodología inversa para determinar la ganancia térmica en la vivienda. Dicho método lo realiza con un monitoreo de la demanda de consumo eléctrico por medio de equipos de climatización de vivienda, quedando limitada la evaluación a un solo clima y tipo de vivienda, la cual no es representativa para nuestro caso, pues dicha vivienda no es de interés social.

Un año después, **Zetina** (2003), en un estudio basado en el monitoreo de las condiciones generales de una vivienda de interés social en la ciudad de Campeche, obtiene las temperaturas interior y exterior, así como la humedad relativa. Cabe mencionar que el monitoreo lo llevó a cabo por cuatro días representativos de cada estación del año y sólo consideró un clima, el cálido húmedo.

Ese mismo año, **Borbón** (2003) realizó una evaluación de la vivienda de interés social en Hermosillo, Sonora. La autora analizó el comportamiento térmico monitoreando la temperatura y la humedad en las partes de la envolvente de la vivienda (losa y muros de cada espacio). Encontró que la vivienda no cumple con los requerimientos de diseño ambiental, lo cual repercutió en la falta de confort térmico en el interior de la misma. Eso tuvo un impacto energético y ambiental, el cual no fue presentado en los resultados.

En otro referente encontrado, **Pérez et al** (2004) presentan información sobre el desempeño térmico de una vivienda de interés social en Hermosillo, Sonora (clima cálido seco), a través de un monitoreo térmico de variables como la temperatura de superficie en muros interiores con distintas orientaciones y la temperatura del aire interior, así como la humedad relativa. Esta investigación sólo se realizó durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2002, cuantificando el impacto de una vivienda sólo en las condiciones de dicho bioclima.

Posteriormente, **Castañeda et al** (2005) dan a conocer una evaluación sobre el comportamiento térmico en una casa de interés social de 35 metros cuadrados con pared de ladrillo común rojo y techada bajo el sistema de losa aligerada. Para ese estudio se hicieron mediciones de temperatura superficiales de paredes y techos, así como de la temperatura del aire interior y exterior de la vivienda, pero el monitoreo sólo se realizó por diez días del mes de marzo y, específicamente, para la vivienda de tipo básica de interés social en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, perteneciente al clima cálido semi húmedo.

1.4 Diagnóstico térmico de la vivienda: Simulación y monitoreo

Morillón et al (2001) presentaron a Cementos Mexicanos un estudio del comportamiento térmico del concreto celular utilizado para la construcción de una vivienda, llevando a cabo un monitoreo en Hermosillo, Sonora. De igual forma, realizaron la simulación en diversas ciudades, como Hermosillo, Toluca, Distrito Federal y Mérida. En el estudio no sólo presentaron el análisis térmico, sino también la carga de refrigeración necesaria para retirar el calor y el costo de energía eléctrica para disminuir dicha carga. Las viviendas que se analizaron son de interés social, con superficies de 34 y 50 m²; cabe mencionar que no consideran el número total de viviendas construidas en dichas entidades ni el impacto ambiental que se tendría por el requerimiento de sistemas de aire acondicionado.

Un año después, **Corral** (2002) efectuó un análisis del comportamiento térmico de las viviendas de interés social con el programa de simulación DOE – 2.1, el cual analiza las cargas térmicas en estado dinámico. El monitoreo de las temperaturas de superficie y aire interior fue realizado en verano, con un sistema de adquisición de datos llamado GENIE. Únicamente buscó determinar el efecto de este comportamiento respecto del confort en la ciudad de Mexicali, Baja California.

A su vez, **Fitch** (2002) realizó un procedimiento para calcular el valor de la vivienda en el área metropolitana de Monterrey a partir del confort térmico. El estudio determina las herramientas para el diagnóstico del grado de confort en el interior de una vivienda de 67.4 m². La parte quizá más importante de este documento es el monitoreo y simulación térmica que realiza de una vivienda en Monterrey (clima cálido seco). Concluye que ésta tampoco cumple con las condiciones de confort térmico para el usuario, por lo que existe la necesidad de emplear equipo mecánico para enfriar, y muestra los resultados de la evaluación económica y energética, pero no cuantifica lo ambiental.

Tres años después, **Carrasco** (2005) presentó un análisis cuantitativo del comportamiento térmico de la vivienda de interés social monitoreando las temperaturas interior y exterior de una vivienda en un clima cálido seco en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. La simulación fue realizada con el programa TRNSYS. Concluyó con una comparación de la carga térmica entre una vivienda de interés social y una vernácula.

1.5 Conclusiones

En México existen diversos trabajos sobre el diagnóstico térmico de la vivienda de interés social. Éstos han estado enfocados a determinar la ganancia térmica con base en la simulación y el monitoreo, considerando las condiciones climáticas y el uso de materiales en la construcción.

También se ha estudiado cómo la ganancia de calor provoca un consumo excesivo de energía eléctrica por el uso de sistemas de aire acondicionado en la vivienda, generando así problemas ambientales y económicos para el usuario y el país.

El problema actual requiere más de un solo análisis térmico de una vivienda, ya que en México el promedio de casas nuevas que se requieren al año es de 731 mil 584 (décimo Censo General de Población y Vivienda, 2000), de las cuales 55.41% es de tipo básica –de hasta 33 metros cuadrados–, 17.65% es social –de hasta 45 metros cuadrados– y 17.15% económica (las tres, consideradas de interés social), y que en la nación existen diferentes tipos de climas. Los estudios anteriores sólo muestran el comportamiento térmico en algunos de ellos, principalmente el cálido, los cuales no se pueden considerar como representativos para todas las condiciones del país. Quedarían interrogantes como: ¿De cuánto es el impacto energético y ambiental por la ganancia térmica en el total de viviendas construidas, o qué pasaría si se sigue con el actual diseño y uso de materiales?

Al no haber una visión clara sobre las consecuencias estimadas actualmente ni una visión a futuro que permita estimar la magnitud del problema que representaría para el usuario y para el país en lo térmico, energético y ambiental, si los profesionales de la construcción siguen edificando bajo los esquemas actuales, el impacto negativo continuará.

2.- LA VIVIENDA EN MEXICO

En este apartado se presentan los tipos de vivienda que existen y se construyen en México, así como los materiales que se utilizan para la edificación. Además, información sobre el número de viviendas construidas en el periodo 2001-2006, considerando los diversos bioclimas del país en el siguiente orden:

- Se describen los tipos de vivienda que se construye en México, los cuales se clasifican de acuerdo con el promedio de área de construcción y acabados. Se presentan tres prototipos de vivienda de interés social, los materiales y los acabados utilizados en su edificación.
- Se presenta el número de viviendas construidas por entidad federativa y año en dicho periodo, con base en información estadística del Programa Nacional de Créditos Hipotecarios.
- Se prosigue con la distribución de los hogares de acuerdo con el ingreso, se determina el número de viviendas de interés social que se construyeron en 2001–2006, desglosando el tipo de vivienda (básica, social y económica) para relacionar el parque de vivienda con los diferentes bioclimas, y se describen las características de estos últimos.

Para concluir este capítulo, se presenta una prospectiva al año 2012, con base en el Programa Sectorial de Vivienda.

2.1 Tipos de vivienda

En México la vivienda se clasifica, de acuerdo con el promedio de superficie construida, en cuatro tipos: interés social, media, residencial y residencial plus. A su vez, la primera se subdivide en básica, social y económica, como se establece en la tabla 2.1.

Tabla 2.1
Clasificación por superficie construida

Tipo de vivienda		Promedio de construcción (m ²)
Interés social	Básica	Hasta 30
	Social	De 31 a 45
	Económica	De 45 a 55
Media		De 56 a 100
Residencial		De 101 a 200
Residencial plus		Más de 200

Fuente: Conavi y Sedesol. "Necesidades de vivienda en México 2000-2010"

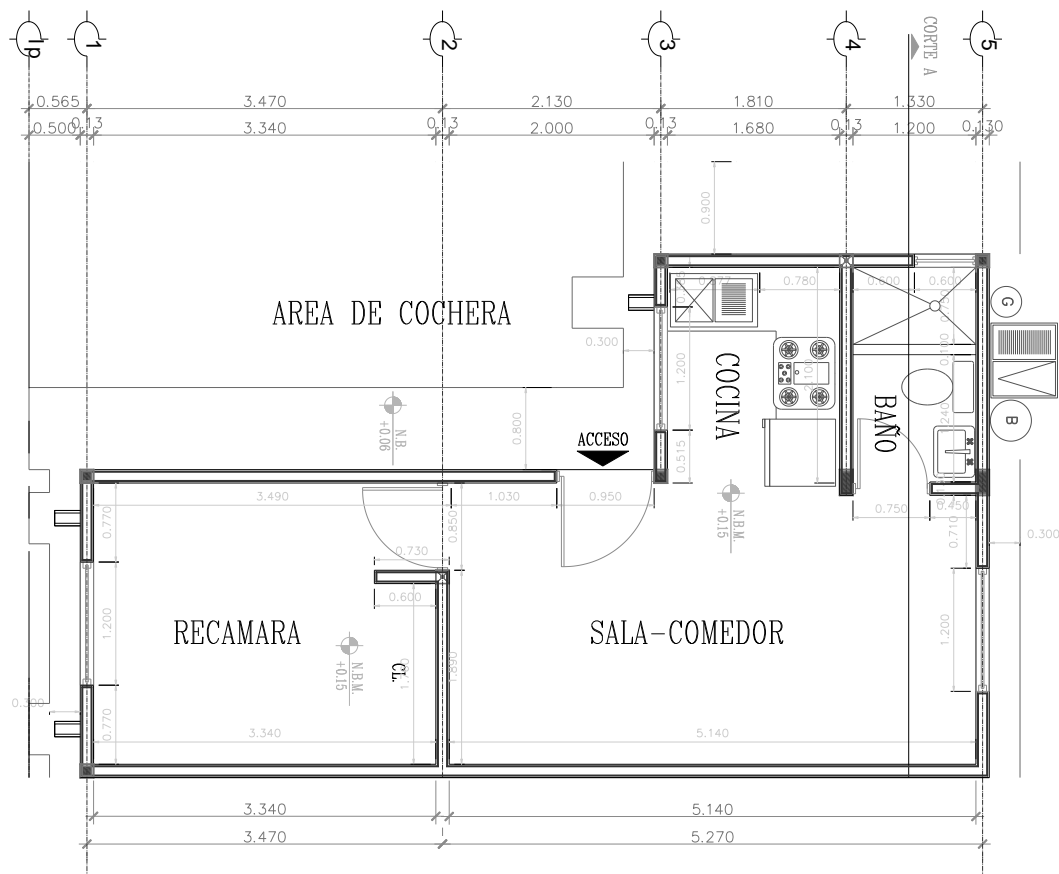
La vivienda que mayor demanda tiene es la de interés social. Es importante tomar en cuenta que también se cataloga de acuerdo con su valor, el cual varía según el tipo de acabado.

Para este estudio se toma la clasificación con relación al promedio de área de construcción y el tipo de acabado. Se presentan tres prototipos de viviendas de interés social, las cuales se muestran a continuación detallando la parte arquitectónica.

2.1.1. Interés social: tipo básica

Descripción: 33.47 m², una planta, sala-comedor, baño, cocina, recámara, patio de servicio, jardín y cochera al frente. Figuras 2.1.

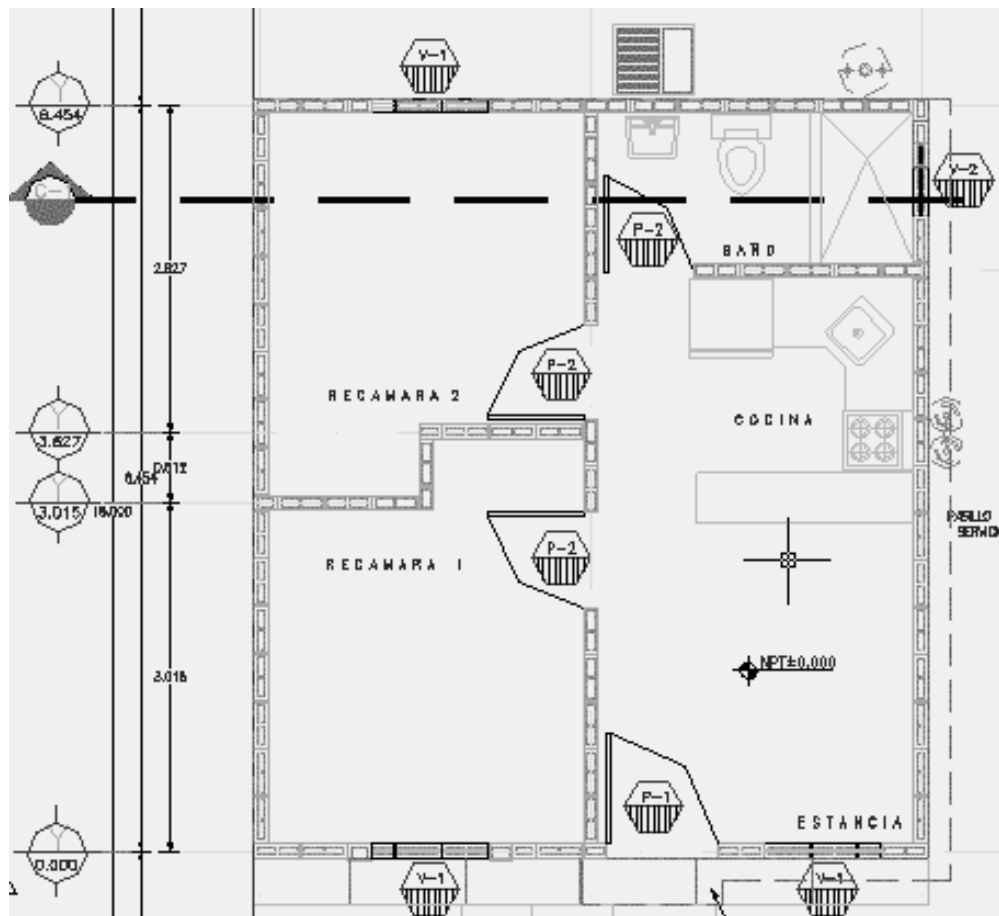
**Figura 2.1. Vivienda tipo básica.
Planta arquitectónica.**



2.1.2. Interés social: tipo social

Descripción: 36.89 m², una planta, sala-comedor, baño, cocina, dos recámaras, patio de servicio, jardín y cochera al frente. Figura 2.2.

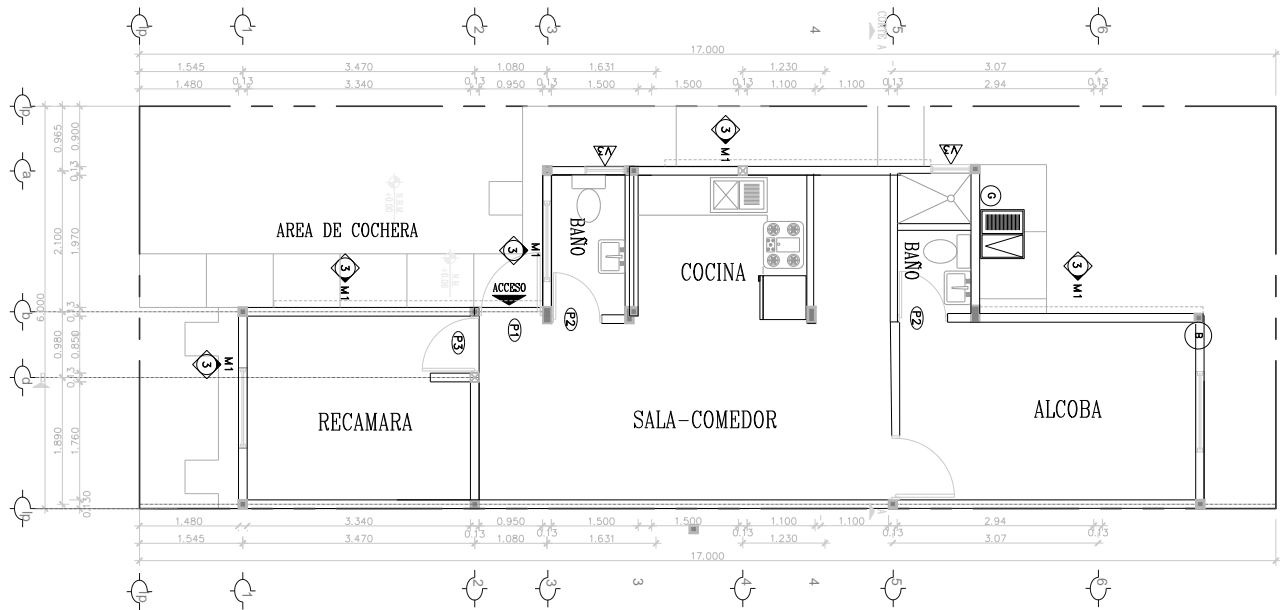
**Figura 2.2. Vivienda tipo social.
Planta arquitectónica.**



2.1.3 Interés social: tipo económica

Descripción: 61.74 m², una planta, sala-comedor, dos baños, cocina, dos recámaras, patio de servicio, jardín y cochera al frente. Figura 2.3.

**Figura 2.3. Vivienda tipo económica.
Planta arquitectónica.**



2.1.4 Materiales de uso común en la vivienda de interés social

Se construyen con diferentes materiales, como se muestra en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2.
Tipos de materiales usados para muros y techos.**

Muros	Techos
Lámina de asbesto y metálica	Lámina de cartón
Carrizo, bambú y palma	Lámina de asbesto y metálica
Embarro y bajareque	Palma, tejamanil y madera
Madera	Teja
Adobe	*Losa de concreto, losa aligerada
*Tabique, ladrillo, block hueco, piedra, cemento y concreto	

Fuente: Jorge Rosas. "Sector eléctrico en clima cálido seco; equipamiento y consumo eléctrico por los sistemas de climatización (aire acondicionado y/o cooler): región noroeste de México." Tesis de maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2006, págs. 39–40. Con datos de la ENIGH 1996–2002.

* Por su ciclo de vida útil son los más utilizados.

De los diferentes tipos de materiales que se utilizan para la construcción de la vivienda, los más empleados para la de interés social son:

Para muro

- Block hueco.
- Tabique.
- Ladrillo (bloque de concreto celular curado con autoclave).

Para techo

- Losa de concreto.
- Losa aligerada.

De éstos se obtienen seis combinaciones diferentes, como se muestra en la tabla 2.3, mismas que influyen en el comportamiento térmico de la envolvente de la vivienda.

Tabla 2.3
Combinaciones de los diferentes materiales más utilizados para la construcción de la vivienda de interés social.

Número de combinación	COMPONENTE ARQUITECTÓNICA	
	Techo	Muro
1	Losa de concreto	Block hueco
2		Tabique
3		Ladrillo
4	Losa aligerada	Block hueco
5		Tabique
6		Ladrillo

Fuente: Elaboración propia, con datos de la tabla 2.2, presentada en el capítulo 2 de esta tesis.

De estas combinaciones, la más empleada para la construcción de dichas viviendas es la número 4 (losa aligerada para techo y block hueco para muro).

Otro elemento en la envolvente o sistema constructivo son los acabados, los cuales se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

Materiales de recubrimiento utilizados para los acabados de la vivienda.

Material de recubrimiento		Material de recubrimiento	
Azulejos		Tablero	De asbesto cemento
Ladrillo exterior			De triplay
Mosaicos			De yeso
Aplanados	Yeso	Metales	Aluminio
	Mortero de cal		Cobre
	Mortero cemento arena		Acero
	Mortero con vermiculita		Fierro
	Mortero con arcilla expandida	Madera	Viruta aglutinada blanda
	Dura		

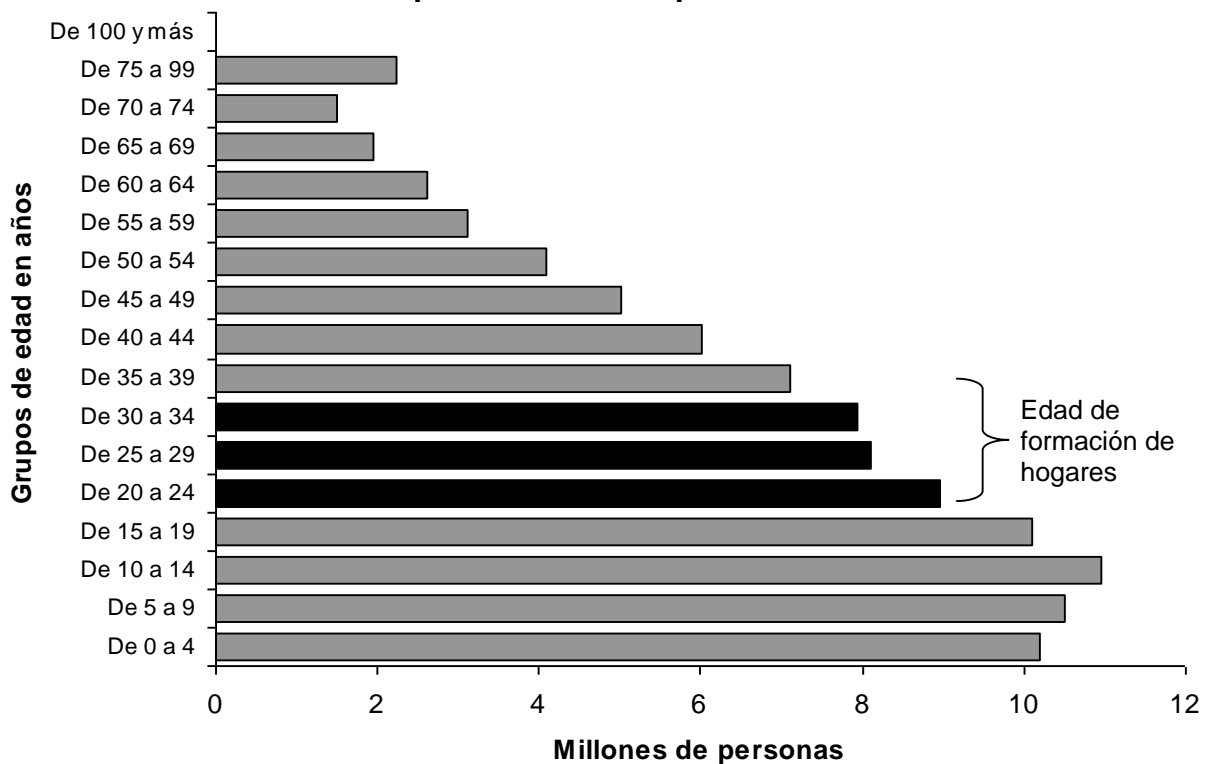
Fuente: NOM – 008 – ENER – 2001, apéndice “D”

2.2 Demanda de vivienda en México (2001–2006)

En el país, la demanda de vivienda se debe principalmente a la formación de nuevos hogares –matrimonio, unión consensual y división de los hogares por la ruptura de uniones–. Datos estadísticos señalan que la edad promedio para formar un hogar fluctúa entre 20 y 34 años, como se muestra en la gráfica 2.1.

