



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

INSTITUTO DE INGENIERÍA

**POTENCIAL ESTIMADO PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN
NATURAL PARA LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS
EN MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ENERGÍA – DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE EDIFICACIONES
P R E S E N T A :

IVÁN OROPEZA PÉREZ

TUTOR:

DR. DAVID MORILLÓN GÁLVEZ



Fecha: 26 de agosto de 2008

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DR. JUAN JOSÉ AMBRIZ GARCÍA
Secretario: DR. DAVID MORILLÓN GÁLVEZ
Vocal: DR. ARTURO REINKING CEJUDO
1^{er}. Suplente: ING. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES
2^{do}. Suplente: DR. PABLO ÁLVAREZ WATKINS

Lugar donde se realizó la tesis:

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

Dr. David Morillón Gálvez

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN INGENIERÍA

**POTENCIAL ESTIMADO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA
VENTILACIÓN NATURAL PARA LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS EN
MÉXICO**

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ingeniería
(Energía- Diseño Bioclimático de Edificaciones)
presenta

IVÁN OROPEZA PÉREZ

Director de tesis Dr. David Morillón Gálvez

México D.F., 26 de agosto de 2008

AGRADECIMIENTOS

A toda la familia: a mi mamá, a mi papá, a mis dos hermanos, a mis dos sobrinos, a mis abuelitos, a todos mis tíos y tías. Si hubiera faltado tan sólo uno de ellos estoy seguro que no hubiera podido conseguirlo

A la UNAM, por ser un gran hogar los últimos dos años

Al CONACyT, por brindarme el apoyo necesario para alcanzar esta meta

Al Dr. Morillón, por confiar siempre en mí y apoyarme en todo lo necesario

A todos mis compañeros y amigos de la maestría que recorrimos juntos este viaje

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
JUSTIFICACIÓN	10
HIPÓTESIS	10
METODOLOGÍA	11
Aplicación de un modelo para caracterizar el análisis de la ventilación natural	11
Estudio del potencial de la ventilación natural en diferentes regiones de México	11
Beneficios múltiples de la ventilación natural	11
CONTENIDO DEL DOCUMENTO	11
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	12
1.1. VENTILACIÓN NATURAL PARA LA CLIMATIZACIÓN	12
1.2. ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA VENTILACIÓN NATURAL.....	12
1.3. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA VENTILACIÓN NATURAL.....	13
1.4. SIMULACIÓN	14
1.5. MODELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN NATURAL.....	15
1.6. ANTECEDENTES EN MÉXICO.....	15
1.7. CONCLUSIÓN DE LOS ANTECEDENTES.....	15
CAPÍTULO 2. LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS	16
2.1. VENTILACIÓN NATURAL	16
2.1.1. Comportamiento del viento.....	16
2.1.2. Aprovechamiento de la ventilación natural en los edificios	17
2.2. AIRE ACONDICIONADO	23
2.2.1. Cálculo de cargas	23
2.2.2. Consumo de energía.....	24
2.2.3. Uso de aire acondicionado en México.....	25
2.2.3.1. Sector residencial	25
2.2.3.2. Sector comercial.....	25
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA	26
3.1. METODOLOGÍA.....	26
3.1.1. Obtención de las horas de confort para las ciudades de México	26
3.1.1.1. Índice PVM.....	26
3.1.1.2. Índice PET.....	27
3.1.2. Caracterización de un modelo que indique el comportamiento energético de la ventilación natural dentro de un edificio	29
3.1.2.1. Obtención del factor de ahorro energético con la ventilación natural.....	29
3.1.2.2. Resultados del uso del modelo analítico para la calificación de edificios	31

CAPÍTULO 4. PROYECCIÓN GEOGRÁFICA DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN MÉXICO..... 35

4.1. INTRODUCCIÓN.....35

4.1.1. Mapas mensuales del nivel de ahorro energético del país 36

4.1.1.1.	<i>Enero</i>	36
4.1.1.2.	<i>Febrero</i>	37
4.1.1.3.	<i>Marzo</i>	38
4.1.1.4.	<i>Abril</i>	39
4.1.1.5.	<i>Mayo</i>	40
4.1.1.6.	<i>Junio</i>	41
4.1.1.7.	<i>Julio</i>	42
4.1.1.8.	<i>Agosto</i>	43
4.1.1.9.	<i>Septiembre</i>	44
4.1.1.10	<i>Octubre</i>	45
4.1.1.11	<i>Noviembre</i>	46
4.1.1.12	<i>Diciembre</i>	47

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA APLICACIÓN DEL MODELO DEL COMPORTAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL.....48

5.1.	<i>Acapulco, Gro.</i>	49
5.2.	<i>Aguascalientes, Ags</i>	50
5.3.	<i>Campeche, Camp.</i>	51
5.4.	<i>Cancún, Q. Roo</i>	52
5.5.	<i>Chetumal, Q. Roo</i>	53
5.6.	<i>Chihuahua, Chih.</i>	54
5.7.	<i>Chilpancingo, Gro.</i>	55
5.8.	<i>Ciudad de México, DF</i>	56
5.8.1.	<i>Ajusco, Tlalpan</i>	56
5.8.2.	<i>Iztacalco</i>	57
5.8.3.	<i>Mixcoac</i>	58
5.9.	<i>Ciudad Juárez, Chih.</i>	59
5.10.	<i>Ciudad Obregón, Son.</i>	60
5.11.	<i>Ciudad Victoria, Tmps.</i>	61
5.12.	<i>Colima, Col.</i>	62
5.13.	<i>Cuernavaca, Mor.</i>	63
5.14.	<i>Culiacán, Sin.</i>	64
5.15.	<i>Durango, Dgo.</i>	65
5.16.	<i>Guadalajara, Jal.</i>	66
5.17.	<i>Guanajuato, Gto.</i>	67
5.18.	<i>Hermosillo, Son.</i>	68
5.19.	<i>La Paz, BCS.</i>	69
5.20.	<i>León, Gto.</i>	70
5.21.	<i>Manzanillo, Col.</i>	71
5.22.	<i>Mazatlán, Sin.</i>	72
5.23.	<i>Mérida, Yuc.</i>	73
5.24.	<i>Mexicali, BC.</i>	74
5.25.	<i>Monterrey, NL</i>	75
5.26.	<i>Morelia, Mich.</i>	76
5.27.	<i>Oaxaca, Oax.</i>	77
5.28.	<i>Pachuca, Hgo.</i>	78

5.29.	<i>Puebla, Pue.</i>	79
5.30.	<i>Queretaro, Qro.</i>	80
5.31.	<i>Saltillo, Coah.</i>	81
5.32.	<i>San Luis Potosí, SLP</i>	82
5.33.	<i>Tampico, Tmps.</i>	83
5.34.	<i>Tepic, Nay.</i>	84
5.35.	<i>Tijuana, BC</i>	85
5.36.	<i>Tlaxcala, Tlax.</i>	86
5.37.	<i>Toluca, Mex.</i>	87
5.38.	<i>Torreón, Coah.</i>	88
5.39.	<i>Tuxtla Gutiérrez, Chis.</i>	89
5.40.	<i>Veracruz, Ver.</i>	90
5.41.	<i>Villahermosa, Tab.</i>	91
5.42.	<i>Xalapa, Ver.</i>	92
5.43.	<i>Zacatecas, Zac.</i>	93
5.44.	<i>Conclusiones del análisis</i>	94

CAPÍTULO 6. BENEFICIOS POTENCIALES DE LA VENTILACIÓN NATURAL COMO SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN MÉXICO	95
6.1. USO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN MÉXICO	95
6.1.1. Región del bioclima cálido húmedo	97
6.1.2. Región del bioclima templado húmedo	98
6.1.3. Región del bioclima semifrío	99
6.1.4. Región del bioclima cálido seco extremo	100
6.2. BENEFICIO DE LA VENTILACIÓN NATURAL	101
6.2.1. Beneficio energético	101
6.2.1.1. <i>Sector residencial</i>	101
6.2.1.2. <i>Sector comercial</i>	101
6.2.1.3. <i>Edificios comerciales y residenciales</i>	102
6.2.2. Beneficio económico	103
6.2.2.1. <i>Sector residencial</i>	103
6.2.2.2. <i>Sector comercial</i>	104
6.2.2.3. <i>Demanda nacional</i>	104
6.2.3. Beneficio ambiental	104
CONCLUSIONES	105
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	107
GLOSARIO	114
ANEXO	115
ANEXO 1	115
ANEXO 2	116
ANEXO 3	117
ANEXO 4	117
ANEXO 5	117
ANEXO 6	118
ANEXO 7	118
ANEXO 8	118
ANEXO 9	119

RESUMEN

En las principales ciudades de la República Mexicana existen diferentes tipos de edificios que oscilan entre uno y los cincuenta y cinco pisos de altura; los cuales, en su conjunto, consumen una cantidad de energía considerable. Este gasto de energía se debe en buena parte a la energía eléctrica que se utiliza para la climatización térmica del edificio mediante sistemas de aire acondicionado.

Es por esto que se requieren formas innovadoras de ahorro de energía que permitan contrarrestar el gasto excesivo que se presenta en el consumo eléctrico de los edificios. Tal es el caso de la ventilación natural, que como su nombre lo indica, mediante la circulación de aire a temperatura ambiente, busca obtener el confort térmico de las personas dentro de un edificio de forma natural, sin necesidad de consumir energía complementaria convencional para que esto se lleve a cabo.

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad mostrar los beneficios que se presentan al utilizar la ventilación natural como un sistema pasivo de climatización en las diferentes regiones de México. Para esto, se planteará un método que permite identificar cuál será el factor de ahorro de energía eléctrica al utilizar la ventilación natural en lugar de un sistema activo de aire acondicionado, y con esto se construye el atlas de la ventilación natural en México; el cuál dará una perspectiva del alcance que se tendría por la utilización de esta forma de climatización natural o pasiva.

De acuerdo con los resultados, se encontró que es una buena alternativa para el ahorro de energía, calculándose en un ahorro casi una y media veces de lo que se tiene con el horario de verano; y que es aplicable en todo el territorio nacional durante todo el año.

ABSTRACT

In the main Mexican cities different types of buildings exists oscillating between one trough fifty five floors of height, consuming together an amount of considerable energy. This cost of energy is in part due for the electrical energy which is used to air conditioning. That's why innovating forms of energy saving are required which they allow to minimize the excessive cost that appears in the power consumption of the buildings. It is the case of the natural ventilation, which as its name indicates, by means of the environment temperature air circulation, tries to obtain the thermal comfort into a building of natural form, with no need of using conventional energy so that this is carried out.

The present thesis work shows the benefits that appear using the natural ventilation like a passive system of air conditioning on the different regions of Mexico. For this, a method that it allows to identify will consider that it indicate the saving factor of electrical energy using the natural ventilation instead of an active conditioned air system, and with this the atlas of the natural ventilation in Mexico will be constructed; which give a perspective of the reach that would be have by the use of this form of natural air conditioning.

And according to the results, it found energy save 1.5 times that the one obtained by the summer horary. Found that the natural ventilation is available on all national territory during all year.

INTRODUCCIÓN

Desde épocas muy antiguas, el hombre se ha preocupado por solucionar el problema de la renovación del aire en los espacios donde habita. Al principio, el problema se centraba en sacar el humo y los olores que se producían dentro de la habitación. Luego, se encontraron los beneficios en la salud al tener un espacio bien ventilado. Después, se convirtió en la posibilidad de sacar las acumulaciones de calor a través de los orificios que se convirtieron en puertas y ventanas.

Conforme la humanidad se fue desarrollando, se encontraron numerosos beneficios en las constantes renovaciones de aire dentro de un espacio cerrado. Ya sea por salud, confort u otra causa, se recomienda siempre que un espacio esté bien ventilado. Es por esto que el desarrollo tecnológico de los últimos años ha traído muchos avances en la ventilación mecánica. Sin embargo, últimamente se han dado grandes crisis energéticas que obligan a buscar otras alternativas para ventilar un espacio sin la necesidad de gastar energía o hacerlo con requerimientos mínimos. Sin mencionar los problemas ambientales como el cambio climático derivado del uso de energías convencionales.

Es así que actualmente resurge la necesidad de retomar el tema de la ventilación natural. Para llevar a cabo una buena ventilación natural dentro de un espacio cerrado es necesario conocer a fondo cual será el comportamiento del fluido, que es el aire en movimiento, así como las condiciones y el diseño del lugar para tener el máximo aprovechamiento de la ventilación.

OBJETIVOS

Objetivo general

Mostrar los aspectos relacionados a la ventilación natural como un método pasivo de climatización de edificios en México.

Objetivos específicos

- Construir un atlas de la ventilación natural que estime su potencial para la climatización pasiva de edificios en México.
- Estimar el beneficio energético, económico y ambiental por utilizar ventilación natural.

JUSTIFICACIÓN

El planeta se calienta cada día más. La última década ha sido la más calurosa desde que se llevan registros y los científicos creen que de no tomarse medidas globales, en el futuro habrá más calor. La mayoría de expertos está de acuerdo en que los humanos ejercen un impacto directo sobre el proceso de calentamiento, conocido como "efecto invernadero". Este efecto es una condición natural de la atmósfera de la tierra. Algunos gases, como vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂) y metano son llamados "gases invernadero" pues ellos atrapan el calor del sol en las capas inferiores de la atmósfera. El calentamiento del planeta Tierra podría incrementar el nivel de los mares hasta seis metros en los próximos años¹. El descongelamiento de los polos Norte y Sur provocarían la modificación de las corrientes marinas globales y un grave descenso de la temperatura del agua en algunas partes. En los últimos 100 años, el aumento térmico ha sido de cerca de un quinto de grado centígrado, pero el calentamiento se ha acelerado en el último cuarto del siglo XX.

También es bien sabido que los altos consumos de energía proveniente de combustibles fósiles son los causantes de este fenómeno mundial. Es por esto que se deberán diseñar planes nacionales para ser más eficientes energéticamente, modificar las políticas de consumo de energía y motivar a las personas para que disminuyan su contribución al efecto invernadero.

Entre los causantes de este alto consumo de energía están los sistemas de aire acondicionado y de ventilación forzada. Es por esto que el objetivo de este trabajo es reducir el consumo de estos sistemas y aprovechar al máximo la ventilación natural.

HIPÓTESIS

El adecuado estudio de la ventilación natural de los espacios permite en la climatización para evitar el sobrecalentamiento, así como mejorar la calidad del aire al permitir su renovación. Siempre y cuando estén los elementos suficientes para llevarla a cabo, tales como que la construcción permita la libre circulación del aire y que la calidad del aire (temperatura y pureza) sea aceptable.

Es perfectamente viable diseñar edificios que potencien el flujo de aire manteniendo una temperatura de confort que elimine o minimice la necesidad de sistemas convencionales de aire acondicionado. Tal enfoque asegura una buena ventilación y, a su vez, ahorra energía y dinero.

¹ El calentamiento global: Historia de un descubrimiento. Spencer Weart. 2006. Ed. Laetoli

METODOLOGÍA

Aplicación de un modelo para caracterizar el análisis de la ventilación natural

Con los datos climatológicos de las distintas regiones bioclimáticas de la República Mexicana se procederá a encontrar la cantidad de horas de confort existentes en las principales ciudades del país. Con esta información se aplicará un modelo matemático para calcular un factor de ahorro, que al multiplicarlo por el consumo de energía eléctrica, se obtendrá el ahorro de electricidad que se tendrá por utilizar la ventilación natural en cada una de las ciudades.

Estudio de la ventilación natural en diferentes regiones de México

Se estudiará la factibilidad del uso de la ventilación natural como sistema pasivo de climatización en estas ciudades. Con esta información, se procederá a la construcción de un atlas de la ventilación natural que indique el potencial de ahorro de energía que se tendría por la inclusión de este sistema pasivo de climatización.

Beneficios múltiples de la ventilación natural

Se mostrarán los diferentes beneficios que se obtienen por el aprovechamiento de la ventilación natural en el país. Se hará un estimado de los beneficios energéticos, económicos y ambientales que se obtendría por el uso de este tipo de climatización pasiva.

CUERPO DEL DOCUMENTO

El trabajo se puede dividir en tres apartados:

- a) Introducción y concepto de ventilación natural para la climatización de edificios y su forma de aprovechamiento. Así como al uso del aire acondicionado y sus gastos implicados.
- b) Conocer la factibilidad de aplicación de la ventilación natural en la República Mexicana. En esta parte se incluirá el método, la evaluación y la graficación.
- c) Mostrar los múltiples beneficios que se tendrían al aplicar esta forma natural de climatización en México.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

La ventilación natural como método de climatización ha sido abordada desde los tratadistas de la antigüedad como Vitruvio y Palladio. Pero hace algunos años el uso de la ventilación natural se había visto relegado por la aparición de los sistemas artificiales de climatización y ventilación mecánica¹. Sin embargo, en la actualidad el uso de la ventilación natural está volviendo a figurar con gran importancia en el ámbito arquitectónico, el hombre se ha dado cuenta de los grandes beneficios de ventilar naturalmente en términos de salud, confort y bienestar; así también de los grandes ahorros energéticos y económicos que se consiguen al evitar o reducir la ventilación mecánica y los sistemas artificiales de acondicionamiento de aire.

Así, en los últimos años se ha incrementado el estudio de la ventilación natural con apoyo de herramientas como los programas computacionales, modelos a escala, tubos de viento, etc., para conocer más a fondo el comportamiento de la ventilación natural, y así tener un óptimo aprovechamiento.

Es por esto que se hace una clasificación de los diferentes tipos de antecedentes que hay en los análisis energéticos que existen en la evaluación experimental de la ventilación natural, la simulación hecha en este ámbito y en los modelos matemáticos para su análisis.

1.1. VENTILACIÓN NATURAL PARA LA CLIMATIZACIÓN

W. Servens (1949) habla de una necesidad de la ventilación para la climatización de un edificio, para la purificación del aire, para la eliminación de partículas no deseadas, etc. Esta es la primera mención del uso de la ventilación natural como método de climatización y se parte desde ese punto conceptual en este trabajo.

D. Croome-Gale (1975) introduce a estas necesidades las tasas mínimas de ventilación cuando la cantidad de personas que ocupan la habitación es conocida. En este trabajo se analizan las horas de confort por el método de Fanger (ver capítulo 3), que necesita un número de personas para su cálculo.

1.2. ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Ya Feng (2003) discute los resultados de eficiencia energética en el diseño térmico de edificios piloto en China en las temporadas de transición, aunque no toma en cuenta la posibilidad de utilizar la ventilación natural para el control del confort térmico. Este trabajo llevó a analizar más trabajos de las mismas características.

C. Simonson (2004) encuentra el ahorro de energía para dos casas distintas de Finlandia las cuales funcionan con dispositivos ecológicos. Utiliza la ventilación natural como un método de ventilación de bajo consumo energético y desarrolla un modelo matemático para encontrar el ahorro energético en diferentes tipos de casas. Pero lo hace aplicando un

¹ V. Fuentes, M. Rodríguez. (2004) Ventilación natural, cálculos básicos para arquitectura. Universidad Autónoma Metropolitana

modelo global de ahorro, que incluye, calefacción, cocción de alimentos, consumo de agua, iluminación, ventilación, etc. y que no se puede aplicar este modelo en forma particular para la ventilación natural.

K. Voss *et al.* (2006) realizan un análisis energético de edificios de oficinas en Alemania estudiando el impacto tanto de la ventilación natural como mecánica durante las noches, sin embargo, las condiciones a las que fueron desarrollados estos estudios corresponden a una parte del día, lo que no es posible en la realización de esta tesis, ya que se considera el aprovechamiento de la ventilación durante las 24 horas del día.

K. J. Lomas (2006) muestra tres diseños arquitectónicos en tres diferentes edificios que aprovechan al máximo la ventilación natural para el ahorro de energía. Encuentra los datos de temperatura en los edificios y calcula la energía ahorrada. Sin embargo, este estudio llevó periodos largos de tiempo y sistemas sofisticados de medición, de los cuales no se tienen acceso y resultan ser muy complicados en su aplicación.

E. Hatzidimoula *et al.* (2006) estudian el impacto de las pérdidas de calor en una habitación en forma teórica y práctica, pero sin tomar en cuenta la ventilación natural. Pero esto puede ser útil en este trabajo de tesis para definir las estrategias de confort térmico en los diferentes lugares a analizar.

F. J. Rey, (2006) cita: “Los sistemas de ventilación pueden representar entre el 20 y el 60% del gasto energético, en especial en el sector terciario, y esta proporción disminuye con la mejora del aislamiento de los edificios”. Aquí se consigue demostrar que también con la ventilación natural se pueden obtener ahorros significativos.

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

1.3. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA VENTILACIÓN NATURAL

E. Yarke *et al.* (2004) hacen un modelo a escala de un edificio y con la ayuda de un compresor vierte humo a la casa, observando el comportamiento con una cámara de video. Con este método se puede tener una idea más clara del comportamiento del aire en movimiento dentro de un espacio cerrado. Esto fue aprovechado en el capítulo 2 de este trabajo.

N. B. Kaye *et al.* (2006) construyen un modelo que permitirá encontrar la eficiencia de la ventilación natural en el nivel de un edificio. Sin embargo, no presentan los perfiles de temperatura que ocurren en ese nivel, lo que limita la posibilidad de saber si hay o no confort térmico.

K. Niachou *et al.* (2006) estudian experimentalmente el comportamiento de la ventilación mecánica, natural e híbrida en tres diferentes edificios de departamentos en la ciudad de Atenas. Entre los parámetros medidos están la velocidad del viento, la tasa de intercambio de aire y su eficiencia. No obstante, como en el caso anterior no se presenta un parámetro para demostrar si el intervalo de las temperaturas se encuentra dentro de la zona de bienestar térmico.

S. Chungloo *et al.* (2006) experimentan con chimeneas solares en un clima cálido-húmedo, encontrando parámetros como el coeficiente de descarga y las presiones del aire. Pero se destaca el hecho de que no hubo una comparación de condiciones térmicas entre diferentes tipos de clima, lo que es obligado para el estudio del ahorro energético debido a la ventilación natural. Este trabajo trata de incluir las mayores condiciones ambientales posibles.

C. Filippín *et al.* (2004) monitorearon el comportamiento de la ventilación natural en diferentes tipos de casas para la región argentina de La Pampa consistente en la medición de la temperatura y presión dentro y fuera de un edificio. Se podría hacer un estudio similar en el caso mexicano.

1.4. SIMULACIÓN

L. Puche *et al.* (2000) hacen la simulación dinámica de cuatro modelos a partir de tres torres de viento. En este trabajo no se analiza en demasía la simulación dinámica pero se toma en cuenta en el capítulo 2.

G. Evola *et al.* (2005) simulan diferentes tipos de ventilación en un edificio mediante técnicas computacionales de dinámica de fluidos obteniendo resultados muy cercanos a sus datos medidos. Con esto se puede extender este trabajo de tesis a un estudio más particular para un edificio en específico.

G. Gan (2005) simula la ventilación natural con chimeneas solares, encontrando las tasas de flujo y perfiles de velocidades del viento. Se tratará de proponer el uso de chimeneas solares en las ciudades de México.

M. El Mankibi *et al.* (2005) utilizan dos herramientas de simulación para estudiar tanto la ventilación natural como la ventilación mecánica. Además del comportamiento del fluido, se calcula la transferencia de calor y las concentraciones de CO₂ en el cuarto. Con estas concentraciones se calculará el beneficio ambiental en este trabajo.

C. M. Mak *et al.* (2006) plantean el uso de aleros en las ventanas para aprovechar la ventilación natural y no permitir que la radiación del sol entre a la habitación. Simulan en 2-D y 3-D el comportamiento de la ventilación en el edificio con diferentes ángulos para el alero y los comparan con los resultados que obtuvo Givoni. Estos sistemas pasivos serán tomados en cuenta en el análisis del capítulo 5.

C. C. K. Cheng *et al.* (2006) simulan la ventilación natural cruzada en un edificio de Hong Kong a diferentes ángulos de entrada. La ventilación cruzada será propuesta en los análisis de esta tesis.

G. Nell Harper (2001) habla de los Programas de Optimización de Edificios, que son programas computacionales que miden ciertos parámetros para satisfacer las necesidades del ocupante. Este tipo de parámetros serán propuestos más adelante.

A. Mokhart *et al.* (2000) simularon la ventilación cruzada en un edificio midiendo diferentes parámetros: velocidad y dirección del viento, la forma del edificio, la orientación

de las ventanas etc. Al plantear el uso de la ventilación forzada, se analizará su comportamiento y las condiciones para su óptimo desempeño.

W. K. Chow (2006) realiza una simulación de la ventilación a través de un programa computacional de mecánica de fluidos para el caso de un incendio en un edificio. Como se dijo anteriormente, con esto se puede extender este trabajo de tesis a un estudio más particular para un edificio en específico.

1.5. MODELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN NATURAL

A. Sharag-Eldin (2006) desarrolla un modelo matemático que simula el comportamiento del viento en la ventilación natural. Además, calcula las presiones con las que entra y sale el aire de la edificación. Este modelo será añadido a los métodos de simulación antes mencionados.

P. Karava *et al.* (2006) encuentran los coeficientes de presión interna y de descarga para un sistema de ventilación cruzada. Y al hacer una simulación de este sistema se encuentran los resultados que consiguieron anteriormente. Con este modelo se podrá comprobar la eficiencia de la ventilación cruzada.

1.6. ANTECEDENTES EN MÉXICO

J. R. García-Chávez *et al.* (1995) publican el libro *Viento y Arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico*, mostrando las diferentes maneras de aprovechar la ventilación natural para conseguir un confort térmico. De aquí se sacan algunas ideas del uso de la ventilación natural de edificios para esta tesis.

V. A. Fuentes-Freixanet *et al.* (2004) publican el libro *Ventilación natural: Cálculos básicos para arquitectura*, en donde se retoma el tema de la ventilación natural como un sistema pasivo de climatización. En este libro se muestra la misma idea de la factibilidad de la ventilación natural en algunas ciudades del país.

1.7. CONCLUSIÓN DE LOS ANTECEDENTES

Por lo reseñado anteriormente, se concluye que el estudio de la ventilación natural está muy avanzado, tanto en la evaluación de modelos experimentales como en la simulación computacional. Sin embargo, se puede ver también que los estudios que se han hecho corresponden a la estimación de ahorro de energía sin tomar en cuenta el confort o a una simple simulación que muestra el comportamiento del viento en el edificio. Y no se presenta un caso en el que se dé el cálculo del ahorro energético al utilizar la ventilación natural como sistema de climatización en vez de los sistemas de aire acondicionado o de ventilación mecánica. Además, no se tiene registrado ningún cálculo que estime el potencial de la ventilación natural en México ni en ningún otro lugar.

Es por eso que se llega a la conclusión de que este trabajo podría ser útil para el análisis cuantitativo del potencial de la climatización con ventilación natural en edificios para el ahorro de energía en diferentes regiones de México.

CAPÍTULO 2

LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS

2.1. VENTILACIÓN NATURAL

Ventilación es el proceso de suministrar aire, natural o acondicionado y removerlo de cualquier espacio por cualquier método. Este proceso puede darse de tres maneras: por ventilación natural, por infiltración o por ventilación forzada.

La ventilación natural se refiere al intercambio de aire que se da de manera intencional a través de las aberturas de los espacios, ya sean puertas, ventanas, vanos, tiros, etc. La ventilación natural puede ser originada por dos causas: por presiones debidas al viento y por diferencias de temperatura; por lo tanto, entre el exterior y el interior. Ambas fuerzas pueden actuar de manera independiente o combinada.

La infiltración se refiere al intercambio de aire que se da de manera no controlada y no intencional a través de las aberturas, fisuras o ranuras de la edificación. Al igual que la ventilación natural, la infiltración puede ser provocada por presiones de viento o por diferencias térmicas. A pesar de que la infiltración no es controlada y por lo tanto poco confiable es una fuente de ventilación importante en las edificaciones, sobre todo en aquellas localidades donde, por su clima no se pone atención a los sellos, trampas o esclusas contra la infiltración del aire.

La ventilación forzada es aquella que utiliza sistemas mecánicos para lograr el movimiento de aire. Desde luego este tipo de ventilación es sobre la cual se tiene más control, tanto en el flujo de intercambio de aire, su distribución y acondicionamiento artificial. Sin embargo es el menos recomendable desde el punto de vista de la salud, bienestar y confort de los ocupantes, así como por su alto consumo energético.

Así, la ventilación natural podría solucionar los dos grandes objetivos de la ventilación: la renovación del aire y usarla como sistema de climatización. Este trabajo se enfoca en el segundo objetivo.

2.1.1. Comportamiento del viento

Para empezar a hablar del comportamiento de la ventilación natural se debe de comenzar con el comportamiento del viento, tanto afuera como en el interior del edificio a analizar. Las principales características del viento que se deben de considerar en cualquier estudio de ventilación son:

- Dirección
- Frecuencia de direcciones
- Velocidad (Perfiles de velocidad espacial y temporal)
- Turbulencia y ráfaga

Los tres primeros factores pueden ser encontrados de forma cuantitativa. Mientras que las turbulencias y las ráfagas deberán de medirse solamente de forma cualitativa.

2.1.2. Aprovechamiento de la ventilación natural en los edificios

Una adecuada ventilación requiere al menos dos aberturas efectivas en cada ambiente, en las cuales el viento fluya de una abertura a la otra. (Ventilación cruzada).

Las configuraciones más comunes se detallan en la figura 2.1.2.1.: aberturas en paredes adyacentes y aberturas en paredes opuestas. Cuando el ambiente posee una sola pared exterior, lo adecuado es diseñar dos ventanas en vez de una grande; para mejorar la ventilación se recomienda instalar una pared pantalla o deflectora del aire entre las dos ventanas.

Las configuraciones escalonadas de los espacios y el uso de paredes sobresalientes en fachadas pueden favorecer la circulación del aire en los ambientes interiores.

Los ambientes caracterizados por producción interna de calor y humedad, tales como cocinas, lavaderos y salas de baño, deben estar bien ventilados y ubicados aguas abajo del flujo de viento; de esta manera se evitará que el aire húmedo y caliente, además de los olores, penetren a otros ambientes. En la figura 2.1.2.1., el diseño de los espacios permite que el calor fluya desde la cocina y la sala hacia el exterior.

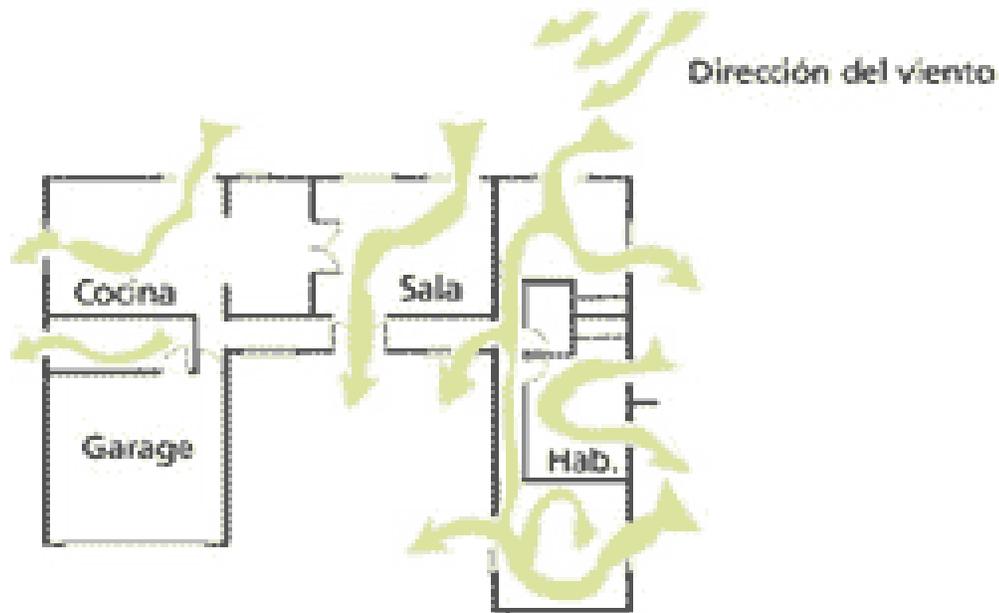


Figura 2.1.2.1. Ubicación adecuada de los espacios para aprovechar la ventilación cruzada

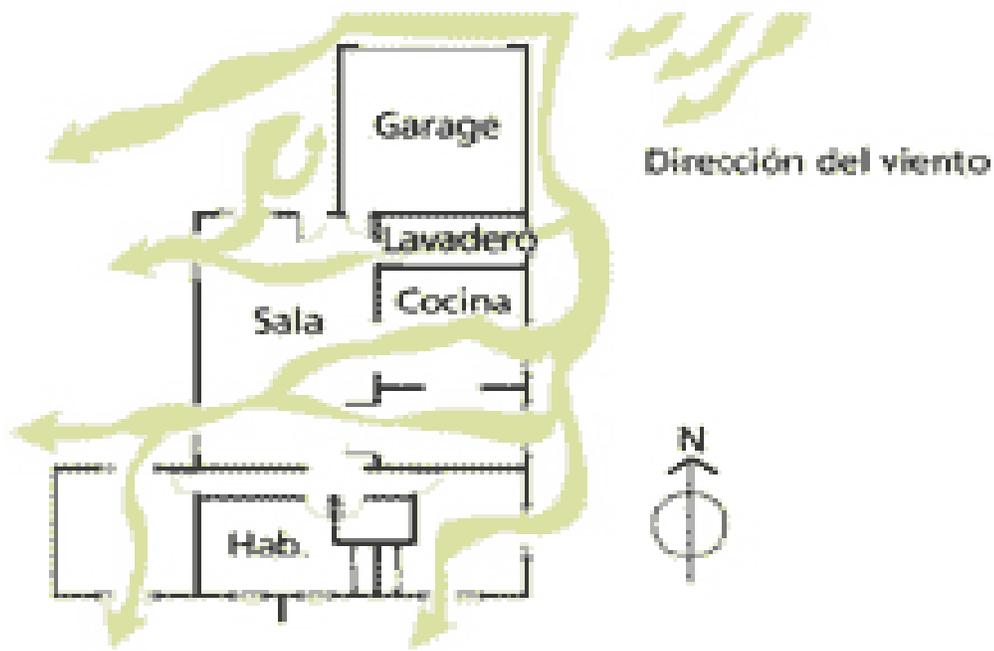


Figura 2.1.2.2. *Diseño inadecuado para la ventilación cruzada*

En la figura 2.1.2.2, la ubicación del garaje bloquea la incidencia del viento y la ubicación del área de servicio provoca que el calor y vapores producidos en la cocina y el lavadero se trasladen a otros ambientes.

La configuración de la figura 2.1.2.2 produce mayor turbulencia y un mejoramiento de 20% en el flujo de aire, en relación con la otra con la fachada perpendicular a la dirección del viento.

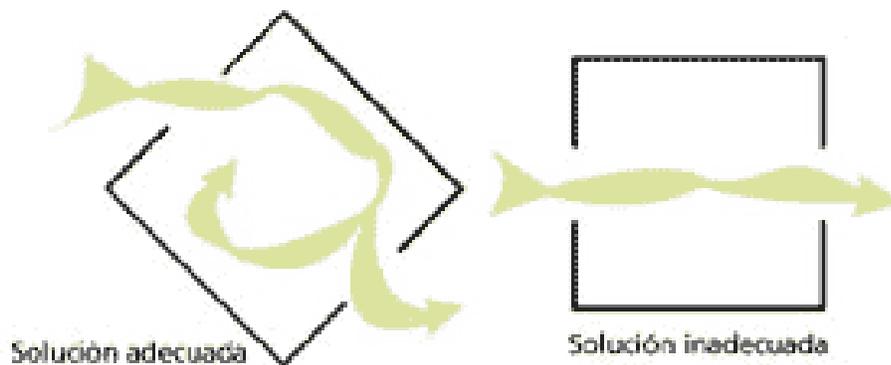


Figura 2.1.2.3. *Orientación adecuada de las fachadas en relación a la dirección del viento*

La ventilación natural es óptima cuando el área de la abertura de entrada es ligeramente más pequeña que la correspondiente a la abertura de salida. En estos casos se considera que la proporción correcta es 1:1.25. (Fuente: Edwards, J. (1999) Field Guide for Energy Performance, Confort and Value in Hawaii)

La ventilación es eficaz cuando hay un mayor recorrido del aire dentro del espacio antes de salir, puede lograrse ubicando las aberturas en los puntos más distantes entre sí, expresados en una

diagonal. En la figura 2.1.2.4.se presenta el caso de un ambiente de planta cuadrada.

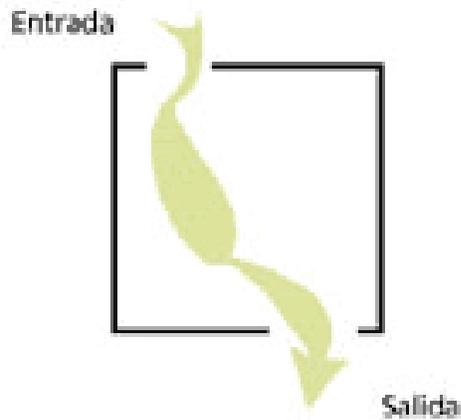


Figura 2.1.2.4. Dimensión de la abertura de entrada en relación a la de salida

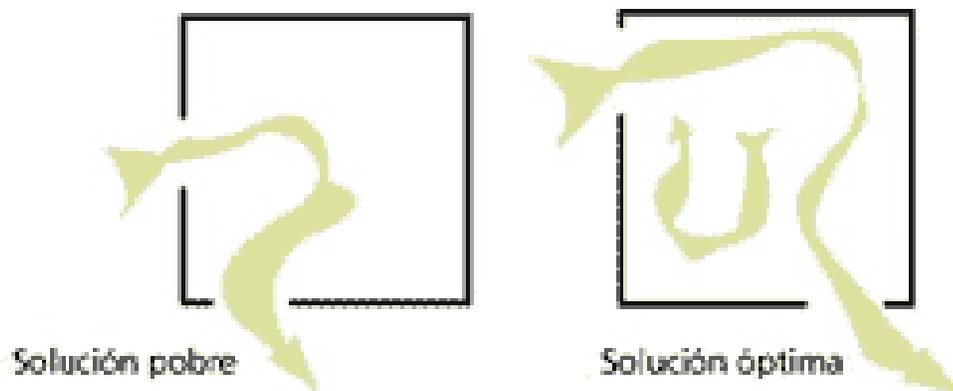


Figura 2.1.2.5. Aberturas ubicadas en paredes adyacentes

Cuando un espacio no se puede dotar de ventilación cruzada es aconsejable colocar dos ventanas en una misma pared. Las ventanas batientes son convenientes en estos casos, pues la hoja de vidrio actúa como una pantalla o deflector que impulsa el flujo de aire hacia el interior del ambiente. También es recomendable el uso de una pared deflectora o pantalla exterior ubicada entre las ventanas. Para una solución óptima se deben ubicar las dos ventanas lo más distantes entre sí sobre la misma pared y hacer sobresalir dos paredes deflectoras (que pueden servir adicionalmente como parasoles), tal como se muestra en la figura 2.1.2.6.

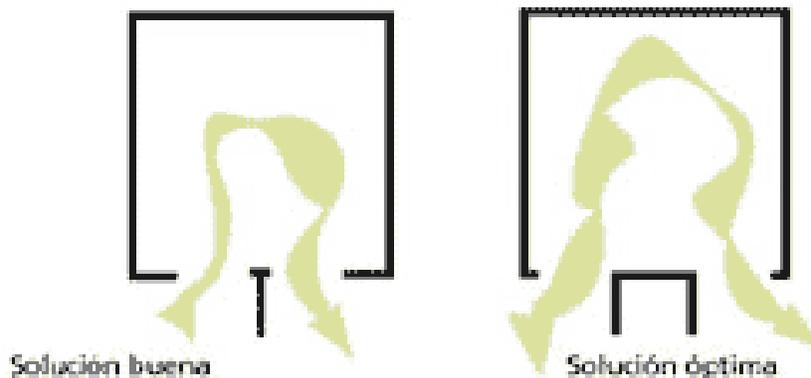


Figura 2.1.2.6 Aberturas ubicadas en una misma pared

Es importante asegurar que los ocupantes de un espacio disfruten del movimiento del aire y de los intercambios de calor que se generan entre la piel y aire en renovación.

La altura de ubicación de la abertura de entrada del aire influye directamente en el patrón de flujo del mismo, mientras que la ubicación de las aberturas de salida no afecta significativamente el comportamiento del aire.

Las aberturas de entrada ubicadas a mucha altura producen un movimiento del aire muy por encima del nivel del cuerpo de los usuarios. Este efecto no puede corregirse aún cuando la abertura de salida se coloque a baja altura (figura 2.1.2.7.)

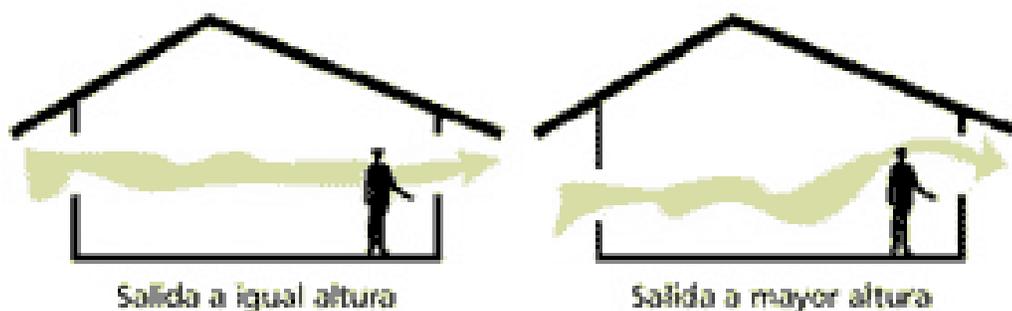


Figura 2.1.2.7. Altura de ubicación adecuada de las aberturas



Figura 2.1.2.8. Patrón de flujo del aire según la altura de ubicación de las ventanas

La altura adecuada para ubicar ventanas o aberturas dependerá de las actividades dentro del ambiente. Por ejemplo, las aberturas en niveles bajos funcionan mejor en dormitorios y en aulas de estudio.

Los parasoles de las ventanas pueden emplearse para dirigir y aumentar la circulación del aire hacia el interior de los ambientes. Los parasoles horizontales separados de la pared constituyen una mejor solución, pues el aire que penetra por la separación empuja el flujo del aire a nivel de los ocupantes, debido a la diferencia de presión. (Fuente: Riveri, H. (1998)Guide sur la

climatisation naturelle de l'habitat.)

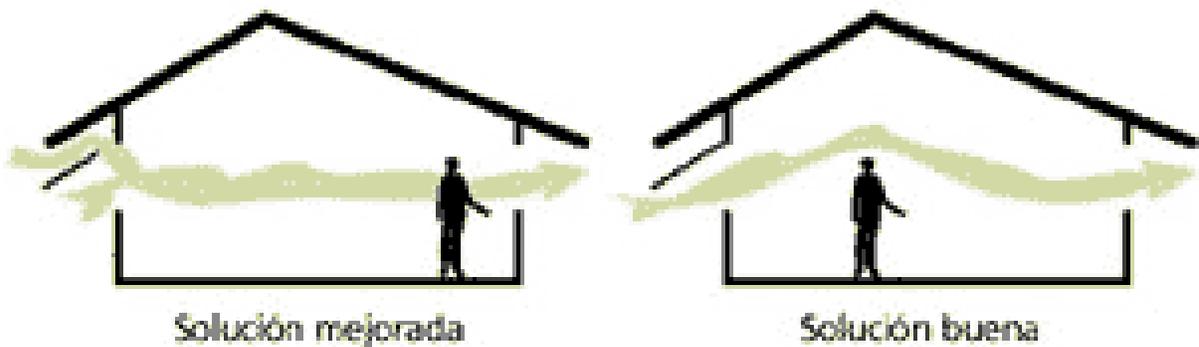


Figura 2.1.2.9. Uso de parasoles para dirigir la ventilación natural en el interior de los espacios

Con la integración de ambientes afines y/o la utilización de ambientes colectivos con tendencias a plantas abiertas, separadas por mobiliario o con un número mínimo de divisiones interiores se obtendrán mejores resultados. Así mejorará la circulación del aire a través de los espacios y se obtendrá un mejor aprovechamiento de la iluminación natural y artificial.

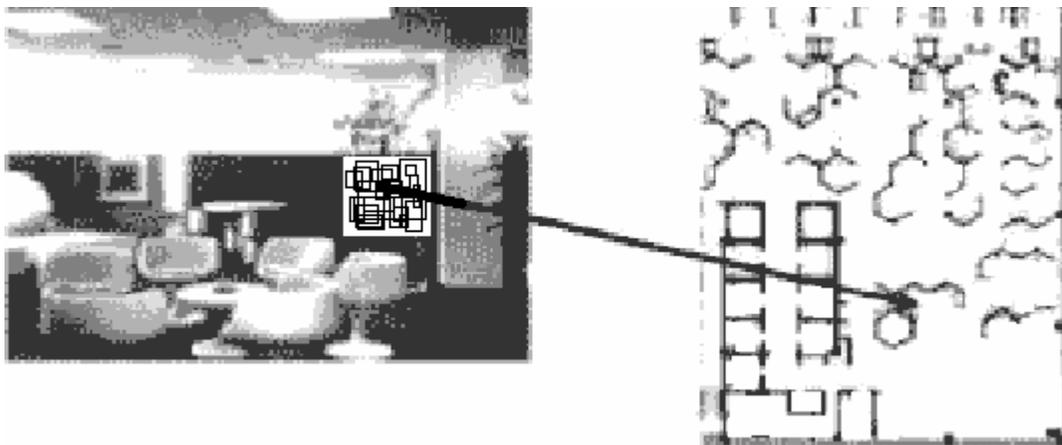


Figura 2.1.2.10. Ejemplo de oficinas de planta abierta, separadas por mobiliario y/o tabiques interiores a media altura

Las romanillas, celosías, bloques de ventilación, persianas y otros componentes permeables al aire utilizados en cerramientos, puertas o ventanas, permiten la libre circulación de éste y mantienen al mismo tiempo la privacidad visual.

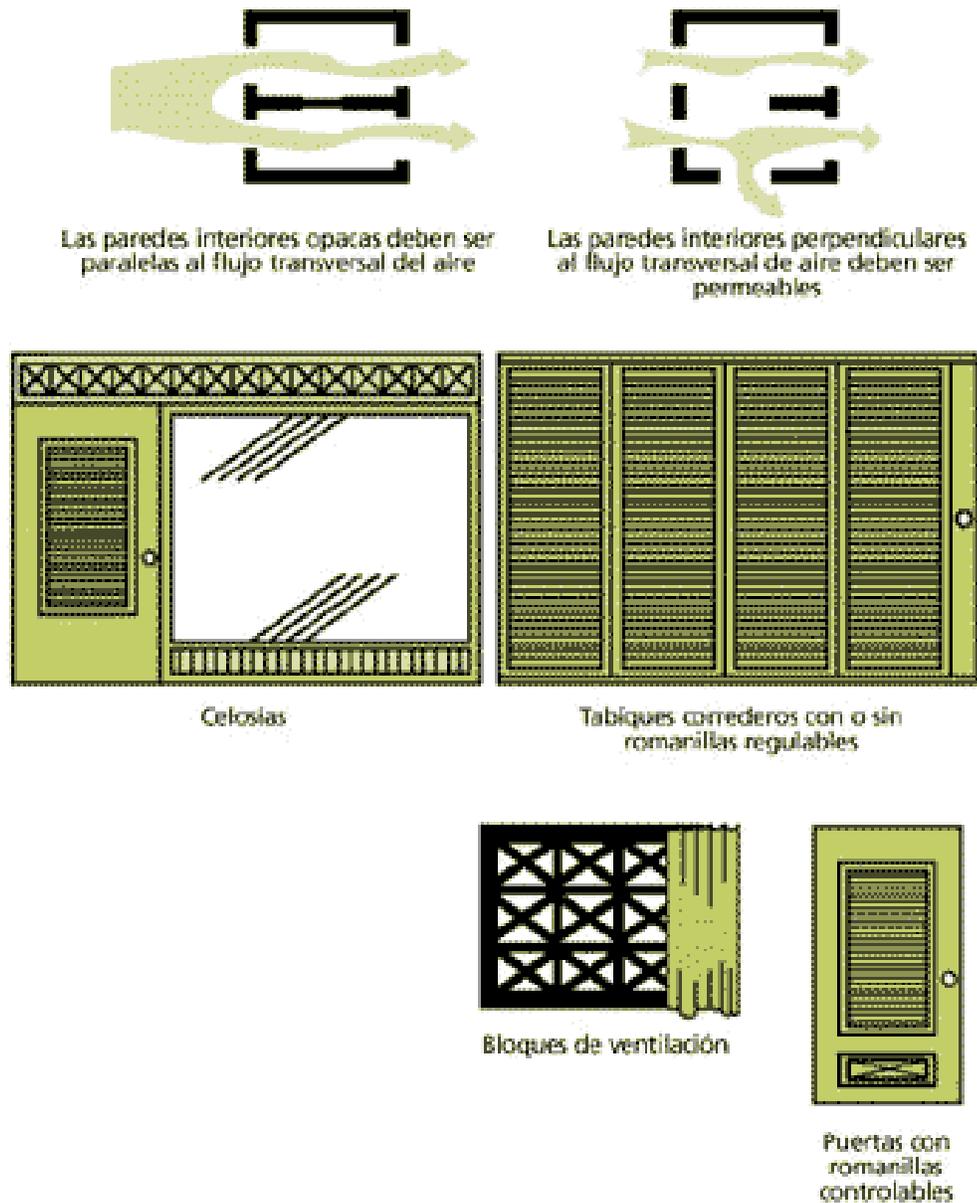


Figura 2.1.2.11. Cerramientos permeables para ambientes interiores

Aún cuando la edificación sea diseñada para acondicionamiento pasivo, los ventiladores constituyen una alternativa a la ventilación natural en períodos de ausencia de vientos o cuando la lluvia impide mantener las ventanas abiertas.

Los ventiladores actúan aumentando el movimiento del aire dentro de un ambiente y contribuyen a expulsar calor y humedad desde el interior.

Con un buen diseño, los ventiladores pueden ayudar a alcanzar los niveles de confort térmico; se estima una velocidad máxima de 7,5 metros por segundo.

Esta solución es económica en dinero y energía en relación con los sistemas de aire acondicionado, además de ser menos contaminante.

2.2. AIRE ACONDICIONADO

2.2.1. Cálculo de cargas

Para un diseño correcto del sistema es fundamental proceder a un preciso y correcto cálculo de cargas térmicas. Si la instalación está subdimensionada no cumplirá con su función acondicionadora, pero si está sobredimensionada se incrementarán notablemente los gastos de instalación y de explotación energética, ya que en cualquier equipo al trabajar a potencia parcial se empeora su rendimiento. Los métodos de cálculo de cargas más precisos se basan en las simulaciones energéticas. El empleo de simuladores permitirá obtener una estimación de cargas muy precisa e interactuar con el diseño del edificio y de la instalación.

Los sistemas de aire acondicionado son fundamentalmente cuatro:

1. *Sistema monobloque de ventana (o acondicionador de ventana)*: Se trata de un aparato compacto que se instala en el hueco de una ventana o en una pared.
 - Asegura la ventilación del local, ya que insufla aire fresco al interior y renueva el aire viciado.
 - Es de los más ruidosos, aunque algunos de sus últimos modelos anuncian un bajo nivel sonoro.
2. *Sistema monobloque móvil (o acondicionador móvil)*. Es un aparato compacto que extrae el calor expulsando el aire caliente hacia el exterior a través de un tubo flexible.
 - Lleva ruedas y puede desplazarse, aunque su movilidad depende de la longitud del tubo.
 - Asegura la ventilación del local; a veces, excesivamente.
3. *Sistema Split Móvil (o acondicionador Split)*: es un aparato compuesto por dos unidades, una exterior y otra interior, conectadas mediante un tubo flexible.
 - Lleva ruedas y puede desplazarse, aunque su movilidad depende de la longitud del tubo y del peso.
 - Es ruidoso porque el compresor está en la unidad interior.
 - No asegura la renovación del aire del local o habitación.
 - La ventana tiene que permanecer abierta para dejar paso al tubo flexible, lo que hace que se pierda parte de los beneficios de la refrigeración.
 - Sus modelos son los que ocupan menos espacio en catálogos y tiendas.
4. *Sistema Split Fijo (o acondicionador Split 1x1, doble (2x1) y 3 o más x 1, Split múltiple)*, es un aparato compuesto por una unidad exterior y una o varias unidades interiores (MultiSplit, se llaman estos últimos), conectadas mediante un tubo y que pueden instalarse en el techo o en la pared, según el modelo.
 - No asegura la renovación del aire local.
 - Es silencioso en el interior, ya que el compresor está en la unidad exterior.
 - La diferencia de precios depende del número de unidades interiores que el usuario desee incorporar a su hogar. También influye si la bomba de calor se encuentra, o no, incorporada.

- El acondicionador Split Fijo, con una, dos o más unidades interiores, es el más demandado del mercado, debido a su excelente rendimiento. Los precios varían mucho.

Lo más importante es saber si el aparato de aire acondicionado que se va a adquirir se adecua a las características del edificio. Es decir, se deberá tener muy en cuenta si las frigorías (1 kilocaloría negativa) que aporta en el proceso de refrigeración son las que necesita la habitación. Para ello, existe una tabla de cálculo que relaciona la extensión de la habitación, la orientación de las ventanas y la potencia necesaria para enfriar el espacio.

2.2.2. Consumo de energía

Como bien se sabe, el consumo energético por utilizar aire acondicionado es muy alto, y trae como consecuencias alto costo económico y altas consecuencias ambientales.

Si lo que se desea calcular es el consumo del aire acondicionado, se debe tener en cuenta que un aparato debe estar funcionando un determinado número de horas diarias y que cada modelo de aire acondicionado tiene su consumo energético particular.

Ejemplo 1. Un aparato que esté funcionando durante 10 horas y que demande 2 kW, arrojará un total de 20 kWh diarios (2 kW x 10 h). Sabiendo que el precio del kWh doméstico es aproximadamente de 1 peso (incluido IVA), un día de funcionamiento del aire acondicionado costará $20 \text{ kWh} \times 1 \text{ \$/kWh} = 20$ pesos diarios.

Ejemplo 2. Para refrigerar un local se piensa emplear un aparato con una potencia de 2.4 kW. El local funcionará durante 8 horas diarias, así que la demanda será de 19.2 kWh diarios (2.4 kW x 8 h). Sabiendo que el precio del kWh comercial es aproximadamente de 2 pesos (incluido IVA), un día de funcionamiento del aire acondicionado costará $19.2 \text{ kWh} \times 2 \text{ \$/kWh} = 38.4$ pesos diarios.

2.2.3. Consumo de aire acondicionado en México

2.2.3.1. Sector residencial

La gráfica siguiente muestra los porcentajes de consumo promedio de energía -electricidad y gas- en un hogar con climatización -calefacción y aire acondicionado- y en la cual observamos que a éstos corresponde el 44%; a iluminación y aparatos electrodomésticos, el 33%; al refrigerador, el 14%; y al calentador de agua y estufa el 9%.

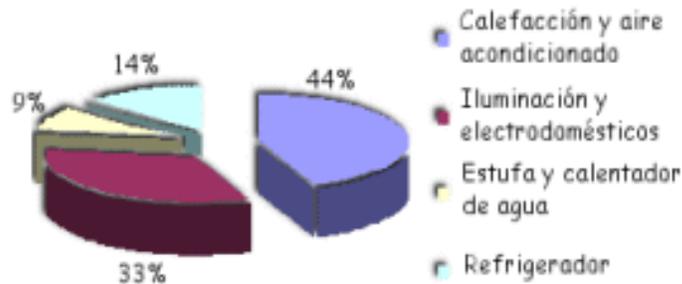


Figura 2.2.3.1. Consumo de gas y electricidad en un hogar climatizado. (Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía)

Así pues, de este cuarenta y cuatro por ciento, el ocho por ciento corresponde al consumo de combustibles utilizados para la calefacción del hogar; mientras que el treinta y seis por ciento restante es el consumo de electricidad por concepto de aire acondicionado. Pero como no todos los hogares de México están climatizados artificialmente, se encuentra que en el total de la energía eléctrica consumida en el sector residencial, el 17 % corresponde al uso de aire acondicionado.

2.2.3.2. Sector comercial

Como se aprecia en la figura, del 100% de electricidad del país, 7% se va al sector comercial, y 2% del total de electricidad de México corresponde al consumo de aire acondicionado del sector comercial, es decir, 28% del consumo total en el sector residencial.

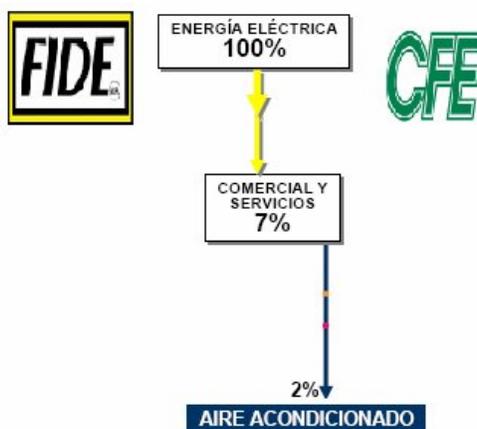


Figura 2.2.3.2. Consumo electricidad en el sector comercial. (Fuente: FIDE y CFE)

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Obtención de las horas de confort para las ciudades de México

Para obtener las zonas de confort en las diferentes ciudades de la República Mexicana se propusieron dos métodos.

3.1.1.1. Índice PMV

El índice *Predicted Mean Vote* (PMV) propuesto por Fanger (1970). Para calcular lo que él denomina PMV, brinda una estimación en una escala psicofísica de la sensación de confort que experimentará un grupo grande de personas, teniendo en cuenta esencialmente los valores de temperatura ambiente, velocidad y humedad del aire, incidencia de la temperatura media radiante, valor de la vestimenta que porte el individuo, medida en clo (factor de arropamiento), y además la actividad que esté desarrollando, medida en W/m^2 . Tal como se indica en la ecuación 1.

$$PMV = \left(0.352e^{0.042 \frac{M}{Adu}} + 0.032 \right) \cdot \left[\begin{aligned} & \left(\frac{M}{Adu} (1-n) - 0.35 \right) \left(43 - 0.061 \frac{M}{Adu} (1-n) - pa \right) - \\ & 0.42 \left(\frac{M}{Adu} (1-n) - 50 \right) - 0.0023 \frac{M}{Adu} (44 - pa) - \\ & 0.0014 \left(\frac{M}{Adu} (34 - ta) \right) - \left(\frac{3.4(10^{-8}) fcl (tcl + 273)^4}{(trm + 273)^4} \right) - \\ & fcl \left[2.05 \left(\frac{rc}{ta} \right)^{0.25} \right] (tcl - ta) \end{aligned} \right] \dots (1)$$

donde

M/Adu	Razón metabólica entre el área de Du Bois (W/m^2)
n	Eficiencia mecánica externa del cuerpo (%)
Pa	Presión de vapor (Pa)
Ta	Temperatura ambiente (K)
fcl	Relación entre las áreas de superficie del cuerpo vestida y desnuda (%)
tcl	Temperatura exterior de la ropa (K)
trm	Temperatura media radiante (K)
hc	Coefficiente convectivo de transferencia de calor ($W/m^2 K$)

El índice PMV es adimensional, se basa en la ecuación de balance de energía del cuerpo humano. Establece una relación entre la sensación subjetiva de un grupo grande de personas como función de la actividad (en W/m²), resistencia de la ropa (en clo⁴), temperatura del aire, temperatura media radiante, velocidad del viento y humedad atmosférica.

La escala de sensación térmica consiste de siete puntos, como se muestra en la siguiente tabla. El valor cero indica que una sensación neutra (ausencia de discomfort); valores positivos, sensación de calor y, valores negativos, sensación de frío.

PMV	Sensación térmica
> 2.5	Bochorno
1.5 – 2.5	Cálido
0.5 – 1.5	Cálido ligero
-0.5 – 0.5	Neutral
-1.5 – -0.5	Fresco ligero
-2.5 – -1.5	Fresco
< -2.5	Frío

Tabla 3.1.1.1. Valores de sensación térmica basado sobre el índice PMV de Fanger.

3.1.1.2. Índice PET

El índice *Physiological Equivalent Temperature* (PET), está basado en el Modelo de Balance de Energía para individuos en Munich –MEMI- propuesto por Höpe (1984), el cuál modela las condiciones térmicas del cuerpo humano de una manera fisiológica. El PET es definido como la temperatura fisiológica equivalente (en interiores o exteriores) a la temperatura en un ambiente en el cual se mantiene el balance de calor del cuerpo humano, con una actividad ligera de 80 W y una resistencia térmica de la ropa de 0.9 clo. Se considera el balance de energía para el cuerpo humano.

$$M + W + R + C + E_D + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0 \dots \dots \dots (2)$$

donde

- M Tasa metabólica (W)
- W Salida física del trabajo (W)
- R Radiación neta del cuerpo (%)
- C Flujo convectivo de calor (W/h)
- E_d Flujo de calor latente por evapotranspiración (W/h)
- E_{Re} Flujos de calor por calentamiento y humidificación del aire inspirado (W/h)
- E_{Sw} Flujo de calor debido a la evaporación del sudor (W/h)
- S Almacenaje de calor por calentar o enfriar el cuerpo (W/K)

Del modelo MIME también se sabe que:

⁴ Unidad de aislamiento térmico con el cual una persona sedentaria puede mantenerse en confort

$$F_{sc} = \frac{1}{I_{cl}} (T_{sk} - T_{cl}) \dots \dots \dots (3)$$

donde

- F_{sc} Flujo de calor desde la superficie de la piel a través de la capa de la ropa hasta la superficie exterior de esta (W/h)
- I_{cl} Resistencia térmica de la ropa ($m^2 K/W$)
- T_{sk} Temperatura media de la piel (K)
- T_{cl} Temperatura media de la superficie de la ropa (K)

De esta manera, para proceder a calcular el índice PET se tiene que hacer el cálculo de las condiciones térmicas del cuerpo con MEMI para una combinación dada de los parámetros meteorológicos. Después, se insertan los valores calculados para temperatura media de la piel y temperatura base dentro del modelo MEMI y se resuelve el sistema de ecuaciones (2) y (3). La temperatura de aire resultante es el índice PET.

Si se considera que no hay almacenaje calor por calentamiento o enfriamiento del cuerpo, así como la suma de los flujos de calor por calentamiento y humidificación del aire inspirado, el índice PET sería la T_a de la ecuación:

$$\varepsilon\sigma A(T_{sk}^4 - T_a^4) + h_c A(T_{sk} - T_a) + 0.0173M(P_a - 5.87) = \frac{1}{I_{cl}} (T_{sk} - T_{cl}) \dots \dots \dots (4)$$

donde

- ε Emisividad cutánea (0.97)
- σ Constante de Stefan-Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$)
- A Área de la piel de contacto (m^2)
- P_a Presión del vapor de agua (12 hPa)

Como se aprecia en la ecuación, se debe de resolver el sistema por un método numérico o gráfico. Y después, el valor dado de la temperatura indicará el intervalo de confort térmico requerido en consideración a los ocupantes.

Así pues, las escalas de sensaciones térmicas asociadas con los índices de PMV y PET son diferentes. Sin embargo Matzarakis y Mayer (1998) hacen una relación de intervalos para las dos escalas. En general, los índices de enfoque analítico requieren de variables de entrada que no son medibles de manera rutinaria, además de requerir mediciones precisas de flujos de radiación directa o indirecta que recibe el hombre en el exterior, por lo que dificulta la evaluación del bioclima humano.

Es por esta razón y por que el método PET requiere variables muy específicas (y muy complejas) del cuerpo humano y la región a analizar, así como por su ambigüedad en términos de análisis, que se optó por el índice PMV para encontrar las horas en confort térmico para las cuarenta y tres zonas que se mostrarán en el siguiente capítulo. Pero podría quedar la posibilidad de hacer un trabajo de investigación posterior con el método PET.

3.1.2. Caracterización de un modelo que indique el comportamiento energético de la ventilación natural dentro de un edificio

3.1.2.1. Obtención del factor de ahorro energético con la ventilación natural

De acuerdo con la reglamentación para el etiquetado de nivel de eficiencia energética de edificios en Brasil propuesta por Lamberts (2006), se tiene un modelo matemático que indica cuál es el nivel de eficiencia energética dentro de un edificio:

$$P = 0.30 \cdot (EqNumDPI) + \frac{0.40 \cdot \left\{ EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} + \left[\left(1 - \frac{AC}{AU} \right) \cdot 5 \right] \right\}}{0.30 \cdot \left\{ EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} + \left[\left(1 - \frac{AC}{AU} \right) \cdot 5 \right] \right\}} \dots\dots\dots (5)$$

donde

- P* Factor de ahorro energético debido al uso de la ventilación natural
- EqNum* Equivalente Numérico para los niveles de eficiencia: A = 5, B = 4, C = 3, D = 2, E = 1
- AC/AU* Relación de horas en confort con y sin aire acondicionado

En donde la parte subrayada es la que corresponde al rubro de la climatización del aire. De esta manera se evalúa solamente esta parte sin tomar en cuenta un equivalente numérico para los niveles de eficiencia ya que estos tienen que ser evaluados exclusivamente para cada edificio en particular.

El factor denominado AC/AU tendrá un valor desde 0, cuando el edificio está totalmente ventilado naturalmente, hasta 1, cuando el edificio estará totalmente climatizado. De esta manera, con la ayuda de la cantidad de horas en confort que se encontraron para las ciudades de la República Mexicana a analizar se encuentra un factor de ahorro de energía en los sistemas artificiales para la climatización del aire, denominado P, para las ciudades antes mencionadas en los diferentes meses del año.

Este factor será multiplicado por el consumo de energía en concepto de aire acondicionado, expresado en kWh, y se obtendrá el ahorro obtenido.

$$p \cdot consumo(kWh) = ahorro.de.energía(kWh) \dots\dots\dots (6)$$

$$consumo.con.ahorro(kWh) = consumo(kWh) - ahorro.de.energía(kWh) \dots\dots\dots (7)$$

Así, se muestran los siguientes resultados que corresponden a las horas en confort térmico para cada hora en cada mes de cada ciudad (H), y el factor de de ahorro de energía correspondiente (P).

La metodología de obtención de las horas de confort se explica en el anexo 2.

Como un ejemplo comparativo, se propone la ciudad de Culiacán, Sinaloa. Ciudad analizada en una tesis anterior. Aquí, las horas de confort (H confort) encontradas para los 12 meses del año se muestran a continuación.

	Estudio previo ⁵	Estudio en esta tesis
Enero	6	6
Febrero	4	5
Marzo	5	3
Abril	4	3
Mayo	6	4
Junio	8	8
Julio	9	12
Agosto	9	12
Septiembre	11	12
Octubre	6	7
Noviembre	4	6
Diciembre	5	5

Cuadro 3.1.2.1. Comparación de los resultados obtenidos para horas de confort en Culiacán, Sinaloa

Por utilizar métodos diferentes para encontrar las horas de confort, se considera que el estudio hecho en este trabajo puede ser válido para encontrar el factor de ahorro por utilizar la ventilación natural, P.