Gráfica 2.1

Estructura por edades de la población en 2005.



Fuente: elaboración propia, con datos del INEGI. Segundo Censo de Población y Vivienda 2005.

La edad promedio de las parejas que deciden formar un hogar es de 25 años (los hombres a los 27 y las mujeres a los 23), cifra ligeramente inferior a la edad promedio de la población mexicana (27 años)¹. Se prevé que dicho número continuará aumentando en los próximos años, en la medida en que se eleven los índices educativos de la población y se amplíen las capacidades, libertades y oportunidades de las personas.

Según el Programa Sectorial de Vivienda 2001–2006, en dos décadas se ha logrado una disminución del rezago total de vivienda. En la década de los 80 era de 4 millones 678 mil, 39 por ciento del inventario habitacional. Diez años después, en los 90, disminuyó ligeramente, a 4 millones 667 mil, 29% del parque habitacional. En el año 2000, se calculó en casi 4 millones 291 mil, 20% del total.

Ese rezago consiste tanto en el déficit de vivienda nueva como en el requerimiento de mejoras habitacionales, derivado de tres aspectos: la que necesita ser sustituida, la que requiere ser ampliada y, finalmente, la que precisa ser reparada para cumplir su función básica social de integración y protección familiar, así como la económica, de generar patrimonio.

De acuerdo con información de la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (ahora Comisión Nacional de Vivienda, Conavi), expuesta en el documento “Necesidades de vivienda en México 2001–2010”, para el periodo 2000–2006 el requerimiento en el país fue de unas 720 mil 742 casas nuevas por año, de las cuales se construyeron un total de 4 millones 207 mil 964 en dicho periodo.

2.2.1 Viviendas construidas: 2001–2006

El número de viviendas construidas en la República Mexicana, de acuerdo con datos de la Conavi², en el año 2001 fue de 461 mil 927, en 2002 de 704 mil 512, en 2003 de 735 mil 168, en 2004 de 815 mil 023, en 2005 de 768 mil 532, y en 2006 de 722 mil 802, sumando un total de 4 millones 207 mil 964 en el periodo 2001–2006, como se muestra en la tabla 2.5.

¹ Fuente de internet: http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general_ver3/MDXQueryDatos.asp? Fecha de consulta: agosto de 2007.

² Datos estadísticos de vivienda de la Conavi, fecha de consulta junio de 2007.

Tabla 2.5
Vivienda construida en México por año y entidad federativa en el periodo
2001-2006

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total de viviendas construidas 2001 - 2006
Aguascalientes	18,928	20,246	21,683	20,187	20,278	10,704	112,026
Baja California	17,304	26,306	30,731	38,119	31,885	30,425	174,770
Baja California Sur	4,885	4,480	6,274	6,023	5,342	4,950	31,954
Campeche	17,268	17,104	3,731	7,306	7,981	4,420	57,810
Chiapas	15,769	16,734	31,970	22,408	25,853	28,152	140,886
Chihuahua	5,657	10,543	9,764	12,666	5,479	6,158	50,267
Coahuila de Zaragoza	9,507	28,632	30,542	103,722	33,306	14,025	219,734
Colima	20,281	34,379	46,067	32,236	38,289	37,606	208,858
Distrito Federal	56,371	93,535	60,425	78,823	57,174	45,724	392,052
Durango	13,410	9,468	20,668	14,237	12,338	12,994	83,115
Guanajuato	16,984	22,112	28,361	27,804	34,422	29,225	158,908
Guerrero	3,312	11,741	17,317	15,207	12,184	6,918	66,679
Hidalgo	10,789	25,256	24,655	23,272	15,953	12,244	112,169
Jalisco	16,063	18,604	28,393	40,365	42,160	36,372	181,957
México	28,425	51,282	46,881	49,552	58,321	52,643	287,104
Michoacán de Ocampo	9,627	11,520	13,913	14,476	17,749	15,463	82,748
Morelos	5,948	4,978	7,500	6,823	8,741	8,333	42,323
Nayarit	3,895	17,928	8,592	6,103	9,052	6,729	52,299
Nuevo León	18,175	25,711	30,502	39,891	51,616	45,866	211,761
Oaxaca	5,293	27,092	6,783	6,151	10,109	4,070	59,498
Puebla	8,126	23,753	27,160	20,734	26,986	18,548	125,307
Querétaro de Arteaga	16,679	8,580	13,332	12,341	11,931	10,174	73,037
Quintana Roo	6,451	9,908	15,121	18,078	21,505	17,371	88,434
San Luis Potosí	26,920	29,544	18,120	18,854	16,993	14,338	124,769
Sinaloa	13,217	19,947	21,267	20,138	19,435	17,995	111,999
Sonora	15,159	16,219	23,834	23,232	23,561	24,754	126,759
Tabasco	12,777	11,598	11,674	8,477	9,559	7,768	61,853
Tamaulipas	22,835	28,806	39,561	60,451	39,777	36,335	227,765
Tlaxcala	7,169	10,684	10,423	8,469	6,237	4,880	47,862
Veracruz	15,875	19,745	32,010	24,091	31,292	23,820	146,833
Yucatán	8,137	12,796	10,767	8,770	13,423	20,203	74,096
Zacatecas	6,549	28,649	16,706	11,112	14,800	5,545	83,361
NO DISTRIBUIDO NACIONAL	4,142	6,632	20,441	14,905	34,801	108,050	188,971
TOTAL	461,927	704,512	735,168	815,023	768,532	722,802	4,207,964

Fuente: Elaboración propia, utilizando datos estadísticos de vivienda de la Conavi y del Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2006, avance del sexto bimestre.

Respecto de los 32 estados que conforman la República, 58.49% de la vivienda que se construyó en 2001-2006 se encuentra en 11 estados, los cuales se presentan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6
Estados donde se concentra la vivienda construida en México en el periodo 2001-2006.

Estado	Viviendas construidas 2001-2006	Porcentaje respecto del total de viviendas construidas	Acumulado porcentual de la vivienda construida
Distrito Federal	392,052	9.75	9.75
México	287,104	7.14	16.90
Tamaulipas	227,765	5.67	22.57
Coahuila de Zaragoza	219,734	5.47	28.03
Nuevo León	211,761	5.27	33.30
Colima	208,858	5.20	38.50
Jalisco	181,957	4.53	43.03
Baja California	174,770	4.35	47.38
Guanajuato	158,908	3.95	51.33
Veracruz	146,833	3.65	54.98
Chiapas	140,886	3.51	58.49
Demás estados	1,857,336	44.14	100
Total	4,207,964	100	---

Fuente: Elaboración propia, utilizando datos estadísticos de vivienda de la Conavi; Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2006, avance del sexto bimestre.

2.2.2. Distribución del tipo de vivienda, de acuerdo con el ingreso por hogar

Como se mencionó en el punto 2.1, el mercado de vivienda en México es segmentado en cuatro tipos: residencial plus, residencial, medio y de interés social; ésta última abarca la básica, social y económica.

El poder adquisitivo para comprar una vivienda se vincula con la distribución del ingreso, pues depende de éste el tipo al que se puede tener acceso. En la tabla 2.7 se muestra esa distribución.

Tabla 2.7.
Distribución del tipo de vivienda, de acuerdo con el salario mínimo

Tipo de vivienda	Ingreso en salarios mínimos
Básica	Hasta 3
Social	Mayor a 3 y menor a 5
Económica	Mayor a 5 y menor a 10
Media	Mayores a 10
Residencial	
Residencial plus	

Fuente: Conafovi y Sedesol. "Necesidades de vivienda en México 2000-2010".

La distribución de la vivienda con base en el nivel de ingreso por hogar en el periodo 2000-2005 se presenta en la tabla 2.8.

Tabla 2.8.
Distribución de vivienda de acuerdo con el ingreso por hogar.

Año ³	Tipo de vivienda				Total de hogares
	Vivienda de interés social			Media, residencial y residencial plus	
	Básica	Social	Económica		
2000	6,429,418	5,586,997	5,001,026	6,650,038	23,667,479
2002	6,456,288	6,006,658	5,247,188	6,821,497	24,531,631
2004	5,987,861	6,371,151	5,603,015	7,599,420	25,561,447
2005	6,330,883	6,180,616	5,392,743	7,806,079	25,710,321
Núm. De veces el salario mínimo (vsm)	> 3 vsm	< 3 y 5 vsm >	< 5 y 10 vsm>	< 10 vsm	

Fuente: INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2000-2005.
Elaboración propia.

Con base en los datos de la tabla 2.8, el porcentaje promedio del total del tipo de vivienda en el periodo 2000-2005 fue de 25.38% para la básica; 24.26%, social; 21.35%, económica, y 29%, media, alta y residencial.

En la tabla 2.9 se observa que la vivienda tipo básica tuvo un decremento de 3.74% en 2000-2004, y aumentó 1.19% en 2005. Por tanto, la social y la económica presentaron un alza en el periodo 2000-2004, a excepción del año 2005.

³ **NOTA:** No existen datos estadísticos de la distribución de los hogares por tipo de vivienda para 2001, 2003 y 2006, razón por la cual no se reflejan en las tablas.

Tabla 2.9.
Porcentaje de hogares por tipo de vivienda de acuerdo con el ingreso.

Año ⁴	Tipo de vivienda			
	Básica	Social	Económica	Media, residencial y residencial plus
2000	27.17	23.61	21.13	28.10
2002	26.32	24.49	21.39	27.81
2004	23.43	24.92	21.92	29.73
2005	24.62	24.04	20.98	30.36
Promedio Total	25.38	24.26	21.35	29.00

Fuente: INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2000-2005. Elaboración propia.

Tomando en cuenta los datos antes expuestos y la distribución de ingreso por hogar, del total de viviendas construidas aproximadamente 70% se cubrió con la de interés social. El tipo que más se edificó fue, en el año 2002, la básica, con 191 mil 385. Para 2004, nuevamente fue la básica, con 214 mil 500, y en 2005, la social, con 191 mil 555, como se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10.
Distribución de los hogares por tipo de vivienda.

⁵ Año	Interés social			Media, residencial y residencial plus	Total de viviendas construidas
	Básica	Social	Económica		
2002	191,385	166,309	148,866	197,952	704,512
2004	214,500	199,561	174,329	226,633	815,023
2005	180,031	191,555	168,461	228,485	768,532
Total	585,916	557,425	491,656	653,070	2,288,067

Fuente: Elaboración propia. INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2000-2005. Estadísticas de vivienda, Conavi; Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2006, avance del sexto bimestre.

⁴ **NOTA:** No existen datos estadísticos de la distribución de los hogares por tipo de vivienda para los años 2001, 2003 y 2006, razón por la cual no se incluyen en las tablas.

⁵ **NOTA:** No existen datos estadísticos de la distribución de los hogares por tipo de vivienda para los años 2001, 2003 y 2006, razón por la cual no se incluyen en las tablas.

2.3. Vivienda construida por bioclima

En México existen diferentes entidades, las cuales presentan diversos climas. Es necesario conocer cómo interactúa el clima con los habitantes de cada entidad para saber las condiciones de confort térmico que se tienen en la vivienda, con el fin de determinar las horas promedio anuales en que se tienen condiciones por arriba del confort térmico, lo cual podría presentar la necesidad de sistemas de aire acondicionado para reducir la temperatura y/o la humedad.

De acuerdo con el documento “Uso eficiente de la energía en la vivienda” (2006), de la Conavi, se identifican tres tipos de bioclimas; semifrío, templado y cálido, los cuales subdividen en función de la humedad ambiente en seco, semi-húmedo y húmedo, quedando como sigue:

- Bioclima cálido-seco.
- Bioclima cálido-semihúmedo.
- Bioclima cálido-húmedo.
- Bioclima templado-húmedo.
- Bioclima templado.
- Bioclima templado-seco.
- Bioclima semifrío.
- Bioclima semifrío-seco.
- Bioclima semifrío-húmedo.

Cada uno presenta características generales, de acuerdo con las diferentes temporadas del año. Esto se explica de manera detallada en el siguiente apartado.

2.3.1 Características generales de los bioclimas

Las características generales de los bioclimas, según King (1994) y Morillón (2004 y 2005), publicadas en la guía “Uso eficiente de la energía en la vivienda” (Conafovi 2006), son:

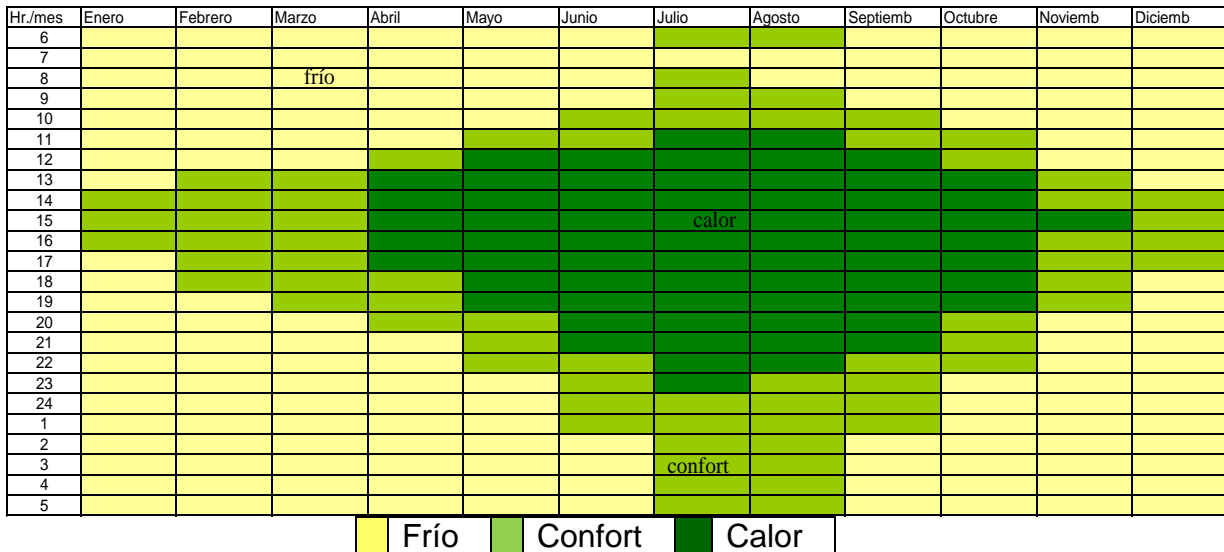
➤ **Bioclima cálido-seco**

Su temperatura media y mínima se encuentra por debajo de los rangos de confort, excepto en verano, cuando los sobrepasa. La máxima supera los rangos de confort, excepto en invierno; la oscilación diaria es de entre 10 y 20°C. Los rangos de la humedad relativa son bajos en primavera y dentro de los rangos de confort en periodo de lluvias, con una precipitación pluvial menor a 600 mm anuales. Vientos dominantes de verano calientes y fríos en invierno.

En esta zona se encuentran las ciudades de Mexicali, Hermosillo, Ciudad Juárez, Chihuahua, Ciudad Obregón, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz, Monterrey y Torreón, entre otras.

Se observa en la gráfica 2.2 que la sensación de calor impera en los meses de abril a octubre, considerando que, en promedio, un mes tiene 30 días, multiplicado por las horas que se tienen con sensación de calor, el promedio anual es de 1,980 horas, concentrándose el calor en los meses de junio a septiembre.

Gráfica 2.2.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima cálido-seco (Caso: Ciudad de Mexicali).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (Conafovi 2006)

➤ **Bioclima cálido-semihúmedo**

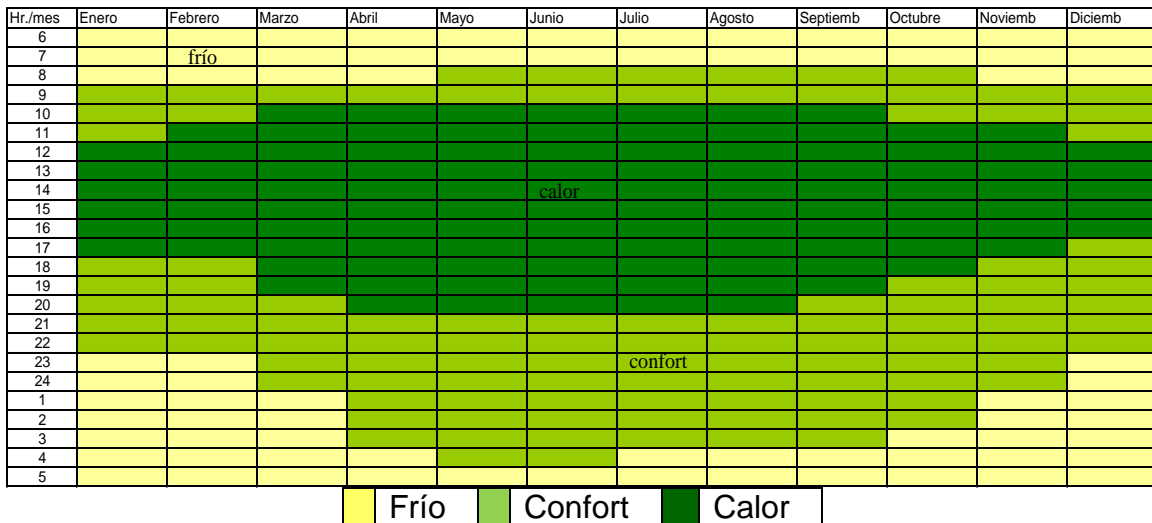
La temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort, excepto en invierno. La oscilación diaria es de entre 8 y 12°C todo el año. La precipitación anual, de entre 650 y 1000 mm. La humedad relativa máxima sobrepasa los rangos de confort todo el año, y la media y mínima está entre dichos rangos.

En este bioclima se ubican, por ejemplo, Ciudad Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida y Tuxtla Gutiérrez, entre otras.

De acuerdo con la gráfica 2.3, la sensación de frío moderado se presenta en diciembre y enero.

La sensación de calor se incrementa conforme avanzan el día y el mes, hasta llegar a los periodos más cálidos, que son junio, julio y agosto. Hay, en promedio, 3,270 horas anuales por arriba de la temperatura de confort.

Gráfica 2.3.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima cálido-semihúmedo
(Caso: Ciudad de Mérida).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (Conafovi 2006)

➤ **Bioclima cálido-húmedo**

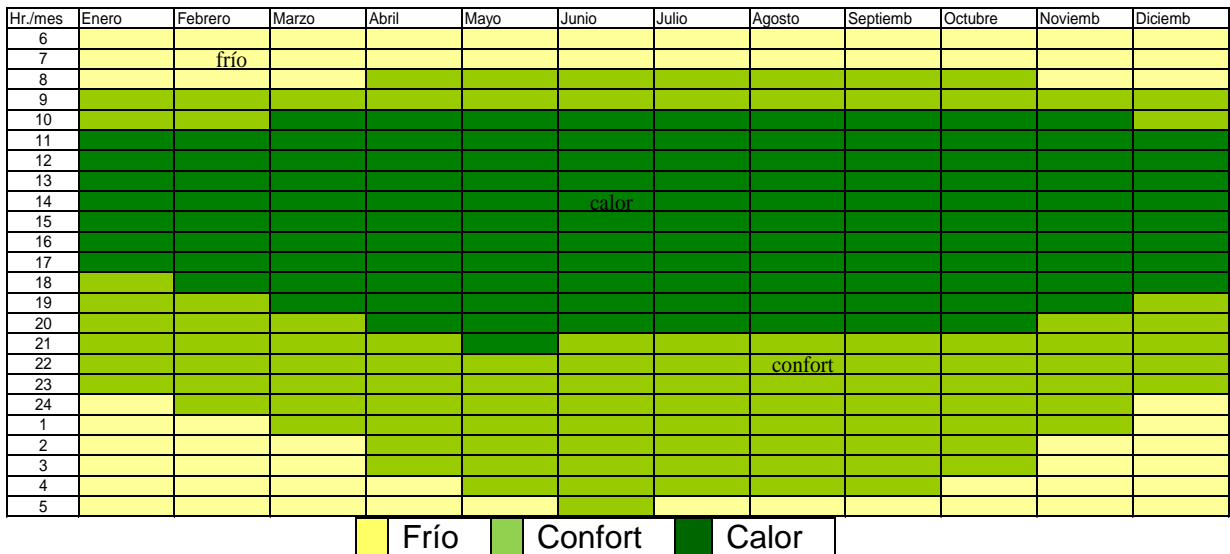
Las temperaturas media y máxima están por encima de los rangos de confort en verano. Humedad relativa fuera de confort casi todo el año, con una precipitación pluvial de alrededor de 1,500 mm anuales. Vientos huracanados, ciclones y nortes.