Tomando como ejemplo el mes de marzo en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, se tiene que existen 3 horas de confort diarias. Por lo que aplicando la ecuación de Lambert se obtiene el siguiente factor.

$$P = \frac{\left(1 - \frac{3}{24}\right) + \left\{ \left[1 - \left(1 - \frac{3}{24}\right)\right] \cdot 5 \right\}}{10} = 0.150$$

Así, sucesivamente, se encontrarán todos los factores P para las 43 principales ciudades de la durante todos los meses del año.

Los resultados se muestran en los cuadros 3.1.2.1.1., 3.1.2.1.2. y 3.1.2.1.3.

⁵ Análisis cuantitativo de comportamiento térmico de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco. Carlos Alejandro Carrasco Cota. Maestría en Ingeniería. UNAM 2005

3.1.2.1. Resultados del uso del modelo analítico para la calificación de edificios

Ciudad	Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	H confort	P						
Acapulco, Gro.	11	0.283	10	0.267	11	0.283	14	0.333
Aguascalientes, Ags.	5	0.183	7	0.217	5	0.183	5	0.183
Campeche, Camp.	9	0.250	9	0.250	8	0.233	10	0.267
Cancún, Q. Roo.	10	0.267	10	0.267	8	0.233	8	0.233
Chetumal, Q. Roo.	7	0.217	7	0.217	11	0.283	12	0.300
Chihuahua, Chih.	1	0.117	4	0.167	6	0.200	5	0.183
Chilpancingo, Gro.	6	0.200	6	0.200	6	0.200	4	0.167
Ajusco, Tlalpan, DF	0	0.100	0	0.100	2	0.133	3	0.150
Iztacalco, DF	7	0.217	7	0.217	4	0.167	4	0.167
Mixcoac, DF	5	0.183	5	0.183	8	0.233	8	0.233
Ciudad Juárez, Chih.	0	0.100	0	0.100	4	0.167	4	0.167
Ciudad Obregón, Son.	6	0.200	6	0.200	4	0.167	4	0.167
Ciudad Victoria, Tmps.	8	0.233	7	0.217	7	0.217	7	0.217
Colima, Col.	5	0.183	4	0.167	4	0.167	5	0.183
Cuernavaca, Mor.	8	0.233	8	0.233	6	0.200	5	0.183
Culiacán, Sin.	6	0.200	5	0.183	3	0.150	3	0.150
Durango, Dgo.	3	0.150	4	0.167	6	0.200	6	0.200
Guadalajara, Jal.	8	0.233	5	0.183	6	0.200	4	0.167
Guanajuato, Gto.	5	0.183	7	0.217	8	0.233	6	0.200
Hermosillo, Son.	6	0.200	7	0.217	5	0.183	5	0.183
La Paz, BCS	8	0.233	9	0.250	5	0.183	5	0.183
León, Gto.	7	0.217	7	0.217	5	0.183	5	0.183
Manzanillo, Col.	17	0.383	10	0.267	9	0.250	11	0.283
Mazatlán, Sin.	8	0.233	8	0.233	8	0.233	11	0.283
Mérida, Yuc.	8	0.233	7	0.217	6	0.200	8	0.233
Mexicali, BC	3	0.150	6	0.200	7	0.217	4	0.167
Monterrey, NL	3	0.150	6	0.200	8	0.233	6	0.200
Morelia, Mich.	5	0.183	5	0.183	5	0.183	4	0.167
Oaxaca, Oax.	5	0.183	4	0.167	4	0.167	4	0.167
Pachuca, Hgo.	0	0.100	3	0.150	6	0.200	7	0.217
Puebla, Pue.	6	0.200	6	0.200	7	0.217	6	0.200
Querétaro, Qro.	7	0.217	7	0.217	4	0.167	6	0.200
Saltillo, Coah.	4	0.167	5	0.183	6	0.200	6	0.200
San Luis Potosí, SLP	5	0.183	7	0.217	5	0.183	5	0.183
Tampico, Tmps.	7	0.217	8	0.233	11	0.283	10	0.267
Tepic, Nay.	7	0.217	6	0.200	4	0.167	5	0.183
Tijuana, BC	3	0.150	3	0.150	3	0.150	6	0.200
Tlaxcala, Tlax.	5	0.183	5	0.183	6	0.200	5	0.183
Toluca, Mex.	2	0.133	4	0.167	6	0.200	7	0.217
Torreón, Coah.	3	0.150	4	0.167	7	0.217	5	0.183
Tuxtla Gutiérrez, Chis.	4	0.167	4	0.167	4	0.167	5	0.183
Veracruz, Ver.	11	0.283	11	0.283	15	0.350	19	0.417
Villahermosa, Tab.	8	0.233	8	0.233	7	0.217	9	0.250
Xalapa, Ver.	0	0.100	3	0.150	8	0.233	10	0.267
Zacatecas, Zac.	4	0.167	5	0.183	6	0.200	7	0.217

Cuadro 3.1.2.1.1. Factores de ahorro para diferentes ciudades mexicanas correspondientes a enero, febrero, marzo y abril

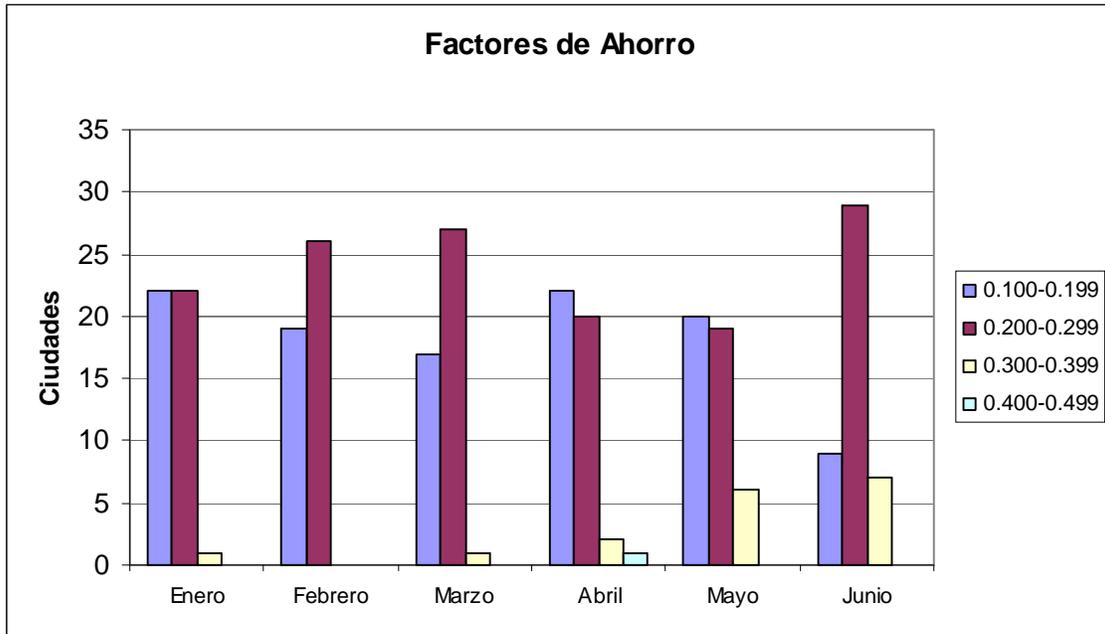
Ciudad	Mayo		Junio		Julio		Agosto	
	H confort	P						
Acapulco, Gro.	14	0.333	13	0.317	13	0.317	13	0.317
Aguascalientes, Ags.	5	0.183	6	0.200	8	0.233	8	0.233
Campeche, Camp.	12	0.300	13	0.317	13	0.317	13	0.317
Cancún, Q. Roo.	8	0.233	9	0.250	9	0.250	9	0.250
Chetumal, Q. Roo.	14	0.333	15	0.350	15	0.350	13	0.317
Chihuahua, Chih.	6	0.200	5	0.183	5	0.183	7	0.217
Chilpancingo, Gro.	5	0.183	8	0.233	8	0.233	8	0.233
Ajusco, Tlalpan, DF	3	0.150	0	0.100	0	0.100	0	0.100
Iztacalco, DF	6	0.200	6	0.200	8	0.233	8	0.233
Mixcoac, DF	8	0.233	7	0.217	5	0.183	5	0.183
Ciudad Juárez, Chih.	5	0.183	5	0.183	7	0.217	5	0.183
Ciudad Obregón, Son.	4	0.167	7	0.217	12	0.300	12	0.300
Ciudad Victoria, Tmps.	8	0.233	10	0.267	11	0.283	10	0.267
Colima, Col.	6	0.200	8	0.233	9	0.250	9	0.250
Cuernavaca, Mor.	5	0.183	8	0.233	10	0.267	10	0.267
Culiacán, Sin.	4	0.167	8	0.233	12	0.300	12	0.300
Durango, Dgo.	5	0.183	5	0.183	7	0.217	9	0.250
Guadalajara, Jal.	4	0.167	5	0.183	8	0.233	8	0.233
Guanajuato, Gto.	7	0.217	8	0.233	9	0.250	9	0.250
Hermosillo, Son.	4	0.167	7	0.217	11	0.283	10	0.267
La Paz, BCS	4	0.167	5	0.183	7	0.217	10	0.267
León, Gto.	5	0.183	6	0.200	8	0.233	8	0.233
Manzanillo, Col.	9	0.250	13	0.317	13	0.317	13	0.317
Mazatlán, Sin.	12	0.300	16	0.367	14	0.333	14	0.333
Mérida, Yuc.	10	0.267	10	0.267	9	0.250	9	0.250
Mexicali, BC	4	0.167	6	0.200	10	0.267	10	0.267
Monterrey, NL	7	0.217	9	0.250	8	0.233	9	0.250
Morelia, Mich.	4	0.167	6	0.200	6	0.200	6	0.200
Oaxaca, Oax.	4	0.167	6	0.200	6	0.200	6	0.200
Pachuca, Hgo.	7	0.217	4	0.167	2	0.133	2	0.133
Puebla, Pue.	6	0.200	8	0.233	7	0.217	7	0.217
Querétaro, Qro.	4	0.167	6	0.200	7	0.217	7	0.217
Saltillo, Coah.	6	0.200	7	0.217	6	0.200	5	0.183
San Luis Potosí, SLP	6	0.200	5	0.183	8	0.233	8	0.233
Tampico, Tmps.	13	0.317	15	0.350	15	0.350	14	0.333
Tepic, Nay.	5	0.183	7	0.217	9	0.250	9	0.250
Tijuana, BC	6	0.200	9	0.250	8	0.233	7	0.217
Tlaxcala, Tlax.	5	0.183	8	0.233	7	0.217	7	0.217
Toluca, Mex.	7	0.217	5	0.183	3	0.150	3	0.150
Torreón, Coah.	5	0.183	6	0.200	6	0.200	6	0.200
Tuxtla Gutiérrez, Chis.	5	0.183	6	0.200	4	0.167	4	0.167
Veracruz, Ver.	16	0.367	16	0.367	16	0.367	15	0.350
Villahermosa, Tab.	9	0.250	11	0.283	10	0.267	10	0.267
Xalapa, Ver.	10	0.267	10	0.267	8	0.233	8	0.233
Zacatecas, Zac.	7	0.217	7	0.217	8	0.233	8	0.233

Cuadro 3.1.2.1.2. Factores de ahorro para diferentes ciudades mexicanas correspondientes a mayo, junio, julio y agosto

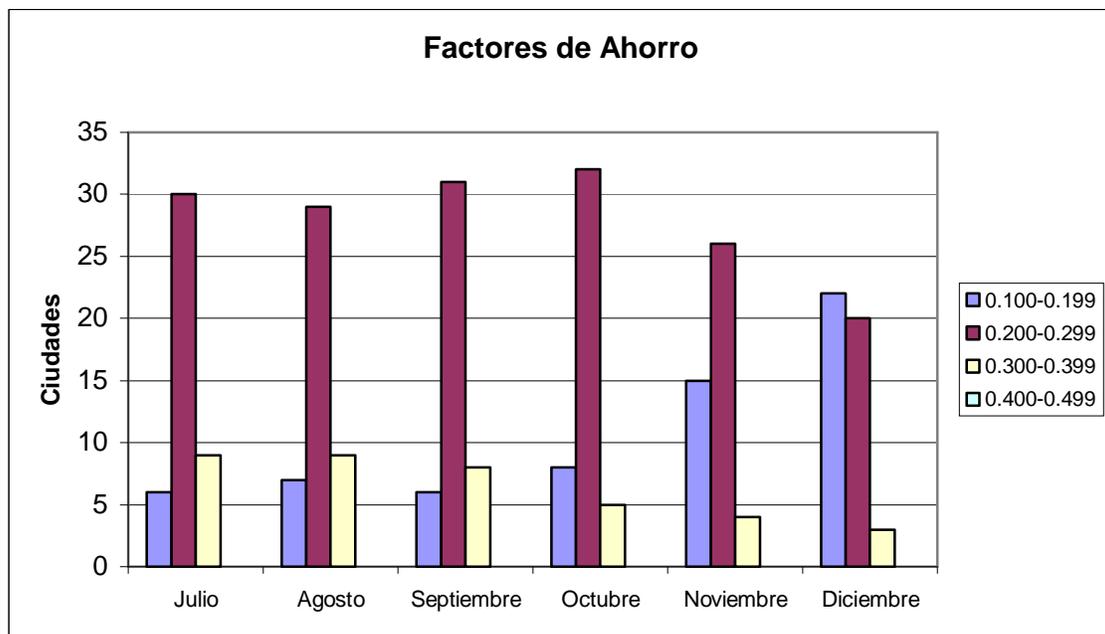
Ciudad	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	H confort	P	H confort	P	H confort	P	H confort	P
Acapulco, Gro.	14	0.333	14	0.333	13	0.317	13	0.317
Aguascalientes, Ags.	8	0.233	8	0.233	7	0.217	5	0.183
Campeche, Camp.	14	0.333	12	0.300	10	0.267	9	0.250
Cancún, Q. Roo.	11	0.283	9	0.250	10	0.267	9	0.250
Chetumal, Q. Roo.	14	0.333	9	0.250	8	0.233	7	0.217
Chihuahua, Chih.	6	0.200	6	0.200	5	0.183	1	0.117
Chilpancingo, Gro.	9	0.250	8	0.233	6	0.200	6	0.200
Ajusco, Tlalpan, DF	0	0.100	0	0.100	0	0.100	0	0.100
Iztacalco, DF	8	0.233	8	0.233	7	0.217	7	0.217
Mixcoac, DF	5	0.183	5	0.183	5	0.183	5	0.183
Ciudad Juárez, Chih.	5	0.183	6	0.200	3	0.150	0	0.100
Ciudad Obregón, Son.	11	0.283	4	0.167	3	0.150	7	0.217
Ciudad Victoria, Tmps.	9	0.250	7	0.217	8	0.233	7	0.217
Colima, Col.	9	0.250	8	0.233	6	0.200	5	0.183
Cuernavaca, Mor.	10	0.267	10	0.267	10	0.267	8	0.233
Culiacán, Sin.	12	0.300	7	0.217	6	0.200	5	0.183
Durango, Dgo.	9	0.250	7	0.217	6	0.200	2	0.133
Guadalajara, Jal.	8	0.233	7	0.217	6	0.200	8	0.233
Guanajuato, Gto.	8	0.233	7	0.217	7	0.217	5	0.183
Hermosillo, Son.	10	0.267	6	0.200	5	0.183	7	0.217
La Paz, BCS	10	0.267	6	0.200	6	0.200	9	0.250
León, Gto.	9	0.250	9	0.250	8	0.233	7	0.217
Manzanillo, Col.	12	0.300	12	0.300	15	0.350	15	0.350
Mazatlán, Sin.	15	0.350	16	0.367	12	0.300	10	0.267
Mérida, Yuc.	10	0.267	11	0.283	9	0.250	9	0.250
Mexicali, BC	6	0.200	5	0.183	6	0.200	4	0.167
Monterrey, NL	9	0.250	10	0.267	6	0.200	4	0.167
Morelia, Mich.	7	0.217	5	0.183	5	0.183	5	0.183
Oaxaca, Oax.	7	0.217	6	0.200	5	0.183	6	0.200
Pachuca, Hgo.	0	0.100	0	0.100	0	0.100	0	0.100
Puebla, Pue.	6	0.200	6	0.200	6	0.200	6	0.200
Querétaro, Qro.	9	0.250	8	0.233	7	0.217	7	0.217
Saltillo, Coah.	7	0.217	8	0.233	5	0.183	5	0.183
San Luis Potosí, SLP	8	0.233	7	0.217	7	0.217	5	0.183
Tampico, Tmps.	13	0.317	10	0.267	11	0.283	8	0.233
Tepic, Nay.	10	0.267	7	0.217	5	0.183	8	0.233
Tijuana, BC	7	0.217	9	0.250	6	0.200	2	0.133
Tlaxcala, Tlax.	7	0.217	7	0.217	5	0.183	5	0.183
Toluca, Mex.	4	0.167	5	0.183	3	0.150	2	0.133
Torreón, Coah.	7	0.217	8	0.233	6	0.200	4	0.167
Tuxtla Gutiérrez, Chis.	5	0.183	4	0.167	4	0.167	4	0.167
Veracruz, Ver.	16	0.367	16	0.367	16	0.367	12	0.300
Villahermosa, Tab.	10	0.267	9	0.250	7	0.217	7	0.217
Xalapa, Ver.	8	0.233	7	0.217	4	0.167	1	0.117
Zacatecas, Zac.	8	0.233	7	0.217	6	0.200	5	0.183

Cuadro 3.1.2.1.3. Factores de ahorro para diferentes ciudades mexicanas correspondientes a septiembre, octubre, noviembre y diciembre

En las gráficas siguientes se pueden comparar los factores de ahorro para cada ciudad en los 12 meses del año. Se puede apreciar que el factor de ahorro que va de 0.200 a 0.299 es el que predomina en las principales ciudades del país.



Gráfica 3.1.1.1.1. Factores de ahorro que predominan en las principales ciudades del país el primer semestre del año.



Gráfica 3.1.1.1.2. Factores de ahorro que predominan en las principales ciudades del país el segundo semestre del año.

CAPÍTULO 4

PROYECCIÓN GEOGRÁFICA DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN MEXICO

Las características del viento varían en función del medio, de la rugosidad del suelo, de la estratificación térmica y de la altura. El viento característico de un sitio se puede definir por la combinación de su velocidad y de su intensidad de turbulencia.

Los obstáculos próximos a las edificaciones influyen la ventilación de los ídem. Los efectos varían según la distancia, la altura, la porosidad, la posición del edificio en relación al obstáculo y el volumen de las construcciones.

La geometría y el volumen de la construcción también producen variaciones en el viento. La desviación de los fluidos, está también ligada a la turbulencia existente del viento. La velocidad y la orientación del viento alrededor de un edificio, difieren de las del viento meteorológico. Los alrededores pueden frenar o bien acelerar la brisa natural, porque existen zonas de alta y baja presión.

La ventilación natural se inscribe en la concepción global del edificio. En climas húmedos es necesario eliminar el máximo de obstáculos para que el aire circule fácilmente. La ventilación cruzada se produce de la fachada de alta presión a la de baja presión. Esta diferencia de presión se debe la dirección preferencial del viento o bien a una diferencia de T entre la fachada en sombra y la fachada soleada.

Con el estudio anterior se puede crear un sistema de información que servirá para el conocimiento del aprovechamiento de la ventilación en las diferentes regiones de México. Las secciones fueron delimitadas de acuerdo con los factores de ahorro de cada ciudad y la región climática predominante.

Los siguientes mapas muestran el factor de ahorro que se tiene en el país para los diferentes meses del año. Las grandes regiones se han agrupado en cuatro grupos: las regiones con factores de 0.10 a 0.19, de 0.20 a 0.29, de 0.30 a 0.39 y de 0.40 a 0.49. Que significan el porcentaje de ahorro.

Este último grupo sólo se presentó en el caso del mes de abril en la región del puerto de Veracruz, y aunque es el único dentro del atlas, aún así es importante su mención.

Es por esto que para efectos prácticos, en la República Mexicana sólo habrá tres opciones de ahorro durante todo el año. Aún así, es importante mencionar que todo el territorio nacional tiene opción de ahorro por concepto de aire acondicionado, sobre todo en la época de verano.

Esto se debe a que en la ecuación de Lamberts se da esta posibilidad dadas las condiciones ambientales, pues aunque hay casos en que no existen horas de confort durante todo el día, se considera que puede existir como mínimo un 10% de ahorro en consumo energético por uso de otros métodos de climatización.

4.1.1.1. Mapas mensuales del nivel de ahorro energético en el país

4.1.1.1. Enero

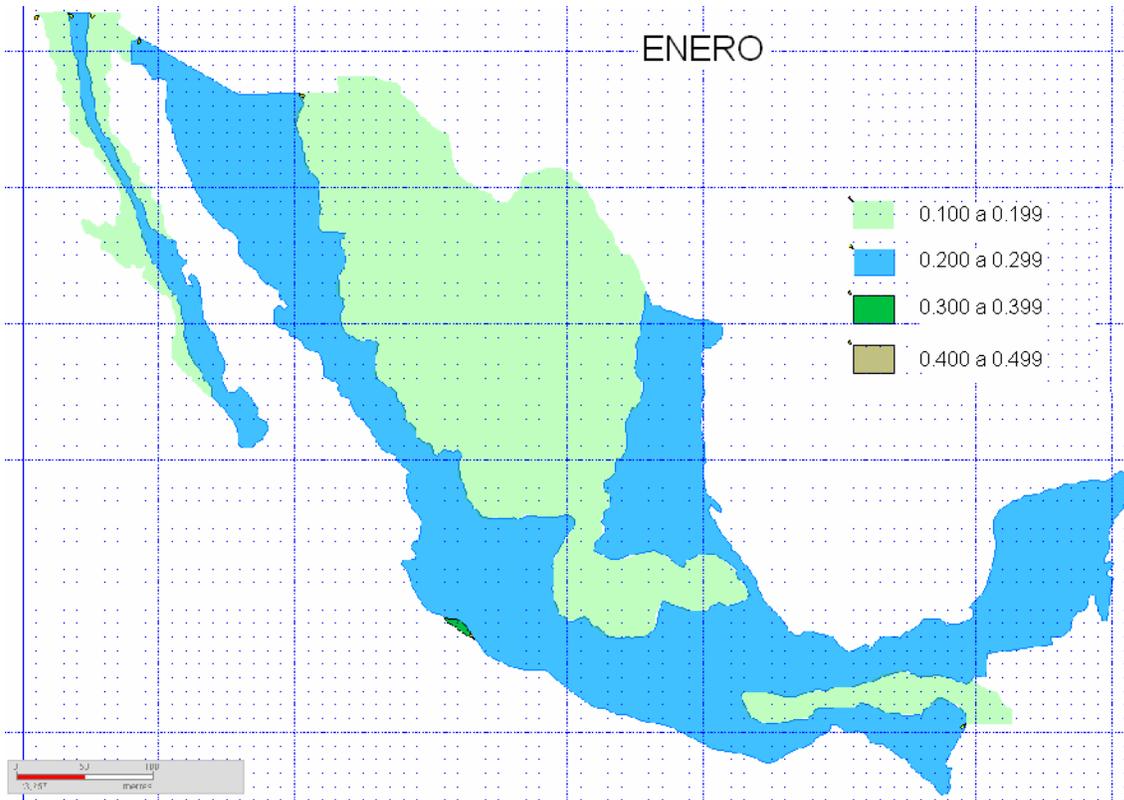


Figura 4.1.1.1. Factores de ahorro de aire acondicionado para enero

Se puede notar que exceptuando parte de las costas de la Península de Baja California, todo el litoral de la república tiene un factor de ahorro en aire acondicionado mayor al 20%. Y en el caso de la región correspondiente a Manzanillo el ahorro es superior al 30%.

Las regiones montañosas de Chihuahua y Chiapas presentan un factor menor a 0.2 debido al intenso frío que se vive durante esta época del año; sin embargo, hay un ligero ahorro debido a los días inusualmente calurosos, sobre todo las horas comprendidas al mediodía.

De igual forma se presentan los casos de la región centro con Toluca y Pachuca, ciudades normalmente frías durante enero que presentan una ligera ganancia solar en las horas comprendidas entre las once de la mañana y las tres de la tarde.

4.1.1.2. Febrero



Figura 4.1.1.2. Factores de ahorro de aire acondicionado para febrero

Como en el mes anterior, las regiones montañosas de Chihuahua y Chiapas siguen teniendo factores bajos de ahorro de energía; así también, la zona de factores de ahorro entre 0.1 y 0.2 se extiende parte de Jalisco y Nayarit.

La Península de Baja California presenta un ligero cambio en la región aledaña a Mexicali, que aumenta su factor de ahorro a poco más del 20%. Mientras que la zona de La Paz y Cabo San Lucas se mantiene con un factor de ahorro entre 0.2 y 0.3.

Y como se presentó el mes anterior, quitando una porción de las costas de la Península de Baja California, todo el litoral mexicano presenta un ahorro de entre el 20% y el 30%. Esto es importante ya que las zonas costeras -en gran parte turísticas- ostentan un gran consumo energético en sistemas activos de climatización.

Por su parte, el Distrito Federal en sus zonas montañosas del Ajusco presenta un mínimo ahorro energético, pero éste sí se incrementa en las demás zonas de la capital.

En este mes sólo se presentan ahorros que oscilan entre el 10% y el 30%. Esto debido al descenso de la temperatura en algunas zonas del país así como a la continuación de frentes fríos que ingresan por el norte.

4.1.1.3. Marzo

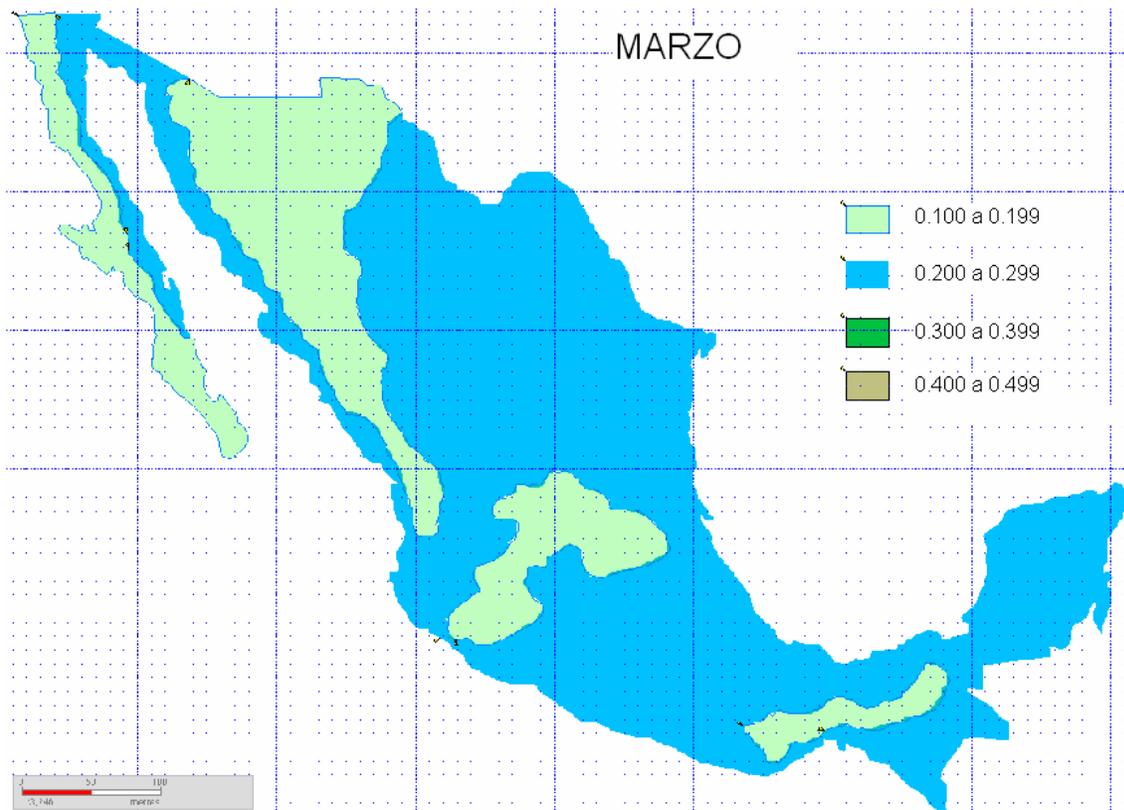


Figura 4.1.1.3. Factores de ahorro de aire acondicionado para marzo

Durante este mes, al incrementarse un poco la temperatura, las zonas con factor de ahorro de entre 0.2 y 0.3 empiezan a incrementarse.

Así también, las cuatro zonas mostradas con un ahorro calculado de entre el 10% y el 20% se podrían dividir en dos partes. La primera parte, que son las zonas que se encuentran sobre los altos de Chiapas y parte de Oaxaca; y la que se encuentra en el centro del país, comprendiendo zonas de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Jalisco; tiene un bajo factor de ahorro debido a las bajas temperaturas que aún se viven durante esta época del año y que no da pie a utilizar muy a menudo la ventilación natural como moderadora de la temperatura.

Por otra parte, la zona occidental de la Península de Baja California, así como la occidental de Sonora, Culiacán y Nayarit presentan este bajo factor de ahorro debido a que su clima, cálido muy seco, no ayuda a tener una buena utilización de la ventilación natural, ya que el aire que circula es de muy alta temperatura, lo que en lugar de disminuir la sensación de calor, la aumenta. Este fenómeno no ocurre en las costas del Golfo de California precisamente por la humedad a la que se somete el aire antes de tocar tierra, pero que sin embargo va dejando conforme ingresa a territorio continental.

4.1.1.4. Abril

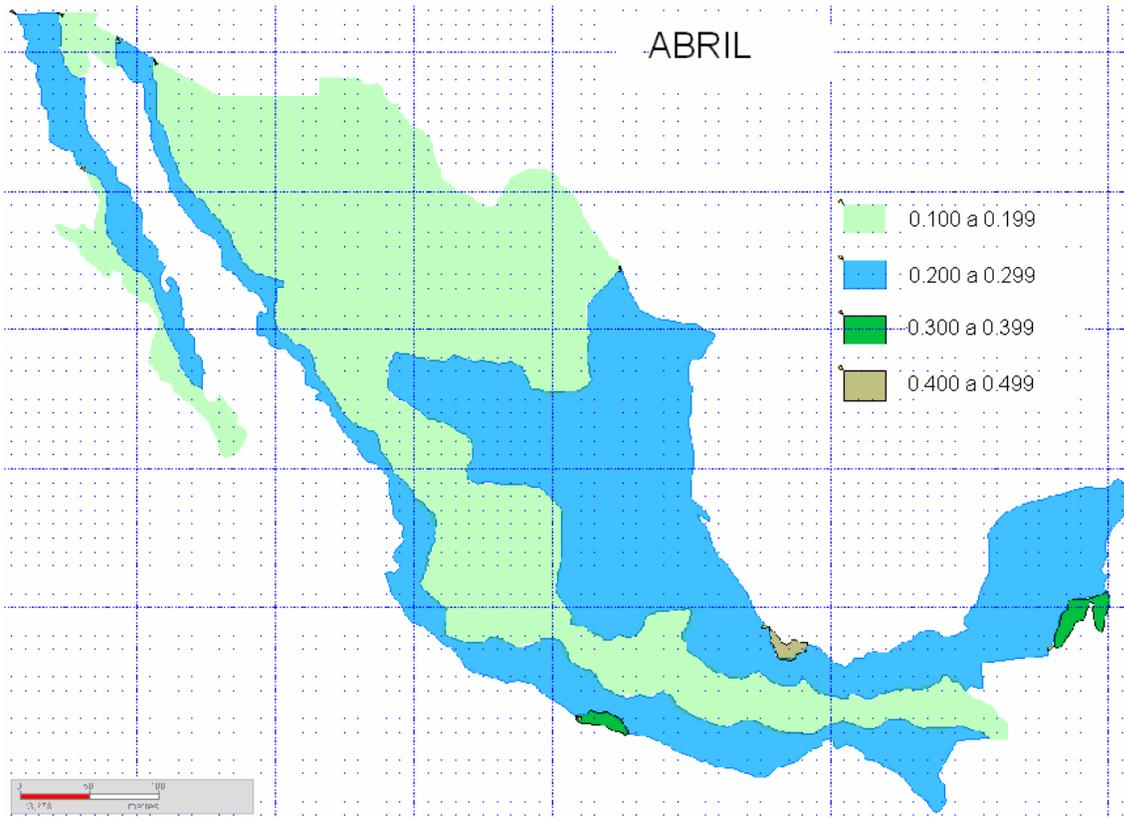


Figura 4.1.1.4. Factores de ahorro de aire acondicionado para abril

Las zonas con factor de ahorro inferior a 0.2 aumentan conforme aumenta la temperatura en las regiones secas del norte, mientras que en el sur, las regiones serranas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas mantienen también un bajo perfil de ahorro debido a que la humedad en estas zonas disminuye un poco lo que ocasiona un fenómeno similar al que ocurre en la región norte de la República.

Por otra parte, se presentan zonas en donde el ahorro es superior al 30%. Estas zonas comprenden los alrededores de Acapulco y Chetumal. Incluso en la zona del puerto de Veracruz existe la posibilidad de ahorrar más del 40% en utilización de aire acondicionado.

Desafortunadamente, esta situación sólo se presenta en esta época del año y en esta región del país. Sin embargo, representa una muy buena opción para el ahorro energético de esa zona en especial.

4.1.1.5. Mayo

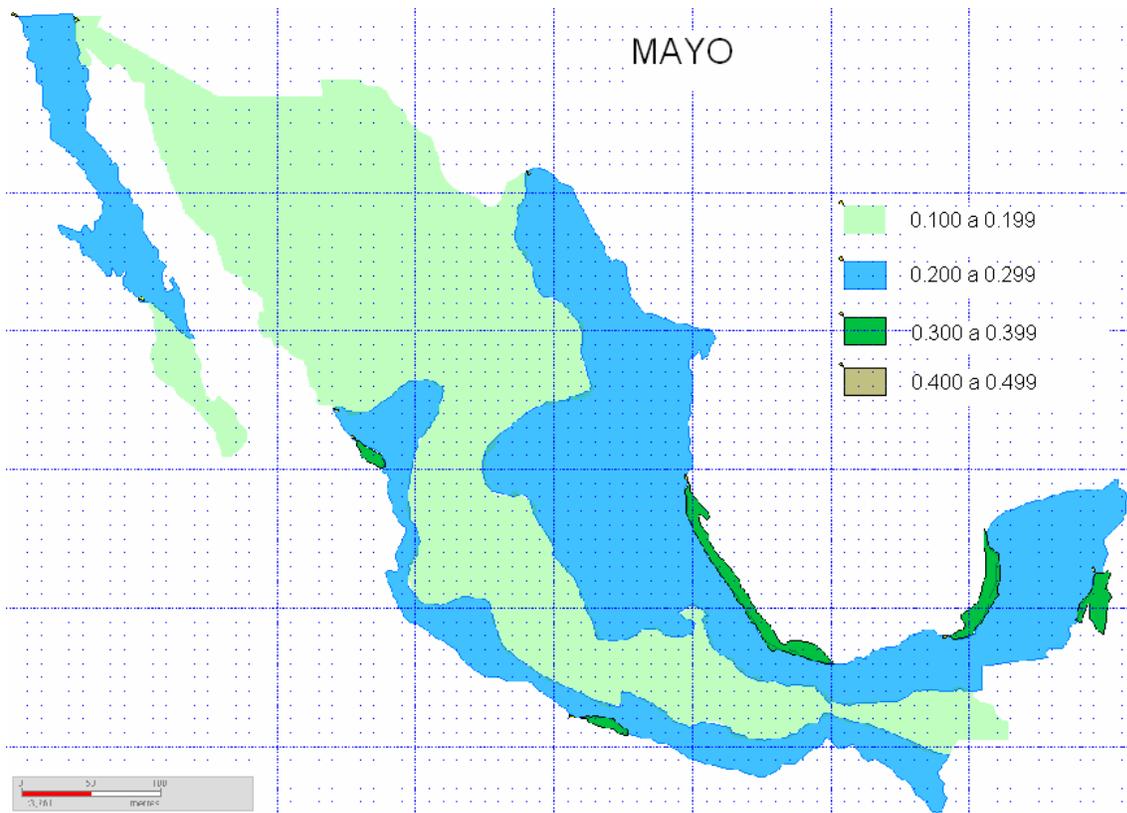


Figura 4.1.1.5. Factores de ahorro de aire acondicionado para mayo

Conforme los días calurosos aumentan, las regiones con un factor mínimo de ahorro se mantienen más o menos constantes.

Sin embargo, ya se presentan lugares donde el ahorro podría alcanzar entre el 30% y el 40%. Estos incluyen las zonas aledañas a Mazatlán, Acapulco, Chetumal y Campeche.

Así también se forma una zona litoral desde Tampico hasta Veracruz en dónde el ahorro también oscila entre 0.3 y 0.4.

En lo que se refiere al Distrito Federal, la zona boscosa del sur mantiene su factor de ahorro entre 0.1 y 0.2, mientras que las demás zonas sí comprenden un ahorro de más del 20%.

4.1.1.6. Junio

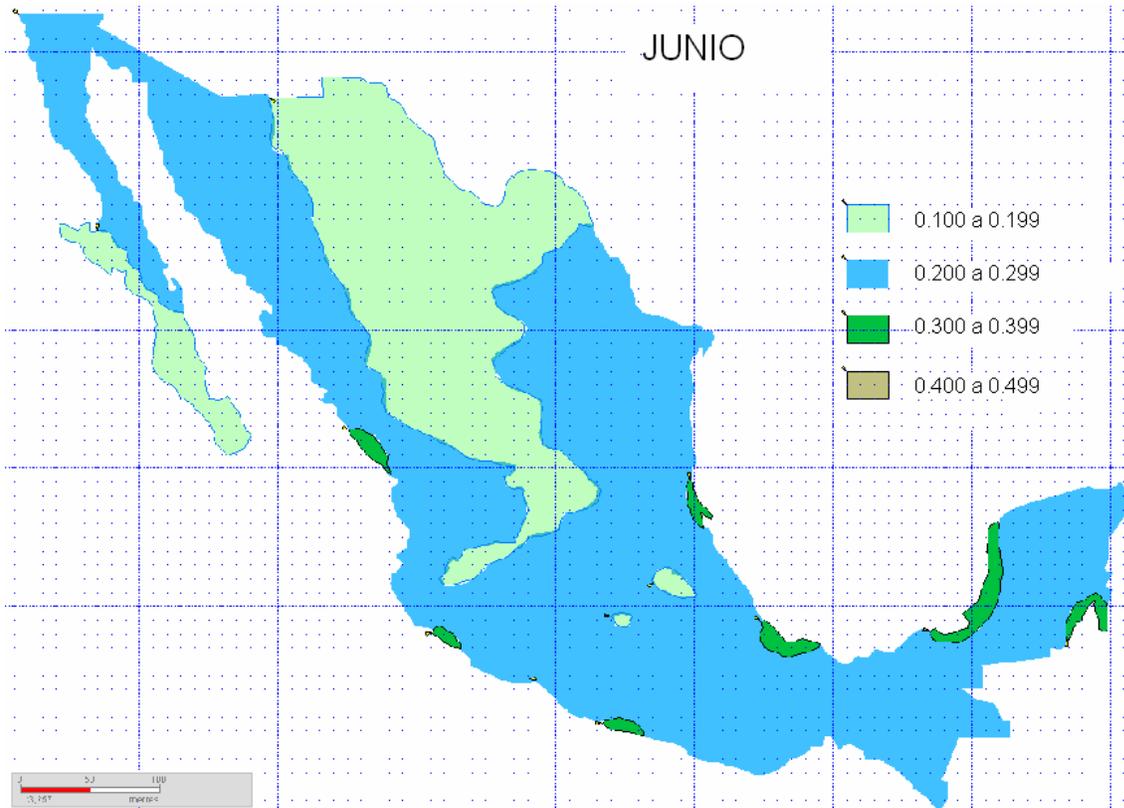


Figura 4.1.1.6. Factores de ahorro de aire acondicionado para junio

En este mes del año, el régimen de lluvias empieza a aumentar en casi todo el territorio mexicano, aumentando así la humedad. Esto se ve claramente reflejado en la figura, ya que las zonas con ahorro de entre el 20% y el 30% aumentan sustancialmente a lo largo de toda la república.

También se puede apreciar con mucha claridad como las zonas extremadamente secas del país, como el sur de la Península de Baja California y los desiertos de Chihuahua y Sonora, mantienen un bajo factor de ahorro debido a lo caliente del aire.

Las zonas cercanas al Ajusco en el D. F. y Pachuca siguen con un bajo perfil de ahorro por sus aún bajas temperaturas.

Por otro lado, las zonas con ahorros superiores al 30% siguen siendo las mismas, incorporándose a estas la zona de Manzanillo. Mientras que Tampico y Veracruz vuelven a ser zonas independientes una de la otra.

4.1.1.7. Julio

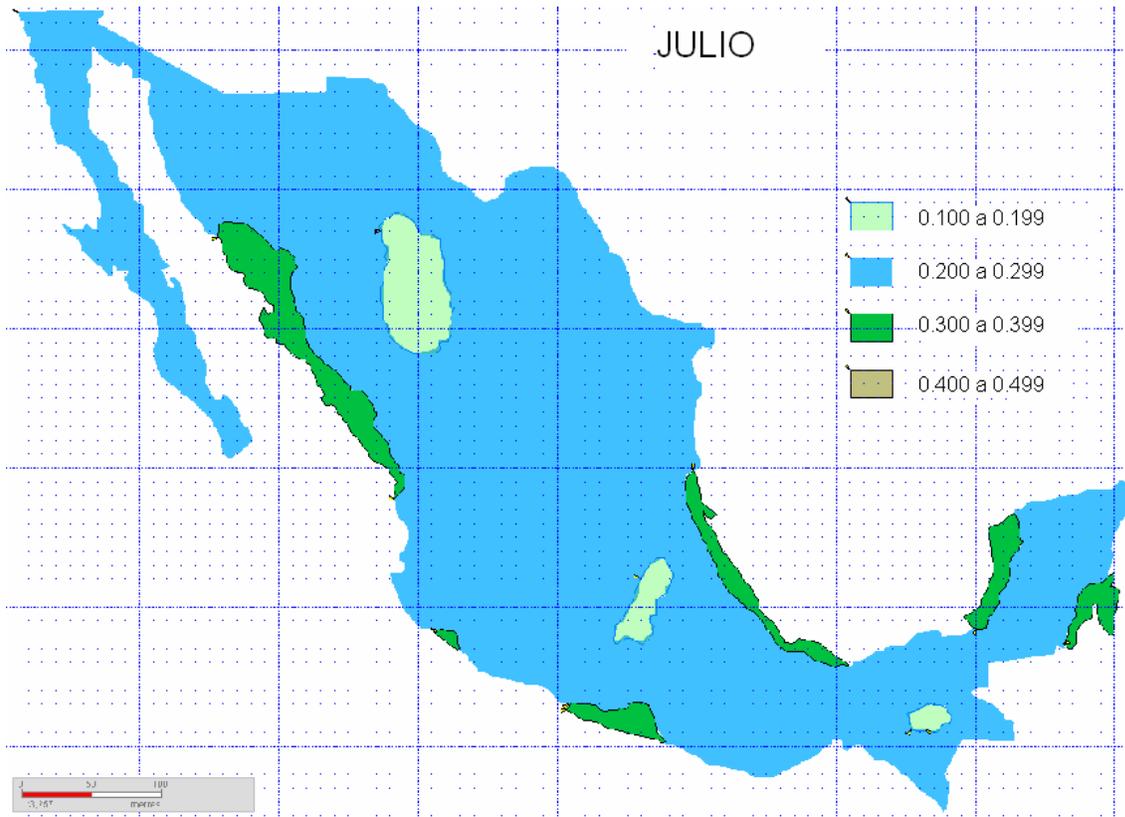


Figura 4.1.1.7. Factores de ahorro de aire acondicionado para julio

Como las lluvias ya son generales en el país, el aumento de la humedad es grande. Esto se ve reflejado en el crecimiento de las zonas con un factor de ahorro importante y la disminución de las zonas en donde el factor es pequeño.

La única zona con factor menor al 0.2 cuya humedad sea baja es la situada entre Sonora y Chihuahua, en donde el desierto no permite que el aire que circula disminuya la sensación de calor.

Mientras que en Chiapas y la zona comprendida desde Toluca hasta Pachuca sigue con bajo ahorro energético debido a que la humedad en esas zonas ocasiona que la sensación sea de frío más que de calor.

Por otro lado, las zonas con ahorro de más del 30% aumentan sobre las costas de Sonora y Culiacán, así como de Veracruz; y se mantiene igual en las zonas donde ya se presentaba, aumentando un poco en Acapulco y Campeche.

4.1.1.8. Agosto

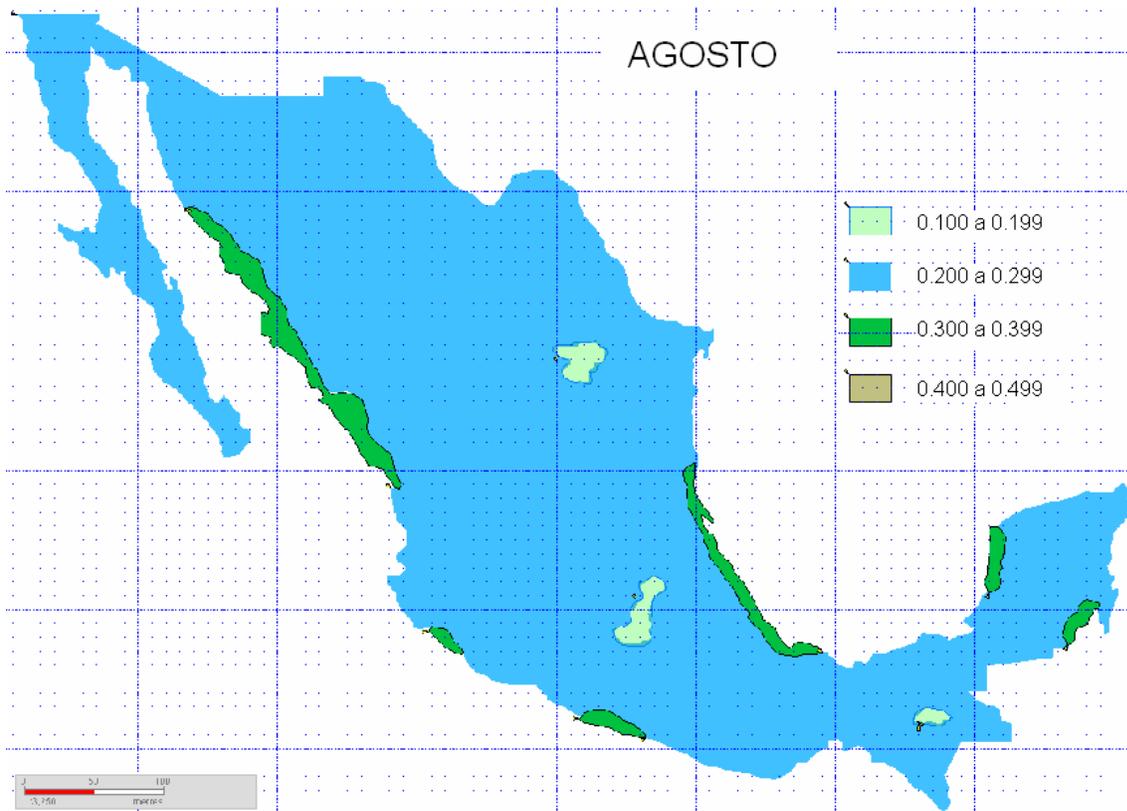


Figura 4.1.1.8. Factores de ahorro de aire acondicionado para agosto

El panorama se mantiene casi igual que el mes anterior. Un factor de ahorro comprendido entre 0.2 y 0.3 predomina en casi todo el país.

Pero a diferencia de julio, en agosto la zona con un factor mínimo de ahorro comprende la región cercana a Monterrey y Saltillo. Mientras que en los altos de Chiapas y el centro sigue habiendo factores entre 0.1 y 0.2.

Las zonas con el ahorro superior al 30% se mantienen más o menos iguales, disminuyendo un poco en Acapulco, Chetumal y Campeche.

4.1.1.9. Septiembre

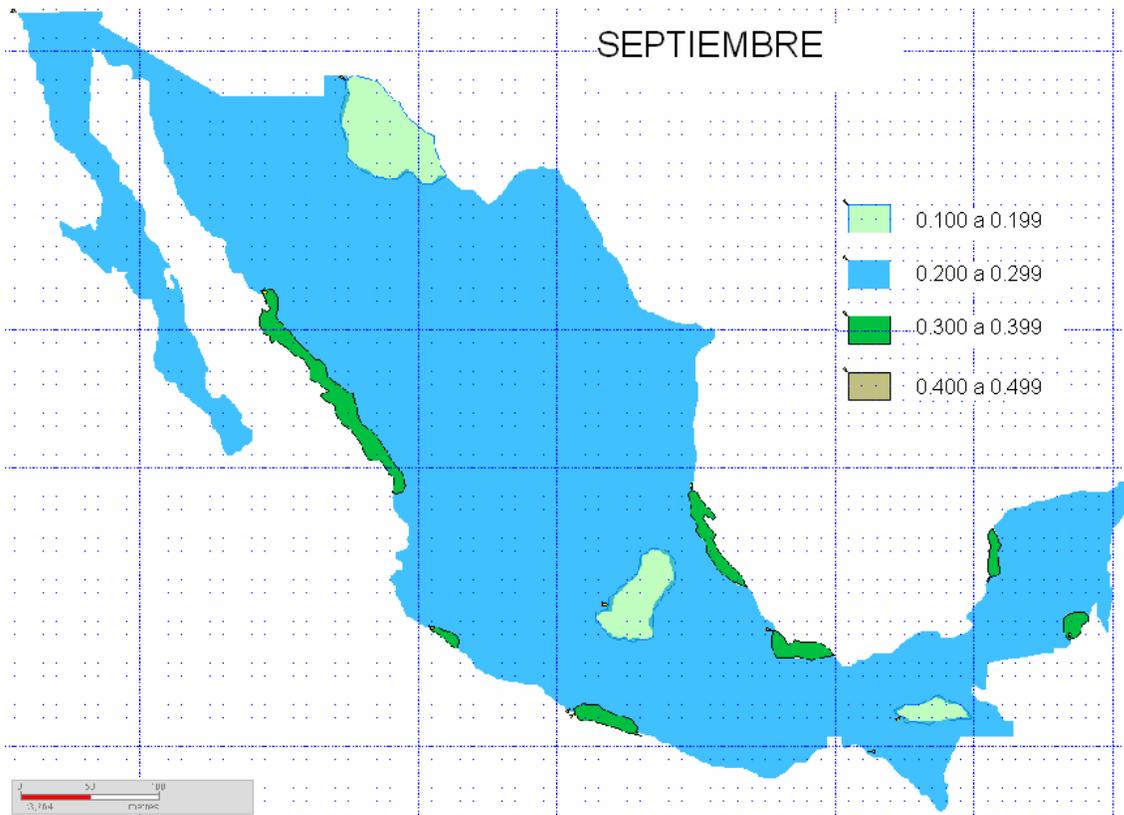


Figura 4.1.1.9. Factores de ahorro de aire acondicionado para septiembre

Las lluvias siguen en gran parte del país, por lo que los factores de ahorro casi no se ven afectados en las diferentes regiones de la república.

Sólo en el norte existe un cambio de zona del factor de ahorro menor a 0.2, ya que éste se sitúa ahora en la región comprendida al desierto de Samalayuca, muy cercano a la zona de Ciudad Juárez.

Por su lado, las otras zonas con factor mínimo de ahorro siguen siendo las mismas. Mientras que las zonas con ahorro de más del 30% se mantienen igual. Con la única diferencia de que las zonas de Tampico y Veracruz nuevamente se separan.

4.1.1.10. Octubre

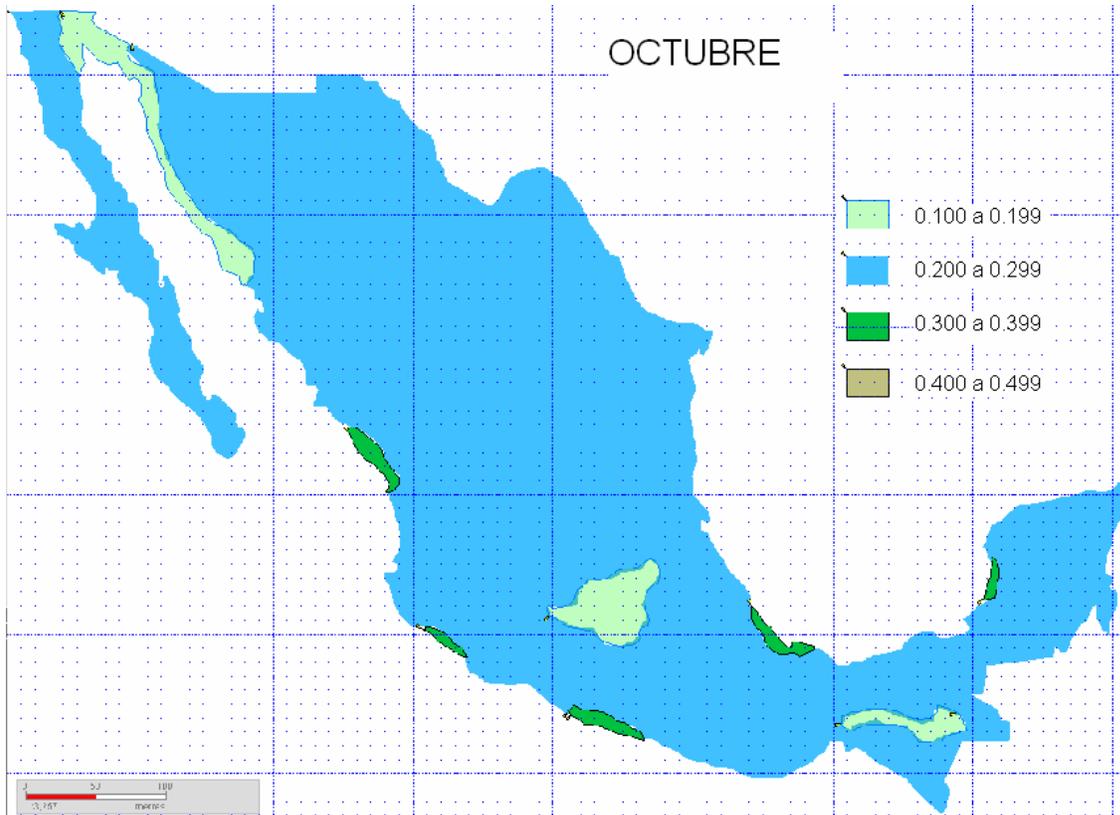


Figura 4.1.1.10. Factores de ahorro de aire acondicionado para octubre

Como en el mes anterior, el centro de México y la zona montañosa de Chiapas tienen un factor menor a 0.2.

Mientras que en el norte del país se forma una franja comprendida desde Mexicali hasta Ciudad Obregón donde su factor de ahorro también es mínimo.

En otro caso, las zonas aledañas a Chetumal en Quintana Roo y Tampico en Tamaulipas bajan su factor de ahorro a menos de 0.3.

Así también, la zona costera de Sinaloa disminuye su ahorro de energía a entre 20% y 30%, quedando solamente una pequeña zona comprendida a los alrededores de Mazatlán y una parte de las costas de Nayarit.

4.1.1.11. Noviembre

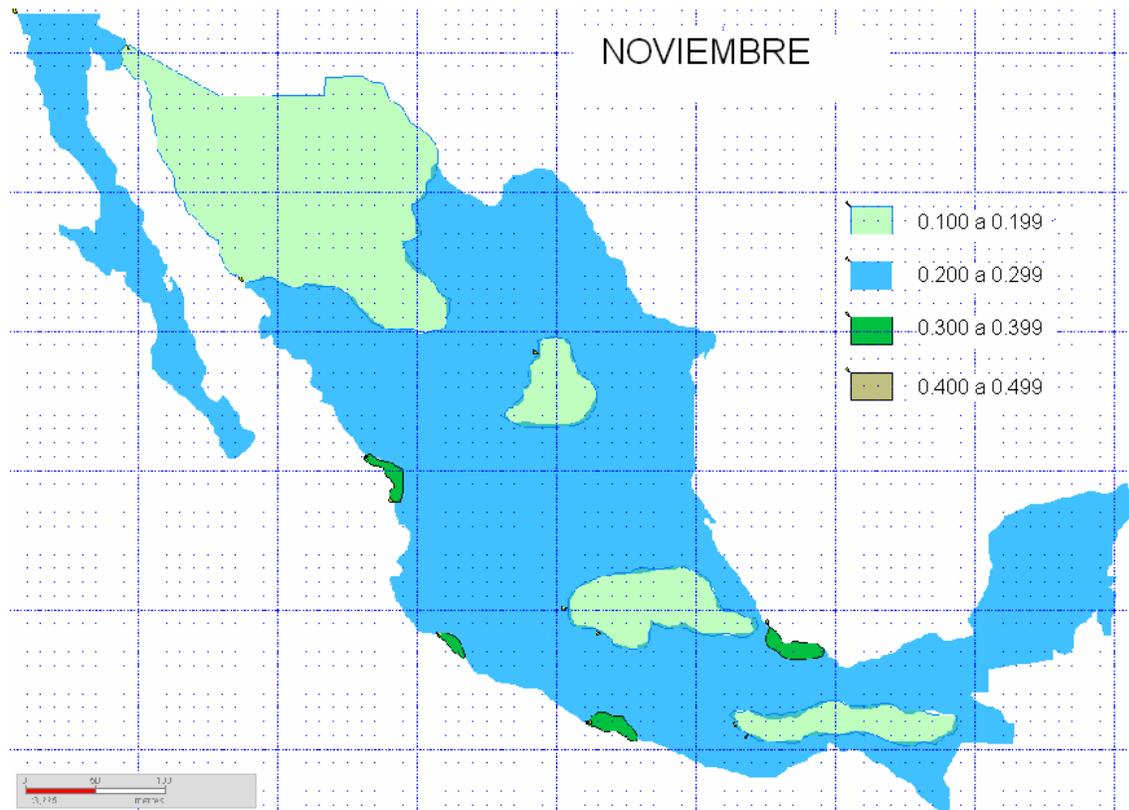


Figura 4.1.1.11. Factores de ahorro de aire acondicionado para noviembre

Debido a la disminución de la temperatura en la mayoría del territorio mexicano, las zonas con factor de ahorro menor a 0.2 comprendidas en el centro del país y los altos de Chiapas aumentan su tamaño llegando a comprender, en el caso del centro del país, zonas de Tlaxcala, Querétaro, Puebla y el Estado de México; y en el caso de Chiapas, parte de la sierra de Oaxaca.

En el norte se forma una gran zona de bajo factor de ahorro que comprende gran parte de Sonora y parte de Chihuahua.

Asimismo, una zona de factor de 0.1 a 0.2 que incluye a Torreón y Saltillo, se forma en parte del estado de Coahuila.

Por su parte, las zonas que tienen un ahorro mayor al 30% disminuyen dejando solamente las costas de Acapulco, Mazatlán, Manzanillo y Veracruz.

4.1.1.12. Diciembre

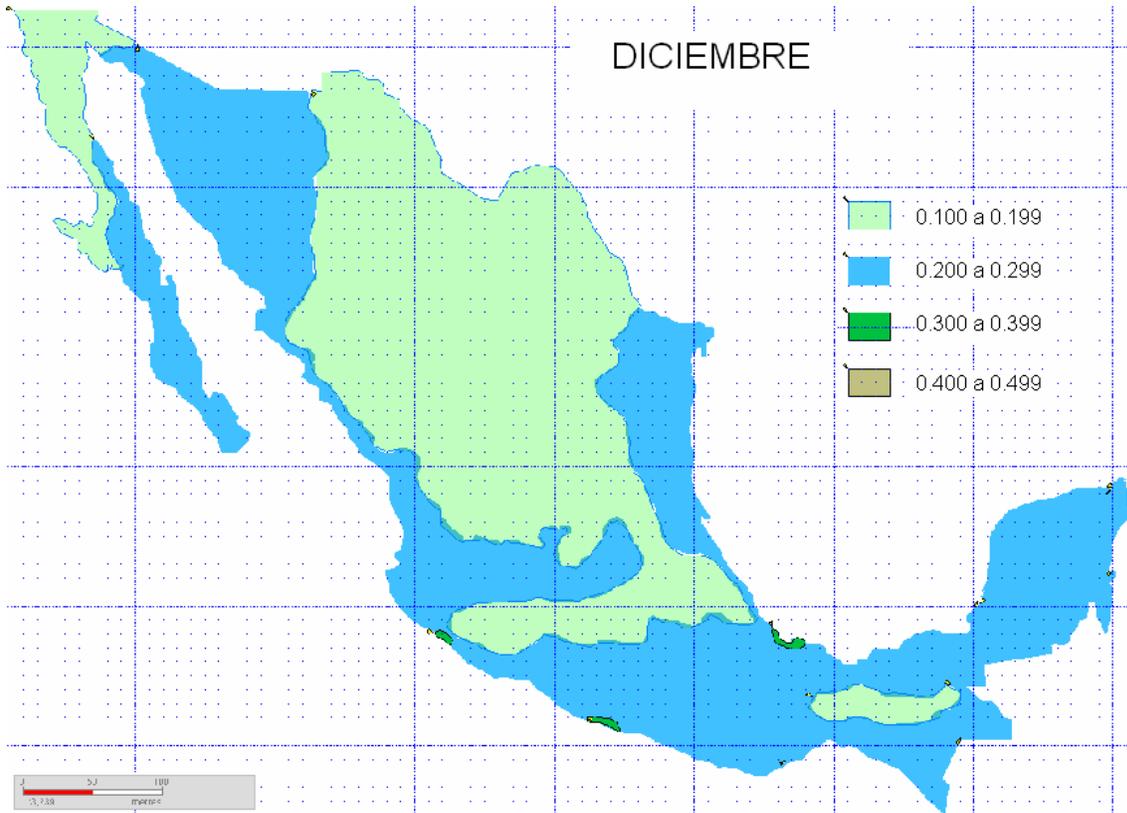


Figura 4.1.1.12. Cerramientos permeables para ambientes interiores

Para este mes la zona con bajo factor de ahorro aumenta debido a las bajas temperaturas que se presentan, sobre todo en el norte del país.

Sin embargo, hay zonas costeras tanto en el noreste como en el noroeste donde el factor de ahorro esta entre 0.2 y 0.3.

Por otra parte, pequeñas zonas de Acapulco, Manzanillo y Veracruz todavía comprenden ahorros energéticos entre el 30% y 40%.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA APLICACIÓN DEL MODELO DEL COMPORTAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Con los datos mostrados anteriormente, se puede realizar un atlas con las recomendaciones de cómo aprovechar al máximo la ventilación natural en las diferentes ciudades del país del libro “Las regiones climáticas de México” de Zepeda (2005). En el siguiente cuadro se muestran las principales características de las 11 regiones climáticas del país. En el cuadro se incluyen los diferentes tipos de vientos que predominan en dichas regiones.

Región bioclimática	Vientos dominantes en superficie
Noroeste	<ul style="list-style-type: none"> • Descendentes • Del oeste • Perturbaciones extratropicales
Golfo de California	<ul style="list-style-type: none"> • Descendentes • Alisios continentales • Del oeste
Pacífico Central	<ul style="list-style-type: none"> • Alisios • Ciclones • Monzones
Norte	<ul style="list-style-type: none"> • Descendentes • Alisios • Convección de ondas frías
Centro	<ul style="list-style-type: none"> • Alisios • Monzón • Del oeste
Noreste	<ul style="list-style-type: none"> • Descendentes • Ciclones tropicales • Nortes
Golfo de México	<ul style="list-style-type: none"> • Alisios • Ciclones tropicales • Nortes
Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca	<ul style="list-style-type: none"> • Locales • Alisios descendentes • Influencia Zona Intertropical de Convergencia • Influencia monzón
Pacífico Sur	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia Zona Intertropical de Convergencia • Monzón • Ciclones tropicales • Alisios
Sureste	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia Zona Intertropical de Convergencia • Ciclones tropicales • Alisios
Península de Yucatán	<ul style="list-style-type: none"> • Alisios • Ciclones tropicales • Nortes

Cuadro 5. Principales características de las regiones climáticas de México

Se puede elaborar un catálogo de recomendaciones que se pueden aplicar en diferentes tipos de edificios con el propósito de optimizar el uso de la ventilación natural como sistema de control térmico. Este catálogo podrá incluir la orientación del edificio, uso de materiales, sistemas pasivos de climatización, uso de aperturas, etc. Y está dirigido a las 43 principales ciudades del país, que representan una buena parte del consumo de aire acondicionado del país.

5.1. Acapulco, Gro.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Pacífico Sur

Vientos dominantes:

- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Monzón en Verano
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Alisios todo el año

Acapulco de Juárez, Gro



Figura 5.1. Diagrama de isorequerimientos para Acapulco (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

El edificio a ventilar debe tener aberturas en las direcciones noreste-suroeste, ya que tanto el monzón como los vientos alisios llevan esta dirección durante todo el año, especialmente durante el verano, estación más calurosa.

Horario

Como se aprecia en la gráfica de isorequerimientos, una ventilación cruzada se puede llevar a cabo de las once de la mañana a las siete de la noche, aproximadamente, durante todo el año.

Materiales

Por su clima, se recomienda no utilizar materiales de alta inercia térmica ya que como la humedad del viento es alta, al no existir en ciertos momentos circulación de aire, este contenido de humedad aumentará su temperatura y producirá una sensación de bochorno dentro del inmueble.

5.2. Aguascalientes, Ags.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

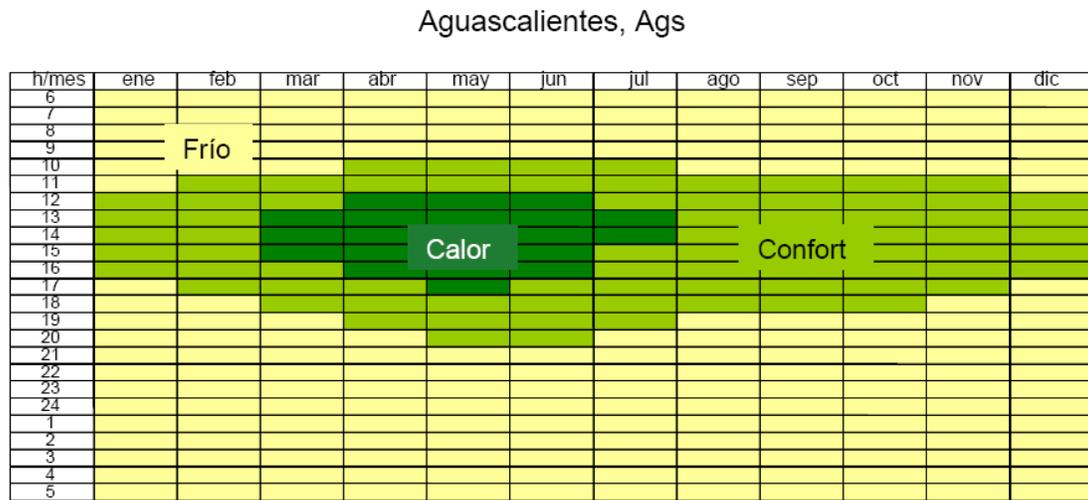


Figura 5.2. Diagrama de isorequerimientos para Aguascalientes (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación noreste-suroeste con pequeñas aberturas en estas direcciones. En la dirección noroeste se recomienda no poner ningún tipo de apertura, ya que el viento proveniente de esa dirección es muy frío en los meses de invierno.