Ciudades con este bioclima: Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Villahermosa, Tampico y Veracruz, entre otras.

La sensación más importante a contrarrestar en este bioclima es el bochorno. En este bioclima se presenta principalmente el calor húmedo, el cual puede ocasionar serios problemas a la estructura de edificios y objetos que se encuentren en su interior.

Según la gráfica 2.4, hay mayor confort de noviembre a marzo, a partir de las 9 de la mañana, aproximadamente, y hasta las 22 horas. El frío se presenta en los meses de diciembre y enero con menor intensidad, habiendo un promedio anual de 3,630 horas de calor.

Gráfica 2.4.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima cálido-húmedo (Caso: Ciudad de Villahermosa).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (Conafovi 2006)

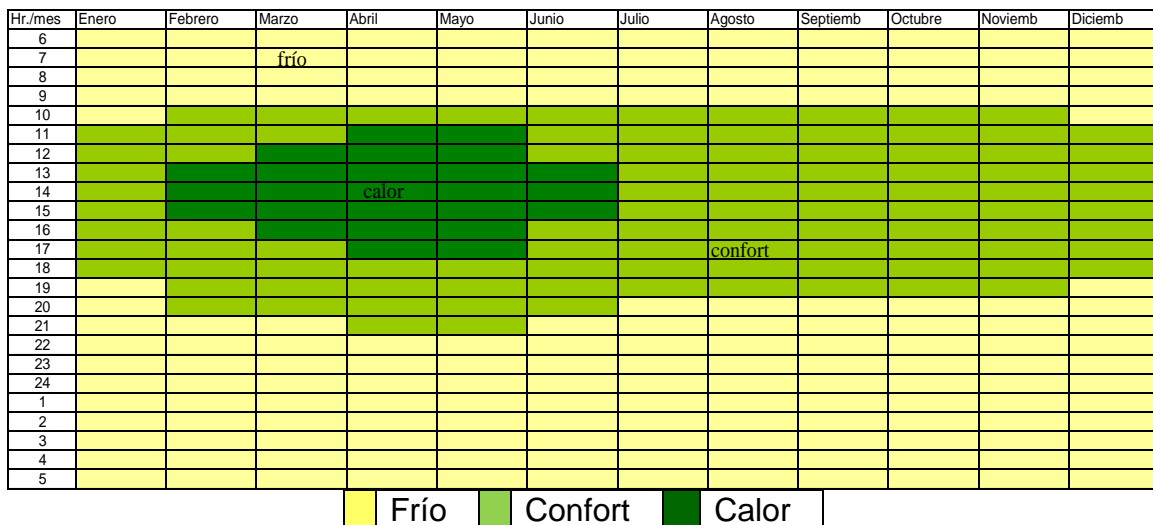
➤ **Bioclima templado-húmedo**

La temperatura máxima rebasa los rangos de confort en primavera y verano, y la mínima se encuentra por debajo de éstos. La oscilación térmica diaria, de entre 11 y 13°C, y la humedad relativa media y máxima están por encima de los rangos de confort. Hay una precipitación pluvial mayor a 1,000 mm anuales.

Este bioclima se presenta en una zona muy pequeña del territorio nacional. Sin embargo, en ella hay ciudades como Cuernavaca y Tepic, entre otras.

De acuerdo con el diagrama de la gráfica 2.5, hay una sensación de confort cerca del mediodía y fresca en la madrugada, a excepción de en verano, cuando éste se prolonga hasta las últimas horas del día. El calor se presenta, en promedio, sólo 750 horas al año, específicamente en abril, mayo y junio, alrededor de las 14 horas.

**Gráfica 2.5.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima templado-húmedo
(Caso: Ciudad de Cuernavaca).**



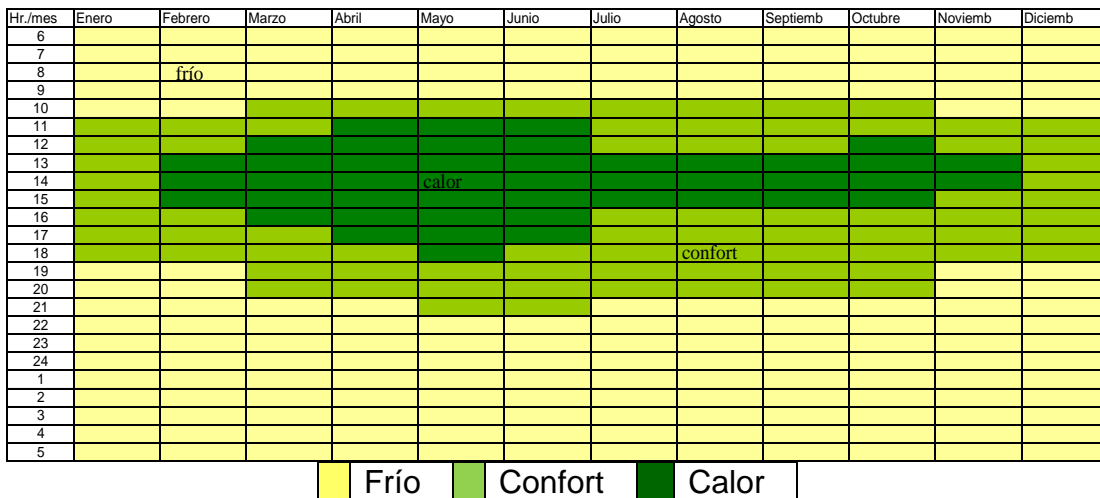
Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (Conafovi 2006)

➤ **Bioclima templado**

La temperatura mayor a los rangos de confort es en primavera, y la mínima está por debajo de éstos durante todo el año. Las oscilaciones de temperatura son de entre 10 y 18°C. La precipitación pluvial es de 900 mm anuales. La humedad relativa máxima sobrepasa los rangos de confort, y la media y la mínima se encuentran dentro de los rangos. Los vientos dominantes son del norponiente. En este bioclima se encuentran, entre otras, las ciudades de Guanajuato, Chilpancingo y Guadalajara.

El calor se presenta en los meses de abril, mayo y junio, con un promedio de 1,350 horas al año. Templado o confortable, en los meses de febrero, marzo, julio, agosto, octubre y noviembre. Los meses de diciembre y enero son fríos (gráfica. 2.6), a pesar de presentar condiciones de confort cerca del mediodía.

Gráfica 2.6.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima templado
(caso: Ciudad de Guadalajara).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (Conafovi 2006)

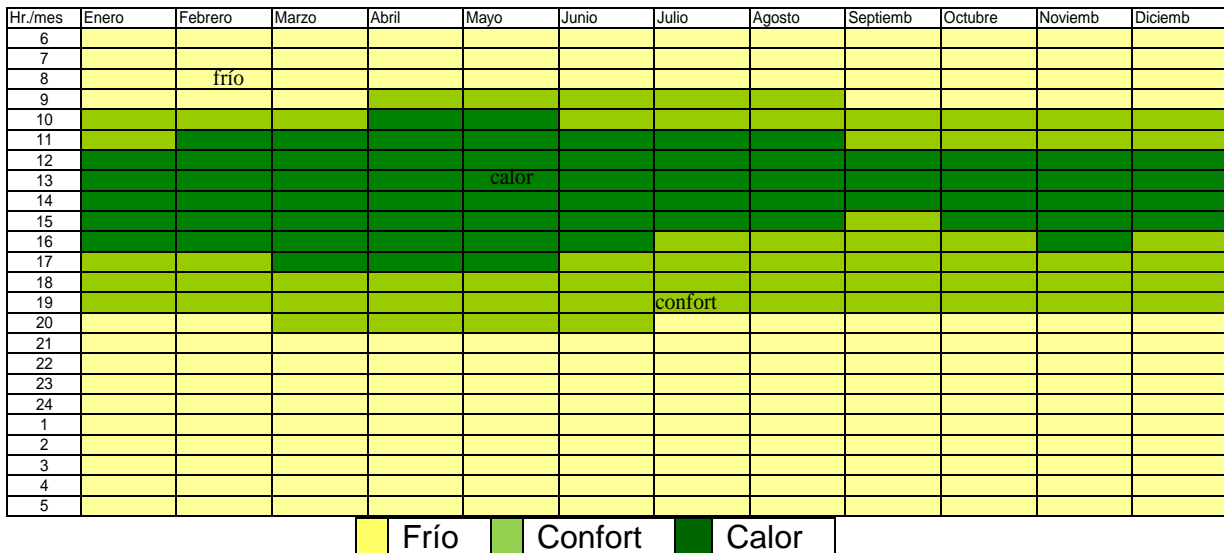
➤ **Bioclima templado-seco**

La temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort por las tardes de marzo a octubre. La mínima está por debajo de la zona de confort todo el año, en las noches y madrugadas. La oscilación diaria es de entre 13 y 17°C. La precipitación pluvial es, aproximadamente, de 600 mm anuales. La humedad relativa máxima supera los rangos de confort de julio a octubre, y la media y mínima se encuentra en los rangos de confort.

Se ubican en dicho bioclima las ciudades de Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Saltillo, León, Oaxaca y Tijuana, entre otras.

Se presenta excedente de calor en los meses de primavera, verano y otoño, con un promedio anual de 1,980 horas. El calor sólo se registra alrededor de las horas del mediodía, algo templado en invierno (Gráfica. 2.7).

Gráfica 2.7.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima templado-seco
(Caso: Ciudad de Oaxaca).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (Conafovi 2006)

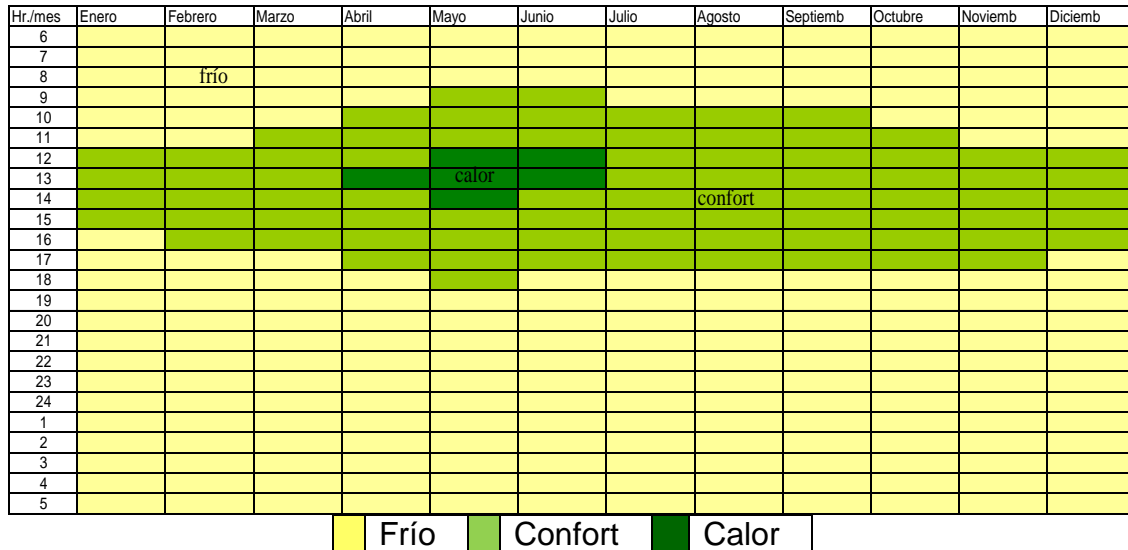
➤ **Bioclima semi frío-seco**

Las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort todo el año. La máxima sobrepasa apenas los rangos de confort en primavera. La oscilación diaria es de alrededor de 13°C. Los rangos de la humedad relativa están dentro del confort. La mínima es baja todo el año. La precipitación pluvial total anual es de alrededor de 500 mm y máxima en 24 horas de 50 mm, aproximadamente. Los vientos son fríos en invierno y nocturnos. Ciudades con este bioclima: Zacatecas y Tulancingo.

En esta zona no hay mucha variación de sensaciones. Predomina el confort a media mañana y hasta la tarde. El frío, en la noche y hasta la madrugada; sin embargo, en esta zona se presentan temperaturas muy bajas en la noche, sobre todo en invierno (Gráfica. 2.8).

En promedio se tienen 180 horas de calor en el año.

Gráfica 2.8.
Condiciones o sensaciones térmicas en el bioclima semifrío-seco
(Caso: Ciudad de Zacatecas).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía “Uso eficiente de la energía en la vivienda” (Conafovi 2006)

➤ **Bioclima semifrío**

Las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort todo el año. La máxima sobrepasa ligeramente dichos rangos todo el año. La oscilación de la temperatura diaria es de entre 10 y 15°C. Los rangos de humedad relativa están dentro del confort. La mínima es baja todo el año. La precipitación pluvial, aproximadamente, es de 900 mm. Los vientos son fríos en invierno y durante la noche. Ciudades en este bioclima: Tlaxcala, Puebla, Morelia y Toluca.

En esta zona no hay mucha variación de sensaciones. Predomina el confort alrededor del mediodía y hasta la tarde en los meses de primavera. Se registra frío en la noche y hasta la madrugada; sin embargo, se presentan temperaturas muy bajas en la noche, sobre todo en invierno (Gráfica. 2.9).

Gráfica 2.9.
Condiciones y sensaciones térmicas en el bioclima semifrío
(Caso: Ciudad de Toluca).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía “Uso eficiente de la energía en la vivienda” (Conafovi 2006)

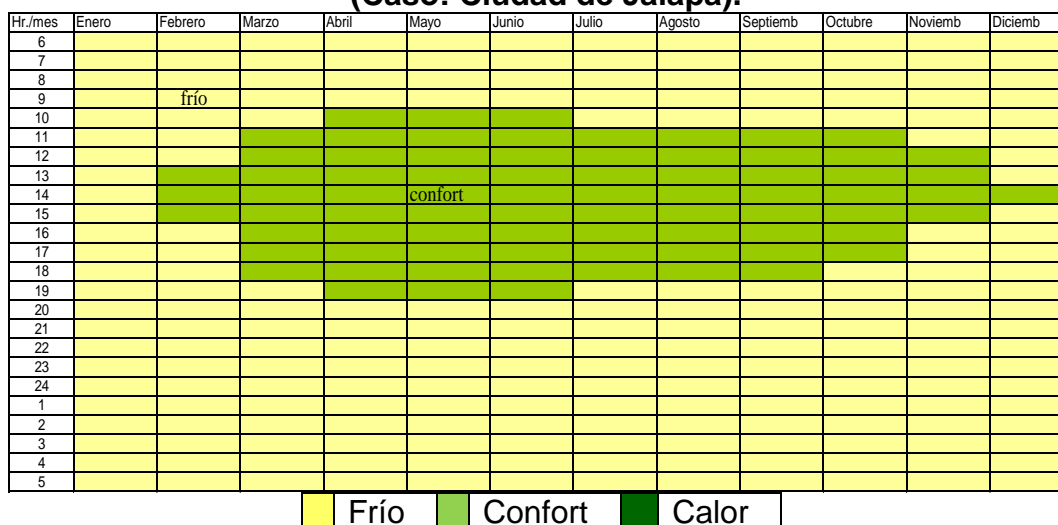
➤ **Bioclima semifrío-húmedo**

Las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort todo el año. La máxima está dentro de éstos. La oscilación diaria es de 10 a 12°C. Los niveles de humedad relativa se encuentran dentro del confort. La precipitación pluvial es, aproximadamente, de 1,200 mm al año. Los vientos son fríos en invierno y durante la noche.

Ciudad con este bioclima: Jalapa.

En este bioclima no hay mucha variación de sensaciones. Predomina el confort al mediodía y durante los meses de primavera y verano, así como en parte del otoño. El frío, en la noche y hasta la madrugada; sin embargo, en esta zona se registran temperaturas muy bajas en el invierno (Gráfica. 2.10).

Gráfica 2.10.
Condiciones y sensaciones térmicas en el bioclima semifrío-húmedo
(Caso: Ciudad de Jalapa).



Fuente: Las características generales de los bioclimas, publicadas en la Guía “Uso eficiente de la energía en la vivienda” (Conafovi 2006)

2.3.2 Distribución del tipo de vivienda construida por bioclima

En la tabla 2.11 se presenta el total de viviendas edificadas en el periodo 2001–2006 en los diferentes tipos de bioclimas, en los cuales predomina la tipo básica, con 2 millones 419 mil 353, que es de interés social.

Tabla 2.11
Tipo de vivienda construida, de acuerdo con el bioclima en el periodo 2001–2006.

Bioclima	Tipo de vivienda				Total de viviendas
	Básica	Social	Económica	Media, residencial y residencial plus	
Cálido-húmedo	299,188	148,822	82,224	45,969	576,193
Cálido semi-húmedo	259,601	70,742	47,913	22,036	537,964
Templado	333,860	104,241	67,927	31,946	303,898
Cálido-seco	185,693	59,308	37,135	21,763	451,362
Semifrío	267,604	96,130	55,849	31,789	1,196,069
Templado-seco	531,387	337,828	204,417	122,427	92,817
Semifrío- seco	70,790	12,118	6,479	3,430	400,292
Templado-húmedo	260,646	43,438	14,463	6,235	324,772
Semifrío-húmedo	210,593	56,308	38,337	19,359	324,596
Total general	2,419,353	928,924	554,733	304,954	4,207,964

Elaboración: Propia, utilizando como fuente el Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2006, avance del sexto bimestre. Datos estadísticas de vivienda de la Conavi y de la Sedesol, “Necesidades de vivienda en México 2000-2010”.

La vivienda que más se construyó en este periodo fue la de interés social, la cual representa 92.75% del total edificado. De las 4 millones 207 mil 964 casas, 57.49% es de tipo básica, 22.08% social y 13.18% económica. El restante 7.25% está repartido entre vivienda media, residencial y residencial plus.

2.3.3 Prospectiva de vivienda nueva de 2007 a 2012

Considerando el crecimiento de la vivienda, según el programa sectorial respectivo 2007-2012⁶, las tendencias demográficas en México para los próximos 25 años apuntan a que se requerirá construir 650 mil por año, en promedio. Con ese ritmo de crecimiento, la demanda de 2007 a 2012 será de casi 4 millones, cifra que si se suma a los aproximadamente 2 millones 100 mil familias que hoy requieren vivienda, arroja una demanda global de 6 millones de nuevos espacios para los próximos seis años.

Esa demanda se divide de acuerdo con el tipo de bioclima, teniendo una prospectiva para el año 2012 como se muestra en la tabla 2.12

Tabla 2.12.
Total de viviendas que serán construidas en el periodo 2007–2012, por bioclima.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda				Total de viviendas
	Básica	Social	Económica	Media, residencial y residencial plus	
Cálido-húmedo	426,603	212,201	117,241	65,545	821,575
Cálido semi-húmedo	370,156	100,868	68,318	31,421	767,066
Templado	476,041	148,634	96,855	45,550	433,319
Cálido-seco	264,774	84,565	52,949	31,031	643,583
Semifrío	381,568	137,069	79,633	45,327	1,705,436
Templado-seco	757,688	481,698	291,471	174,565	132,345
Semifrío- seco	100,938	17,278	9,238	4,891	570,764
Templado-húmedo	371,647	61,937	20,622	8,890	463,082
Semifrío-húmedo	300,277	80,288	54,663	27,603	462,831
Total general	3,449,677	1,324,522	790,976	434,824	6,000,000

Elaboración: Propia. Fuente: Programa Sectorial de Vivienda 2007-2012, Conavi.

De acuerdo con esta tabla (2.13), de los 6 millones de viviendas que se proyectan para 2012, 37.20% estará concentrado en bioclimas extremos (cálido-húmedo, cálido-seco y cálido-semi húmedo).

⁶ Programa Sectorial de Vivienda 2007 – 2012, Plan Nacional de Desarrollo. Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol). México.
<http://www.canadevi.org.mx/portal/hgxpp001.aspx?65,1,254,O,S,0,,>

3 MÉTODO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA

Para estimar el comportamiento térmico de una vivienda se parte de determinar el flujo de calor por su diseño (tipos de vivienda), considerando los materiales utilizados.

Para calcular la ganancia térmica o flujo de calor existen dos formas: monitoreo y simulación. Hay diferentes programas para simular el comportamiento térmico, lamentablemente existe poca gente capacitada en México en el manejo de éstos por la complejidad en su uso y aplicación. Por ello, esta tesis plantea un método sencillo para evaluar la ganancia térmica. Éste será descrito a continuación.

En lo que respecta a los programas de simulación, existen dos tipos: para ambientes MS-DOS y Windows. Hasta el año 2000, cualquier nuevo simulador tenía como punto de partida el DOE-2.

A continuación, de acuerdo con Morillón en el libro “Arquitectura bioclimática adecuada al ambiente y de máxima eficiencia energética”, publicado en 2003, se describen las principales características de los simuladores térmicos de vivienda que son considerados los mejores por los expertos en el área.

➤ DOE-2

DOE-2 fue desarrollado por Lawrence Berkeley, de National Laboratory of California University, con financiamiento del gobierno federal de Estados Unidos, incluyendo a los departamentos de Energía (DOE) y de Defensa (Army).

Han surgido otras versiones autorizadas de DOE-2, como EZDOE, DOEPLUS y POWERDOE. Varían sus ambientes de trabajo (Windows o MSDOS) con el mismo programa fuente (DOE-2) y existen pequeños cambios de interfaces gráficas o aplicaciones específicas.

DOE-2 es un programa de cómputo para modelar el comportamiento térmico en estado dinámico de viviendas y el consumo de energía en los sistemas de climatización artificial.

Para la modelación, el programa simula otros consumos de energía (iluminación, equipo, electrodomésticos, etcétera) que representan cargas térmicas y consumo energético.

DOE-2 puede modelar en un edificio, una por una, las 8,760 horas del año y los elementos de la vivienda (muro, piso, techos, etcétera).

La edificación se puede dividir en espacios para los cuales se determinan los flujos de calor y, en su caso, las cargas térmicas para el sistema de aire acondicionado.

Estos sistemas se modelan tomando en cuenta el comportamiento de los componentes mecánicos y los flujos de aire y agua, para determinar el consumo de energía eléctrica por hora.

El simulador toma en cuenta sombreados externos, tanto opacos como parcialmente opacos; por ejemplo, árboles y autosombreado del edificio.

El programa puede hacer un análisis económicos incorporando datos tarifarios de proveedores de energéticos (electricidad, gas natural, combustibles).

Los resultados incluyen temperaturas internas y por superficie, así como flujos de calor a través de muros y ventanas, y por infiltración y ventilación. Además, cargas térmicas internas. De igual forma, el uso de energía de los sistemas de aire acondicionado por zona, costos de energía y análisis en término a valor presente de medidas de ahorro.

El simulador tiene la ventaja y flexibilidad de que se puede seleccionar el nivel de detalle requerido, así como el periodo de análisis.

Además, se puede simular el comportamiento del caso de estudio con parámetros climatológicos definidos, independientemente del archivo meteorológico que se utilice.

➤ BLAST

BLAST es un simulador desarrollado por la University of Illinois, con financiamiento de los departamentos de Defensa y de Energía de Estados Unidos.

En un principio, BLAST no consideraba el comportamiento de los sistemas de aire acondicionado, por lo que, posteriormente, se creó una versión exploratoria conocida como IBLAST.

En general, las características del BLAST son similares a DOE-2.

➤ ENERGYPLUS

A partir de las experiencias en el diseño de los simuladores térmicos DOE-2 y BLAST, considerando que el lenguaje computacional utilizado en ambos (Fortran antiguo) los hacía tener ciertas limitaciones y necesitaban unificación para maximizar recursos técnicos y cubrir nuevas necesidades de los usuarios, en 1995 se integra un equipo de trabajo para el diseño de un nuevo programa conocido como EnergyPlus.

Este fue desarrollado por Lawrence Berkeley, de National Laboratory of California University, University of Illinois y los departamentos de Energía, Construcción y Defensa de Estados Unidos.

Fue hasta abril de 2007 cuando se contó con la versión 2.0.0 del programa Beta de EnergyPlus.

Como se mencionó, éstos tienen la limitante de que poca gente los maneja y aplica, por lo cual se utiliza el método descrito a continuación.

3.1 Descripción del método

El método se basa en el procedimiento para estimar la ganancia térmica a través de la envolvente, marcado en la NOM – 008 – ENER – 2001. Aunque esta norma es para edificios no residenciales, por ser un documento público se realizaron adecuaciones para su aplicación en la evaluación de viviendas.

La envolvente de las viviendas construidas o que se van a edificar (a lo que se llamará vivienda proyectada) se compara con otra que conserve la misma orientación, condiciones de colindancia, dimensiones de planta y elevación de la vivienda por analizar (a la cual se llamará vivienda de referencia), pero esta última con características de la envolvente definidas, como el coeficiente global de transferencia de calor y el porcentaje total del área de las partes opacas y transparentes. La ganancia de la vivienda proyectada (Q_p) tiene que ser menor o igual a la ganancia de la vivienda de referencia (Q_r), como se muestra a continuación:

$$Q_p \leq Q_r$$

3.1.1 Cálculo de la ganancia de calor

Los flujos de calor se rigen por la primera ley de la termodinámica, la cual es definida por Cengel¹ como “el cambio neto (incremento o disminución) en la energía total del sistema durante un proceso, es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la total que sale”, por lo que la vivienda se considera como un sistema cerrado y su frontera la envolvente arquitectónica. Se realiza entonces el análisis de la transferencia de calor en la misma.

A continuación se describen los cálculos de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda proyectada y de referencia.

3.1.1.1 Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda proyectada

La ganancia de calor por medio de la envolvente de una vivienda proyectada es la suma de la ganancia térmica por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$$

En donde:

ϕ_p es la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda proyectada en Watts.

ϕ_{pc} es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente de la vivienda proyectada, determinada según el inciso 3.1.1.1.1 en Watts.

ϕ_{ps} es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envolvente de la vivienda proyectada, determinada según el inciso 3.1.1.1.2 en Watts.

¹ Yunus Cengel. “Termodinámica”, cuarta edición, Ed. Mc. Graw Hill, pp165.

3.1.1.1.1 Ganancia de calor por conducción

La conducción de calor depende de diferentes variables, las principales son: su configuración geométrica, su espesor, el material o los materiales de construcción y la diferencia de temperaturas a través de él, así como su orientación (norte, sur, este u oeste).

La ganancia por conducción es la suma de cada uno de los componentes, de acuerdo con su orientación, techo y superficie inferior, utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \phi_{pci}$$

En donde:

ϕ_{pc} es la ganancia de calor por conducción de las partes opacas y no opacas de la envolvente de la vivienda proyectada.

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Cualquier porción de la envolvente directamente sobre la tierra se considera que tiene una ganancia de calor de cero. Sin embargo, si la vivienda proyectada tiene una ganancia térmica a través del piso, éste debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envolvente. Un ejemplo típico es una vivienda cuyo estacionamiento ocupa los primeros pisos.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

En donde:

ϕ_{pci} es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , en Watts.

j son las diferentes porciones que forman parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor. Por ejemplo, una porción típica de una parte opaca de una pared es un muro formado por un repellado o aplanado exterior e interior, tabique, una placa de poliestireno expandido y un tapiz plástico en el interior.

K_j es el coeficiente global de transferencia de calor en cada porción, determinado como se muestra más adelante, en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$.

A_{ij} es el área de la porción j con orientación i , en m^2 .

t_{ei} es el valor de la temperatura equivalente promedio para la orientación i , determinada según la tabla 1, del anexo "A", en $^\circ C$.

t temperatura del aire interior o temperatura de confort propuesta por Arens.
 $t = 17.6 + 0.31 \cdot T_{mamb}$
 donde: T_{mamb} es la temperatura media ambiente.

3.1.1.1.2 La ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \phi_{psi}$$

En donde:

ϕ_{ps} es la ganancia de calor por radiación solar de las partes no opacas de la envolvente de la vivienda proyectada.

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}]$$

En donde:

- ϕ_{psi} es la ganancia de calor por radiación solar de las porciones no opacas de la envolvente de la vivienda proyectada en Watts.
- j son las diferentes porciones transparentes que forman parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un factor de ganancia de calor solar y otro de corrección por sombreado exterior. Una porción típica de una parte no opaca es una pared de vidrio o con bloques de vidrio.
- A_{ij} es el área de la porción transparente j con orientación i en m^2 .
- CS_j es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con valor adimensional entre cero y uno.
- FG_i es la ganancia de calor solar por orientación, determinada según la tabla 1. del anexo "A", en W/m^2 .
- SE_{ij} es el factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente, que se determina como se establece en el anexo "B", con valor adimensional entre cero y uno.

3.1.1.2 Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente de la vivienda de referencia

Para que la vivienda de referencia corresponda con la proyectada, el área total de cada una de las componentes para cada orientación debe ser igual para ambas. Las paredes de la vivienda de referencia se consideran con 90% de parte opaca (muro) y 10% de parte no opaca (transparente), y el techo con 100% de parte opaca, como lo indica el anteproyecto de norma para la eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional.

La ganancia de calor de la envolvente de la vivienda de referencia es la suma de la ganancia térmica por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$$

En donde:

ϕ_r es la ganancia de calor de la envolvente de la vivienda de referencia, en Watts.

ϕ_{rc} es la ganancia de calor de la envolvente de la vivienda de referencia por conducción, en Watts.

ϕ_{rs} es la ganancia de calor de la envolvente de la vivienda de referencia por radiación solar, en Watts.

3.1.1.2.1 Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rc} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rci}$$

en donde:

ϕ_{rc} es la ganancia de calor de la envolvente de la vivienda de referencia por conducción, en Watts.

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por conducción de la componente con orientación i se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} (t_{ei} - t)]$$

en donde:

ϕ_{rc} es la ganancia de calor por conducción de la envolvente de la vivienda de referencia, en Watts.

j son las diferentes partes de la componente de la envolvente de la vivienda de referencia.

K_j es el coeficiente global de transferencia de calor de la envolvente de la vivienda de referencia j . Para las partes opacas se determina según el anexo "C", tabla de "Valores para cálculo del flujo de calor a través de la envolvente" obtenida del anteproyecto de la NOM-020-ENER; para las partes transparentes de los techos es 5,952 W/m² K y para las partes transparentes de las paredes es 5,319W/m² K.

A_{ij} es el área de cada parte de la envolvente j , con orientación i en m².

t_{ei} es el valor de la temperatura equivalente promedio para la orientación i , determinada según la tabla 1, del anexo "A", en °C.

t temperatura del aire interior o temperatura de confort (t) propuesta por Arens (1984)

$$t = 17.6 + 0.31 \cdot T_{mamb}$$

donde T_{mamb} es la temperatura media ambiente.

3.1.1.2.2 Ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rs} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rsi}$$

en donde:

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar de la parte con orientación i se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rsi} = \sum_{i=1}^5 [Ar_i \times CSr_i \times FG_i]$$

en donde:

ϕ_{rsi} es la ganancia de calor por radiación solar de la parte transparente de la envolvente de la vivienda de referencia, con orientación i en Watts.

Ar_i es el área de la parte transparente de la envolvente de la vivienda de referencia, con orientación i en m^2 .

CSr_i es el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en la vivienda de referencia, con orientación i , con valor adimensional de 1 y 0 para las paredes.

FG_i es la ganancia de calor solar por orientación, determinada según la tabla 1, del anexo "A", en W/m^2 .

3.1.2 Determinación del coeficiente global de transferencia de calor (K) de las porciones de la envolvente

El coeficiente global de transferencia de calor (K) se calcula como lo indica la NOM-008-ENER-2001, utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{M}$$

en donde:

$M =$ Es la resistencia térmica total dada en $m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$.

$K =$ Es el coeficiente de transferencia de calor total para una unidad de área, que es igual al inverso de la resistencia térmica total, que está dado en $W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

El aislamiento térmico total de una porción de la envolvente de la vivienda, formado con capas térmicamente homogéneas y perpendiculares al flujo del calor, debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{\ell_1}{\lambda_1} + \frac{\ell_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\ell_n}{\lambda_n}$$

en donde:

- M es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente de la vivienda, de superficie a superficie, en m² °C/W.
- h_i es coeficiente de convección interna en W/m² °C. Su valor es 8.1 para superficies verticales, 9.4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (del piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo) y 6.6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso).
- h_e es coeficiente de convección exterior y es igual a 13 W/m² °C.
- n es el número de capas que forman la porción de la envolvente de la vivienda.
- ℓ es el espesor de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente de la vivienda, en metros.
- λ es el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente de la vivienda, el cual se obtiene de la NOM-008-ENER-2001 en la tabla "D" de Valores de conductividad y resistencia térmica de diversos materiales, en W/m K.

El aislamiento térmico total de las porciones de la envolvente de una vivienda, formado con capas térmicamente homogéneas y no homogéneas paralelas a la superficie, se calcula utilizando la siguiente ecuación²:

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{\text{parcial}} + g / \lambda_1} + \frac{F_2}{M_{\text{parcial}} + g / \lambda_2} + \dots + \frac{F_m}{M_{\text{parcial}} + g}}$$

$$M_{\text{parcial}} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{\ell_1}{\lambda_1} + \frac{\ell_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\ell_n}{\lambda_n}$$

Donde:

M_{parcial} es el aislamiento térmico de una porción de la envolvente de la vivienda, de superficie a superficie, en $\text{m}^2 \text{K/W}$.

m es el número de materiales que forman la capa no homogénea.

F es la fracción del área total de la porción de la envolvente de la vivienda, ocupada por cada material en la capa no homogénea.

g es el espesor o grueso de la capa no homogénea.

² Aclaración a la Norma Oficial Mexicana NOM – 008 – ENER – 2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, publicada el 25 de abril de 2001.

4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

En este apartado se evalúa el comportamiento térmico de la envolvente arquitectónica en la vivienda de interés social, con base en el método presentado en el capítulo 3, considerando:

- El tipo de bioclima para determinar las temperaturas equivalentes en las diferentes orientaciones (norte, sur, este y oeste), las cuales se obtienen del anexo A.
- El coeficiente global de transferencia de calor, determinado como lo indica el inciso 3.1.2 del capítulo 3, de acuerdo con los diferentes componentes constructivos de la envolvente arquitectónica de cada uno de los tres tipos de vivienda descritos en el capítulo 2.
- La orientación de la fachada principal de la vivienda, en la que para esta tesis se considera la orientación de forma arbitraria hacia el norte¹.

4.1 Ganancia de calor en la vivienda de interés social por bioclima

Siguiendo el método para determinar la ganancia de calor de la envolvente se calculó la ganancia térmica tanto por conducción como por radiación de la vivienda proyectada y la de referencia, comparándolas entre sí para evaluar el comportamiento térmico de una vivienda de cada tipo (básica, social y económica). Para ello se obtienen los valores de las temperaturas equivalentes, tanto de las partes opacas (muros, techos, puertas, etcétera) como de las transparentes (ventanas), datos que se obtienen del anexo "A", considerando, de los diferentes bioclimas, las ciudades donde se concentró el mayor número de viviendas nuevas, siendo así las más representativas de cada bioclima. Estas se muestran en la tabla 4.1.

¹ No se cuenta con información que indique cuál orientación es la más empleada para construir la fachada de la vivienda.

Tabla 4.1
Ciudades características de los diferentes bioclimas, en los cuales se concentran las viviendas en México en el periodo 2001–2006.

Tipo de bioclima	Ciudad
Templado-seco	Tijuana
Cálido-semi húmedo	Tuxtla Gutiérrez
Cálido-seco	Juárez
Semifrío-seco	Tulancingo
Templado	Guadalajara
Templado-húmedo	Valle de Chalco
Semifrío	Puebla
Cálido-húmedo	Cancún
Semifrío-húmedo	Xalapa

Fuente: Tabla 2.12 del capítulo 2, sección 2.2.4, utilizando como fuente el Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2006, avance del sexto bimestre. Datos Estadísticas de vivienda de la Conavi.

Posteriormente se determinó el coeficiente global de transferencia de calor de cada componente en los tres prototipos de vivienda presentados en el capítulo 2. El coeficiente de la vivienda de referencia se obtiene directamente del anexo “A” para cada ciudad. Para obtener el coeficiente de la vivienda proyectada se utiliza la metodología indicada en el inciso 3.1.2 del capítulo 3; el coeficiente estimado se presenta en la tabla 4.2.

Tabla 4.2.
Coeficiente global de transferencia de calor (K) de los diferentes componentes arquitectónicos de la vivienda de interés social.

Tipo de vivienda	Valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) en W/m² K				
	Techo	Pared 1	Pared 2	Vidrio	Puerta
Básica	2.351889	2.667830	2.536808	4.911454	1.971887
Social	2.351889	2.711000	2.480793	4.911454	1.971887
Económica	2.351889	2.261113	2.453393	4.911454	1.971887

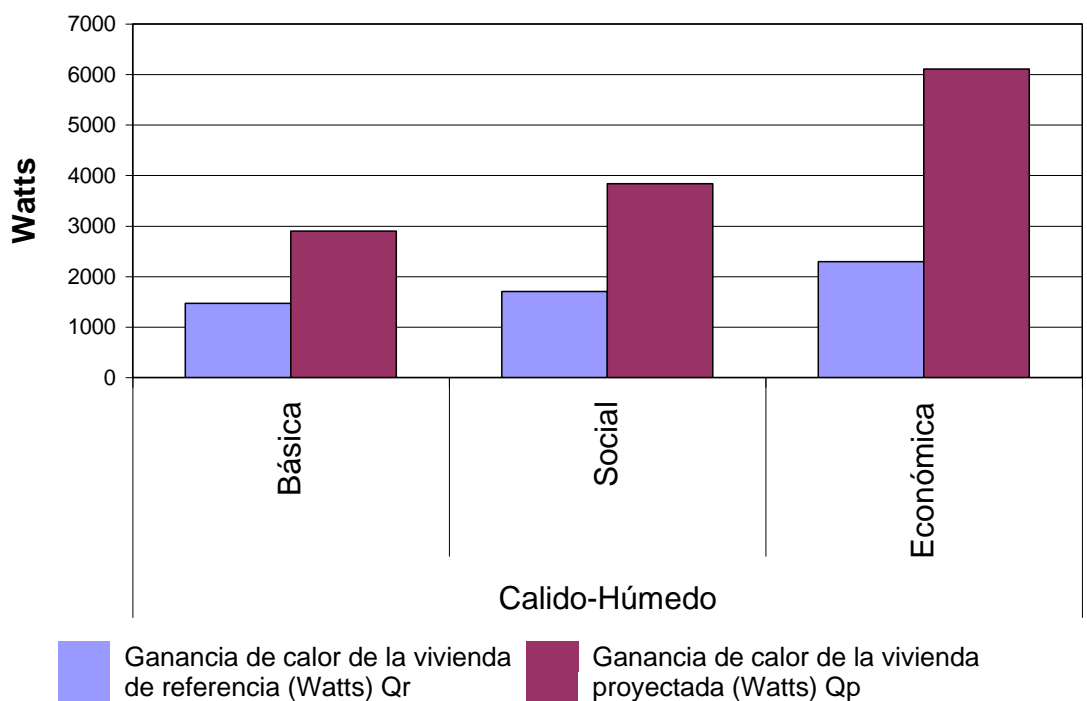
Fuente: Elaboración propia, con base en el método de cálculo planteado en esta tesis (capítulo 3).

Los resultados de la ganancia de calor de la envolvente arquitectónica de las viviendas proyectada y de referencia se presentan a continuación por bioclima y tipo de vivienda, considerando para la simulación las ciudades características de cada bioclima.

4.1.1 Bioclima cálido-húmedo

Considerando las condiciones del bioclima cálido-húmedo se evalúa la ganancia de calor para cada tipo de vivienda de interés social (básica, social y económica). Los resultados se presentan en la gráfica 4.1

Gráfica 4.1.
Ganancia de calor por tipo de vivienda para el bioclima cálido-húmedo.



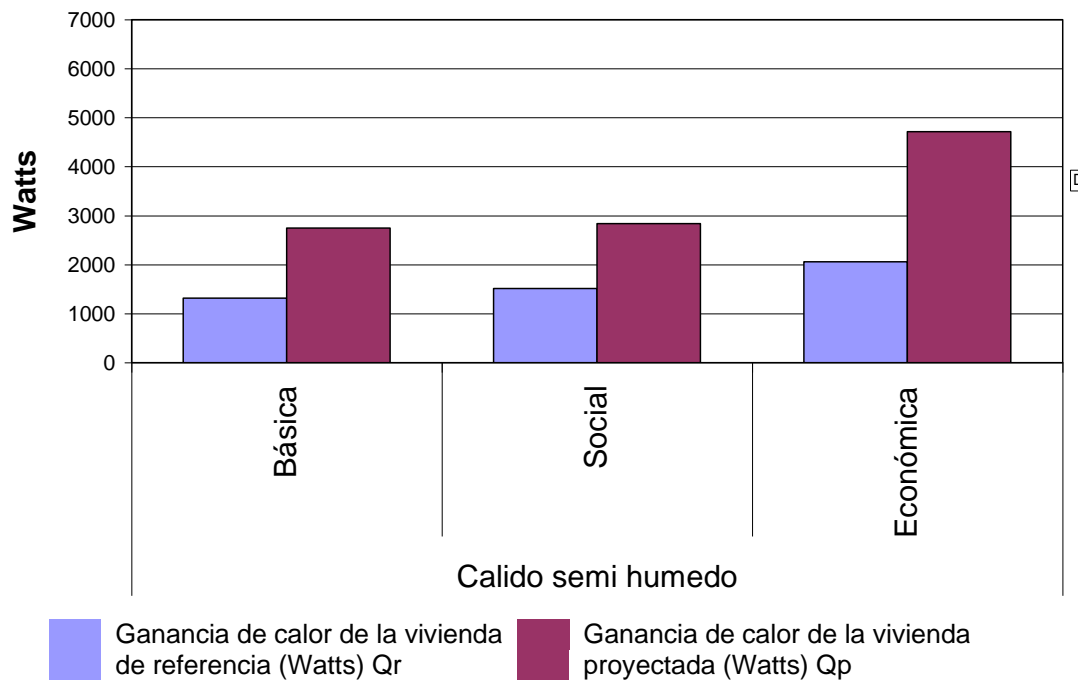
Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

En este bioclima se observa, en el caso de la vivienda básica, que la ganancia de calor en la vivienda proyectada es 97% mayor que en la de referencia. Para los casos de la social y la económica, el incremento de la ganancia es de más del doble. Dicho aumento es de 125% y 166%, respectivamente. Se observa también que la vivienda proyectada que presenta menor ganancia térmica es la básica, la cual representa 47.4% de la ganancia que se tiene en la económica, que es la mayor, con 6,109 Watts.

4.1.2 Bioclima cálido-semi húmedo

En la gráfica 4.2. se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima cálido-semi húmedo.