Horario

Como se aprecia en la figura, el uso de las ventanas abiertas sólo se limita a los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio desde el mediodía hasta las cinco de la tarde aproximadamente.

Sistemas Pasivos

Ventanales corredizos en la orientación propuesta. El ventanal de la dirección noreste puede tener elementos para humidificación del aire, como vegetación o una pequeña fuente, con el objeto de que el aire seco que llega del norte aumente su humedad y por lo tanto disminuya su temperatura.

5.3. Campeche, Camp.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Península de Yucatán

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

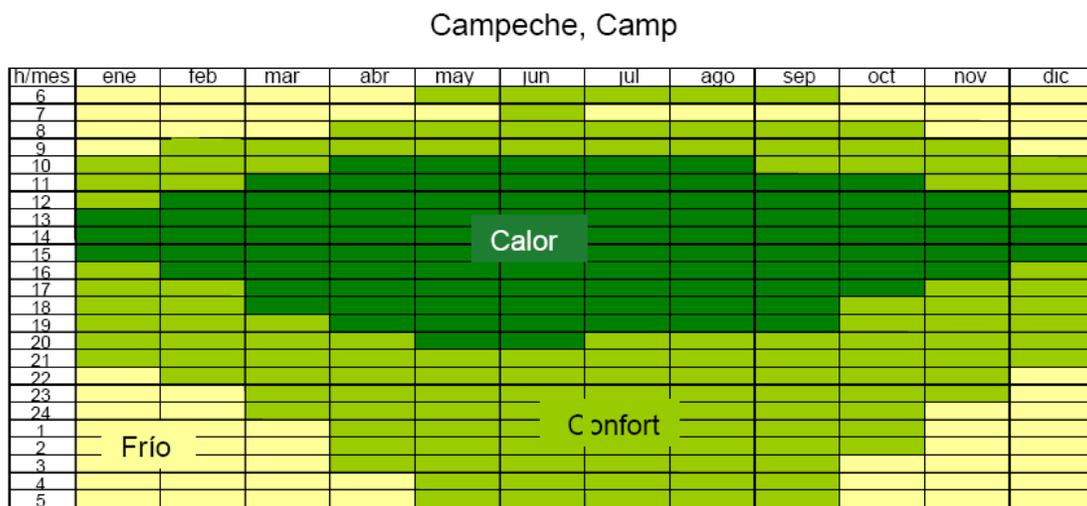


Figura 5.3. Diagrama de isorequerimientos para Campeche (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas en la dirección noreste-suroeste. En verano y otoño se aprovecharía los vientos con dirección este y en invierno los de dirección norte.

Horario

Circulación de aire de las doce a las cuatro de la tarde los meses fríos (octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero); y en los meses cálidos de las diez de la mañana hasta las ocho de la noche.

Sistemas de Apoyo

En ciertos momentos cuando no haya un buen flujo de aire se podrá utilizar ventiladores de bajo consumo energético.

5.4. Cancún, Q. Roo.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Península de Yucatán

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

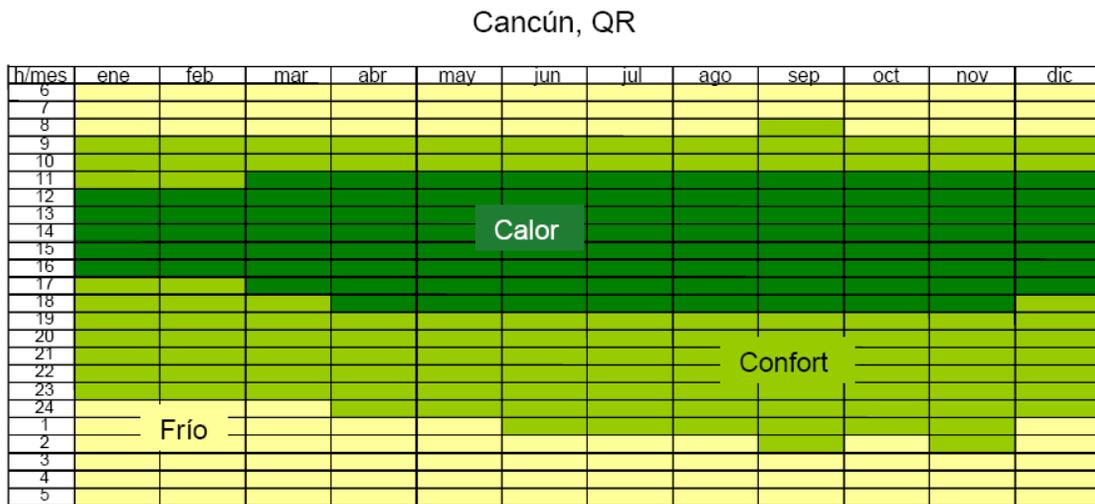


Figura 5.4. Diagrama de isorequerimientos para Cancún (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción con aberturas en la dirección noreste y sureste. Como casi todo el año hace calor en las horas aledañas al mediodía, esta forma de orientación ayudará a que el aire fresco tenga una mejor circulación, independientemente de la dirección de la que provenga.

Horario

Como en el caso similar de Acapulco, se recomienda mantener la ventilación de las once de la mañana a las seis de la tarde todo el año. Para esto se puede aprovechar en gran medida la brisa marina.

Sistemas Pasivos

Se pueden poner grandes ventanales corredizos que adecuen el área de abertura deseado de acuerdo a las necesidades de cada momento. Estos ventanales pueden ir cada uno en la dirección propuesta para que se pueda originar una buena ventilación cruzada en los días más calurosos, pero que se pueda modificar cuando así sea necesario.

5.5. Chetumal, Q. Roo.

Clima: Cálido Húmedo

Región climática: Península de Yucatán

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

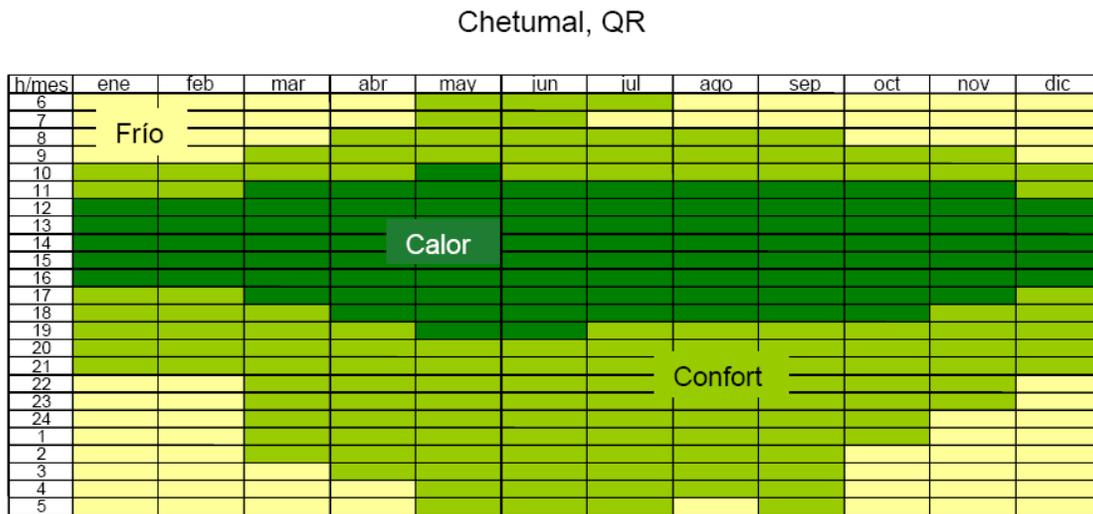


Figura 5.5. Diagrama de isorequerimientos para Chetumal (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas de ventanas en la dirección noreste-suroeste. Se pueden poner otras aberturas pequeñas en la dirección noroeste. Estas aberturas harán que ingrese aire fresco en invierno, cuando sea necesario.

Horario

En un caso similar a Campeche, se debe de llevar a cabo una ventilación de mediodía a cuatro de la tarde los meses fríos, estos son noviembre, diciembre, enero y febrero. Mientras que los meses calurosos, esta ventilación tiene que realizarse de las once de la mañana a las seis de la tarde, aproximadamente.

Sistemas de Apoyo

La región de Chetumal es muy húmeda, lo que podría provocar que en ausencia de movimiento de aire se manifieste una sensación de asfixia. Es por esto que no está demás tener ventiladores de piso que ayuden a circular el aire dentro del inmueble.

5.6. Chihuahua, Chih.

Clima: Cálido Semiseco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno

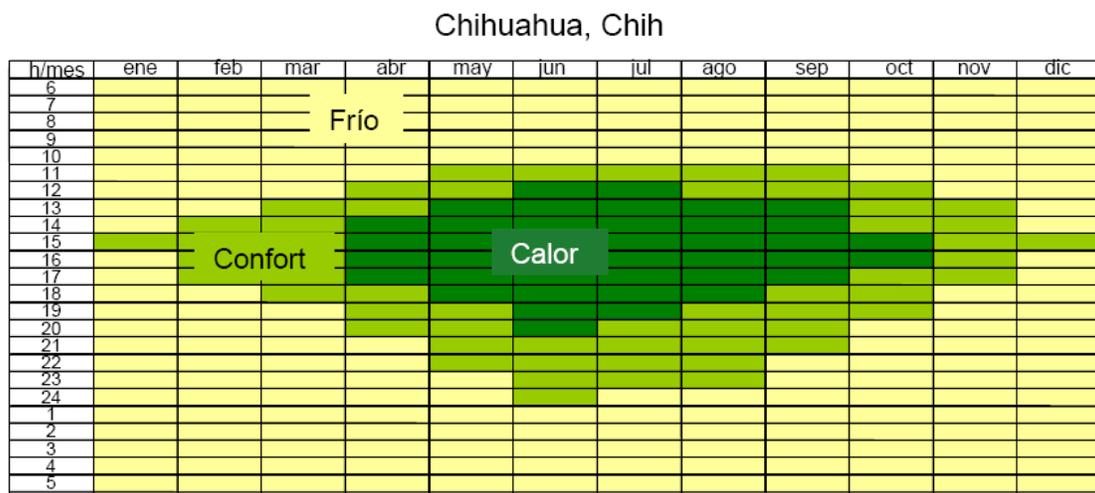


Figura 5.6. Diagrama de isorequerimientos para Chihuahua (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción del edificio con ventanas en dirección este-oeste. Con esta dirección se evitarían los vientos fríos en invierno.

Horario

Como ocurre con Aguascalientes, una buena ventilación se debe de llevar a cabo sólo en los meses más calurosos, que son abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y parte de octubre, iniciándose ésta al mediodía y terminando a más tardar a las siete de la noche.

Sistemas Pasivos

Se recomienda utilizar un sistema de humidificación con los vientos que ingresan en la dirección este, sobre todo en los veranos, cuando viene seco y caliente. Un sistema pasivo que resulta sencillo es la colocación de vegetación en la ventana o abertura que este en dirección este.

5.7. Chilpancingo, Gro.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca

Viento dominante:

- Locales
- Alisios Descendentes todo el año
- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Influencia de Monzón en Verano

Los Bravos, Chilpancingo, Gro



Figura 5.7. Diagrama de isorequerimientos para Chilpancingo (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Dos aberturas iguales, una en dirección noreste y otra en dirección suroeste. Con estas aberturas se aprovechan los vientos alisios todo el año y además en verano, época calurosa del año, se aprovecha la influencia de la zona intertropical de convergencia.

Horario

En este sitio se debe de llevar a cabo una buena circulación de aire de las doce a las tres de la tarde durante todo el año, ya que las sensaciones de calor se mantienen constantes a estas horas.

Materiales

Materiales de alta inercia térmica que permitan que en horas calurosas el calor se retenga en las paredes y techos, mientras que en horas de frío el calor acumulado se desprenda poco a poco al interior.

5.8. Ciudad de México, DF

5.8.1. Ajusco, Tlalpan

Clima: Semifrío Subhúmedo

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

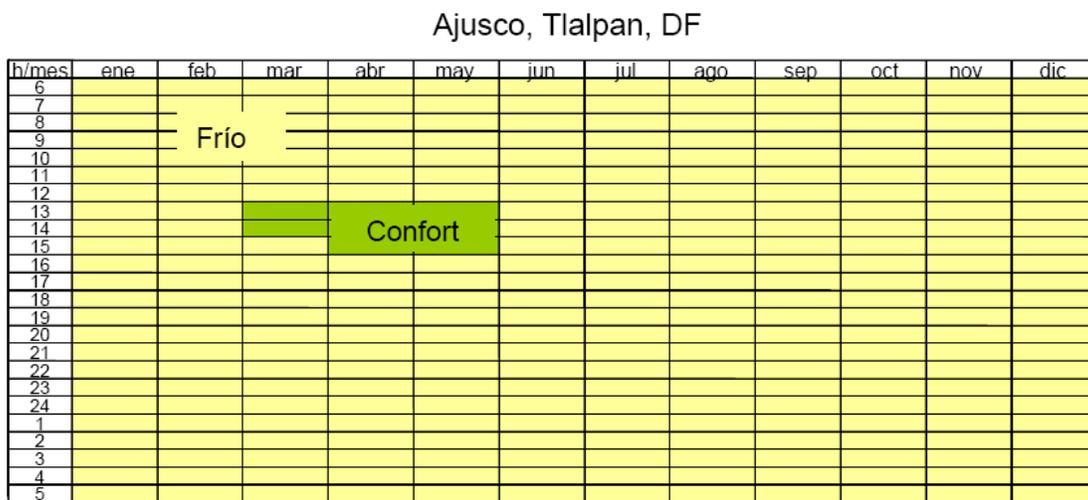


Figura 5.8.1. Diagrama de isorequerimientos para Ajusco, DF (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación con ventanales plegables en dirección noreste-noroeste, que en las épocas más frías permitan al sol calentar un poco el aire y que este ingrese con una temperatura un poco más elevada.

Horario

En esta zona de la Ciudad de México no es necesaria cualquier tipo de ventilación, a no ser en el caso de unas pocas horas en días de marzo, abril y mayo.

Sistemas pasivos

En este caso se podrían utilizar ventanales que tengan doble vidrio con la finalidad de que el aire entre las placas se caliente y mantenga una temperatura más alta que en el exterior del inmueble.

5.8.2. Iztacalco

Clima: Templado Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

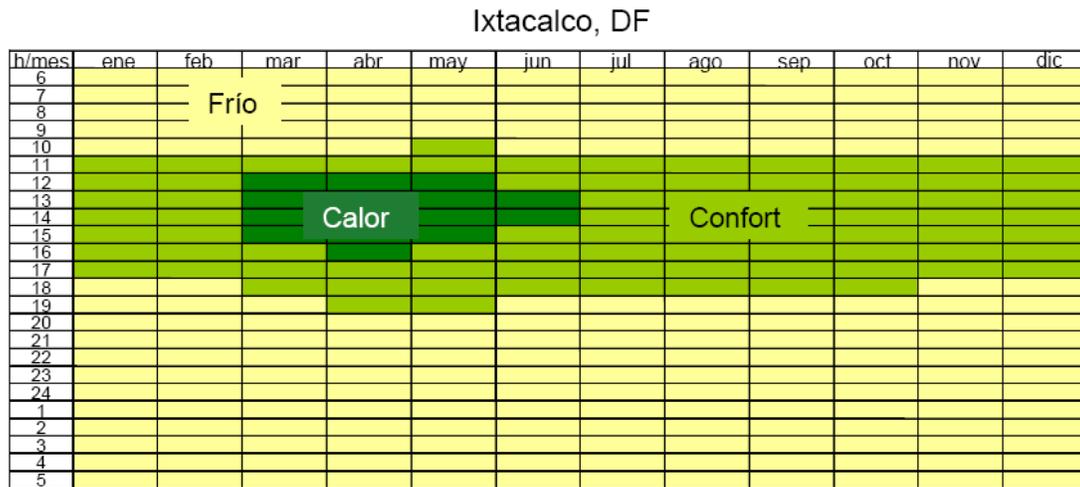


Figura 5.8.2. Diagrama de isorequerimientos para Iztacalco, DF (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Ventanas orientadas al noreste-suroeste que permitan el ingreso de viento los meses calurosos y que lo impida durante el invierno.

Horario

Se recomienda mayor circulación de aire solamente los días que corresponden a los meses de marzo, abril, mayo y junio.

Estrategias Pasivas

En las horas de frío, se cierran las ventanas y con las ganancias de calor provenientes del mismo edificio se aumenta la temperatura interior.

En las horas de calor, se pueden abrir ambas ventanas o sólo una de ellas, de acuerdo con las necesidades encontradas.

5.8.3. Mixcoac

Clima: Templado Subhúmedo

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

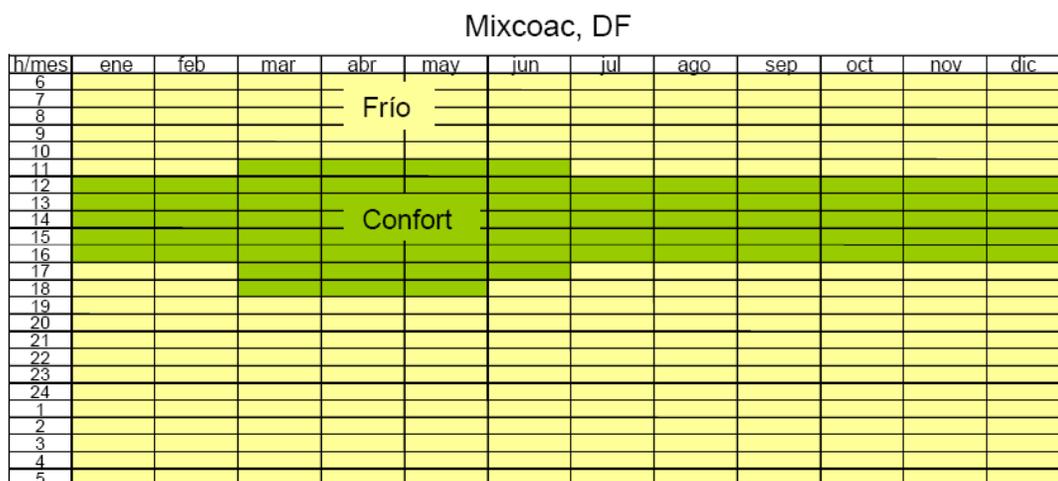


Figura 5.8.3. Diagrama de isorequerimientos para Mixcoac, DF (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Como en el caso del Ajusco, se pueden construir dos ventanales en la dirección noreste-noroeste, o solamente uno en la dirección norte, que ayude al calentamiento del aire que ingrese al edificio.

Horario

En casos muy particulares, se podrían tener aperturas de puertas y ventanas cualquier día del año de las once de la mañana a las cuatro de la tarde, aproximadamente.

Sistemas Auxiliares

En momentos muy fríos se puede sellar completamente el inmueble para que el calor generado desde el interior se mantenga y así mejore el confort térmico dentro del edificio.

Materiales

Construcción con materiales de mucha resistencia térmica que impidan las fugas de calor y de capacidad térmica importante que retengan el calor el mayor tiempo posible.

5.9. Ciudad Juárez, Chih.

Clima: Semicálido Muy Seco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno

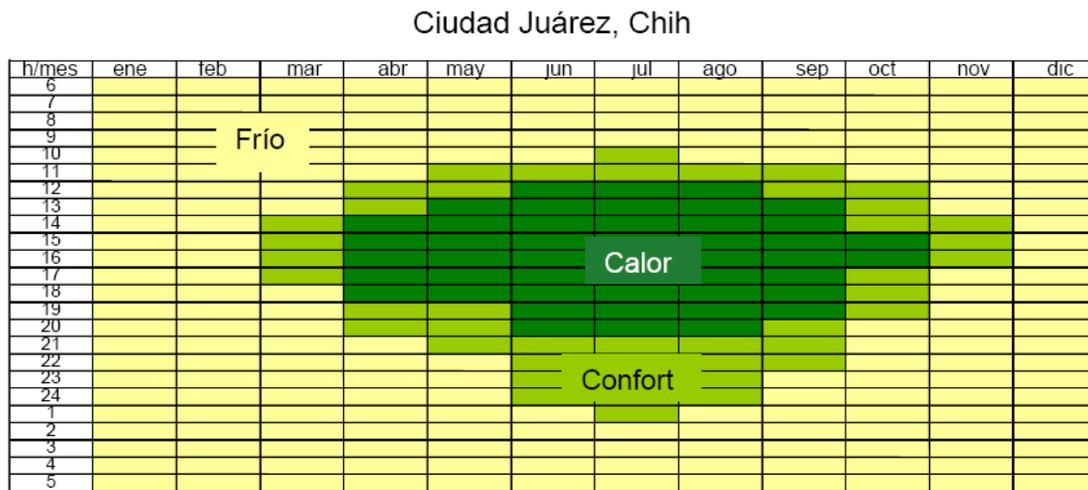


Figura 5.9. Diagrama de isorequerimientos para Ciudad Juárez (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Ventanas en dirección noreste-suroeste. Se aprovechan los vientos alisios en verano y se evitan los descendentes en invierno.

Horario

La ventilación se podrá aprovechar de abril a octubre en diferentes horas del día desde las doce hasta las siete de la tarde. Los demás meses ésta se puede presentar en casos aislados pero posibles.

Sistemas Pasivos

Se puede aprovechar el fenómeno de la evapotranspiración colocando una fuente de humedad cerca del lugar a enfriar. De preferencia en la dirección noreste.

5.10. Ciudad Obregón, Son.

Clima: Cálido Muy Seco

Región climática: Golfo de California

Viento dominante:

- Descendentes en Verano
- Alisios Continentales todo el año
- Del Oeste en Invierno

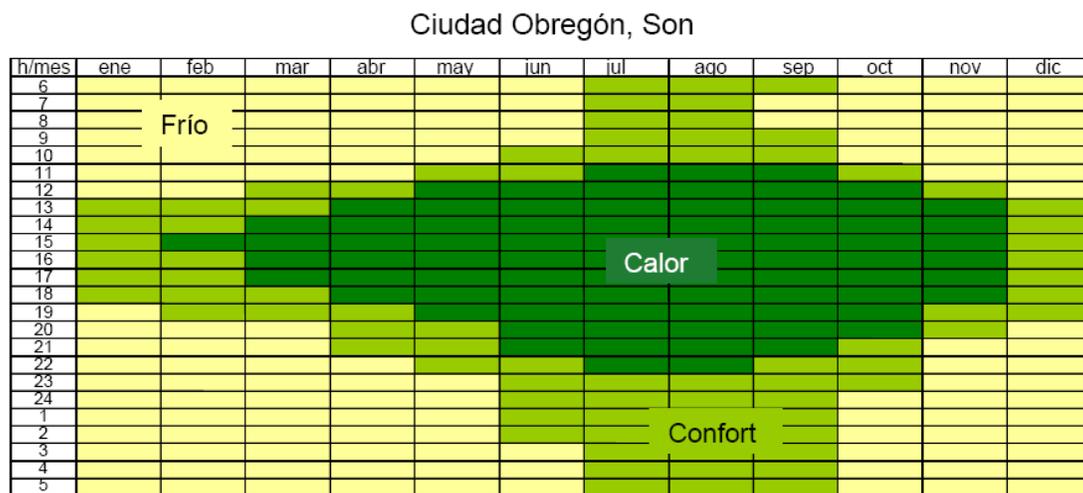


Figura 5.10. Diagrama de isorequerimientos para Ciudad Obregón (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas construidas en la dirección noreste-suroeste.

Horario

Apertura de puertas y ventanas en ciertas horas de febrero, marzo y abril; y de las once de la mañana hasta las nueve de la noche (sobre todo en julio y agosto) para los meses correspondientes desde mayo hasta noviembre.

Sistemas Pasivos

Se recomienda colocar vegetación cerca de las aberturas para que la humedad del aire aumente antes de ingresar al inmueble.

Estrategias Pasivas

Se pueden regar las plantas cercanas a las aberturas al mediodía o unas pocas horas después. Así se enfriará con mayor eficiencia el aire en movimiento.

5.11. Ciudad Victoria, Tmps

Clima: Cálido Semiseco

Región climática: Noreste

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

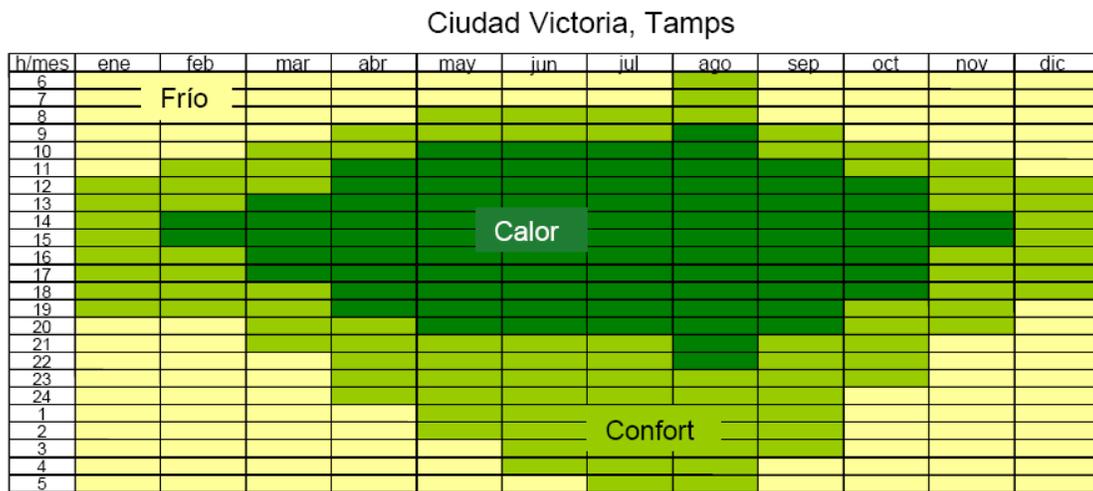


Figura 5.11. Diagrama de isorequerimientos para Ciudad Victoria (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con dirección este-oeste. Con esto se aprovechan los vientos antes y después de los ciclones en verano y otoño, estaciones calurosas del año. Y se evitan los nortes en invierno.

Horario

Conciliar una buena circulación de aire en pocas horas los meses de febrero, marzo y noviembre; y de los meses de abril a octubre mantener esta circulación desde las diez de la mañana hasta las siete de la noche.

Materiales

Por el tipo de clima, se recomienda utilizar materiales con alta inercia térmica, como el adobe, para mantener fresco el interior del edificio, a la vez que se mantiene caliente el interior en épocas frías.

5.12. Colima, Col.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Pacífico Sur

Vientos dominantes:

- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Monzón en Verano
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Alisios todo el año

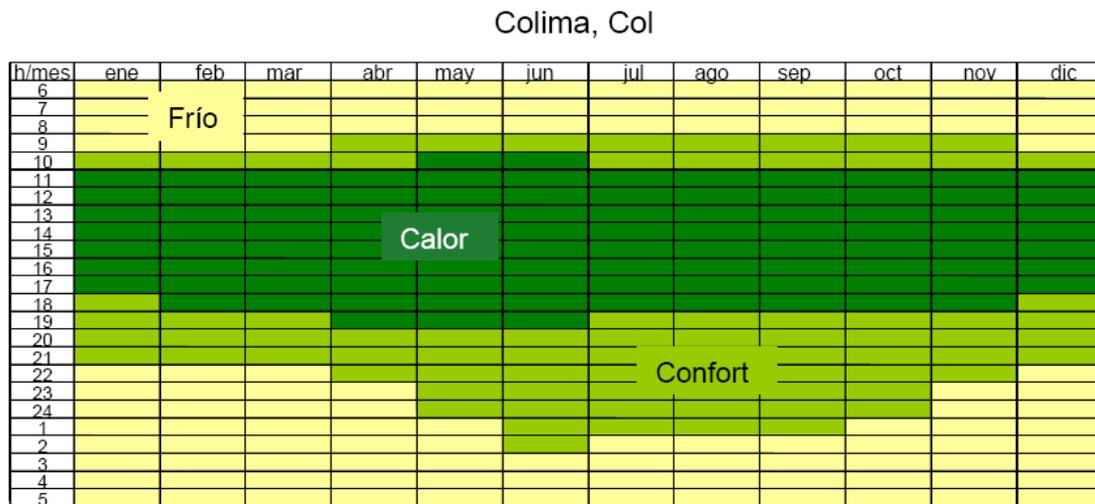


Figura 5.12. Diagrama de isorequerimientos para Colima (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aperturas en la dirección noreste-suroeste. Así, todo el año se aprovechan los diferentes vientos que afectan esta región.

Horarios

Como en casos anteriores, la ventilación natural se debe de llevar a cabo en horas casi constantes durante todo el año. En este caso las horas deben variar de las once de la mañana a las seis de la tarde.

Sistemas Auxiliares

En dado caso que el aire alrededor del inmueble no esté en movimiento se puede utilizar uno o varios ventiladores de bajo consumo energético.

5.13. Cuernavaca, Mor.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca

Viento dominante:

- Locales
- Alisios Descendentes todo el año
- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Influencia de Monzón en Verano

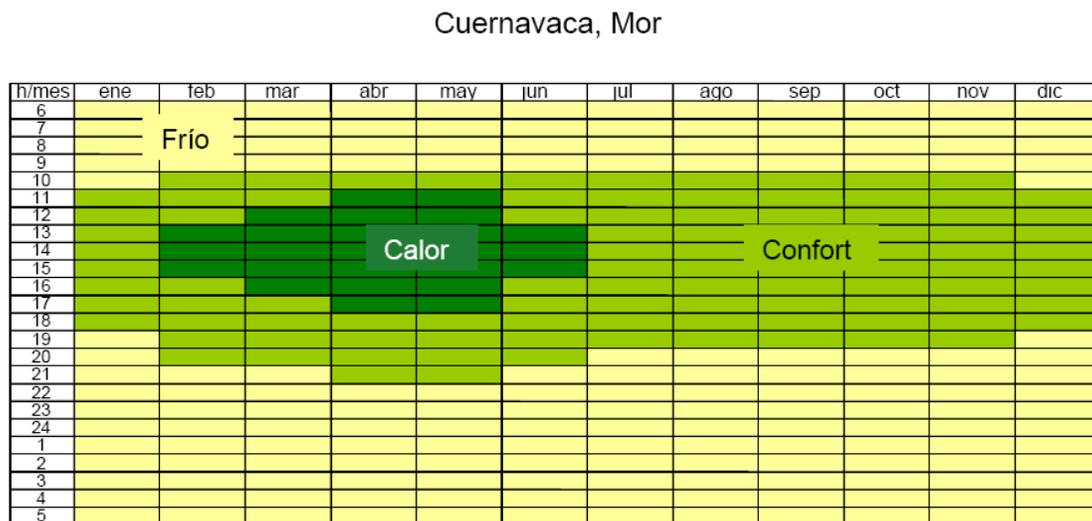


Figura 5.13. Diagrama de isorequerimientos para Cuernavaca (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Ventanales corredizos con dirección noreste-suroeste.

Horario

En esta ciudad debe de existir ventilación natural los meses de febrero a junio, se las once de la mañana a las cinco de la tarde. Tal vez en otros meses se necesite en alguna ocasión esta ventilación.

Sistemas Pasivos

Colocación de vegetación en las inmediaciones de las aperturas.

5.14. Culiacán, Sin.

Clima: Cálido Semiseco

Región climática: Pacífico Central

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Monzones en Verano

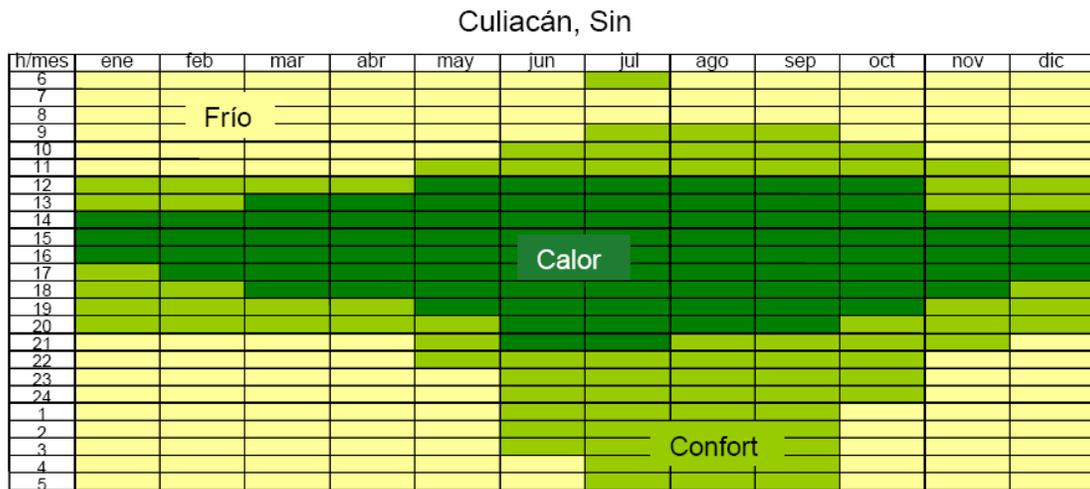


Figura 5.14. Diagrama de isorequerimientos para Culiacán (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción de las aperturas con dirección este-oeste. Con esto se aprovechan los vientos presentes durante el año.

Horario

En los meses más fríos, esto es noviembre, diciembre, enero y febrero, se podrá utilizar circulación de aire de la una a la cuatro de la tarde. Mientras que de marzo a octubre, se deberá de dejar circular el aire del mediodía hasta las ocho de la noche.

Sistemas Auxiliares

Como se ve en el diagrama, todo el año existe la sensación de calor por lo menos tres horas. Es por eso que no está demás tener un sistema de ventilación mecánica de respaldo, preferentemente de bajo consumo energético.

5.15. Durango, Dgo.

Clima: Templado Semiseco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno



Figura 5.15. Diagrama de isorequerimientos para Durango (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aperturas móviles en la dirección noreste-suroeste. Con esto sólo en verano se aprovecha la ventilación natural.

Horario

En esta ciudad sólo se utilizará la ventilación natural los meses comprendidos de abril a julio, empezando aproximadamente a la una de la tarde hasta las seis como hora máxima de ventilación.

Sistemas Pasivos

Colocar una fuente de humidificación cerca de las aberturas. Se puede utilizar una fuente que sólo funcione durante el verano, temporada en la que se utilizaría con mayor frecuencia.

5.16. Guadalajara, Jal.

Clima: Semicálido Subhúmedo

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

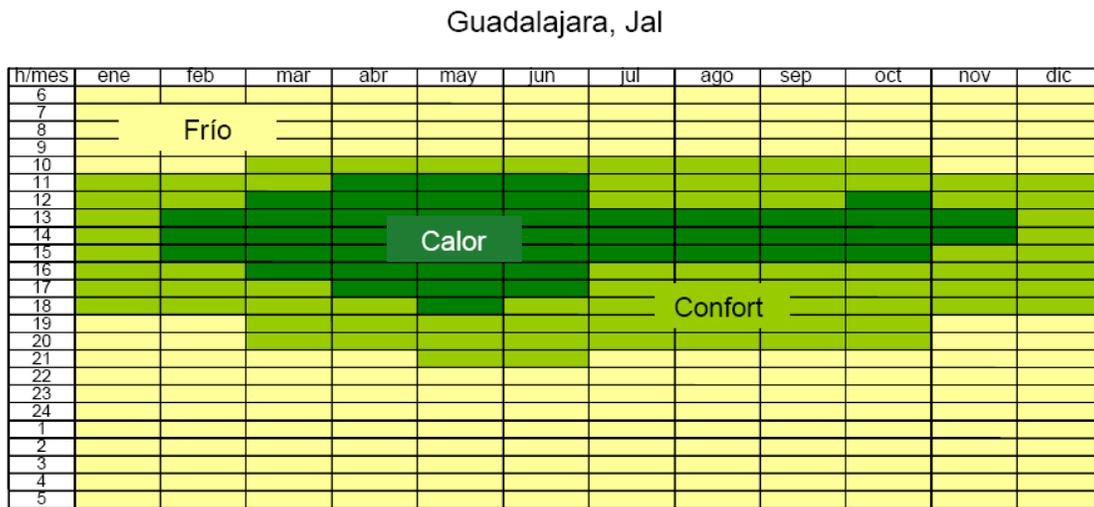


Figura 5.16. Diagrama de isorequerimientos para Guadalajara (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción del edificio con ventanas en dirección noreste-suroeste y con una obstrucción en la dirección noroeste.

Horario

La ventilación en Guadalajara es conveniente en las épocas de los meses de febrero a noviembre, ya que en enero y diciembre se presentan sensaciones de frío. Esta ventilación se podrá hacer de abril a junio (meses más calidos) de las once de la mañana a las seis de la tarde, como máximo; y los demás meses de mediodía a las tres de la tarde, aproximadamente.

Materiales

Utilizar materiales con baja inercia térmica. Esto porque como es un clima con algo de humedad, si hace calor los materiales del inmueble impedirán que el calor salga rápidamente y se sentirá una sensación de bochorno; y si hace frío la temperatura se mantendrá baja en lugar de subir un poco.

5.17. Guanajuato, Gto.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

Guanajuato, Gto



Figura 5.17. Diagrama de isorequerimientos para Guanajuato (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con orientación noreste-suroeste.

Horario

Como en casos anteriores, la circulación de aire dentro de un inmueble en esta ciudad deberá ser sólo en los meses comprendidos de abril, mayo y junio, de las once de la mañana a las dos de la tarde.

Sistemas Pasivos

Colocación de una fuente de humidificación cerca de las puertas y ventanas. Esta fuente podría ser vegetación colgante o árboles frondosos.

5.18. Hermosillo, Son.

Clima: Cálido Muy Seco

Región climática: Golfo de California

Viento dominante:

- Descendentes en Verano
- Alisios Continentales todo el año
- Del Oeste en Invierno

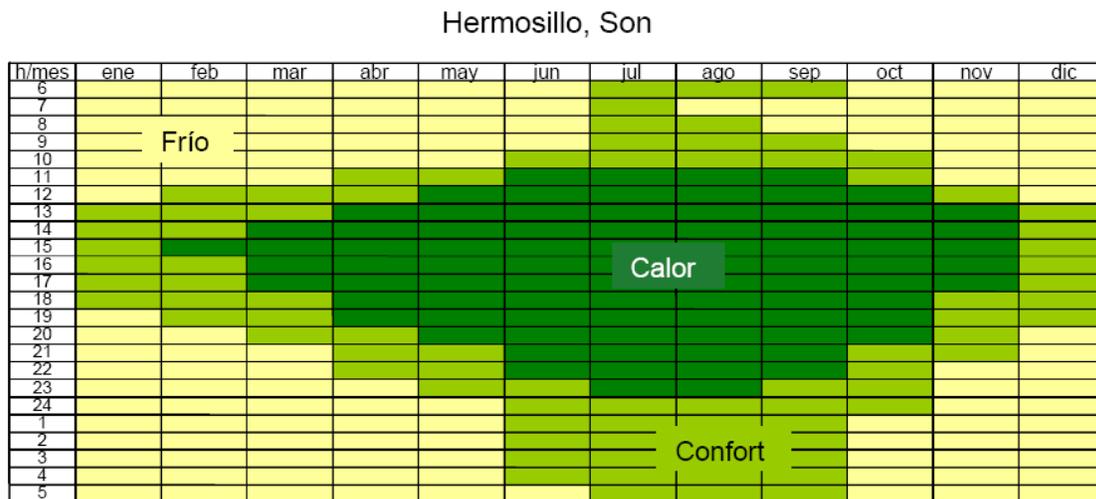


Figura 5.18. Diagrama de isorequerimientos para Hermosillo (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas con orientación noroeste-sureste, así se aprovechan los vientos descendentes durante el verano y los alisios continentales todo el año.

Horario

Se utilizará en todos los meses del año excepto en enero y diciembre. Los meses más cálidos, de mayo a septiembre, se aplicará una buena ventilación de las once de la mañana a las diez de la noche, aproximadamente. Y los demás meses de mediodía a las ocho de la noche.

Sistemas Pasivos

Colocar una fuente de humidificación cercana a las aberturas.

Materiales

Con alta inercia térmica.

5.19. La Paz, BCS

Clima: Cálido Muy Seco

Región climática: Pacífico Central

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Monzones en Verano

La Paz, BCS

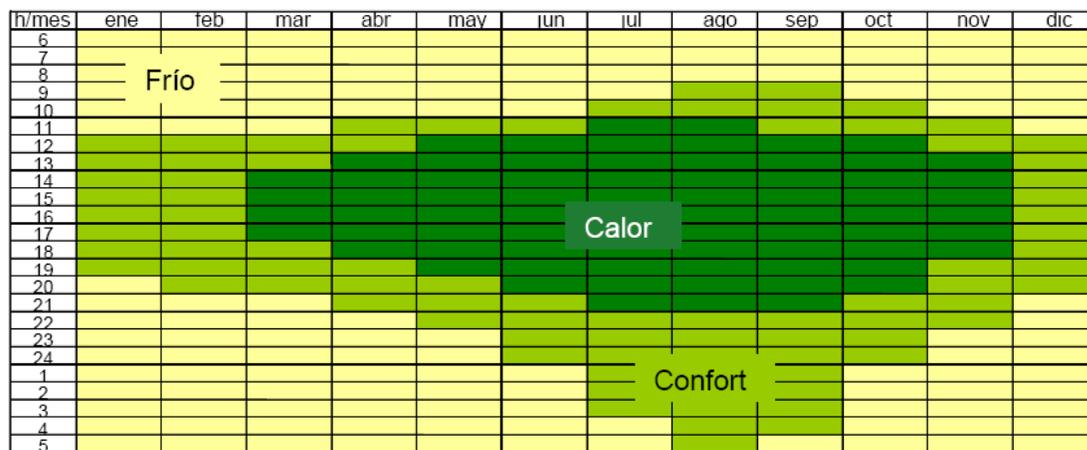


Figura 5.19. Diagrama de isorequerimientos para La Paz (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con dirección noroeste-sureste.

Horario

De marzo a noviembre, se tendrán que abrir las puertas y ventanas de las once de la mañana a las nueve de la noche de forma aproximada.

Sistemas Pasivos

Vegetación en los alrededores de las puertas y las ventanas.

Materiales

Materiales con alta inercia térmica.

5.20. León, Gto.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

León, Gto

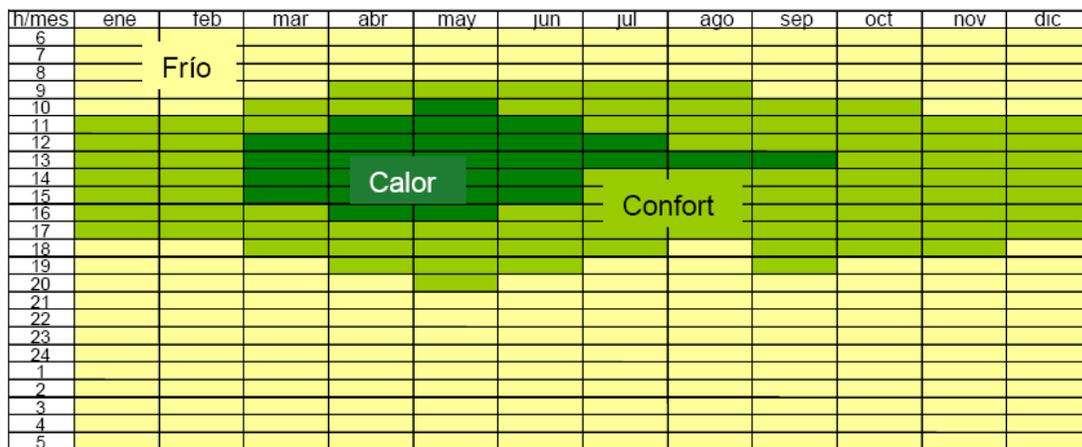


Figura 5.20. Diagrama de isorequerimientos para León (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Ventanales con dirección noreste-suroeste.

Horario

En los meses calurosos, es decir, de marzo a junio, se deberá introducir una ventilación empezando a las diez horas y terminando a las dieciséis. En Julio, agosto y septiembre se podrá utilizar solamente una o dos horas entre las doce y la una de la tarde.

Sistemas Pasivos

Utilización de una fuente de humidificación cerca de las aberturas que funcione los meses más calurosos del año.

5.21. Manzanillo, Col.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Pacífico Sur

Vientos dominantes:

- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Monzón en Verano
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Alisios todo el año

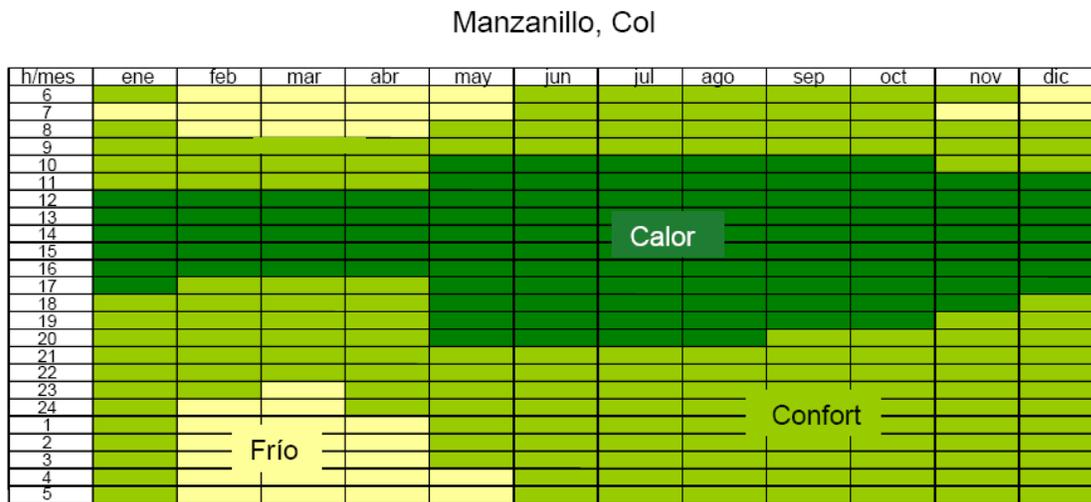


Figura 5.21. Diagrama de isorequerimientos para Manzanillo (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas en la dirección noreste-suroeste. Así se aprovechan los diferentes tipos de viento a lo largo del año.

Horario

La mayor parte del tiempo en Manzanillo, habrá sensaciones de calor. Es por esto que se deben de dejar espacios donde circule el aire empezando de las diez de la mañana hasta la ocho de la noche, durante todo el año.

Sistemas Auxiliares

Utilización esporádica de ventiladores mecánicos.

5.22. Mazatlán, Sin.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Pacífico Central

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Monzones en Verano

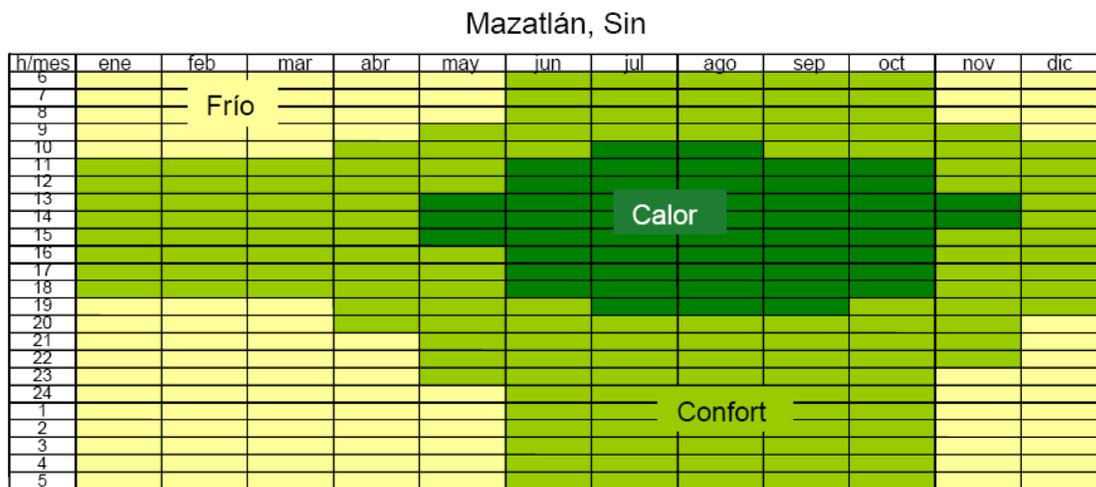


Figura 5.22. Diagrama de isorequerimientos para Mazatlán (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Ventanales móviles en la orientación noreste-suroeste.

Horario

En esta playa se aprovecharía la brisa marina los meses de junio a octubre, de las diez de la mañana a las siete de la noche. Y en mayo y noviembre se podría utilizar la ventilación natural de la una a las tres de la tarde.

Sistemas Pasivos

De junio a octubre se pueden presentar casos en los que no haya vientos. Para estos casos se puede contar con un ventilador de bajo consumo energético.

Materiales

Uso de materiales de baja inercia térmica.

5.23. Mérida, Yuc.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Península de Yucatán

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

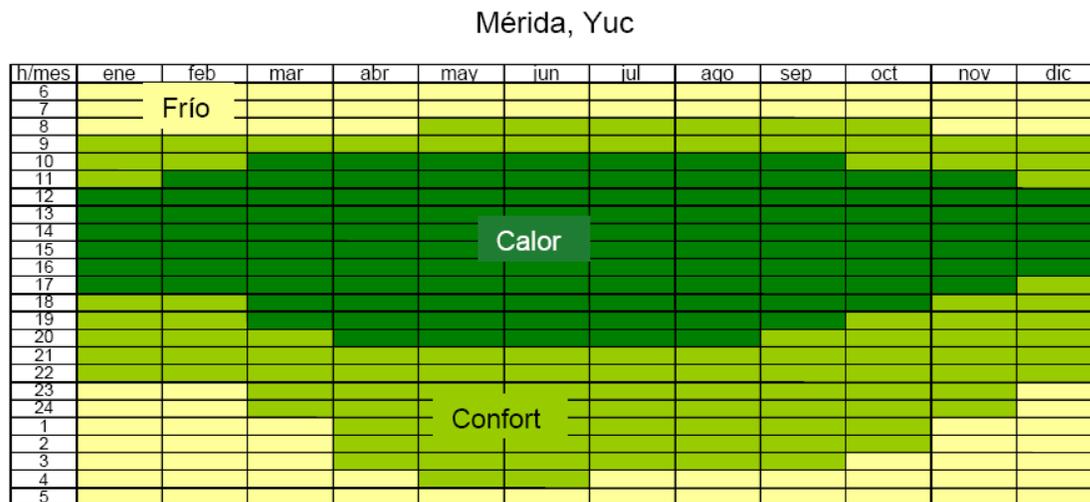


Figura 5.23. Diagrama de isorequerimientos para Mérida (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas de ventanas en la dirección noreste-suroeste. Se pueden poner otras aberturas pequeñas en la dirección noroeste. Estas aberturas harán que ingrese aire fresco en invierno, cuando sea necesario.

Horario

En Mérida deberá existir circulación de aire en el interior desde las diez de la mañana hasta las ocho de la noche durante todo el año.

Sistemas Pasivos

Se pueden poner grandes ventanales corredizos que adecuen el área de abertura deseado de acuerdo a las necesidades de cada momento. Estos ventanales pueden ir cada uno en la dirección propuesta para que se pueda originar una buena ventilación cruzada en los días más calurosos, pero que se pueda modificar cuando así sea necesario.

5.24. Mexicali, BC

Clima: Cálido Seco

Región climática: Noroeste

Viento dominante:

- Descendentes en Verano
- Del Oeste en Invierno
- Perturbaciones Extratropicales en Invierno

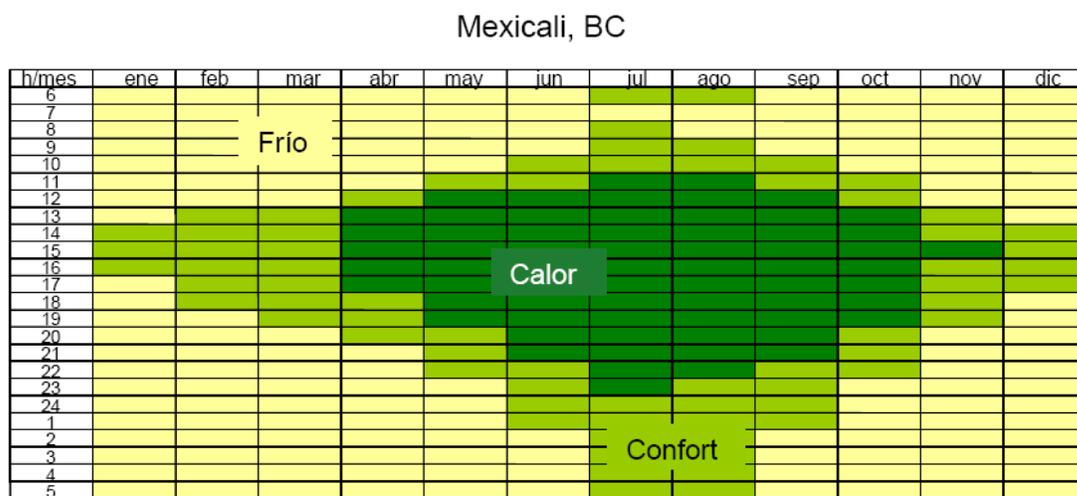


Figura 5.24. Diagrama de isorequerimientos para Mexicali (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas con orientación noroeste-sureste, así se aprovechan los vientos descendentes durante el verano y los alisios continentales todo el año.

Horario

En Mexicali debe de existir una ventilación natural los meses de abril a octubre, desde las once de la mañana a las diez de la noche. Como se trata de una zona desértica, se debe de adaptar un mecanismo para la humidificación del aire, de preferencia de forma pasiva.

Sistemas Pasivos

Vegetación en los alrededores de las puertas y las ventanas.

Materiales

Materiales con alta inercia térmica.

5.25. Monterrey, NL

Clima: Cálido Semiseco

Región climática: Noreste

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

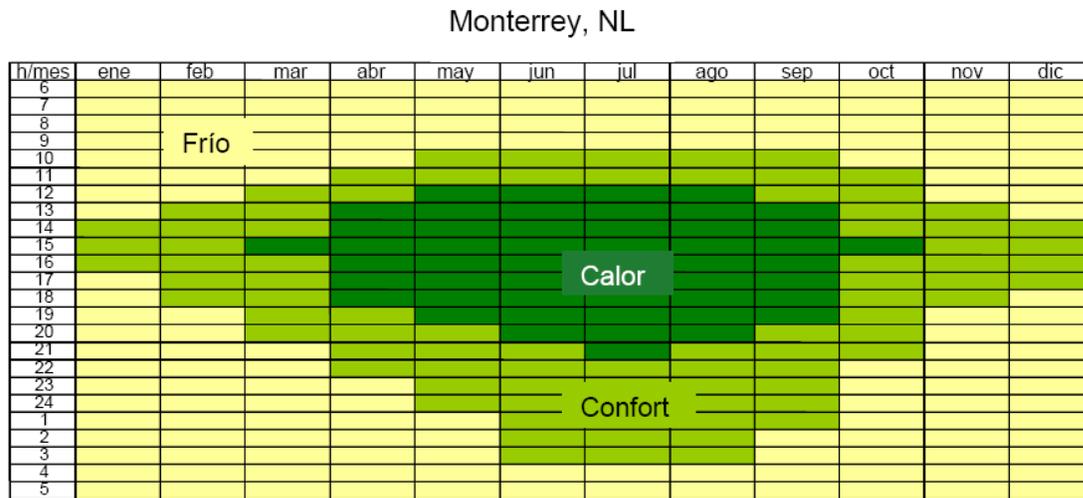


Figura 5.25. Diagrama de isorequerimientos para Monterrey (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con dirección este-oeste. Con esto se aprovechan los vientos antes y después de los ciclones en verano y otoño, estaciones calurosas del año. Y se evitan los nortes en invierno.

Horario

Como en el caso anterior, una buena ventilación se deberá llevar a cabo entre abril y septiembre del mediodía a las ocho de la noche. De igual forma, se recomienda el uso de un humidificador pasivo.

Materiales

Por el tipo de clima, se recomienda utilizar materiales con alta inercia térmica, como el adobe, para mantener fresco el interior del edificio, a la vez que se mantiene caliente el interior en épocas frías.

5.26. Morelia, Mich.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

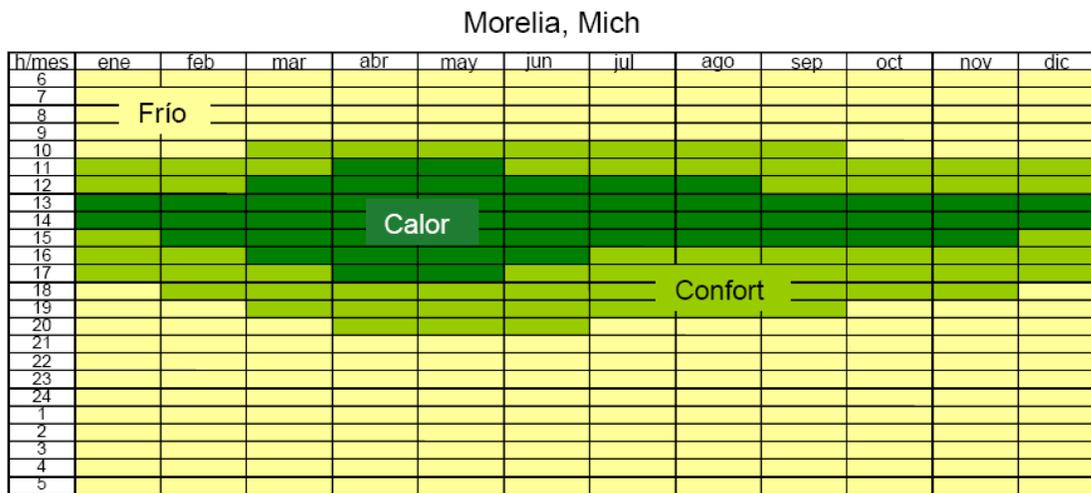


Figura 5.26. Diagrama de isorequerimientos para Morelia (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con orientación noreste-suroeste. Así los vientos alisios son aprovechados todo el año.

Horario

Durante todo el año se puede utilizar la apertura de ventanas del mediodía a las cinco de la tarde, como máximo.

Sistemas Pasivos

Colocación de vegetación en las inmediaciones de las aberturas.

5.27. Oaxaca, Oax.

Clima: Semicálido Subhúmedo

Región climática: Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca

Viento dominante:

- Locales
- Alisios Descendentes todo el año
- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Influencia de Monzón en Verano

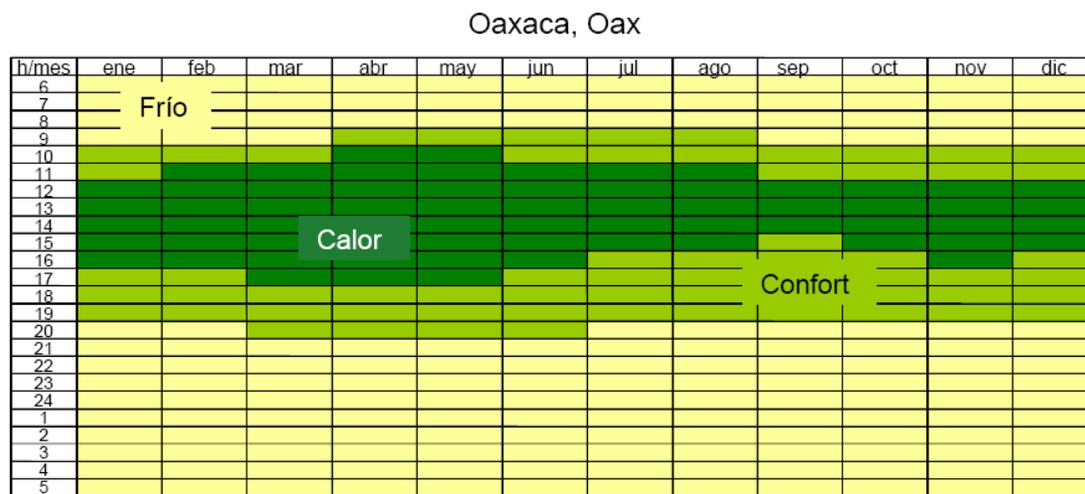


Figura 5.27. Diagrama de isorequerimientos para Oaxaca (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas con orientación noreste-suroeste.

Horario

Se mantendrá durante todo el año abiertas las ventanas de las once de la mañana a las cinco de la tarde, de forma aproximada.

Materiales

Utilización de materiales con mediana o poca inercia térmica, ya que el tiempo tiende a ser húmedo la mayor parte del año.

5.28. Pachuca, Hgo.

Clima: Templado Subhúmedo

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

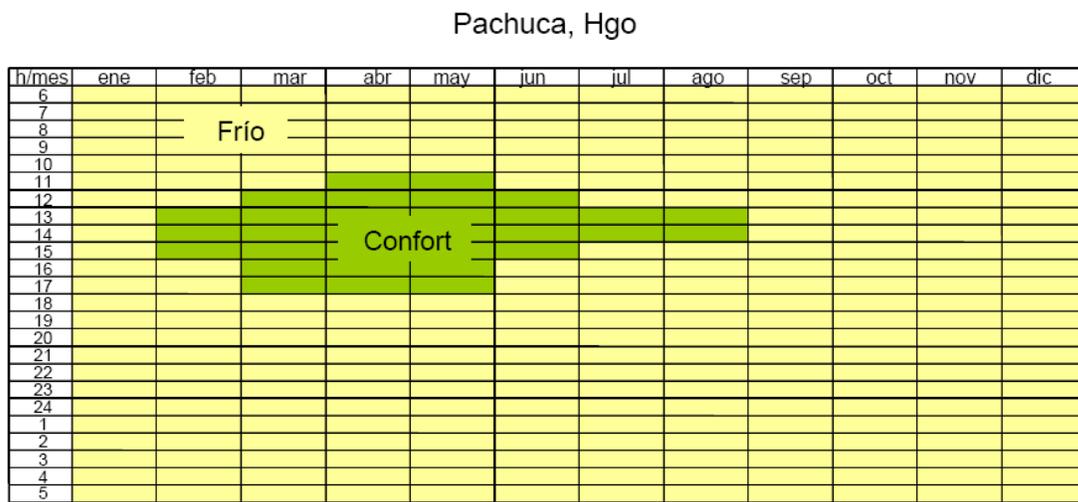


Figura 5.28. Diagrama de isorequerimientos para Pachuca (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación con ventanales plegables en dirección noreste-noroeste, que en las épocas más frías permitan al sol calentar un poco el aire y que este ingrese con una temperatura un poco más elevada.

Horario

Sólo se utilizará la ventilación natural en ciertas horas del mediodía los meses de febrero a agosto.

Sistemas pasivos

En este caso se podrían utilizar ventanales que tengan doble vidrio con la finalidad de que el aire entre las placas se caliente y mantenga una temperatura más alta que en el exterior del inmueble.

5.29. Puebla, Pue.

Clima: Templado Subhúmedo

Región climática: Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca

Viento dominante:

- Locales
- Alisios Descendentes todo el año
- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Influencia de Monzón en Verano

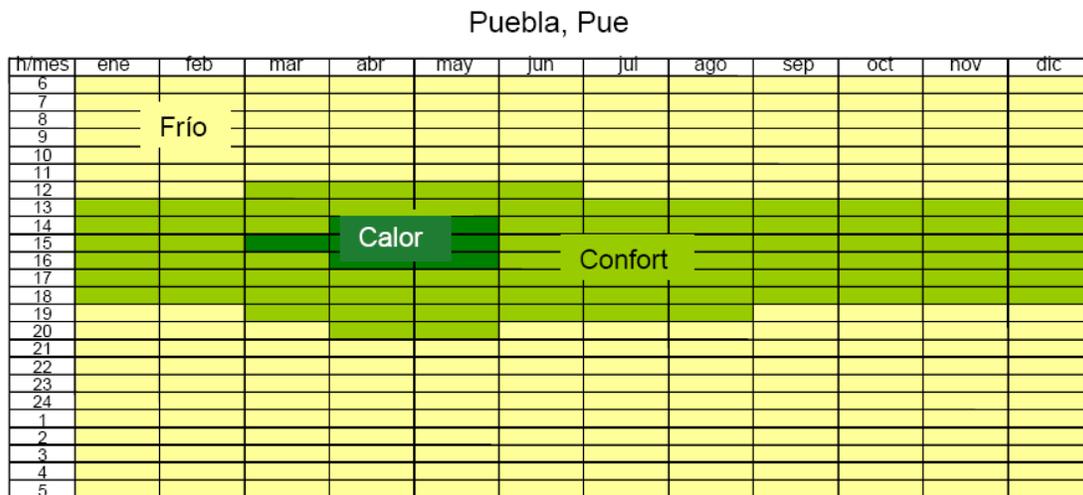


Figura 5.29. Diagrama de isorequerimientos para Puebla (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con orientación noreste-suroeste.

Horario

Una ventilación se puede llevar a cabo sólo en los meses de marzo, abril y mayo. Esto de las dos a las cuatro de la tarde.

Estrategias Pasivas

Buen sellado en puertas y ventanas para que el calor producido por los aparatos eléctricos y por las personas en el interior se quede más tiempo dentro del inmueble. Este paso se debe hacer casi todo el año.

5.30. Querétaro, Qro.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

Querétaro, Qro



Figura 5.30. Diagrama de isorequerimientos para Querétaro (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas con orientación noreste-suroeste.

Horario

La ventilación se llevaría entre los meses de marzo y agosto de las doce a las cuatro de la tarde.

Sistemas Pasivos

Colocación de plantas y árboles en las cercanías de las puertas y las ventanas.

Materiales

Uso de materiales con mediana inercia térmica.

5.31. Saltillo, Coah.

Clima: Cálido Seco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno

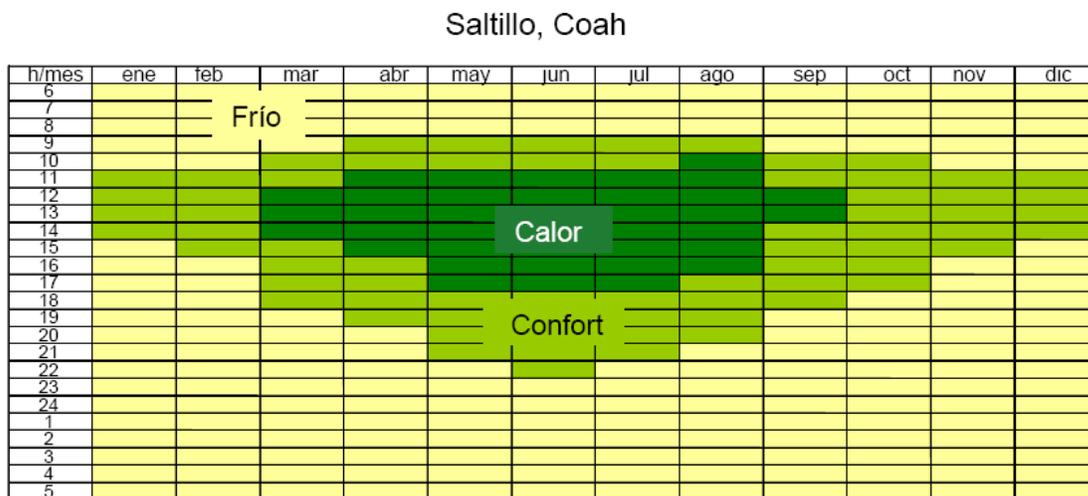


Figura 5.31. Diagrama de isorequerimientos para Saltillo (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción del edificio con ventanas en dirección este-oeste. Con esta dirección se evitarían los vientos fríos en invierno.