Gráfica 4.2.
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima cálido-semi húmedo.



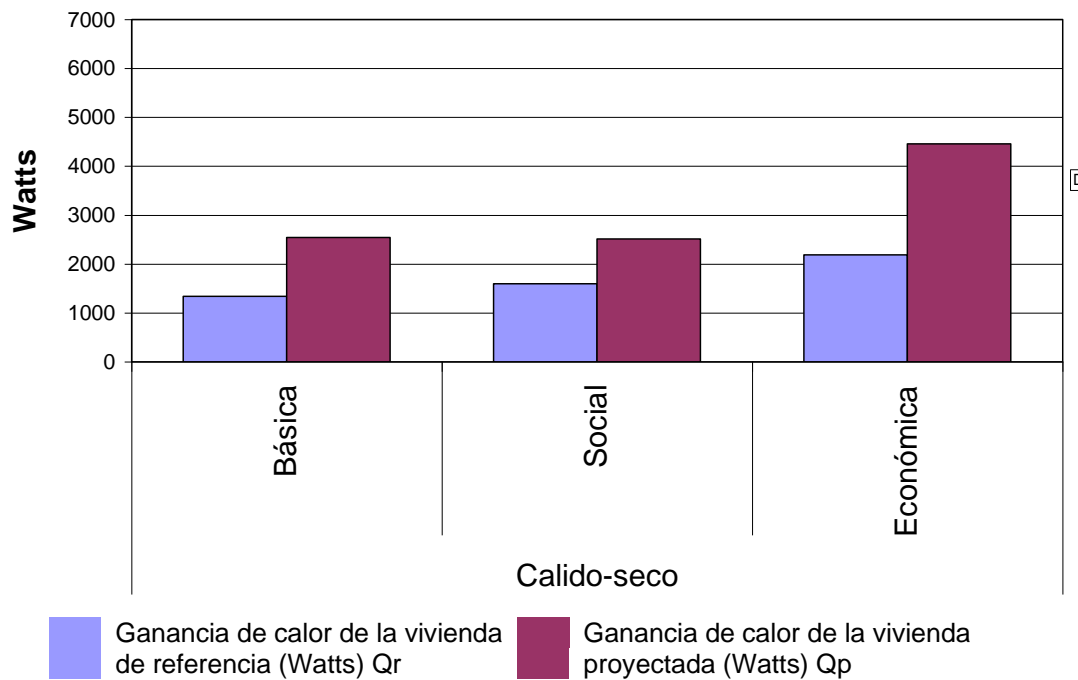
Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

En este bioclima la ganancia de calor de la vivienda proyectada tipo básica es muy similar a la misma en el bioclima cálido-húmedo, no así en la social y económica, las cuales presentan una disminución de 30% y 35%, respectivamente. La ganancia de calor de la vivienda proyectada respecto a la de referencia tiene un incremento de cerca de 100% para la básica, 87% para la social y 128% para la económica.

4.1.3 Bioclima cálido-seco

En la gráfica 4.3 se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima cálido-seco.

Gráfica 4.3.
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima cálido-seco.



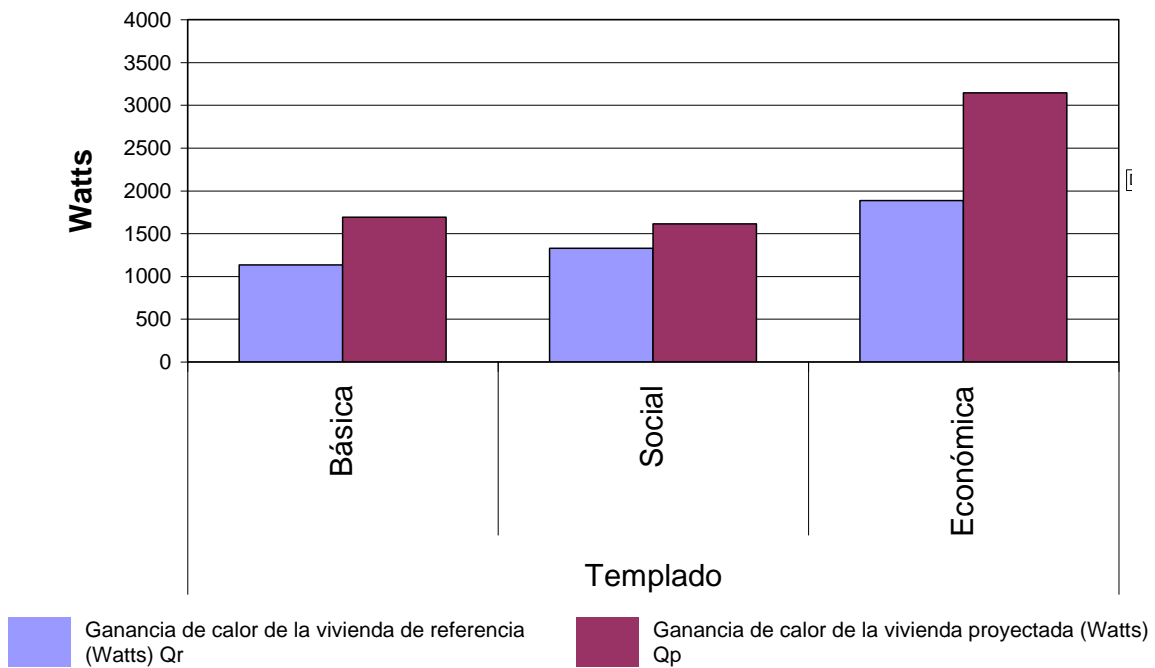
Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

Comparando la vivienda de referencia de este bioclima con el cálido-húmedo se tiene una ganancia de calor muy semejante, pero respecto de la proyectada hay una disminución de calor de 12% en la básica, 34.4% en la social y 27% en la económica. Entre la de referencia y la proyectada en el bioclima cálido-seco se presentan aumentos de 89% en la básica, 57% en la social y 100% en la económica.

4.1.4 Bioclima templado

En la gráfica 4.4 se muestran los resultados de la ganancia de calor del bioclima templado.

Gráfica 4.4
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima templado.



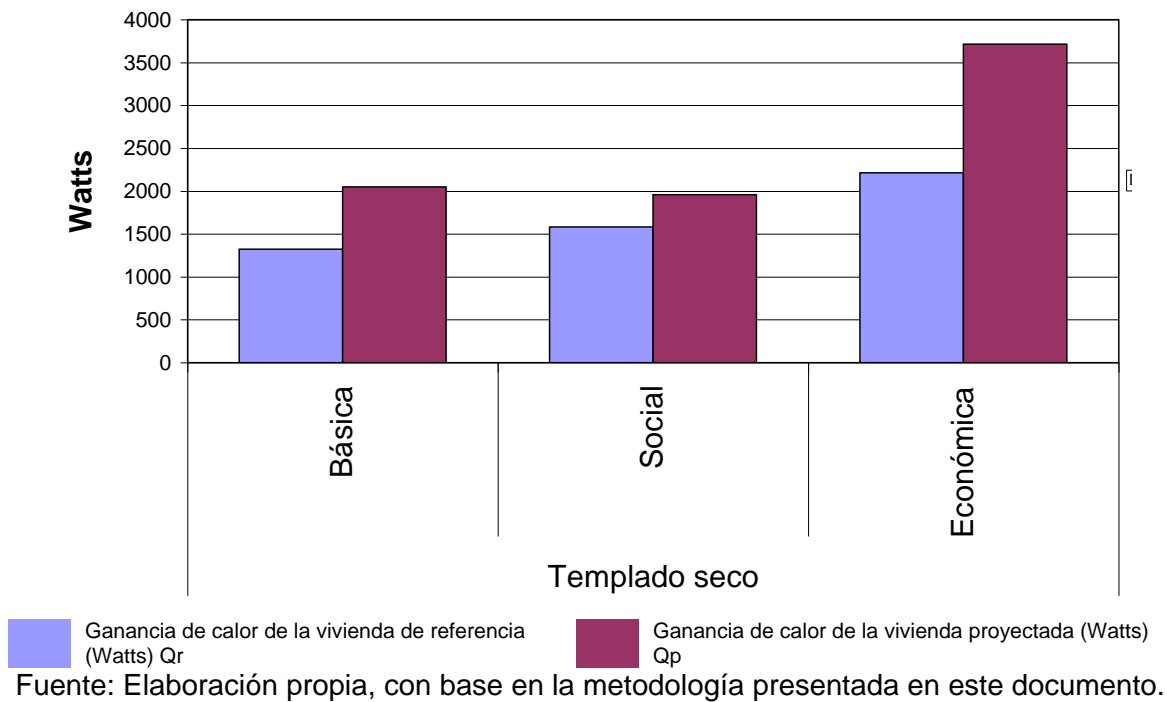
Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

Analizando este bioclima se observa que la vivienda de referencia tipo social presenta un incremento de 21.6% respecto de la proyectada. Considerando el resto, es la de menor diferencia, pues la básica tiene un aumento de 49% y la económica de 66% respecto de la proyectada.

4.1.5 Bioclima templado-seco

En la gráfica 4.5. se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima templado-seco.

Gráfica 4.5
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima templado-seco.

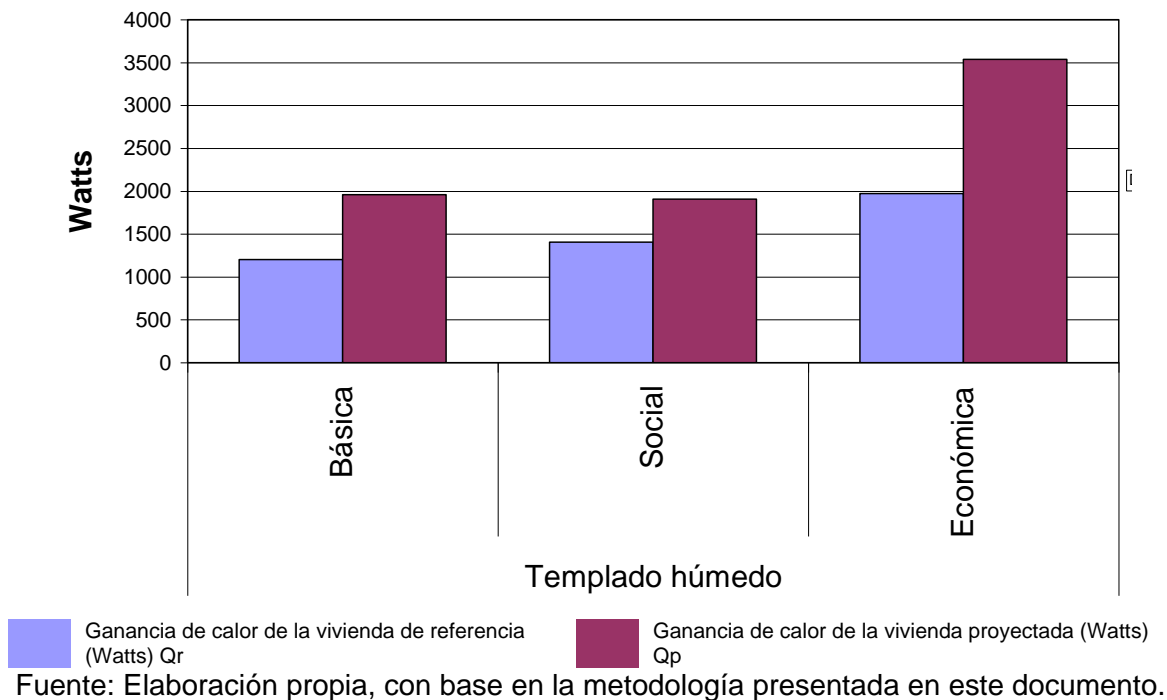


La ganancia de calor en la vivienda de referencia en este bioclima es muy similar a la del bioclima cálido-seco. La diferencia es de 1%; sin embargo, la vivienda proyectada se comporta diferente, teniendo ganancias menores en este bioclima que en el cálido-seco, presentando incrementos térmicos entre la vivienda de referencia y la proyectada de 55% en la básica, 24% en la social y 68% en la económica.

4.1.6 Bioclima templado-húmedo

En la gráfica 4.6 se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima templado-húmedo.

Gráfica 4.6.
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima templado-húmedo.

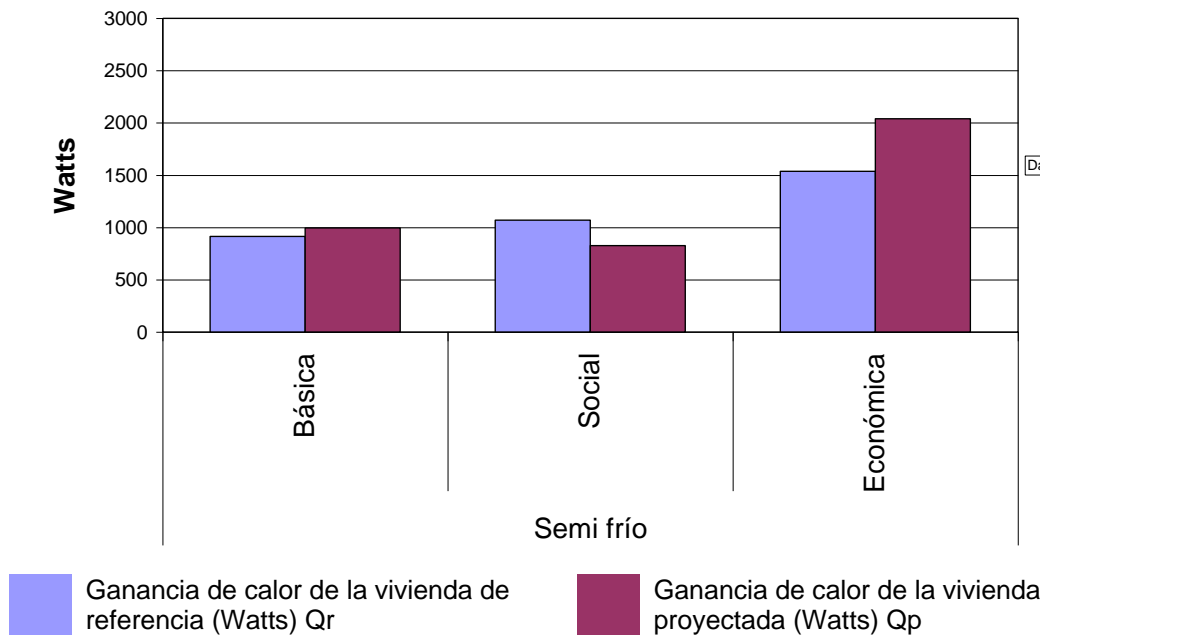


En este bioclima, comparado con el templado, la vivienda básica proyectada tiene un incremento en la ganancia de calor de 14%, 15% en la social y 11% en la económica. Aquí, la vivienda proyectada que registra mayor incremento de calor es la económica, y menor, la social. Existe una diferencia entre éstas de 54%.

4.1.7 Bioclima semi frío

En la gráfica 4.7. se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima semifrío.

Gráfica 4.7
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima semifrío.



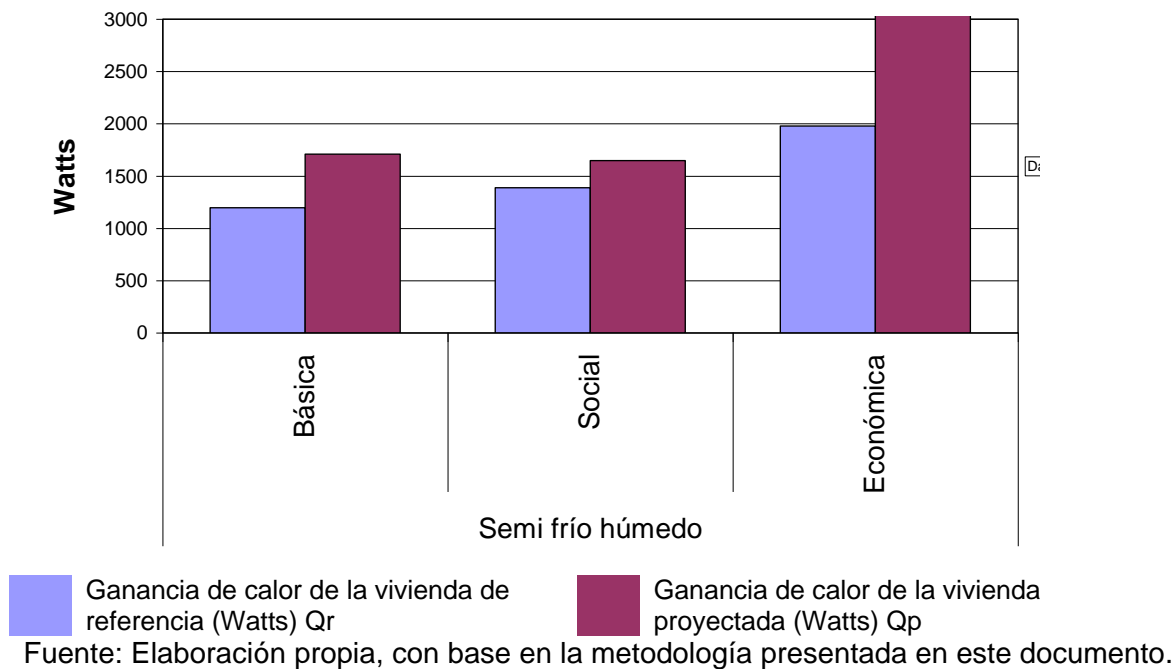
Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

En este bioclima se observa que en la vivienda tipo básica la ganancia de calor, comparando la proyectada con la de referencia, es casi igual, pues registran una diferencia de 8%. En el caso de la social, la ganancia térmica entre la proyectada y la de referencia es 29% menor, lo cual indica que se tiene una pérdida de calor provocando sensaciones de frío.

4.1.8 Bioclima semifrío-húmedo

En la gráfica 4.8 se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima semifrío-húmedo.

Gráfica 4.8
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima semifrío-húmedo.

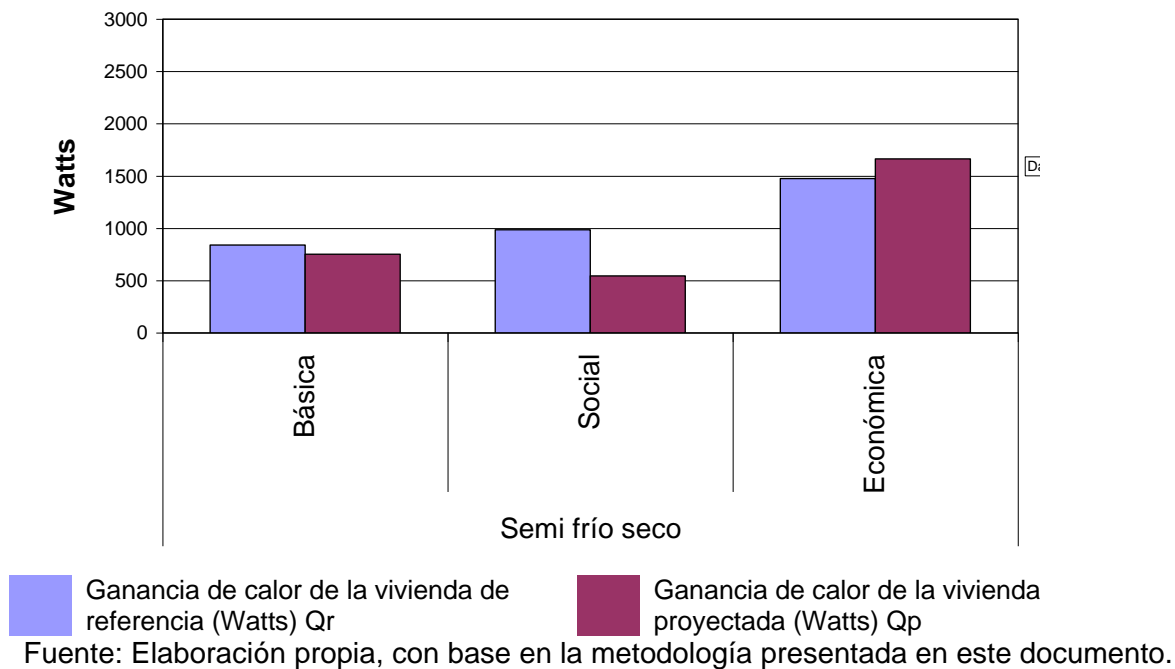


En este bioclima, el tipo de vivienda de referencia que tiene menor ganancia térmica es la básica, con 1,198 Watts; sin embargo, respecto de la proyectada, es la social, con 1,648 Watts, siendo ésta la de menor diferencia entre la proyectada y la de referencia, que es de 19%, seguida de la básica, con un incremento de 43%, y la que tiene mayor diferencia es la económica, con un alza de 59%.

4.1.9 Bioclima semifrío-seco

En la gráfica 4.9. se presentan los resultados de la ganancia de calor del bioclima semifrío-seco.

Gráfica 4.9.
Ganancia de calor por tipo de vivienda de interés social para el bioclima semifrío-seco.



En esta gráfica se observa que en el caso de las viviendas básica y social, la ganancia térmica en la de referencia es mayor a la proyectada, con pérdidas de calor de 10% en la básica y 45% en la social, provocando sensaciones de frío dentro de ellas. La única que presenta incremento de calor es la económica, con un aumento de 13%.

4.2 Evaluación del comportamiento térmico

Los bioclimas cálido-húmedo, seco y semi húmedo son los que tienen condiciones climáticas más extremas. De éstos, el que mayor ganancia presenta es el cálido-húmedo; esto posiblemente se deba a que la temperatura interior es mayor que en los otros. La diferencia de la ganancia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia de dichos bioclimas es de casi el doble. El excedente de calor por tipo de vivienda se presenta en la siguiente tabla (4.3).

Tabla 4.3
Diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, bioclimas cálidos.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Diferencia de Q_r y Q_p en Watts
Cálido-húmedo	Básica	1425
	Social	2133
	Económica	3817
Cálido-semi húmedo	Básica	1437
	Social	1325
	Económica	2653
Cálido-seco	Básica	1201
	Social	918
	Económica	2272

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en esta tesis.

Para el caso de los bioclimas templado, templado húmedo y seco, la ganancia de calor de la vivienda proyectada no excede el doble que en la de referencia, como sucedía en los bioclimas cálidos. Se observa también un comportamiento térmico muy similar entre el bioclima templado-húmedo y el templado-seco, siendo el templado el que registra menor diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, como se muestra en la tabla 4.4.

Tabla 4.4
Diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, bioclimas templados.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Diferencia de Qr y Qp en Watts
Templado-húmedo	Básica	754
	Social	503
	Económica	1566
Templado-seco	Básica	729
	Social	378
	Económica	1499
Templado	Básica	556
	Social	287
	Económica	1257

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

En el caso de los bioclimas semifrío, semifrío-húmedo y semifrío-seco, una de las características de éstos es que no presentan ganancias de calor elevadas. Por el contrario, en algunos casos se tienen pérdidas, lo cual genera a los usuarios sensaciones de frío. Tal es el caso de la vivienda tipo social en los bioclimas semifrío y semifrío-seco, como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5
Diferencia de calor entre la vivienda proyectada y la de referencia, bioclimas semifríos.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Diferencia de Qr y Qp en Watts
Semi frío-húmedo	Básica	512
	Social	261
	Económica	1,170
Semifrío	Básica	81
	Social	-243
	Económica	503
Semifrío-seco	Básica	-89
	Social	-441
	Económica	191

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

Los resultados de la evaluación del comportamiento térmico, como se puede observar -considerando los tres tipos de vivienda de interés social-, son que el bioclima con mayor ganancia de calor respecto de los demás es el cálido-húmedo, que representa 27.66%, y el de menor es el semifrío-seco con menos 1.27%.

5. IMPACTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO: RETROSPECTIVA (2001–2006) Y PROSPECTIVA (2007–2012)

En este capítulo, con base en la evaluación térmica (capítulo 4), se cuantifica el consumo de energía eléctrica requerida por los sistemas de aire acondicionado para reducir la carga de calor en el interior de la vivienda y la cantidad de CO₂ producto de la generación de electricidad utilizada por dichos sistemas. Presentando el impacto energético y ambiental provocado por la ganancia de calor en la vivienda de interés social que se construyó en el periodo 2001–2006 y la que se edificará en el periodo 2007–2012.

El procedimiento consiste, primero, en relacionar el excedente de calor evaluado en el capítulo 4 con las toneladas de refrigeración que se necesitan para retirar dicho excedente y después convertir las toneladas en Btu/h, utilizando la siguiente relación:

$$3.5 \text{ kW térmicos} = 1 \text{ tonelada de refrigeración} = 12,000 \text{ Btu/h}^1$$

Por ejemplo, en el bioclima cálido-húmedo la vivienda básica presenta un excedente de calor de 1.425 kW térmicos (tabla 4.3 capítulo 4), si por cada 3.5 kW térmicos se necesita una tonelada de refrigeración. Entonces, dicho excedente de calor equivaldría a 0.4071 toneladas de refrigeración, lo que sería igual a 4 mil 885.71 Btu/h por vivienda de tipo básica en dicho bioclima, como se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1.
Equivalencias para obtener la energía en Btu/h del excedente de calor en la vivienda

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Excedente de calor en kW térmicos	Ton. de refrigeración	Btu/h
Cálido húmedo	Básica	1.425	0.4071	4,885.71

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

Una vez obtenidos los Btu/h equivalentes de los kW térmicos producto del excedente de calor, como no existe una relación definida entre la potencia eléctrica consumida y la capacidad de refrigeración, se puede recurrir a las especificaciones técnicas de los fabricantes para conocer el consumo de energía eléctrica correspondiente, con el fin de determinar el consumo eléctrico de los

¹ Yunus Cengel. "Termodinámica", cuarta edición, Ed. Mc. Graw Hill. Factores de conversión.

equipos de aire acondicionado para enfriamiento de interiores; el equipo utilizado tiene una relación de:

$$1,000 \text{ Btu/h} = 0.09333 \text{ kWh. eléctricos}^2$$

Manejando el mismo ejemplo de la vivienda básica en el clima cálido húmedo, se tienen 4,885.7 Btu/h, los cuales, aplicando la equivalencia, tienen un consumo de energía por vivienda de 0.456 kWh eléctricos, como se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2.
Equivalencias para obtener la energía eléctrica consumida para reducir la carga de calor en la vivienda

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Btu/h	kWh eléctricos
Cálido húmedo	Básica	4,885.7	0.456

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

Considerando que el uso de los sistemas de aire acondicionado estarán limitados a funcionar sólo unas horas al día, mientras exista un excedente de calor. De acuerdo con las gráficas de los bioclimas presentadas en el capítulo 2, sección 2.3.1, el promedio de horas por mes en que hay excedente de calor se estima el promedio de horas al año que se requerirá del uso de los sistemas antes mencionados; por ejemplo, para el clima cálido-húmedo se tienen un promedio anual de 3,630 horas de calor, lo cual implica un consumo promedio al año en una vivienda tipo básica de 1,655.28 kWh eléctricos por año, como se presenta en la tabla 5.3.

Tabla 5.3.
Cálculo para obtener la energía eléctrica consumida en un año para reducir la carga de calor en una vivienda.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	kWh eléctricos	Número de horas por año en que se requiere aire acondicionado	Total de kWh eléctricos que se consumen por año en una vivienda
Cálido húmedo	Básica	0.456	3,630	1,655.28

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

² Ernest Tricomi. "ABC del aire acondicionado", 2002, Ed. Alfaomega, pp. 28 y 103.

Esta energía eléctrica, consumida por los equipos de aire acondicionado, contribuye al calentamiento global, pues en México cerca de 80% de la energía eléctrica es generada a través de la quema de combustible fósil, lo cual trae como consecuencia emisiones de contaminantes a la atmósfera, principalmente CO₂, el cual es un gas de efecto invernadero.

Para cuantificar la emisión de dicho contaminante existen dos índices. Uno es de la Conae y el otro de la CFE, que es presentado al Banco Mundial. Ambos fueron considerados para el proyecto La Venta.

Para esta tesis se considera el índice propuesto por la Conae, el cual es de 0.350 Kg de CO₂ por cada kWh eléctrico y considera un desplazamiento de gas natural³, pues en los últimos años ha sido el combustible que más se utiliza para la generación eléctrica en el país, junto con el combustóleo.

Utilizando este índice para determinar la emisión de CO₂ de una vivienda tipo básica en el clima cálido-húmedo por el consumo de electricidad en los sistemas de aire acondicionado, se tiene que de los 1,655.28 kWh eléctricos que se consumen al año equivaldrían a 579.35 kg de CO₂.

Considerando el número de vivienda tipo básica que se construyó en el periodo 2001-2006 en el bioclima cálido-húmedo, se estima el impacto energético y ambiental, como se presenta en las tablas 5.4 y 5.5.

Tabla 5.4.
Cálculo para estimar el impacto energético de la vivienda tipo básica, periodo 2001-2006.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Número de viviendas que se construyeron (2001–2006)	Total de kWh eléctricos que se consumen por año en una vivienda	Impacto energético en GWh
Cálido húmedo	Básica	299,188	1,655.28	495

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

³ Fuente: Conae (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía).
http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_612_energia_eolica (09-2007)

Tabla 5.5.
Cálculo para estimar el impacto ambiental de la vivienda tipo básica, periodo 2001-2006.

Tipo de bioclima	Tipo de vivienda	Número de viviendas que se construyeron (2001–2006)	Total de CO ₂ que se emite de una vivienda Kg. de CO ₂	Impacto ambiental en miles de Ton. de CO ₂
Cálido húmedo	Básica	299,188	579.35	173.32

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

5.1. Retrospectiva (2001–2006)

Con base en lo anterior, considerando la vivienda que se construyó en este periodo por bioclima, se cuantifica el consumo de energía eléctrica utilizado por los sistemas de aire acondicionado y la cantidad de CO₂ producto de la generación de electricidad.

5.1.1 Impacto energético

La siguiente tabla (5.6) indica el consumo de energía eléctrica por el total de viviendas de interés social construidas en el periodo 2001–2006, en los diferentes bioclimas que existen en México.

Tabla 5.6
Consumo en GWh eléctricos al año por la utilización de equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social construida en el periodo 2001–2006 en los diferentes bioclimas.

Tipo de clima	GWh eléctricos por tipo de vivienda			Total por bioclima (GWh eléctricos)
	Básica	Social	Económica	
Cálido-húmedo	495	369	365	1,228
Cálido semi-húmedo	390	98	133	621
Templado-seco	245	81	194	521
Cálido-seco	141	34	53	229
Templado	80	13	37	130
Templado-húmedo	47	5	5	58
Semi frío-húmedo	0	0	0	0
Semi frío	0	0	0	0
Semi frío-seco	0	0	0	-1
Total por tipo de vivienda	1,399	600	788	2,787

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

En México, en 2006 había un parque de viviendas de 26 millones 348 mil unidades (capítulo 2, tabla 2.5) que tuvieron un consumo total de energía eléctrica de 43,633 GWh⁴. De éstos, 2.8% es por el requerimiento de electricidad para equipos de aire acondicionado en el bioclima cálido-húmedo, sólo de vivienda de interés social construida en el periodo 2001-2006; sin embargo, la de tipo básica en los diferentes bioclimas el consumo representaría 3.2% del total. Ello deja ver que el problema térmico no sólo es por el tipo de bioclima, sino también por la cantidad de vivienda que se construyó en el país.

El consumo de energía eléctrica total por equipos de aire acondicionado de 3 millones 903 mil 010 viviendas de interés social fue de 2,787 GWh. Esto representa 6.4% del consumo total del sector residencial.

5.1.2 Impacto ambiental

Se realiza un análisis de las emisiones de CO₂ producidas por la generación de la energía eléctrica, utilizando el procedimiento antes descrito; los resultados se muestran en la tabla 5.7.

Tabla 5.7

Cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera, consecuencia de la generación de energía eléctrica utilizada por equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social construida en los diferentes bioclimas en el periodo 2001-2006.

Tipo de clima	Miles de Ton. de CO ₂ por tipo de vivienda			Total por bioclima
	Básica	Social	Económica	
Cálido-húmedo	173.32	129.03	127.60	429.95
Cálido-semi húmedo	136.61	34.33	46.55	217.49
Templado seco	49.46	12.07	18.71	80.25
Cálido-seco	16.51	1.84	1.90	20.25
Templado	85.86	28.35	67.97	182.18
Templado-húmedo	28.09	4.52	12.91	45.51
Semifrío-húmedo	0.01	0.00	0.01	0.02
Semifrío	0.00	0.00	0.00	0.00
Semifrío-seco	-0.13	-0.11	0.02	-0.21
Total por tipo de vivienda	489.74	210.04	275.66	975.44

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

⁴ Secretaría de Energía (Sener), "Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014".

En México, según datos de INE⁵ (Instituto Nacional de Ecología) se emiten aproximadamente 116.790 millones de toneladas de CO₂, producto de la generación de energía eléctrica. La vivienda consume 24.75% de la electricidad en el país, por lo que del CO₂ que se genera, ésta contribuye con 28.81 millones de toneladas.

Considerando los datos de la tabla 5.7 –referente a la vivienda de interés social que se edificó en los diferentes bioclimas durante el periodo 2001–2006-, se emiten 975.44 mil toneladas de CO₂ al ambiente por el uso de sistemas de aire acondicionado, lo que contribuye con 3.38% del total emitido por la vivienda.

5.2 Prospectiva (2007–2012)

Con base en el diagnóstico térmico de la vivienda de interés social (capítulo 4) y la prospectiva del número de viviendas que se construirán en 2007–2012, se hace un estimado para cuantificar el consumo de energía eléctrica que utilizarán los sistemas de aire acondicionado y la cantidad de CO₂ producido por la generación de electricidad, determinando así el impacto energético y ambiental que se tendría.

5.2.1 Impacto energético

El procedimiento general consiste en relacionar el excedente de calor medido en Watts con las toneladas de refrigeración y después convertirlas en Btu/h equivalentes, bajo el procedimiento descrito al inicio de este capítulo.

Los resultados del consumo de energía eléctrica por la necesidad de equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social se presentan en la tabla 5.8.

⁵ Fuente INE (instituto Nacional de Ecología) en el informe realizado en el 2005 para el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002.
http://www.ine.gob.mx/cclimatico/download/inegei_2002_ffijas.pdf

Tabla 5.8
Consumo en GWh eléctricos por la utilización de equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social que se construirá en el periodo 2007–2012 en los diferentes bioclimas.

Tipo de clima	GWh eléctricos por tipo de vivienda			Total por bioclima (GWh eléctricos)
	Básica	Social	Económica	
Cálido-húmedo	706.08	525.67	519.82	1751.57
Cálido-semi húmedo	556.53	139.88	189.62	886.03
Templado-seco	349.80	115.51	276.88	742.19
Cálido-seco	201.51	49.18	76.22	326.92
Templado	114.43	18.40	52.58	185.42
Templado-húmedo	67.25	7.48	7.75	82.48
Semifrío-húmedo	0.05	0.01	0.02	0.08
Semifrío	0.01	-0.01	0.01	0.01
Semifrío-seco	-0.52	-0.44	0.10	-0.86
Total por tipo de vivienda	1,995.15	855.68	1,123.02	3,973.84

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

Según el Programa Sectorial de Vivienda 2007-2012⁶, se construirán 6 millones, que representarían 22.6% del total existente en 2006. Esto tendría un incremento en el consumo eléctrico de 16,770 GWh⁷, equivalente a un aumento de 38.43% respecto al consumo en 2006.

De acuerdo con la tabla 5.8 –concerniente a la energía eléctrica que consumirán las viviendas en los diferentes bioclimas-, del total, 6.6% se requerirá para alimentar equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social. Si se disminuye la ganancia de la carga térmica en dichas viviendas, se podría obtener un ahorro de 3,973.84 GWh eléctricos por año.

⁶ Programa Sectorial de Vivienda 2007–2012, Plan Nacional de Desarrollo. Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), México.

<http://www.canadevi.org.mx/portal/hgxpp001.aspx?65,1,254,O,S,0,,>

⁷ Sener “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”.

5.2.2 Impacto ambiental

Tomando en cuenta el consumo eléctrico que se va a tener en 2007–2012, se puede estimar la cantidad de CO₂ que será emitido al ambiente, producto de la quema de combustible fósil, como se planteó anteriormente. Los resultados se presentan en la tabla 5.9.

Tabla 5.9
Cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera, a consecuencia de la generación de energía eléctrica utilizada por equipos de aire acondicionado en la vivienda de interés social construida en los diferentes bioclimas en el periodo 2007–2012.

Tipo de clima	Miles de Ton de CO ₂ por tipo de vivienda			Total por bioclima
	Básica	Social	Económica	
Cálido-húmedo	247.13	183.99	181.94	613.05
Cálido-semi húmedo	194.79	48.96	66.37	310.11
Templado-seco	122.43	40.43	96.91	259.77
Cálido-seco	70.53	17.21	26.68	114.42
Templado	40.05	6.44	18.40	64.90
Templado-húmedo	23.54	2.62	2.71	28.87
Semifrío-húmedo	0.02	0.00	0.01	0.03
Semifrío	0.00	0.00	0.00	0.00
Semifrío-seco	-0.18	-0.15	0.04	-0.30
Total por tipo de vivienda	698.30	299.49	393.06	1,390.85

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología presentada en este documento.

En la tabla 5.9 se puede observar, tomando en cuenta la vivienda de interés social que se construirá en el periodo 2007–2012 en los diferentes tipos de bioclimas, la cantidad de CO₂ que se emitirá al ambiente, la cual presenta un incremento de 42.6% respecto al periodo 2001–2006, que equivale a 415.41 mil toneladas de CO₂.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los objetivos de este trabajo se realizó un diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de las viviendas de interés social construidas en México de 2001 a 2006 y una proyección -considerando las metas del Plan Nacional de Desarrollo del actual gobierno federal, encabezado por Felipe Calderón Hinojosa- de lo que se pretende edificar en el periodo 2007-2012 en todo el país. Sin embargo, cabe señalar que los programas oficiales no toman en cuenta los efectos climáticos.

Hablar de los gases de efecto invernadero, en particular del CO₂, implica mencionar la quema de combustible fósil, la cual es indispensable para el desarrollo del país, ya que es utilizada en el transporte, para los procesos industriales y la generación de energía eléctrica. No obstante, es necesario evitar el uso irracional e ineficiente de dicha energía.

En la República, en 2006 había un parque de viviendas de 26 millones 348 mil unidades, que tuvieron un consumo total de energía eléctrica de 43,633 GWh¹. De éstos, 2.8% fue por consumo de equipos de aire acondicionado en viviendas de interés social, de 2001 a 2006, en el bioclima cálido-húmedo, y de 3.2% del total en la de tipo básica en todos los bioclimas. Considerando lo anterior, se puede afirmar que el asunto del excedente de calor en la vivienda de interés social no sólo obedece a las condiciones del bioclima, sino también al diseño y las propiedades de los materiales utilizados en las edificaciones.

En los diferentes bioclimas el gasto de electricidad por el requerimiento de equipos de aire acondicionado en la vivienda representa 6.4% del consumo total de la energía eléctrica del sector residencial, lo cual genera emisiones CO₂ al ambiente por 975.44 mil toneladas, equivalentes a 3.38% del total emanado por la producción de electricidad que consume dicho sector.

Por todo lo anterior, es imperativo resaltar que se deben realizar acciones encaminadas a la regulación del uso de materiales de construcción considerando las características de los diferentes bioclimas y mejorar e impulsar los programas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en la vivienda, ya que se proyecta construir 6 millones de 2007 a 2012, lo que representaría, aproximadamente, 23% del total existente en todo el territorio en 2006.

¹ Sener (Secretaría de Energía) “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”.

El total de viviendas programadas desataría un incremento del consumo eléctrico de 16,770 GWh². Cabe señalar que esta cifra más el consumo registrado en 2006 da un total de 60,403 GWh³, y que de éste, 6.6% se requerirá para alimentar equipos de aire acondicionado, por lo que será necesario crear al menos una planta termoeléctrica con capacidad de generación similar a la de Manzanillo (Manuel Álvarez Moreno), Colima, que es de 4,819 GWh.

RECOMENDACIONES

Los planteamientos que a continuación se exponen son producto del trabajo efectuado para la elaboración de esta tesis. Estos son:

Realizar estudios que especifiquen el número de viviendas por tipo o área física en cada ciudad del país y los materiales utilizados para su construcción, con el objetivo de dar mayor certeza a los trabajos en la materia, dado que, en la actualidad, éstos sólo incluyen datos totales de viviendas por estado, sin hacer referencias a los materiales usados.

Presentar datos estadísticos confiables y actuales acerca de la emisión de gases de efecto invernadero.

Cabe mencionar que esta tesis analiza la vivienda de interés social; sin embargo, también existe la necesidad de evaluar el impacto por el uso de equipos de aire acondicionado en edificios no residenciales, con el fin de aminorar los daños al ambiente por la generación de emisiones de CO₂ y alentar la aplicación de políticas de ahorro de energía.

Otro tema que queda para análisis posteriores es el perjuicio a la salud por la emisión de gases de efecto invernadero, producto de la generación de electricidad, pues éstos no sólo dañan a los habitantes donde se localizan las plantas, mismas que se encuentra a lo largo y ancho del país. De igual forma, se podrán evaluar los costos económicos por las enfermedades causadas por estos contaminantes y las consecuentes erogaciones por tratamiento médico y la posible pérdida de horas de trabajo, lo que acarrea obvias mermas a la producción. En México, la mayoría de estos costos los absorben las instituciones

² Sener (Secretaría de Energía) “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”.

³ Sener (Secretaría de Energía) “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”.

gubernamentales (Instituto Mexicano del Seguro Social e Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado), las cuales son financiadas por los contribuyentes, acarreando así problemas económicos y sociales.

Finalmente se deben desarrollar trabajos, como el presentado en esta tesis, que promuevan estrategias dirigidas a preservar y mejorar la calidad del ambiente, en beneficio de generaciones futuras y para alcanzar un desarrollo sustentable.