Horario

Entre los meses de marzo y septiembre, la ventilación natural estaría funcionando. Empezaría de las once de la mañana a las cinco de la tarde.

Sistemas Pasivos

Se recomienda utilizar un sistema de humidificación con los vientos que ingresan en la dirección este, sobre todo en los veranos, cuando viene seco y caliente. Un sistema pasivo que resulta sencillo es la colocación de vegetación en la ventana o abertura que este en dirección este.

5.32. San Luis Potosí, SLP

Clima: Templado Semiseco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno

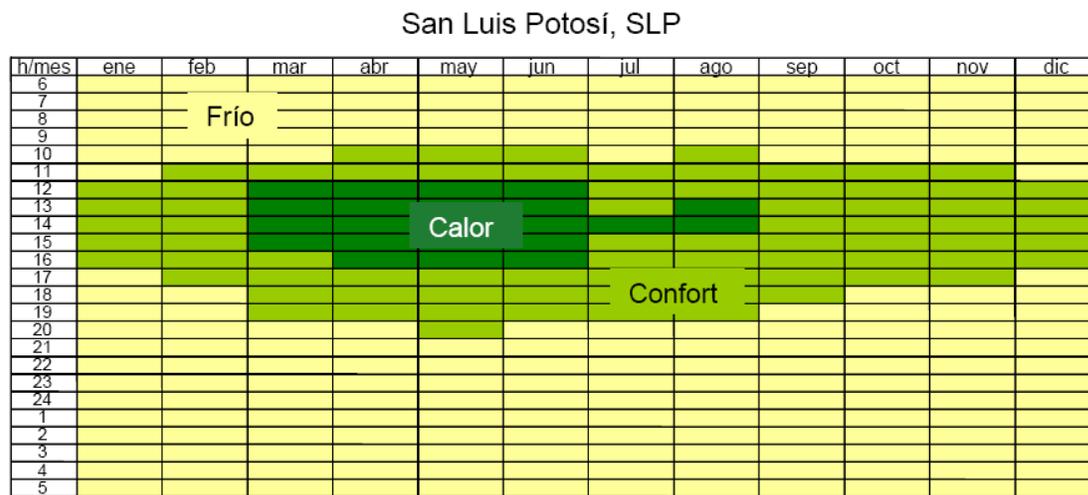


Figura 5.32. Diagrama de isorequerimientos para San Luis Potosí (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación noreste-suroeste con pequeñas aberturas en estas direcciones. En la dirección noroeste se recomienda no poner ningún tipo de apertura, ya que el viento proveniente de esa dirección es muy frío en los meses de invierno.

Horario

Los meses de marzo, abril, mayo y junio son los más calurosos del año. Se podrán abrir las ventanas de las doce a las cuatro de la tarde. En julio y agosto se podrán abrir a la una y dos de la tarde.

Sistemas Pasivos

Ventanales corredizos en la orientación propuesta. El ventanal de la dirección noreste puede tener elementos para humidificación del aire, como vegetación o una pequeña fuente, con el objeto de que el aire seco que llega del norte aumente su humedad y por lo tanto disminuya su temperatura.

5.33. Tampico, Tmps.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Noreste

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

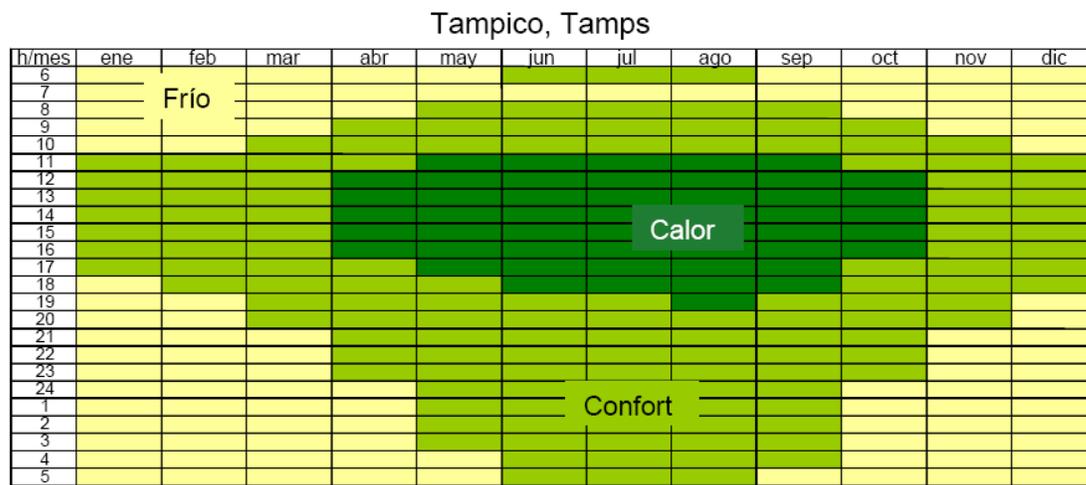


Figura 5.33. Diagrama de isorequerimientos para Tampico (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con dirección este-oeste. Con esto se aprovechan los vientos antes y después de los ciclones en verano y otoño, estaciones calurosas del año. Y se evitan los nortes en invierno.

Horario

Desde abril hasta octubre, se aprovechará el movimiento del aire de las once de la mañana a las seis de la tarde.

Sistemas Auxiliares

No está demás tener un sistema de ventilación mecánica de respaldo, preferentemente de bajo consumo energético.

Materiales

Uso de materiales con baja inercia térmica.

5.34. Tepic, Nay.

Clima: Semicálido Subhúmedo

Región climática: Pacífico Central

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Monzones en Verano

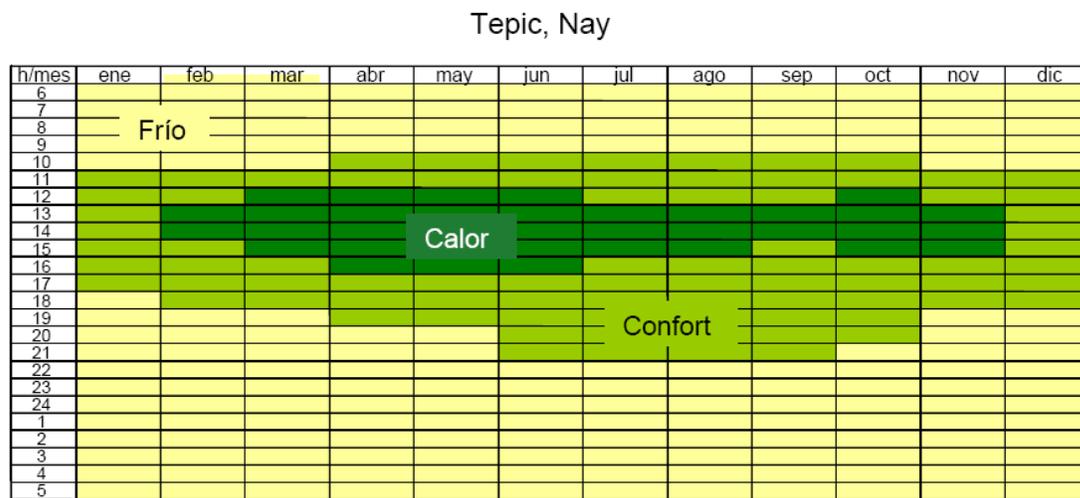


Figura 5.34. Diagrama de isorequerimientos para Tepic (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción del edificio con ventanas en dirección noreste-suroeste y con una obstrucción en la dirección noroeste.

Horario

Todos los meses, exceptuando enero y diciembre, se deberán enfriar de manera pasiva de las doce del mediodía a las cuatro de la tarde.

Materiales

Utilizar materiales con baja inercia térmica, ya que como es un clima con algo de humedad, si hace calor los materiales del inmueble impedirán que el calor salga rápidamente y se sentirá una sensación de bochorno; y si hace frío la temperatura se mantendrá baja en lugar de subir un poco.

5.35. Tijuana, BC

Clima: Templado Semiseco

Viento dominante:

- Descendentes en Verano
- Del Oeste en Invierno
- Perturbaciones Extratropicales en Invierno

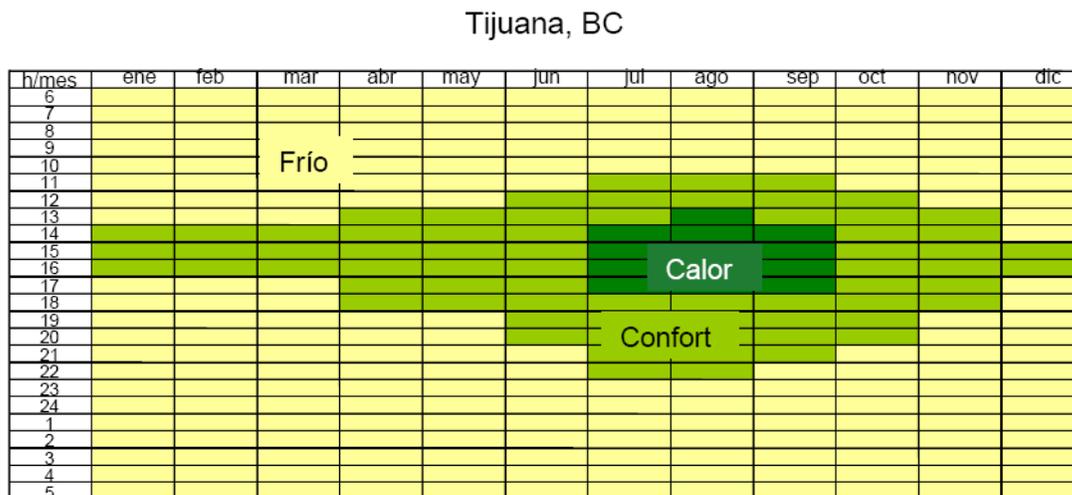


Figura 5.35. Diagrama de isorequerimientos para Tijuana (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Colocación de puertas y ventanas con dirección norte-sur. Con esto se aprovechan los vientos descendentes en la época calurosa del año y se impide el paso de aire frío los meses fríos del año.

Horario

Una ventilación natural se deberá llevar a cabo sólo los días de julio, agosto y septiembre. De la una a las cinco de la tarde.

Estrategias Pasivas

Buen sellado en puertas y ventanas para que el calor producido por los aparatos eléctricos y por las personas en el interior se quede más tiempo dentro del inmueble. Este paso se debe hacer casi todo el año.

5.36. Tlaxcala, Tlax.

Clima: Semicálido Semiseco

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno



Figura 5.36. Diagrama de isorequerimientos para Tlaxcala (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con orientación noreste-suroeste.

Horario

Como en casos anteriores, sólo los meses de marzo, abril y mayo deben de estar ventilados, y esto sólo dos o tres horas, de la una a las tres de la tarde.

Estrategias Pasivas

Buen sellado en puertas y ventanas.

Materiales

Uso de materiales con alta inercia térmica.

5.37. Toluca, Mex.

Clima: Templado Subhúmedo

Región climática: Centro

Vientos dominantes:

- Alisios todo el año
- Monzón en Verano
- Del Oeste en Invierno

Toluca, Edo Méx

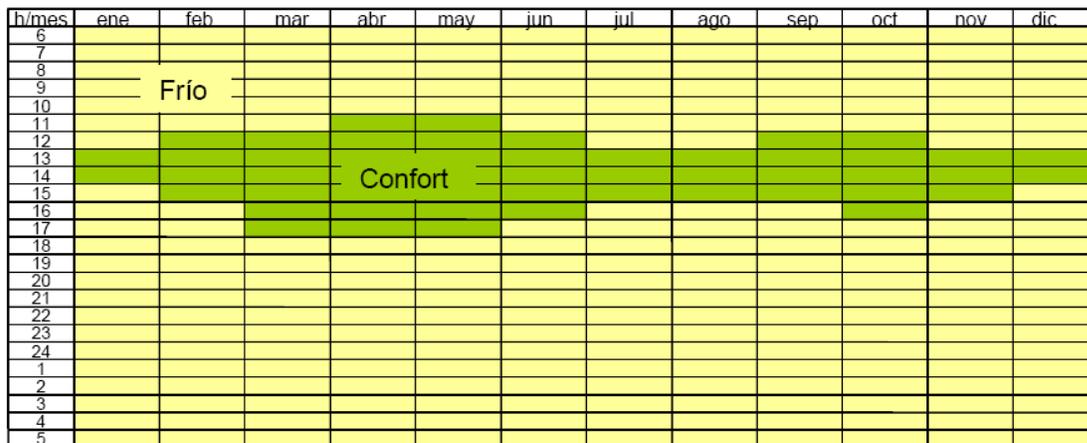


Figura 5.37. Diagrama de isorequerimientos para Toluca (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación con ventanales plegables en dirección noreste-noroeste, que en las épocas más frías permitan al sol calentar un poco el aire y que este ingrese con una temperatura un poco más elevada.

Horario

Como en un caso similar al de Pachuca, en Toluca se podrá utilizar la ventilación natural en ciertas horas de las once de la mañana a las cinco de la tarde, esto puede suceder durante todo el año.

Sistemas pasivos

En este caso se podrían utilizar ventanales que tengan doble vidrio con la finalidad de que el aire entre las placas se caliente y mantenga una temperatura más alta que en el exterior del inmueble.

5.38. Torreón, Coah.

Clima: Cálido Seco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno



Figura 5.38. Diagrama de isorequerimientos para Torreón (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Construcción del edificio con ventanas en dirección este-oeste. Con esta dirección se evitarían los vientos fríos en invierno.

Horario

Entre abril y agosto, se puede desarrollar la ventilación natural entre la una y las seis de la tarde.

Sistemas Pasivos

Se recomienda utilizar un sistema de humidificación con los vientos que ingresan en la dirección este, sobre todo en los veranos, cuando viene seco y caliente. Un sistema pasivo que resulta sencillo es la colocación de vegetación en la ventana o abertura que este en dirección este.

5.39. Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Sureste

Viento dominante:

- Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en Verano
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Alisios todo el año

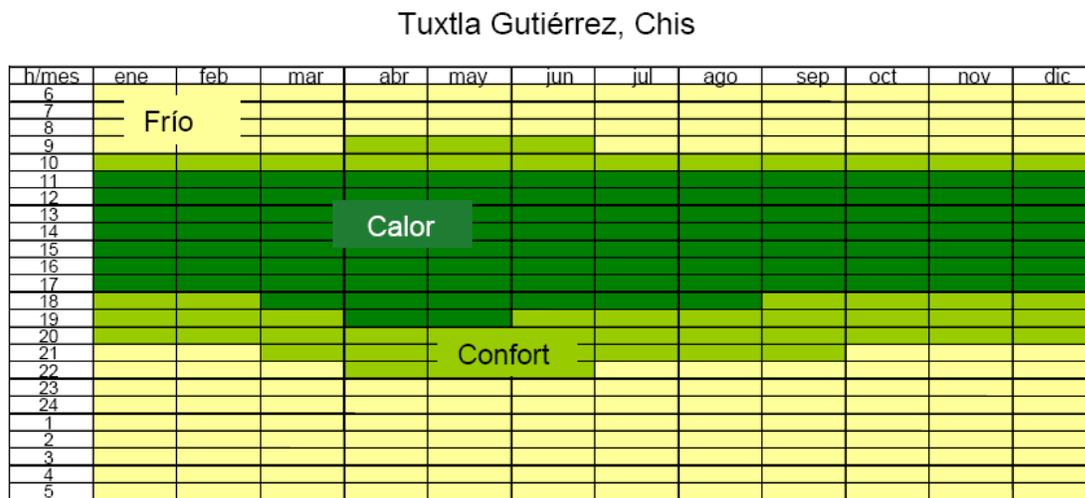


Figura 5.39. Diagrama de isorequerimientos para Tuxtla Gutiérrez (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Aberturas con orientación noreste-suroeste.

Horario

Como en la mayoría de las ciudades con clima cálido húmedo, durante todo el año se mantiene un cierto estándar de sensaciones. En este caso, la ventilación natural debe ocurrir entre las once de la mañana y las siete de la tarde, como máximo.

Materiales

Utilización de materiales con mediana o poca inercia térmica, ya que el tiempo tiende a ser húmedo la mayor parte del año.

Sistemas Auxiliares

Uso de un sistema de ventilación mecánica en algunas ocasiones durante el año.

5.40. Veracruz, Ver.

Clima: Cálido Subhúmedo

Región climática: Golfo de México

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

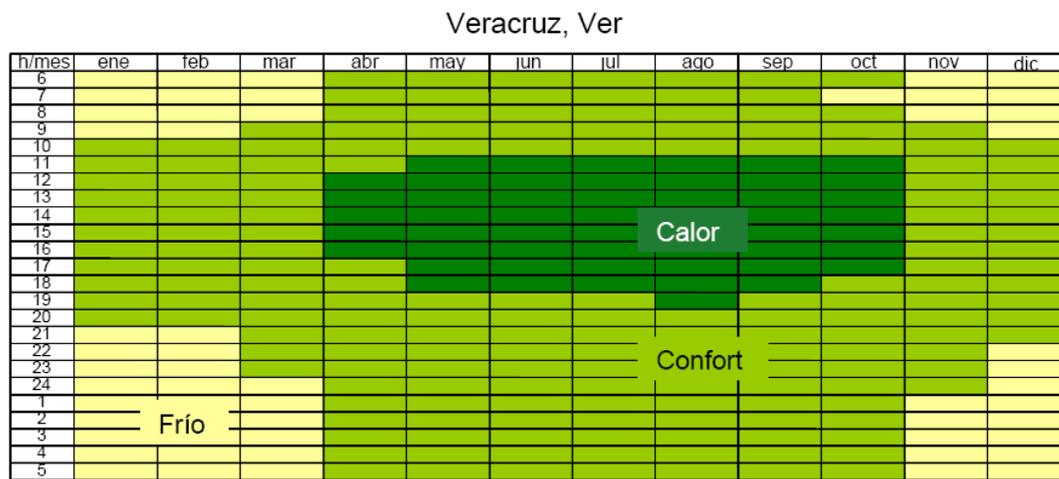


Figura 5.40. Diagrama de isorequerimientos para Veracruz (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con dirección este-oeste. Con esto se aprovechan los vientos antes y después de los ciclones en verano y otoño, estaciones calurosas del año. Y se evitan los nortes en invierno.

Horario

En este puerto la ventilación natural deberá ocurrir entre abril y octubre, de las once de la mañana a las seis de la tarde.

Sistemas Auxiliares

No está demás tener un sistema de ventilación mecánica de respaldo, preferentemente de bajo consumo energético.

Materiales

Uso de materiales con baja inercia térmica.

5.41. Villahermosa, Tab.

Clima: Cálido Húmedo

Región climática: Golfo de México

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

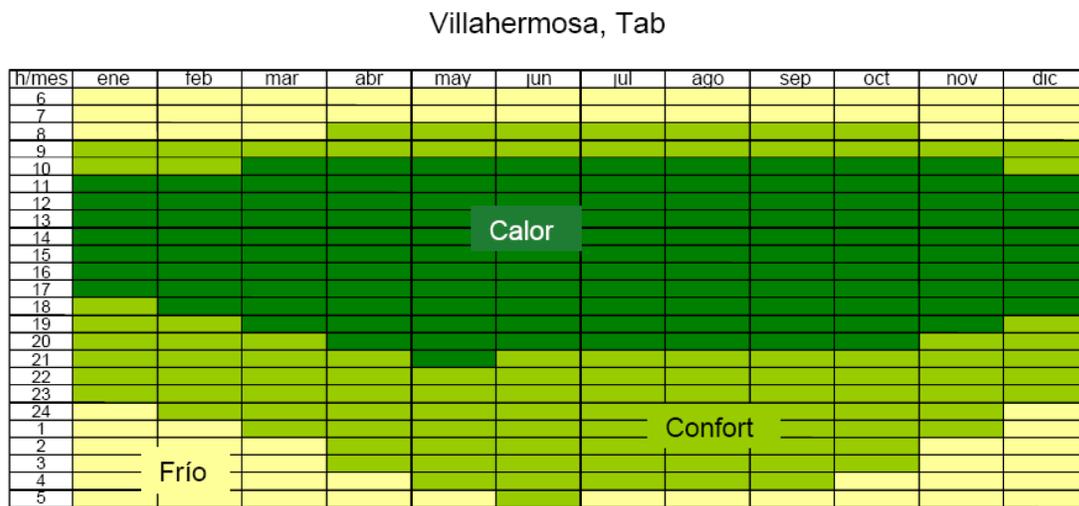


Figura 5.41. Diagrama de isorequerimientos para Villahermosa (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Puertas y ventanas con dirección este-oeste.

Horario

Durante todo el año se deben de abrir las ventanas entre las diez de la mañana y las ocho de la noche.

Sistemas Auxiliares

Un sistema de ventilación mecánica de respaldo.

Materiales

Uso de materiales con baja inercia térmica.

5.42. Xalapa, Ver.

Clima: Templado Subhúmedo

Región climática: Golfo de México

Viento dominante:

- Alisios todo el año
- Ciclones Tropicales en Verano y Otoño
- Nortes en Invierno

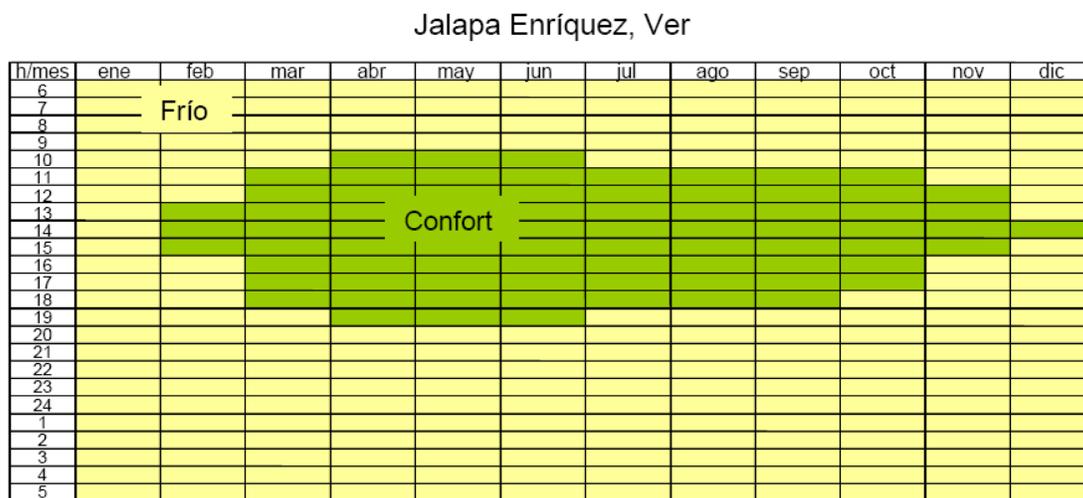


Figura 5.42. Diagrama de isorequerimientos para Xalapa (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación con ventanales plegables en dirección noreste-noroeste, que en las épocas más frías permitan al sol calentar un poco el aire y que este ingrese con una temperatura un poco más elevada.

Horario

Una circulación de aire podría ocurrir sólo en casos aislados. Estos casos se podrían presentar de febrero a noviembre.

Sistemas pasivos

Ventanales de doble vidrio con la finalidad de que el aire entre las placas se caliente y mantenga una temperatura más alta que en el exterior del inmueble.

5.43. Zacatecas, Zac.

Clima: Templado Semiseco

Región climática: Norte

Viento dominante:

- Descendentes en Invierno
- Alisios en Verano
- Convección de Ondas Frías en Invierno

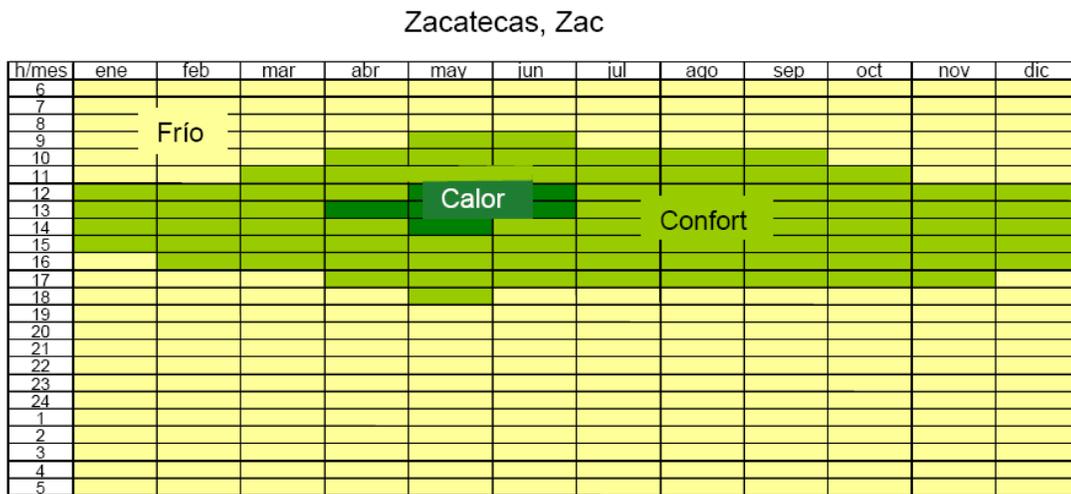


Figura 5.43. Diagrama de isorequerimientos para Zacatecas (Fuente: Morillón, D. Atlas del bioclima de México, II UNAM)

Orientación

Orientación noreste-suroeste con pequeñas aberturas en estas direcciones. En la dirección noroeste se recomienda no poner ningún tipo de apertura, ya que el viento proveniente de esa dirección es muy frío en los meses de invierno.

Horario

En esta ciudad, la ventilación de aire se puede realizar solamente en abril, mayo y junio, entre las doce y las dos de la tarde.

Sistemas Pasivos

Ventanales corredizos en la orientación propuesta. El ventanal de la dirección noreste puede tener elementos para humidificación del aire, como vegetación o una pequeña fuente, con el objeto de que el aire seco que llega del norte aumente su humedad y por lo tanto disminuya su temperatura.

4.44. Conclusiones del análisis

Por lo que se vio anteriormente, las diferentes ciudades de México se podrían dividir en tres grandes grupos de acuerdo a sus horas de confort: las que solamente necesitan ventilación en unas pocas horas durante todo el año, las que necesitan ventilación entre ciertos meses y entre ciertas horas; y las que necesitan estar ventiladas todo el año durante cierto lapso de tiempo.

Otra forma de dividir las ciudades estudiadas es por los factores de ahorro que ocurren a lo largo del año. Principalmente se tuvieron tres factores: de 0.1 a 0.2, de 0.2 a 0.3 y de 0.3 a 0.4. Un factor de 0.417 se presentó en abril para el puerto de Veracruz, pero no se volvió a presentar más un factor por arriba de 0.4.

Como se planteó en las diferentes estrategias a seguir para cada ciudad, esta información puede ser útil para utilizarla en sistemas que aprovechen al máximo la ventilación natural, tales como diseño de edificios, extractores de aire, humidificadores pasivos etc. Como consecuencia, se podrán construir mejores casas y edificios para una ciudad en particular, y que se verá reflejada en beneficios no sólo globales, si no también locales de su misma región.

CAPÍTULO 6

BENEFICIOS POTENCIALES DE LA VENTILACIÓN NATURAL COMO SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN MÉXICO

6.1. USO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN MÉXICO

Para poder visualizar un verdadero beneficio del uso de la ventilación natural como un sistema pasivo de climatización, se deben presentar datos que nos indiquen tal beneficio no sólo en la economía, sino en términos de salud, ambiente, sociales etc.

El siguiente cuadro muestra los consumos que se tienen en la República Mexicana por concepto de aire acondicionado.

Aparato	Potencia (Promedio) Watts	Tiempo de uso al día (Períodos Típicos)	Tiempo de uso al mes Horas	Consumo mensual kW-hora
Aire lavado (cooler) mediano	400	12 hrs. diarias	360	144
Aire lavado (cooler) grande	600	12 hrs. diarias	360	216
Aparato divido (minisplit) 1 ton.	1160	8 hrs. diarias	240	278
Aparato divido (minisplit) 1.5 ton.	1680	8 hrs. diarias	240	403
Aparato divido (minisplit) 2 ton.	2280	8 hrs. diarias	240	547
Aparato de ventana 1 ton. Nuevo	1200	8 hrs. diarias	240	288
Aparato de ventana 1 ton. Antiguo	1850	10 hrs. diarias	300	555
Aparato de ventana 1.5 ton. Nuevo	1800	8 hrs. diarias	240	432
Aparato de ventana 1.5 ton. Antiguo	2250	10 hrs. diarias	300	675
Aparato de ventana 2 ton. Nuevo	2450	8 hrs. diarias	240	588
Aparato de ventana 2 ton. Antiguo	3200	10 hrs. diarias	300	960

Cuadro 6.1.1. Consumos de energía por concepto de aire acondicionado en México (Fuente: Comisión Federal de Electricidad, 2008)

De acuerdo a la figura 6.1., se plantearán cuatro ejemplos del ahorro por el uso de la ventilación natural en cuatro climas diferentes y que representan la mayoría de climas que existen dentro del territorio mexicano.

Principales tipos de clima de México



Figura 6.1. Principales tipos de clima de México.

Ciudad	Clima
Cancún, Quintana Roo	Cálido-subhúmedo
Cuernavaca, Morelos	Templado-subhúmedo
Puebla, Puebla	Templado húmedo
Hermosillo, Sonora	Seco

Tabla 6.1.2. Clima de las cuatro ciudades a analizar

6.1.1. Región del bioclima cálido-subhúmedo

Ciudad: Cancún, Quintana Roo

Tipo de edificio: Casa-habitación

Equipo: Aparato de ventana de dos toneladas de refrigeración

Potencia del equipo: 2.450 kW

Uso promedio diario: 8 horas

Consumo mensual: 588 kW-h

Tarifa eléctrica: \$0.851/kWh

Con un buen uso de la ventilación natural se tiene que para esta ciudad

Mes	Consumo promedio mensual (kWh)	p	Ahorro (kWh)	Consumo con ahorro (kWh)	Ahorro económico
Enero	588	0.267	156.80	431.20	\$ 133.44
Febrero	588	0.267	156.80	431.20	\$ 133.44
Marzo	588	0.233	137.20	450.80	\$ 116.76
Abril	588	0.233	137.20	450.80	\$ 116.76
Mayo	588	0.233	137.20	450.80	\$ 116.76
Junio	588	0.250	147.00	441.00	\$ 125.10
Julio	588	0.250	147.00	441.00	\$ 125.10
Agosto	588	0.250	147.00	441.00	\$ 125.10
Septiembre	588	0.283	166.60	421.40	\$ 141.78
Octubre	588	0.250	147.00	441.00	\$ 125.10
Noviembre	588	0.267	156.80	431.20	\$ 133.44
Diciembre	588	0.250	147.00	441.00	\$ 125.10
Total	7,056		1,783.60	5,272.40	\$ 1,517.84

Cuadro 6.1.1. Gastos y ahorros por concepto de aire acondicionado en una vivienda de la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

Para una casa-habitación que utiliza sólo un aparato de ventana de dos toneladas de refrigeración se tienen ahorros de más de 1 500 pesos anuales por un uso sencillo de la ventilación natural. Se espera que para los grandes edificios que existen en este importante centro turístico se tengan cantidades impresionantes de ahorro.

6.1.2. Región del bioclima templado-subhúmedo

Ciudad: Cuernavaca, Morelos

Tipo de edificio: Casa-habitación

Equipo: Aparato de ventana de una y media toneladas de refrigeración

Potencia del equipo: 1.800 kW

Uso promedio diario: 8 horas

Consumo mensual: 432 kW-h

Tarifa eléctrica: \$0.848/kWh

Con un buen uso de la ventilación natural se tiene que para esta ciudad

Mes	Consumo promedio mensual (kWh)	p	Ahorro (kWh)	Consumo con ahorro (kWh)	Ahorro económico
Enero	432	0.233	100.80	331.20	\$ 85.48
Febrero	432	0.233	100.80	331.20	\$ 85.48
Marzo	432	0.200	86.40	345.60	\$ 73.27
Abril	432	0.183	79.20	352.80	\$ 67.16
Mayo	432	0.183	79.20	352.80	\$ 67.16
Junio	432	0.233	100.80	331.20	\$ 85.48
Julio	432	0.267	115.20	316.80	\$ 97.69
Agosto	432	0.267	115.20	316.80	\$ 97.69
Septiembre	432	0.267	115.20	316.80	\$ 97.69
Octubre	432	0.267	115.20	316.80	\$ 97.69
Noviembre	432	0.267	115.20	316.80	\$ 97.69
Diciembre	432	0.233	100.80	331.20	\$ 85.48
Total	5,184		1,224.00	3,960.00	\$ 1,037.95

Cuadro 6.1.2. Gastos y ahorros por concepto de aire acondicionado en una vivienda de la ciudad de Cuernavaca, Morelos.

Si se prescinde un poco del uso de aire acondicionado en las ocho horas promedio que este funciona, se tiene un ahorro de un poco más de mil pesos anuales solamente por utilizar el flujo de aire natural de vez en cuando.