ANEXO "A"

Anteproyecto Norma Oficial Mexicana NOM - 020 - ENER - 2004

Eficiencia energetica en edificaciones, envolvente de edificios residenciales

TABLA 1 VALORES PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE

ESTADO	Ciudad	CONDUCCIÓN												RADIACIÓN				Barrera para vapor				
		OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE								
		Temperatura equivalente promedio te (°C)																				
		Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio FG (W/m²)					
N	E			S	O	N	E	S	O	N	E		S	O	Tragaluz y domo	N	E	S	O			
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
BAJA CALIF. SUR	La Paz	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Cabo S. Lucas	30	44	30	34	32	32	36	39	38	39	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	Si
BAJA CALIFORNIA	Ensenada	25	35	22	25	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	322	70	159	131	164	Si
	Mexicali	34	50	36	40	37	38	41	45	43	45	29	30	32	32	32	322	70	159	131	164	
	Tijuana	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164	Si
CAMPECHE	Campeche	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	284	95	152	119	133	Si
	Cd. Carmen.	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	Si
COAHUILA	Monclova	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	
	Piedras Negras	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Saltillo	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	322	70	159	131	164	
	Torreón	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
COLIMA	Colima	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	274	91	137	118	146	Si
	Manzanillo	31	45	31	34	32	33	36	40	38	40	26	27	28	29	29	274	91	137	118	146	Si
CHIAPAS	Arriaga	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Comitán	25	35	22	24	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	272	102	140	114	134	
	San Cristóbal	22	31	19	20	20	20	25	27	27	26	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134	
	Tapachula	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134	Si
	Tuxtla Gutiérrez	29	42	29	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	272	102	140	114	134	Si
CHIHUAHUA	Casas Grandes	28	40	27	30	28	28	32	36	34	35	23	25	25	26	26	322	70	159	131	164	
	Chihuahua	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	26	322	70	159	131	164	
	Cd. Juárez	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	27	27	322	70	159	131	164	
	H. del Parral	27	39	26	28	27	27	31	34	33	34	23	24	25	25	25	322	70	159	131	164	
D. F.	México (a)	23	33	20	22	22	21	26	29	28	28	19	21	21	21	21	272	102	140	114	134	
DURANGO	Durango	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164	
	Lerdo	30	43	29	33	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	322	70	159	131	164	
GUANAJUATO	Guanajuato	25	36	23	25	24	24	29	32	31	31	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
	León (b)	27	38	25	28	26	26	31	34	33	33	22	24	24	24	25	274	91	137	118	146	
GUERRERO	Acapulco	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	Si
	Chilpancingo	27	38	25	28	27	26	31	34	33	33	22	24	24	25	25	274	91	137	118	146	
	Zihuatanejo	29	42	29	32	30	30	34	38	36	37	25	26	27	27	27	274	91	137	118	146	Si
HIDALGO	Pachuca	22	31	19	20	20	20	25	27	27	26	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134	
	Tulancingo	23	32	19	21	21	20	25	28	27	27	19	20	20	20	21	272	102	140	114	134	

TABLA 1 (continuación) VALORES PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE

ESTADO	Ciudad	CONDUCCIÓN												RADIACIÓN				Barrera para vapor				
		OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE								
		Temperatura equivalente promedio t_e (°C)																				
		Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)					
N	E			S	O	N	E	S	O	N	E		S	O	Tragaluz y domo	N	E	S	O			
JALISCO	Guadalajara (c)	26	38	25	27	26	26	30	34	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Huejucar	26	38	25	27	26	26	30	34	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Lagos de Mor.	26	37	24	26	25	25	29	33	32	32	21	23	23	24	24	274	91	137	118	146	
	Ocotlán	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	274	91	137	118	146	
	Puerto Vallarta	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	Si
MÉXICO	Chapingo, Texc.	23	32	20	22	22	21	26	29	28	28	19	21	21	21	21	274	91	137	118	146	
	Toluca	21	29	17	18	18	18	23	25	25	24	17	18	18	19	19	274	91	137	118	146	
MICHOACÁN	Morelia	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
	Lázaro Carden.	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	Si
	Uruapan	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
MORELOS	Cuernavaca	27	39	26	28	27	27	31	34	33	34	22	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
	Cuautla	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	26	27	274	91	137	118	146	
NAYARIT	Tepic	27	39	26	29	27	27	31	35	34	34	23	24	25	25	25	274	91	137	118	146	Si
NUEVO LEÓN	Monterrey (d)	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	274	91	137	118	146	
OAXACA	Oaxaca	26	38	25	27	26	26	30	34	33	33	22	23	24	24	24	272	102	140	114	134	
	Salina Cruz	31	46	32	36	33	34	37	41	39	41	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
PUEBLA	Puebla	24	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	272	102	140	114	134	
	Atlixco	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	
	Tehuacán	25	35	23	25	24	24	28	31	31	31	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	
QUERÉTARO	Querétaro	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	San Juan del Río.	24	34	22	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
QUINTANA ROO	Cozumel	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	Si
	Chetumal	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	284	95	152	119	133	Si
	Cancún	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	Si
	Playa Carmen	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	Si
SAN LUIS POTOSÍ	Río Verde	28	41	27	30	29	29	33	36	35	35	24	25	26	26	26	274	91	137	118	146	
	San Luis Potosi	24	34	22	24	23	23	27	30	30	30	20	22	22	22	22	274	91	137	118	146	
	Cd. Valles	31	45	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	Si
	Matehuala	27	39	25	28	27	27	31	34	33	34	22	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
SINALOA	Culiacán	31	46	32	36	33	34	37	41	39	41	27	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Mazatlán	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Guasave	32	47	33	36	34	34	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	Si
	Los Mochis	32	47	33	36	34	34	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	Si

TABLA 1 (continuación) VALORES PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE

ESTADO	Ciudad	CONDUCCIÓN										RADIACIÓN								Barrera para vapor		
		OPACA					TRANSPARENTE					TRANSPARENTE										
		Temperatura equivalente promedio t_e (°C)																				
		Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)					
N	E			S	O	N	E	S	O	N	E		S	O	Tragaluz y domo	N	E	S	O			
SONORA	Guaymas	32	47	33	37	34	35	38	42	40	42	27	29	30	30	30	322	70	159	131	164	Si
	Hermosillo	33	48	34	38	35	36	39	43	41	43	28	29	30	31	31	322	70	159	131	164	
	Obregón	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Navjoa	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
TABASCO	Nogales	28	40	27	30	28	28	32	36	35	35	23	25	26	26	26	322	70	159	131	164	
	Villahermosa	32	46	32	36	34	34	38	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134	Si
TAMAULIPAS	Comalcalco	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Cd. Victoria	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Tampico	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	272	102	140	114	134	Si
	Matamoros	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Reynosa	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Nuevo Laredo	32	46	32	36	34	34	37	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134	
TLAXCALA	Tlaxcala	24	33	21	23	22	22	27	29	29	28	20	21	21	21	22	272	102	140	114	134	
VERACRUZ	Coatzacoalcos	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Córdoba	27	38	25	28	27	27	31	34	33	33	22	24	24	25	25	272	102	140	114	134	
	Jalapa	25	36	23	25	24	24	29	32	31	31	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	Si
	Orizaba	26	37	24	26	25	25	29	33	32	32	21	23	23	24	24	272	102	140	114	134	
	Tuxpan	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134	Si
	Poza Rica	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
YUCATÁN	Veracruz	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	272	102	140	114	134	Si
	Mérida	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	284	95	152	119	133	Si
	Progreso	30	44	30	34	31	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	Si
ZACATECAS	Valladolid	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	Si
	Fresnillo	24	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
	Zacatecas	24	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	

- (a) Utilizar los mismos valores para los municipios conurbados del Estado de México que forman la zona metropolitana.
- (b) Utilizar los mismos valores para las ciudades de Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao.
- (c) Utilizar los mismos valores para los municipios de Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.
- (d) Utilizar los mismos valores para los municipios de Apodaca, Garza García, Guadalupe, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina.

ANEXO B

ANTEPROYECTO DE NOM-020-ENER
Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltura de edificios residenciales

TABLAS PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN DE SOMBREADO EXTERIOR (SE)

Si se construye un volado sobre la ventana y se extiende lateralmente mas allá de los límites de ésta (A), una distancia igual o mayor a la proyección del volado (L), se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección establecido en la tabla 2.



Tabla 2. Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

L/H	NORTE		ESTE Y OESTE		SUR	
	I(*)	II(**)	I(*)	II(**)	I(*)	II(**)
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,10	0,94	0,94	0,95	0,98	0,92	0,96
0,20	0,90	0,90	0,90	0,96	0,85	0,93
0,30	0,86	0,88	0,85	0,93	0,79	0,90
0,40	0,84	0,84	0,80	0,92	0,73	0,87
0,50	0,82	0,82	0,77	0,90	0,68	0,84
0,60	0,80	0,80	0,73	0,89	0,63	0,82
0,70	0,79	0,79	0,70	0,87	0,59	0,79
0,80	0,78	0,78	0,67	0,86	0,55	0,78
1,00	0,76	0,75	0,63	0,84	0,49	0,75
1,20	0,74	0,73	0,60	0,83	0,45	0,74

(*) **ZONA I** (latitud desde 33° y hasta 23°)

(**) **ZONA II** (latitud menor de 23° y hasta 14°)

Si se construye un volado sobre la ventana y se extiende lateralmente hasta los límites de ésta, o mas allá de los límites de ésta, una distancia menor a la proyección del volado (L), se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior de la tabla 3:

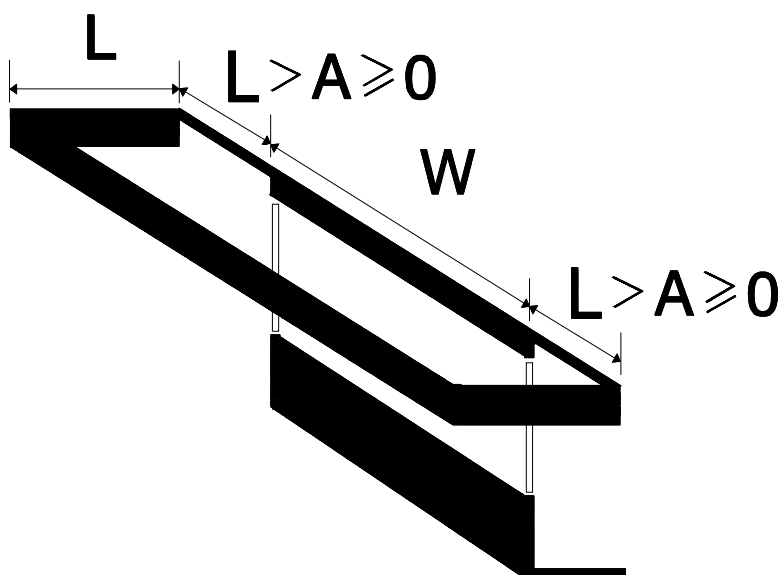
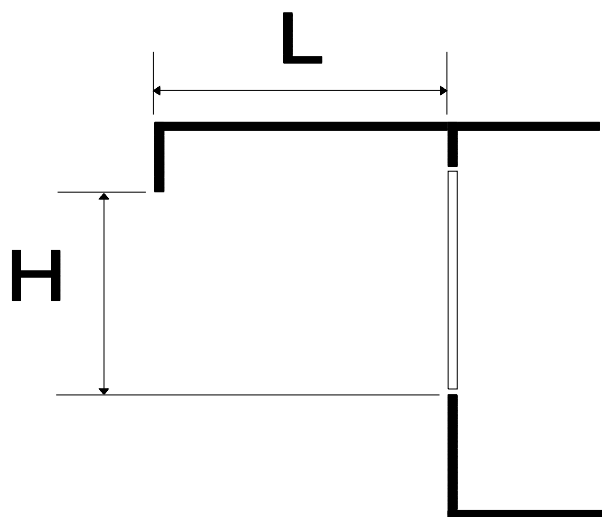


Tabla 3. Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de volados sobre la ventana, con extensión lateral hasta los límites de ésta

Ventanas al Norte con latitud de 19° y hasta 14°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,94	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89
0,2	0,90	0,85	0,82	0,81	0,80	0,80
0,3	0,88	0,81	0,77	0,74	0,73	0,72
0,4	0,84	0,77	0,72	0,69	0,67	0,66
0,5	0,82	0,73	0,67	0,64	0,62	0,61
0,6	0,80	0,70	0,63	0,60	0,57	0,56
0,7	0,79	0,67	0,61	0,56	0,53	0,52
0,8	0,78	0,66	0,58	0,53	0,50	0,49
1,0	0,75	0,64	0,54	0,48	0,44	0,43
1,2	0,73	0,62	0,51	0,44	0,40	0,39

Ventanas al Norte con latitud de 23° y hasta 19°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,94	0,93	0,90	0,91	0,91	0,91
0,2	0,90	0,89	0,82	0,84	0,84	0,84
0,3	0,87	0,85	1,03	0,78	0,78	0,79
0,4	0,85	0,83	0,99	0,73	0,74	0,74
0,5	0,83	0,80	0,95	0,81	0,77	0,70
0,6	0,82	0,78	0,92	0,78	0,74	0,72
0,7	0,81	0,76	0,90	0,76	0,72	0,70
0,8	0,84	0,75	0,88	0,74	0,69	0,68
1,0	0,79	0,73	0,85	0,70	0,66	0,64
1,2	0,78	0,72	0,82	0,68	0,63	0,61

Ventanas al Norte con latitud de 28° y hasta 23°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,94	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93
0,2	0,90	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
0,3	0,86	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82
0,4	0,84	0,79	0,79	0,78	0,77	0,77
0,5	0,82	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74
0,6	0,80	0,75	0,73	0,71	0,70	0,70
0,7	0,79	0,73	0,71	0,68	0,67	0,67
0,8	0,78	0,71	0,69	0,66	0,65	0,64
1,0	0,76	0,69	0,66	0,62	0,61	0,60
1,2	0,74	0,67	0,63	0,59	0,57	0,56

Ventanas al Norte con latitud de 32° y hasta 28°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93
0,2	0,92	0,91	0,89	0,88	0,88	0,88
0,3	0,90	0,88	0,86	0,84	0,84	0,84
0,4	0,89	0,86	0,83	0,81	0,81	0,80
0,5	0,87	0,84	0,81	0,78	0,78	0,77
0,6	0,86	0,82	0,80	0,76	0,75	0,74
0,7	0,86	0,81	0,78	0,74	0,73	0,72
0,8	0,85	0,80	0,77	0,72	0,71	0,70
1,0	0,84	0,79	0,74	0,69	0,68	0,67
1,2	0,84	0,78	0,72	0,68	0,66	0,65

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 19° y hasta 14°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,94	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89
0,2	0,89	0,84	0,83	0,81	0,80	0,79
0,3	0,86	0,78	0,76	0,73	0,71	0,71
0,4	0,83	0,73	0,70	0,65	0,64	0,63
0,5	0,79	0,69	0,65	0,59	0,58	0,57
0,6	0,77	0,65	0,61	0,54	0,52	0,51
0,7	0,76	0,63	0,58	0,50	0,48	0,47
0,8	0,74	0,61	0,54	0,46	0,44	0,43
1,0	0,72	0,57	0,48	0,40	0,37	0,36
1,2	0,71	0,54	0,44	0,36	0,32	0,30

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 23° y hasta 19°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
0,2	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85
0,3	0,82	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79
0,4	0,78	0,76	0,74	0,73	0,73	0,73
0,5	0,75	0,72	0,69	0,68	0,68	0,68
0,6	0,73	0,68	0,65	0,64	0,64	0,63
0,7	0,70	0,65	0,62	0,60	0,59	0,59
0,8	0,68	0,62	0,59	0,57	0,56	0,56
1,0	0,65	0,58	0,54	0,51	0,50	0,50
1,2	0,63	0,55	0,50	0,47	0,45	0,45

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 28° y hasta 23°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,10	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91
0,20	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,83
0,30	0,82	0,79	0,77	0,76	0,76	0,76
0,40	0,78	0,74	0,72	0,70	0,70	0,70
0,50	0,74	0,70	0,67	0,65	0,64	0,64
0,60	0,71	0,66	0,62	0,60	0,59	0,59
0,70	0,69	0,63	0,59	0,56	0,55	0,55
0,80	0,67	0,60	0,55	0,52	0,51	0,51
1,00	0,64	0,56	0,50	0,46	0,45	0,45
1,20	0,61	0,53	0,46	0,42	0,40	0,40

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 32° y hasta 28°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91
0,2	0,87	0,86	0,83	0,83	0,83	0,82
0,3	0,83	0,79	0,78	0,76	0,75	0,74
0,4	0,79	0,74	0,72	0,69	0,68	0,67
0,5	0,76	0,70	0,67	0,63	0,62	0,61
0,6	0,73	0,66	0,62	0,59	0,57	0,56
0,7	0,71	0,63	0,58	0,55	0,52	0,52
0,8	0,69	0,60	0,55	0,51	0,49	0,48
1,0	0,66	0,56	0,49	0,45	0,43	0,41
1,2	0,64	0,52	0,45	0,40	0,38	0,36

Ventanas al Sur con latitud de 19° y hasta 14°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,94	0,91	0,90	0,87	0,86	0,86
0,2	0,90	0,84	0,81	0,76	0,75	0,74
0,3	0,87	0,78	0,74	0,68	0,65	0,64
0,4	0,84	0,74	0,68	0,61	0,57	0,55
0,5	0,81	0,71	0,63	0,55	0,51	0,49
0,6	0,79	0,69	0,60	0,50	0,46	0,43
0,7	0,78	0,67	0,56	0,46	0,42	0,39
0,8	0,77	0,66	0,54	0,43	0,39	0,36
1,0	0,76	0,64	0,50	0,39	0,34	0,31
1,2	0,76	0,62	0,47	0,36	0,30	0,28

Ventanas al Sur con latitud de 23° y hasta 19°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,92	0,91	0,91	1,05	0,86	0,87
0,2	0,87	0,84	0,84	0,95	0,81	0,75
0,3	0,82	0,79	0,77	0,88	0,79	0,71
0,4	0,79	0,74	0,72	0,81	0,73	0,69
0,5	0,75	0,71	0,67	0,75	0,67	0,64
0,6	0,73	0,67	0,63	0,70	0,62	0,59
0,7	0,71	0,64	0,60	0,65	0,58	0,55
0,8	0,70	0,62	0,57	0,61	0,54	0,51
1,0	0,68	0,60	0,53	0,56	0,49	0,46
1,2	0,67	0,58	0,50	0,52	0,45	0,42

Ventanas al Sur con latitud de 28° y hasta 23°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,91	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88
0,2	0,86	0,82	0,80	0,79	0,79	0,79
0,3	0,82	0,77	0,73	0,72	0,71	0,71
0,4	0,80	0,72	0,68	0,65	0,65	0,64
0,5	0,76	0,69	0,63	0,60	0,59	0,58
0,6	0,74	0,65	0,59	0,55	0,53	0,53
0,7	0,73	0,63	0,55	0,51	0,49	0,48
0,8	0,71	0,61	0,52	0,47	0,45	0,44
1,0	0,69	0,58	0,48	0,42	0,40	0,38
1,2	0,68	0,56	0,46	0,39	0,36	0,35

Ventanas al Sur con latitud de 32° y hasta 28°						
W/H→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
L/H						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
0,2	0,85	0,79	0,77	0,74	0,73	0,72
0,3	0,81	0,74	0,69	0,65	0,63	0,62
0,4	0,78	0,69	0,63	0,58	0,55	0,54
0,5	0,76	0,67	0,59	0,53	0,50	0,48
0,6	0,75	0,64	0,56	0,49	0,46	0,44
0,7	0,74	0,63	0,53	0,46	0,43	0,41
0,8	0,74	0,62	0,52	0,44	0,41	0,39
1,0	0,73	0,61	0,50	0,42	0,39	0,37
1,2	0,73	0,60	0,49	0,40	0,37	0,35

Si se construye una ventana remetida, se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior de la tabla 4:

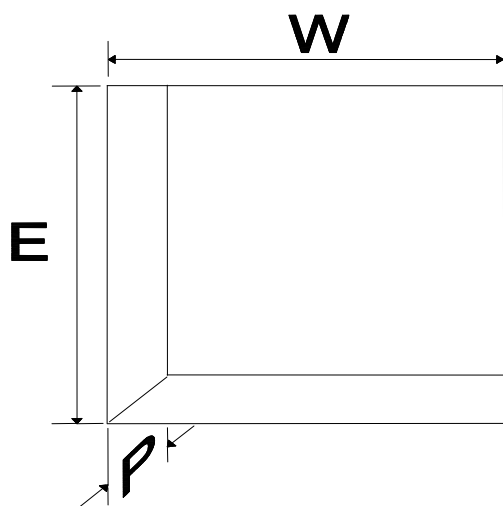


Tabla 4. Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de ventanas remetidas

Ventanas al Norte con latitud de 19° y hasta 14°						
W/E →	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,71	0,82	0,87	0,88	0,88	0,89
0,2	0,57	0,64	0,74	0,75	0,79	0,80
0,3	0,45	0,54	0,62	0,68	0,68	0,72
0,4	0,38	0,48	0,53	0,62	0,63	0,65
0,5	0,28	0,42	0,47	0,57	0,57	0,57
0,6	0,27	0,33	0,42	0,50	0,52	0,52
0,7	0,22	0,29	0,37	0,46	0,49	0,49
0,8	0,21	0,25	0,35	0,40	0,45	0,45
1,0	0,17	0,17	0,29	0,34	0,38	0,40
1,2	0,13	0,15	0,23	0,30	0,32	0,36

Ventanas al Norte con latitud de 23° y hasta 19°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,69	0,83	0,86	0,89	0,90	0,91
0,2	0,57	0,68	0,72	0,78	0,83	0,84
0,3	0,45	0,61	0,87	0,72	0,74	0,78
0,4	0,38	0,56	0,79	0,67	0,70	0,73
0,5	0,29	0,52	0,75	0,75	0,65	0,67
0,6	0,28	0,45	0,69	0,69	0,70	0,64
0,7	0,24	0,42	0,65	0,67	0,67	0,67
0,8	0,23	0,39	0,63	0,62	0,65	0,64
1,0	0,20	0,32	0,58	0,57	0,60	0,61
1,2	0,17	0,30	0,52	0,54	0,55	0,58

Ventanas al Norte con latitud de 28° y hasta 23°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,70	0,83	0,90	0,92	0,92	0,93
0,2	0,54	0,66	0,80	0,83	0,87	0,87
0,3	0,40	0,57	0,71	0,77	0,78	0,81
0,4	0,32	0,51	0,63	0,73	0,74	0,77
0,5	0,22	0,46	0,60	0,69	0,69	0,70
0,6	0,20	0,39	0,54	0,63	0,66	0,67
0,7	0,16	0,35	0,50	0,60	0,63	0,64
0,8	0,14	0,32	0,48	0,55	0,60	0,61
1,0	0,10	0,24	0,43	0,49	0,55	0,57
1,2	0,06	0,23	0,37	0,46	0,49	0,53

Ventanas al Norte con latitud de 32° y hasta 28°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,71	0,85	0,91	0,92	0,92	0,93
0,2	0,58	0,71	0,81	0,83	0,87	0,87
0,3	0,47	0,63	0,73	0,78	0,80	0,83
0,4	0,41	0,58	0,66	0,75	0,77	0,78
0,5	0,34	0,53	0,62	0,71	0,73	0,74
0,6	0,33	0,47	0,59	0,67	0,71	0,70
0,7	0,30	0,44	0,55	0,65	0,68	0,68
0,8	0,30	0,42	0,54	0,61	0,66	0,66
1,0	0,27	0,36	0,51	0,56	0,61	0,63
1,2	0,25	0,35	0,46	0,54	0,57	0,60

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 19° y hasta 14°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,80	0,85	0,89	0,89	0,88	0,89
0,2	0,68	0,68	0,77	0,76	0,79	0,79
0,3	0,57	0,60	0,67	0,68	0,68	0,70
0,4	0,49	0,53	0,58	0,60	0,61	0,63
0,5	0,41	0,47	0,51	0,54	0,55	0,54
0,6	0,39	0,39	0,44	0,48	0,49	0,49
0,7	0,35	0,35	0,39	0,43	0,45	0,44
0,8	0,33	0,32	0,36	0,38	0,40	0,40
1,0	0,29	0,23	0,30	0,31	0,33	0,34
1,2	0,25	0,21	0,24	0,27	0,27	0,29

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 23° y hasta 19°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,78	0,87	0,91	0,91	0,92	0,92
0,2	0,64	0,73	0,80	0,82	0,85	0,85
0,3	0,51	0,63	0,72	0,76	0,76	0,79
0,4	0,42	0,56	0,63	0,70	0,71	0,72
0,5	0,32	0,50	0,58	0,65	0,66	0,66
0,6	0,29	0,43	0,53	0,59	0,61	0,62
0,7	0,23	0,38	0,48	0,55	0,57	0,58
0,8	0,21	0,34	0,45	0,50	0,53	0,54
1,0	0,15	0,26	0,38	0,43	0,47	0,48
1,2	0,11	0,23	0,32	0,39	0,41	0,44

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 28° y hasta 23°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,77	0,86	0,90	0,91	0,91	0,92
0,2	0,62	0,71	0,79	0,80	0,83	0,83
0,3	0,49	0,62	0,69	0,73	0,73	0,76
0,4	0,39	0,54	0,60	0,66	0,67	0,69
0,5	0,30	0,48	0,55	0,61	0,62	0,62
0,6	0,27	0,40	0,49	0,54	0,56	0,57
0,7	0,21	0,35	0,44	0,50	0,52	0,53
0,8	0,19	0,31	0,40	0,45	0,49	0,49
1,0	0,14	0,23	0,35	0,38	0,42	0,43
1,2	0,10	0,19	0,28	0,34	0,35	0,38

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 32° y hasta 28°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,83	0,88	0,90	0,91	0,91	0,91
0,2	0,73	0,76	0,80	0,81	0,82	0,82
0,3	0,63	0,67	0,72	0,73	0,73	0,75
0,4	0,56	0,60	0,64	0,66	0,66	0,67
0,5	0,48	0,55	0,58	0,60	0,60	0,60
0,6	0,45	0,48	0,52	0,55	0,55	0,55
0,7	0,40	0,44	0,47	0,50	0,51	0,50
0,8	0,38	0,40	0,44	0,45	0,47	0,47
1,0	0,33	0,33	0,38	0,39	0,41	0,41
1,2	0,29	0,29	0,32	0,34	0,35	0,36

Ventanas al Sur con latitud de 19° y hasta 14°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,77	0,83	0,87	0,85	0,85	0,87
0,2	0,66	0,67	0,74	0,71	0,74	0,73
0,3	0,57	0,59	0,62	0,62	0,61	0,63
0,4	0,52	0,53	0,52	0,55	0,53	0,54
0,5	0,46	0,47	0,47	0,49	0,47	0,46
0,6	0,44	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41
0,7	0,41	0,37	0,37	0,39	0,38	0,37
0,8	0,41	0,35	0,35	0,34	0,35	0,34
1,0	0,38	0,28	0,31	0,29	0,30	0,29
1,2	0,36	0,27	0,26	0,26	0,25	0,26

Ventanas al Sur con latitud de 23° y hasta 19°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,72	0,83	0,89	1,04	0,85	0,87
0,2	0,55	0,67	0,76	0,91	0,80	0,74
0,3	0,40	0,56	0,67	0,82	0,75	0,71
0,4	0,31	0,48	0,58	0,75	0,69	0,68
0,5	0,21	0,41	0,52	0,68	0,63	0,61
0,6	0,19	0,34	0,46	0,61	0,58	0,56
0,7	0,14	0,29	0,41	0,56	0,54	0,52
0,8	0,13	0,26	0,37	0,50	0,50	0,49
1,0	0,10	0,20	0,32	0,43	0,44	0,43
1,2	0,08	0,18	0,27	0,40	0,39	0,40

Ventanas al Sur con latitud de 28° y hasta 23°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,74	0,81	0,86	0,88	0,87	0,88
0,2	0,56	0,66	0,74	0,75	0,78	0,79
0,3	0,43	0,55	0,63	0,67	0,68	0,71
0,4	0,36	0,49	0,54	0,61	0,62	0,63
0,5	0,28	0,42	0,49	0,55	0,55	0,56
0,6	0,26	0,34	0,43	0,48	0,50	0,50
0,7	0,22	0,31	0,38	0,44	0,46	0,46
0,8	0,21	0,27	0,35	0,38	0,42	0,42
1,0	0,19	0,21	0,30	0,33	0,35	0,37
1,2	0,17	0,19	0,25	0,29	0,31	0,33

Ventanas al Sur con latitud de 32° y hasta 28°						
W/E→	0,5	1	2	4	6	8 y mayor
P/E						
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,73	0,80	0,84	0,84	0,84	0,84
0,2	0,60	0,64	0,70	0,70	0,72	0,71
0,3	0,50	0,55	0,60	0,61	0,60	0,62
0,4	0,46	0,48	0,51	0,54	0,53	0,54
0,5	0,40	0,45	0,47	0,49	0,48	0,47
0,6	0,39	0,40	0,42	0,44	0,44	0,43
0,7	0,36	0,37	0,39	0,41	0,41	0,40
0,8	0,36	0,35	0,38	0,38	0,40	0,38
1,0	0,34	0,31	0,36	0,35	0,37	0,36
1,2	0,32	0,30	0,32	0,34	0,34	0,35

Si se construye una ventana con partesoles, se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior de la tabla 5:

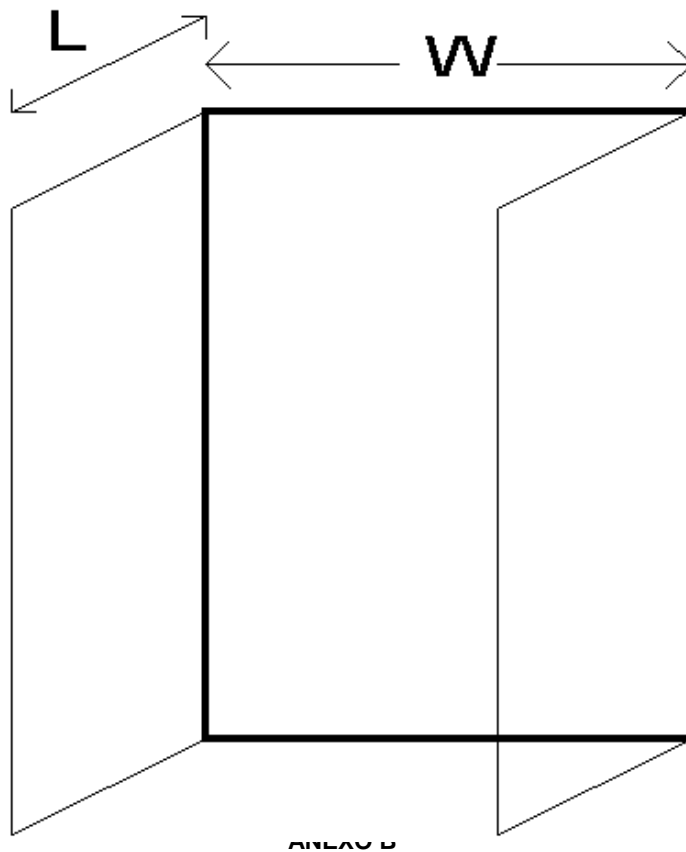


Tabla 5. Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de ventanas con partesoles

Latitud 14° hasta 19°			
L/W	Norte	Este y oeste	Sur
0	1,00	1,00	1,00
0,5	0,52	0,64	0,56
1	0,26	0,44	0,34
1,5	0,13	0,35	0,24
2	0,05	0,30	0,17
Latitud 19° hasta 23°			
L/W	Norte	Este y oeste	Sur
0	1,00	1,00	1,00
0,5	0,54	0,67	0,56
1	0,28	0,45	0,32
1,5	0,16	0,32	0,20
2	0,09	0,24	0,14
Latitud 23° hasta 28°			
L/W	Norte	Este y oeste	Sur
0	1,00	1,00	1,00
0,5	0,54	0,67	0,57
1	0,28	0,47	0,31
1,5	0,15	0,35	0,18
2	0,06	0,27	0,11
Latitud 28° hasta 32°			
L/W	Norte	Este y oeste	Sur
0	1,00	1,00	1,00
0,5	0,53	0,77	0,62
1	0,28	0,62	0,40
1,5	0,16	0,53	0,29
2	0,10	0,47	0,23

Procedimiento para la interpolación de datos en tablas.

Supóngase la siguiente tabla:

W/H	x_n	x_{n+1}
L/H		
y_n	a	b
y_{n+1}	c	d

Si el valor buscado corresponde a:

$$y_n < y < y_{n+1} \qquad y \qquad x_n < x < x_{n+1}$$

donde:

x_n , x_{n+1} , y_n , y_{n+1} son los índices de la tabla y 'x' y 'y' son los valores que correspondan al resultado buscado en la tabla, se utilizan las siguientes formulas:

$$F_x = \frac{(x - x_n)}{(x_{n+1} - x_n)} \qquad F_y = \frac{(y - y_n)}{(y_{n+1} - y_n)}$$

$$\text{Valor buscado} = F_x F_y (d - c - b + a) + F_x (b - a) + F_y (c - a) + a$$

ANEXO C

VALORES DEL COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD "K"
 PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE
 Anteproyecto Norma Oficial Mexicana NOM - 020 - ENER - 2004
 Eficiencia energetica en edificaciones, envolvente de edificios residenciales

ESTADO	Ciudad	K de referencia (W/m²K)		
		Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos	Mas de tres niveles	
		Techo y muro	Techo	Muro
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.90	0.90	2.20
BAJA CALIF. SUR	La Paz	0.45	0.45	0.72
	Cabo S. Lucas	0.47	0.47	0.80
BAJA CALIFORNIA	Ensenada	1.00	1.00	2.20
	Mexicali	0.35	0.35	0.52
	Tijuana	0.80	0.80	2.20
CAMPECHE	Campeche	0.42	0.42	0.64
	Cd. Carmen.	0.42	0.42	0.60
COAHUILA	Monclova	0.45	0.45	0.67
	Piedras Negras	0.44	0.44	0.60
	Saltillo	0.89	0.89	2.20
	Torreón	0.48	0.48	0.79
COLIMA	Colima	0.52	0.52	1.02
	Manzanillo	0.44	0.44	0.69
CHIAPAS	Arriaga	0.42	0.42	0.63
	Comitán	0.89	0.89	2.20
	San Cristóbal	1.16	1.16	2.20
	Tapachula	0.47	0.47	0.87
CHIHUAHUA	Tuxtla Gutiérrez	0.52	0.52	1.03
	Casas Grandes	0.78	0.78	1.72
	Chihuahua	0.62	0.62	1.36
	Cd. Juárez	0.61	0.61	1.15
D. F.	H. del Parral	0.89	0.89	2.20
	México (a)	1.01	1.01	2.20
DURANGO	Durango	0.90	0.90	2.20
	Lerdo	0.50	0.50	0.85
GUANAJUATO	Guanajuato	0.75	0.75	2.20
	León (b)	0.77	0.77	2.20
GUERRERO	Acapulco	0.42	0.42	0.62
	Chilpancingo	0.74	0.74	2.20
	Zihuatanejo	0.51	0.51	0.94
HIDALGO	Pachuca	1.25	1.25	2.20
	Tulancingo	1.10	1.10	2.20

ESTADO	Ciudad	K de referencia (W/m ² K)		
		Hasta tres niveles y Techo y muro	Mas de tres	
			Techo	Muro
JALISCO	Guadalajara (c)	0.79	0.79	2.20
	Huejucar	0.80	0.80	2.20
	Lagos de Mor.	0.92	0.92	2.20
	Ocotlán	0.82	0.82	2.20
	Puerto Vallarta	0.42	0.42	0.64
MÉXICO	Chapingo, Texc.	1.00	1.00	2.20
	Toluca	1.62	1.62	2.20
MICHOACÁN	Morelia	0.87	0.87	2.20
	Lázaro Carden.	0.44	0.44	0.70
	Uruapan	0.96	0.96	2.20
MORELOS	Cuernavaca	0.72	0.72	2.20
	Cuatla	0.56	0.56	1.37
NAYARIT	Tepic	0.80	0.80	2.20
NUEVO LEÓN	Monterrey (d)	0.48	0.48	0.77
OAXACA	Oaxaca	0.86	0.86	2.20
	Salina Cruz	0.41	0.41	0.59
PUEBLA	Puebla	0.89	0.89	2.20
	Atlixco	0.86	0.86	2.20
	Tehuacán	0.75	0.75	2.20
QUERÉTARO	Querétaro	0.87	0.87	2.20
	San Juan del Río.	0.83	0.83	2.20
QUINTANA ROO	Cozumel	0.47	0.47	0.76
	Chetumal	0.44	0.44	0.68
	Cancún	0.44	0.44	0.59
	Playa Carmen	0.42	0.42	0.62
SAN LUIS POTOSÍ	Río Verde	0.60	0.60	1.50
	San Luis Potosi	0.83	0.83	2.20
	Cd. Valles	0.42	0.42	0.61
	Matehuala	0.93	0.93	1.50
SINALOA	Culiacán	0.41	0.41	0.58
	Mazatlán	0.45	0.45	0.72
	Guasave	0.43	0.43	0.56
	Los Mochis	0.43	0.43	0.65

ESTADO	Ciudad	K de referencia (W/m ² K)		
		Hasta tres niveles y Techo y muro	Mas de tres	
			Techo	Muro
SONORA	Guaymas	0.39	0.39	0.52
	Hermosillo	0.37	0.37	0.43
	Obregón	0.44	0.44	0.63
	Navjoa	0.43	0.43	0.47
	Nogales	0.73	0.73	1.56
TABASCO	Villahermosa	0.50	0.50	0.54
	Comalcalco	0.44	0.44	0.62
TAMAULIPAS	Cd. Victoria	0.47	0.47	0.63
	Tampico	0.46	0.46	0.72
	Matamoros	0.51	0.51	1.22
	Reynosa	0.49	0.49	0.58
	Nuevo Laredo	0.42	0.42	0.55
TLAXCALA	Tlaxcala	1.10	1.10	2.20
VERACRUZ	Coatzacoalcos	0.44	0.44	0.68
	Córdoba	0.88	0.88	2.20
	Jalapa	0.84	0.84	2.20
	Orizaba	0.88	0.88	2.20
	Tuxpan	0.48	0.48	0.79
	Poza Rica	0.45	0.45	0.64
	Veracruz	0.45	0.45	0.69
YUCATÁN	Mérida	0.44	0.44	0.70
	Progreso	0.46	0.46	0.74
	Valladolid	0.47	0.47	0.82
ZACATECAS	Fresnillo	0.97	0.97	2.20
	Zacatecas	1.19	1.19	2.20

BIBLIOGRAFIA

- Bojórquez G., Gallegos R., Luna A., (2001), Estudio del comportamiento térmico de tres prototipos de vivienda para un clima cálido desértico. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Borbón A., (2003). Respuesta térmica de la envolvente y su influencia en el confort interior en la vivienda de interés social en Hermosillo, Son. Tesis de Maestría de Arquitectura de la UABC, Mexicali, BC., Septiembre 2003.
- Canales B., y Morillón G., (2003). Evaluación bioclimática de la vivienda de interés social caso: Pachuca, Hgo. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Castañeda N., Argüello M., Cruz S., y Jiménez A., (2005). Evaluación del comportamiento térmico de vivienda social techada con el sistema placa losa, ubicada en el proyecto 10 X 10 Chiapas, Tuxtla Gutiérrez. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Chan L., Romero R., Bojórquez M., Luna A., (1999). Evaluación térmica de estrategias de adecuación ambiental para viviendas en zonas áridas y su impacto en ahorro de energía eléctrica. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Corral M., Luna L., gallegos O., Verdugo C. (2002). Evaluación Térmica de Técnicas de adecuación ambiental para la vivienda popular de sectores de bajos ingresos en una región de clima cálido extremo. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Corrales A. (2002). Análisis del bioclima en la vivienda de Topolobampo. Los Mochis, Sin. Asociación Nacional de Energía Solar.
- De Buen O., (1993). Residential air – conditioning in northern México: Impacts and Alternatives. University of California, Berkeley.
- Díaz J., Morillón G., (1999). Perspectivas de ahorro de energía en la vivienda de interés social mediante la aplicación de la norma de eficiencia energética: NOM - 020. Asociación de técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE).
- Fitch J., (2002). Procedimientos para determinar el valor de la vivienda en el área metropolitana de Monterrey: a partir del confort térmico. Universidad Autónoma de Nuevo León, Tesis de Maestría.
- Masera, O., De Buen O., Friedmann R., (1991). Consumo Residencial de Energía en México; Estructura, impactos Ambientales y Potenciales de Ahorro. Primer Encuentro Sobre Energía y Medio Ambiente en el Sector Residencial Mexicano, México D.F, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morillón G., (2007). Instrumentos para el Análisis y Evaluación Ambiental de los Productos y Tecnologías Aplicables a la Construcción sustentable. Segundo Seminario Internacional de Vivienda Sustentable, México D.F.
- Pérez J., Borbon A., Cubillas T., (2004). Desempeño térmico de una vivienda de interés social en la ciudad de Hermosillo Sonora. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Rodríguez E., Fragoso L., y Corcho S., (2005). Desarrollo arquitectónico y tecnológico de viviendas de bajo consumo energético para climatización, en áreas de clima cálido húmedo en México. Asociación Nacional de Energía Solar.

- Romero R. (2002). Implicaciones del acondicionamiento ambiental del sector residencial en el consumo de energía eléctrica bajo condiciones climáticas cálidas secas extremas: el caso de Mexicali, BC. México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rosas J., (2006). "Sector eléctrico en clima cálido seco; equipamiento y consumo eléctrico por los sistemas de climatización (aire acondicionado y/o cooler): región noroeste de México". México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sheinbaum C. (1994). Tendencias y perspectivas de la energía residencial en México comparativo con las experiencias de eficiencia y conservación de los países de la OCDE. México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Verdugo T., Corral M., (2002). Efectos de la aplicación de técnicas de adecuación ambiental de bajo costo de la energía consumida y el confort térmico de una vivienda popular. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Zetina S., Morales R. (2003). Diagnostico y propuesta para el acondicionamiento térmico de la vivienda de interés social en Campeche. Asociación Nacional de Energía Solar.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). "Necesidades de vivienda en México 2000-2010"
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2000.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2001.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2002.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2003.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2004.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2005.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI); Programa Nacional de Créditos Hipotecarios 2006, Avance del sexto bimestre.
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). "Necesidades de vivienda en México 2000-2010".
- Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI, antes CONAFOVI) Guía "Uso eficiente de la energía en la vivienda" (2006),
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática (INEGI), Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. 2000, INEGI, México D.F. 2000.
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática (INEGI), Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. 2002, INEGI, México D.F. 2002.

- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática (INEGI), Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. 2004, INEGI, México D.F. 2004.
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática (INEGI), Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. 2005, INEGI, México D.F. 2005.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). II Censo de población y vivienda 2005.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002. Informe realizado en el 2005
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Programa Sectorial de Vivienda 2007 – 2012, Plan Nacional de desarrollo. México.
- Secretaría de Energía (SENER) “Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014”
- Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2000.
- Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2005.
- Yunus Cengel. “Termodinámica” Cuarta edición. Ed. Mc. Graw Hill.
- Ernest Tricomi. “ABC del aire acondicionado.” Ed. Alfaomega.

Sitios de Internet consultados

	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).	www.inegi.gob.mx
	CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía)	www.conae.gob.mx
	Instituto Nacional de Ecología (INE).	www.ine.gob.mx
	Secretaría de Energía (SENER)	www.energia.gob.mx
	Fideicomiso Para el Ahorro de Energía eléctrica (FIDE)	www.fide.org.mx
	Asociación de técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE)	www.atpae.org.mx
	Comisión Federal de Electricidad (CFE)	www.cfe.gob.mx
	Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales (SEMARNAT)	www.semarnat.gob.mx
	Department of Energy	www.energy.gov
	Environmental Protection Agency	www.epa.gov