6.1.3. Región del bioclima templado-húmedo

Ciudad: Puebla, Puebla

Tipo de edificio: Local comercial

Equipo: Minisplit de una y media toneladas de refrigeración

Potencia del equipo: 1.680 kW

Uso promedio diario: 8 horas

Consumo mensual: 403 kW-h

Tarifa eléctrica: \$1.052/kWh

Con un buen uso de la ventilación natural se tiene que para esta ciudad

Mes	Consumo promedio mensual (kWh)	p	Ahorro (kWh)	Consumo con ahorro (kWh)	Ahorro económico
Enero	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Febrero	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Marzo	403	0.217	87.32	315.68	\$ 74.04
Abril	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Mayo	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Junio	403	0.233	94.03	308.97	\$ 79.74
Julio	403	0.217	87.32	315.68	\$ 74.04
Agosto	403	0.217	87.32	315.68	\$ 74.04
Septiembre	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Octubre	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Noviembre	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Diciembre	403	0.200	80.60	322.40	\$ 68.35
Total	4,836		1,000.78	3,835.22	\$ 848.66

Cuadro 6.1.3. Gastos y ahorros por concepto de aire acondicionado en una vivienda de la ciudad de Puebla, Puebla.

Aunque en este tipo de climas la mayoría de hogares no cuenta con sistemas de aire acondicionado, este si puede existir en locales comerciales que buscan tener un confort térmico. De esta manera se analiza un local comercial y se ve que hay ahorros de ochocientos pesos anuales por el uso de la ventilación natural.

6.1.4. Región del bioclima seco

Ciudad: Hermosillo, Sonora

Tipo de edificio: Casa-habitación

Equipo: Aparato de ventana de dos toneladas de refrigeración

Potencia del equipo: 3.200 kW

Uso promedio diario: 10 horas

Consumo mensual: 960 kW-h

Tarifa eléctrica: \$0.753/kWh

Con un buen uso de la ventilación natural se tiene que para esta ciudad

Mes	Consumo promedio mensual (kWh)	p	Ahorro (kWh)	Consumo con ahorro (kWh)	Ahorro económico
Enero	960	0.200	192.00	768.00	\$ 144.58
Febrero	960	0.217	208.00	752.00	\$ 156.62
Marzo	960	0.183	176.00	784.00	\$ 132.53
Abril	960	0.183	176.00	784.00	\$ 132.53
Mayo	960	0.167	160.00	800.00	\$ 120.48
Junio	960	0.217	208.00	752.00	\$ 156.62
Julio	960	0.283	272.00	688.00	\$ 204.82
Agosto	960	0.267	256.00	704.00	\$ 192.77
Septiembre	960	0.267	256.00	704.00	\$ 192.77
Octubre	960	0.200	192.00	768.00	\$ 144.58
Noviembre	960	0.183	176.00	784.00	\$ 132.53
Diciembre	960	0.217	208.00	752.00	\$ 156.62
Total	1,1520		2,480.00	9,040.00	\$ 1,867.44

Cuadro 6.1.4. Gastos y ahorros por concepto de aire acondicionado en una vivienda de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Como región muy calurosa, se aprecia que el ahorro de energía es más alto que los demás ejemplos, esto es bueno ya que es en este tipo de región dónde más consumo de aire acondicionado existe en el país, lo que indica que habrá más energía ahorrada que en otro lado de la República.

6.2. BENEFICIO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

6.2.1. Beneficio energético

6.2.1.1. Sector residencial

Teniendo en cuenta que el consumo de energía eléctrica para el sector residencial en México con un periodo de enero de 2006 a diciembre de 2006 fue de 44,452.41 GWh¹ se puede encontrar que

<i>Consumo electricidad sector residencial 2006</i>	<i>Porcentaje consumo por aire acondicionado</i>	<i>Consumo electricidad por aire acondicionado en 2006</i>
44,452.41 GWh	17 %	7,556.91 GWh

Cuadro 6.2.1.1.1. Consumo de electricidad residencial por concepto de aire acondicionado en la República Mexicana para 2006

De aquí se encuentra que haciendo un promedio general del factor de ahorro energético por utilización de la ventilación natural en México para todo el año se tiene que

<i>Consumo por aire acondicionado 2006</i>	<i>Factor de ahorro promedio para todo México en 2006</i>	<i>Ahorro energético promedio encontrado para 2006</i>
7,556.91 GWh	0.2187	1,652.69 GWh

Cuadro 6.2.1.1.2. Ahorro de electricidad residencial por concepto de aire acondicionado en la República Mexicana para 2006

Según el cálculo, por un buen uso de la ventilación natural en el sector residencial se tiene un ahorro de 1.65 TWh, 3.71% del total del consumo para este sector.

6.2.1.2. Sector comercial

Haciendo lo mismo para el sector comercial, se encuentra que para este sector el consumo de energía eléctrica por concepto de aire acondicionado es del 28%.

<i>Consumo electricidad sector comercial 2006</i>	<i>Porcentaje consumo por aire acondicionado</i>	<i>Consumo electricidad por aire acondicionado en 2006</i>
13,229.25 GWh	28 %	3,779.78 GWh

Cuadro 6.2.1.2.1. Consumo de electricidad comercial por concepto de aire acondicionado en la República Mexicana para 2006

¹ Sistema de Información Energética

Aplicando el mismo concepto del factor de ahorro energético por ventilación natural

<i>Consumo por aire acondicionado 2006</i>	<i>Factor de ahorro promedio para todo México en 2006</i>	<i>Ahorro energético promedio encontrado para 2006</i>
3,779.78 GWh	0.2187	826.64 GWh

Cuadro 5.2.1.2.2. Ahorro de electricidad residencial por concepto de aire acondicionado en la República Mexicana para 2006

Para este caso, el ahorro de energía eléctrica por utilizar ventilación natural en el sector residencial es de 0.82 TWh, 6.24% del total del consumo en este sector.

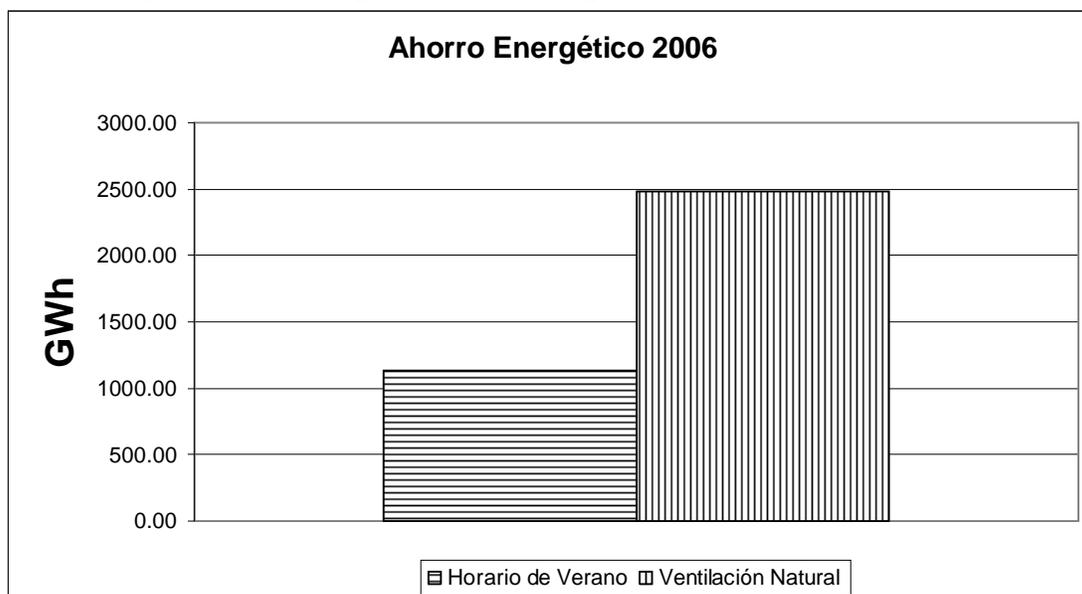
6.2.1.3. Edificios residenciales y comerciales

En total, con la implementación de la ventilación natural como método de enfriamiento en los edificios residenciales y comerciales, lo cuales consumen cerca de la mitad de la electricidad del país, se tiene que

Ahorro Ventilación Natural Residencial	1,652.69 GWh
Ahorro Ventilación Natural Comercial	826.64 GWh
Ahorro Total Ventilación Natural	2,479.33 GWh
Ahorro Horario de Verano 2006	1,131.00 GWh

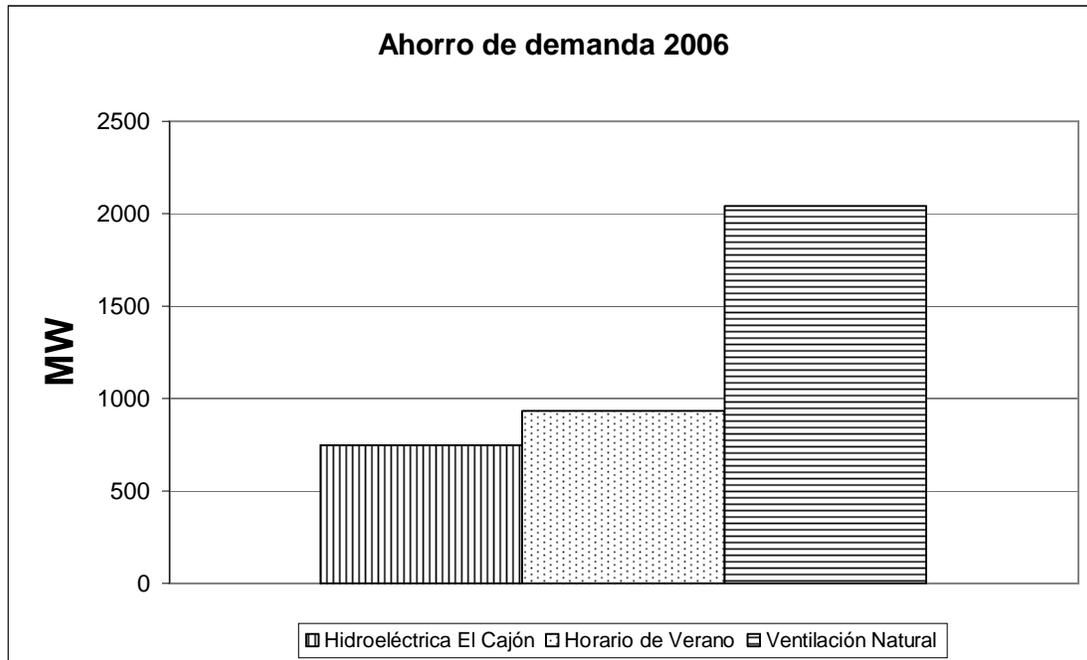
Cuadro 6.2.1.3.1. Ahorro de electricidad comparando la ventilación natural y el horario de verano de la República Mexicana para 2006

Para este caso, considerado en el 2006 por ser el año más reciente con información actualizada, se puede concluir que el ahorro de energía por utilizar ventilación natural equivale a poco más del doble de ahorro que se tiene con el horario de verano, como se muestra en la gráfica. Ahorro que no es nada despreciable.



Gráfica 6.2.1.3.1. Ahorro de energía hipotético de la ventilación natural en 2006 comparado con el ahorro del horario de verano el mismo año.

Así, también se calcula que la disminución esperada de la demanda máxima coincidente del sistema eléctrico nacional, en comparación a la aplicación del horario de verano 2006 es de 2040 MW, equivalentes a casi tres veces la capacidad de la hidroeléctrica de "El Cajón" (750 MW), como se muestra en la gráfica.



Gráfica 6.2.1.3.2. Ahorro de demanda hipotético de la ventilación natural en 2006 comparado con el ahorro del horario de verano el mismo año y la hidroeléctrica del cajón.

Por otro lado, el ahorro esperado para los usuarios en consumo de energía eléctrica equivalen a poco más del doble del consumo total anual individual de los estados de Campeche, Colima o Nayarit.

	Sector residencial	Sector comercial
Ahorro energía (GWh)	1,652.69	826.64
Ahorro demanda (GW)	1,359.83	680.16

Cuadro 6.2.1.3.2.1. Resumen de los ahorros de energía y demanda por utilizar ventilación natural

6.2.2. Beneficio económico

6.2.2.1. Sector residencial

Considerando el precio promedio del kilowatt-hora en 0.98 pesos² se tiene que los usuarios del sector residencial se estarían ahorrando mil seiscientos millones de pesos anualmente.

² CFE 2006

6.2.2.2. Sector comercial

Considerando el precio promedio del kilowatt-hora en 2.31 pesos³ se tiene que los usuarios del sector comercial se estarían ahorrando dos mil quinientos millones de pesos al año.

6.2.2.3. Demanda nacional

Gracias a la reducción de la demanda de energía eléctrica durante las horas pico, se difieren inversiones por más de 14,951 millones de pesos, que equivalen al costo de una central generadora con capacidad para encender simultáneamente 25 millones de focos de 60 watts. En esto falta cuanto sería la inversión de construir los equipos a nivel nacional. En esto se traduce el beneficio para la economía del país.

Sector Residencial	\$ 1, 700, 000.00
Sector Comercial	\$ 2, 500, 00.00
Reducción demanda	\$ 14, 951, 000.00

Cuadro 6.2.2.3.1. Tabla resumen de los ahorros económicos por utilizar ventilación natural

6.2.3. Beneficio ambiental

6.2.4.

Cerca de 75% de la energía eléctrica que se consume en México se genera mediante la quema de combustibles fósiles, y a través de acciones como el uso de la ventilación natural, se reducen las emisiones contaminantes a la atmósfera, ya que el mejor aprovechamiento del viento incide en una disminución de la demanda de energía eléctrica. Por lo tanto, se reduce también la utilización de combustibles fósiles y se generan menos emisiones contaminantes en las zonas donde se ubican las centrales termoeléctricas. Esto repercute favorablemente en el fenómeno de sobrecalentamiento de la Tierra, porque al dejar de quemar combustibles para generar energía eléctrica se evita enviar a la atmósfera algunos de los gases que provocan el llamado efecto invernadero.

En este contexto, con la aplicación de esta medida se pudieron evitar en 2006 la quema de 6 millones de barriles equivalentes de petróleo en las centrales eléctricas (Fuente: Chicago Climate Exchange), así como la emisión de 1.23 millones de toneladas de CO₂, gas considerado el principal factor del progresivo calentamiento global, que se ha convertido en una preocupación mundial. Cabe señalar que también faltaría el cálculo del ahorro económico por los Bonos de Carbono.

Miles de toneladas menos de contaminantes	2006
Bióxido de carbono	1,230
Óxidos de nitrógeno	10.099
Óxidos de azufre	47.534
Monóxido de carbono	1.197

cuadro 6.2.3.1. Reducción de contaminantes emitidos al ambiente gracias a la posible aplicación de la ventilación natural en México.

³ CFE 2006

CONCLUSIONES

Como se pudo constatar, cualquier parte de la República Mexicana puede aprovechar la ventilación natural como un sistema pasivo de climatización. Aunque la región sea siempre fría, habrá un momento en que la temperatura ambiente permita que se pueda utilizar este tipo de climatización natural.

No obstante, en las regiones calurosas se tienen factores de ahorro a veces menos altos de los esperados. Esto se debe a que el calor es tan fuerte que el efecto de la ventilación natural causa más sensación de calor dentro de la construcción que lo que trataría de disminuir.

Estos casos son los encontrados en las regiones cálidas secas y muy secas, donde el aire caliente aumenta la temperatura dentro del inmueble en lugar de disminuirla.

Sin embargo, en regiones cálidas-húmedas y subhúmedas ocurre lo contrario: el aire en movimiento evita la sensación de calor. Esto es importante mencionar ya que en México existen muchas regiones de este tipo, las cuales son en su mayoría regiones altamente turísticas, que por consiguiente consumen un alto porcentaje del uso del aire acondicionado en el país.

Una de las partes más importantes de este trabajo fue el cálculo del factor de ahorro, P, que al multiplicarlo por la demanda por concepto de aire acondicionado dentro de un edificio, proporcionará el ahorro energético por utilizar la ventilación natural.

Así también la regionalización de estos factores tomando en cuenta la ubicación geográfica de las 43 principales ciudades del país.

Con la construcción de un Atlas para la Ventilación Natural en México se abre un preámbulo para el desarrollo de la ventilación natural como una solución real al problema del enfriamiento de los edificios debido a la facilidad con la que se puede interpretar el atlas.

El estudio hecho en este trabajo de tesis ayudará a tener una visión más amplia de lo que significa la ventilación natural. Como es bien sabido, se busca optimizar las maneras de utilizar la energía dentro de un edificio, así como encontrar fuentes más amigables con el ambiente que permitan disfrutar los beneficios de la comodidad.

Es por esto que un sistema tan sencillo como la circulación natural de aire en el interior de un edificio debe ser visto ya en estos tiempos como una solución real a los problemas que se tienen con la búsqueda en un confort térmico.

Así que un estudio de la posibilidad que tienen todas las grandes ciudades del país, -las que consumen más energía-, de tener un sistema pasivo de climatización natural, podrá servir

para que no exista tanta dependencia de los sistemas que consumen enormes cantidades de energía eléctrica.

Por otra parte, se pudo constatar el beneficio global que se tendría al impulsar este tipo de climatización en los diferentes tipos de construcciones, ya sean comerciales o residenciales.

Como beneficio energético, se pudo constatar que el uso de la ventilación natural en todo México conllevaría un ahorro aproximado de 2,480 GWh, tal como se vio en la sección 6.2.1., esto equivale a poco más del doble de lo que se ahorro en 2006 por el horario de verano. Y al 0.19% del consumo final total en el país para 2006.

Como beneficio económico, tanto las compañías generadoras de electricidad como los usuarios tienen ahorros considerables: las compañías obtendrían una disminución esperada de la demanda máxima coincidente del sistema eléctrico nacional de 2040 MW, equivalentes a casi tres veces las instalaciones de la hidroeléctrica de "El Cajón" (750 MW); esto equivale a más de 14,951 millones de pesos. Por otra parte, los usuarios ahorrarían un consumo de energía eléctrica equivalente a un total de 4,100 millones de pesos promedio anualmente, como se vio en la sección 6.2.2.

Como beneficio ambiental, se estarían dejando de arrojar a la atmósfera 1, 230,000 toneladas de CO₂ anualmente, cifra para nada despreciable. También se dejarían de arrojar 10,099 toneladas de óxidos de nitrógeno, 47,534 toneladas de óxidos de azufre, 1,197 toneladas de monóxido de carbono, 2,906 toneladas de partículas suspendidas, y 48 toneladas de hidrocarburos, todo esto anualmente. Esto se menciona en la sección 6.2.3.

Se debe también tomar en cuenta que todos los cálculos que se muestran en este trabajo de tesis tienen que ser validados por los estudios hechos hasta ahora de datos de clima, velocidad y dirección de los vientos, etc. Para que se pueda concluir que las cifras arrojadas en la tesis son totalmente verídicas.

Es por esto que se tienen que hacer estudios serios y concisos de diseño arquitectónico de edificios que ayuden a conseguir sistemas de ventilación natural eficientes en las construcciones que se están realizando en estos momentos así como implementaciones en construcciones ya realizadas. Todo con el propósito de que mientras más construcciones adecuadas a la ventilación natural haya en el país, más ahorro energético y económico se tendrá.

Así también se plantea la necesidad de comenzar con una normalización a nivel nacional que implemente el tema de la ventilación natural como un requisito en las construcciones. Si bien se tendrían que hacer muchos estudios para todas las regiones del país, es posible hacerlo y se tendrían mejores perspectivas para conseguir una norma de construcción.

ANEXO

Anexo 1

Casa tradicional malaya: La casa tradicional de Malasia, que satisface las necesidades de vivienda de la mayoría de los malayos que viven en el área rural del país, fue desarrollada por éstos a lo largo de generaciones y adaptada a sus propias necesidades, cultura y ambiente.

La casa, diseñada para el clima tropical, está hecha básicamente de madera con una estructura de columna y dintel que se apoya sobre unas estacas o zancos, tiene techo de paja y paredes de madera, bambú o paja. Los mecanismos de ventilación y control solar, así como el uso de materiales de construcción de baja capacidad térmica, forman parte de la tradición de la construcción. La construcción está tan sistematizada como la prefabricación moderna, pero tiene un mayor grado de flexibilidad y variación.

Los componentes de la casa se trabajan en el suelo y luego se juntan en el sitio de construcción. Su complejo sistema de adiciones, que permite ampliarla de acuerdo con las necesidades del usuario, es una ventaja para la población pobre que puede invertir y construir gradualmente en vez de echarse sobre los hombros una enorme carga financiera inicial.

El proceso tradicional de vivienda en Malasia es altamente autónomo y está en su mayor parte controlado por el usuario. Guiado por la tradición y por el carpintero del pueblo, el dueño constructor diseña una casa que se adapta en forma exclusiva a la situación socioeconómica y cultural de la familia. El enfoque tradicional favorece una mejor adaptación a la casa al tiempo que mantiene bajos los costos por eliminación de intermediarios. Trabajo cooperativo y autoayuda son los recursos con los que cuenta el dueño permite un uso múltiple según la estación, época de año u hora. Puesto que la mayoría de las actividades se realizan en el suelo, la necesidad de muebles es mínima. Los objetos de descanso y las esteras para dormir se enrollan y guardan durante el día, eliminando la necesidad de áreas separadas.

Los espacios interiores no se definen por medio de particiones o paredes sino de diferentes niveles que se pueden respetar o ignorar, según el número de personas que deba alojarse, por ejemplo, durante las festividades. De esta forma, la casa tradicional es más versátil y eficiente en el uso de los espacios que la casa moderna.

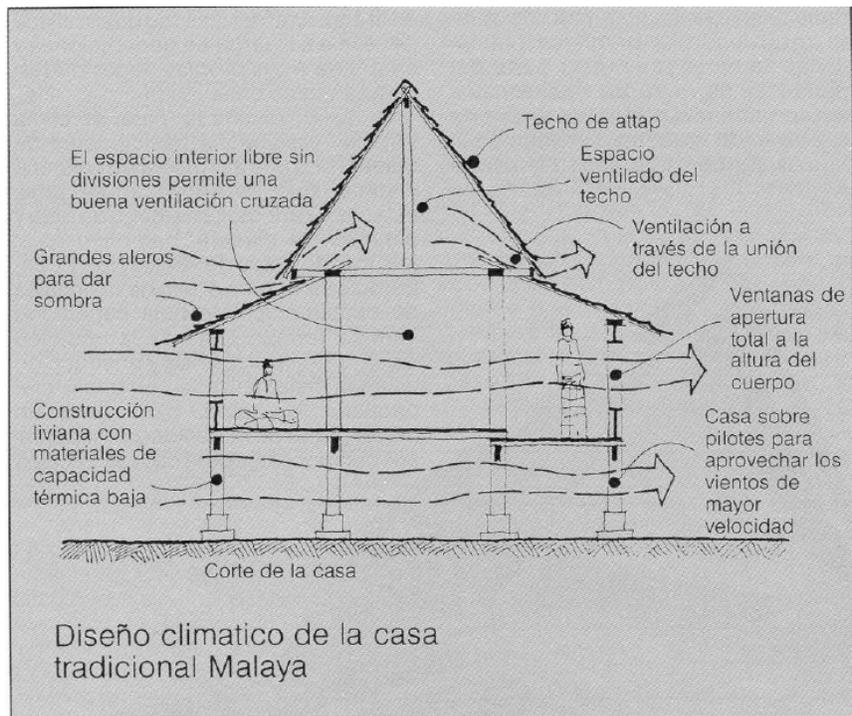


Diagrama de una casa tradicional malaya

Anexo 2

Obtención de los factores de ahorro para cada ciudad. Ecuación caracterizada del modelo de Lamberts (2006).

$$P = \frac{\left(1 - \frac{H_{\text{comfort}}}{24}\right) + \left\{ \left[1 - \left(1 - \frac{H_{\text{comfort}}}{24}\right) \right] \cdot 5 \right\}}{10}$$

Anexo 3

Obtención del ahorro económico por utilizar la ventilación natural en las cuatro regiones climáticas de México.

$$Ahorro = [Tarifa.electrica(\$/kWh)] \cdot [Consumo.promedio.mensual(kWh)] \cdot p$$

Anexo 4

Obtención del consumo eléctrico por concepto de aire acondicionado en el país, sector residencial y comercial.

$$consumo = [consumo.energia.sector(MWh)] \cdot \left(\frac{porcentaje.del.consumo.}{por.aire.acondicionado} \right)$$

Anexo 5

Obtención del ahorro energético promedio por la utilización de la ventilación natural en México, por sector

$$Ahorro.energia.promedio = (factor.de.ahorro.promedio) \cdot [Consumo(MWh)]$$

Anexo 6

Obtención del ahorro económico promedio para los usuarios por utilizar la ventilación natural.

$$Ahorro.economico.promedio = [Tarifa(\$/kWh)] \cdot [Ahorro.energia.promedio(kWh)]$$

$$1MWh = 1000kWh$$

Anexo 7

Obtención de la demanda ahorrada por utilizar ventilación natural. Se considera que hay 3.33 horas diarias de demanda máxima en México.

$$Demanda.ahorrada = \frac{2479.33MWh}{1215.45 \frac{h}{año}} = 2039.85MW$$

Anexo 8

Obtención del ahorro económico por dejar de generar energía eléctrica gracias a la ventilación natural.

$$Ahorro = \left[\text{costo} \left(\frac{\$}{kW} \right) \right] \cdot [Demanda.ahorrada(kW)]$$

Costo promedio por producción de 1 kW=600 dólares

$$Ahorro = \left[6600 \frac{\$}{kW} \right] [2265450kW] = \$14951019700000$$

Anexo 9

Obtención de las toneladas de CO₂ que se dejarían de expulsar a la atmósfera por la utilización de la ventilación natural. Se necesita saber el factor de toneladas de CO₂ por cada MWh generado y el porcentaje de centrales que generan con combustibles fósiles en el país.

$$TonCO_2 = \left[\text{Factor} \frac{TonCO_2}{MWh.gen} \right] \cdot [Ahorro.energia.(MWh)] \cdot [\%cen.comb.fosiles]$$

$$TonCO_2 = \left[0.596 \frac{TonCO_2}{MWh} \right] \cdot [2752125.78MWh] \cdot [75\%] = 1230200.22.TonCO_2$$

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Afshari, A., & Bergsøe, N. C. (2005). Reducing energy consumption for ventilation in dwellings through demand controlled ventilation. In *Indoor Air 2005, September 4-9, 2005, Beijing, China. Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate* (pp. 3289-3292). Beijing: Tshinghua University Press.
- Afshari, A., & Bergsøe, N. C. (2005). Reducing energy consumption for ventilation in dwellings through demand controlled ventilation. In *Indoor Air, 2005, 15(supplement 11)*, p. 176. [Abstracts for the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 4-9 September 2005, Beijing, China].
- Álvarez, G., Sámano, A., Estrada-Gasca C. (1991) Formulación matemática alternativa de la convección natural de aire en superficies inclinadas. XV reunión ANES. Zacatecas, Zacatecas.
- Andersen, K. (2007). Airflow rates by combined natural ventilation with opposing wind-unambiguous solutions for practical use. *Building and Environment*, 42(2), 534-542.
- Ashrae handbook. (1995) Applications: heating, ventilating, and air-conditioning American society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Ashrae handbook. (1996) Heating, ventilating, and air-conditioning American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Balance Nacional de Energía 2005. Secretaría de Energía – www.sener.gob.mx
- Barriga, M. (2001) Diseño y proyecto de una cámara de ambiente controlado para el estudio de confort higrotérmico, aire acondicionado y refrigeración. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
- Best, R., Rivera, M. A., Rivera, W., Vázquez, B., Villaseñor, F. (1991) Evaluación y modelado de un sistema de aire acondicionado operando en la ciudad de Mexicali, BCN. XV reunión ANES. Zacatecas, Zacatecas.
- Borja, M. A. (1983) Laboratorio móvil para la evaluación del recurso energético eólico en sitios de interés. VII reunión ANES. Saltillo, Coahuila.
- CALENER-GT. Calificación Energética de Edificios. Manual Técnico. (2007). España
- Carrasco, A. Análisis cuantitativo de comportamiento térmico de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco. Maestría en Ingeniería. UNAM. 2005

Cheng, C. C., K. Lam, K.M., Yuen, R. K. K., Lo, S.M., Liang J. (2006) A study of natural ventilation in a refuge floor. Building and Environment

Chicago Climate Exchange – www.cce.org

Chow, W. K. (2006). Fire Safety Concern for Green or Sustainable Buildings With Natural Ventilation Provision. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition November 2006, Chicago, Illinois USA

Chungloo, S., Limmeechokchai, B. (2006) Application of passive cooling systems in the hot and humid climate: The case study of solar chimney and wetted roof in Thailand. Building and Environment

Clarke, J. (1996). Energy Simulation in Building Design., Energy Systems Research Unit, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, UK

Comisión Federal de Electricidad – www.cfe.gob.mx

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía – www.conae.gob.mx

Croome-Gale, D. (1975) Airconditioning and ventilation of buildings.

Edwards, J. (1999) Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home. Ed. Laetoli

Evola , G., Popov, V. (2005) Computational analysis of wind driven natural ventilation in buildings. Energy and Buildings, Vol. 38, p. 491-501

Fajardo, L. F. (2005). Desempeño costo-beneficio de dos sistemas pasivos de climatización en cubiertas para climas cálidos sub-húmedo. Caso: Coquimatlán, Colima. Universidad de Colima

Feng, Y. (2003) Thermal design standards for energy efficiency of residential buildings in hot summer/cold winter zones. Energy and Buildings, Vol. 36, p. 1309-1312

Fernández A., Casabianca G., Delbene C., Eguía S. (1998). Ventilación natural en edificios enfermos. ASADES. Argentina.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica – www.fide.org.mx

Filippín,C., Flores,S., Beascochea, A., Lesino, G. (2004) Response of conventional and energy-saving buildings to design and human dependent factors. Solar Energy, Vol. 78, p. 455-470

Fuentes,V., García, J. R. (1995) Viento y arquitectura. Editorial Trillas, 196 pp. México, D.F.

- Fuentes, V., Rodríguez, M. (2004) Ventilación natural, cálculos básicos para arquitectura. Universidad Autónoma Metropolitana
- Fuentes, V., Figueroa A. (1993) Dispositivos pasivos de extracción de aire. XVII reunión ANES. Colima, Colima.
- Gan, G. (2005) Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation. *Energy and Buildings*, Vol. 38, p. 410-420
- Gao, J., Zhao, J., Gao, F., Liu, J., Wang, Z. (2005) Study on a Multi-Layer Analytical Model of Natural Ventilation in Large Single-Cell Buildings. International Solar Energy Conference August 2005, Orlando, Florida
- Gao, J., Zhao, J., Gao, F. (2004). Displacement Natural Ventilation in an Enclosure With a Convective/Radiative Heat Source and Non-Adiabatic Envelope. International Solar Energy Conference July 2004, Portland, Oregon USA
- García-Chavez., J. R. (1995) Estrategias de control térmico para mejoramiento de las condiciones de confort ambiental en la biblioteca de la UAM-Azcapotzalco. XIX reunión ANES. La Paz, BCS.
- González, R., Mejía, F. (1989) Coeficientes de arrastre y de fuerza normal sobre placas planas en función del ángulo de incidencia del viento. XIII reunión ANES. Morelia, Michoacán.
- González, E. (2000) Sobre el enfriamiento pasivo de edificaciones: proyectos en desarrollo en el ifad-luz. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD) Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Greden, L. V., Glicksman, L. R., Lopez-Betanzos, G. (2005) A Real Options Methodology for Evaluating Risk and Opportunity of Natural Ventilation. International Solar Energy Conference August 2005, Orlando, Florida
- Greden, L. V., Glicksman, L. R., Lopez-Betanzos, G. (2006) Reducing the Risk of Natural Ventilation with Flexible Design. ASME International Solar Energy Conference July 2006, Denver, CO USA
- Guillén, S. T. (1982) Termodinámica de la ventilación de un local. Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México
- Gunnarsen, L., & Hjorslev Hansen, M. (2002). Ventilation and moisture sources in apartments. In H. Levin, G. Bendy, & J. Cordell (Eds.), *Indoor Air 2002. Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, California June 30-July 5, 2002. Vol. IV* (pp. 20-25). Santa Cruz, CA: The International Academy of Indoor Air Sciences.

- Hatzidimoula, E., Poullos, K. (2007) Natural ventilation of indoor spaces while minimizing heat losses: Theoretical and experimental investigation. *Energy and Buildings*
- Herrero, J. (2006). Ventilación natural: Caracterización energética de chimeneas solares. CIEMAT, España
- Hinojosa, J. F., Cabamillas, R. E. (1995) Simulación térmica de un edificio en una región de clima cálido-seco. XIX reunión ANES. La Paz, BCS.
- Höppe, P. (1999) The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int J Biometeorol* 43:71-75
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática – www.inegi.gob.mx
- Jacobson, L.D. (2003) Psychrometric Fundamentals for Ventilation. University of Minnesota
- Janni, K. A. (2003) Poultry Ventilation Fundamentals and Air Exchange Rates. University of Minnesota
- Jaúregui, E. (1997) Climatología urbana. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kaemper, H. (1988) Tratado de calefacción y ventilación de edificios, incluyendo el abastecimiento de agua caliente y las instalaciones de humectación del aire y de disipación de nieblas
- Karava, P., Stathopoulos, T., Athienitis, A. (2006). Wind-induced natural ventilation analysis. *Solar Energy*, Vol. 81, p. 20-30
- Kaye, N.B., Hunt, G.R. (2006) Heat source modelling and natural ventilation efficiency. *Building and Environment*, Vol. 42, p. 1624-1631
- Lamberts, R. (2005) Reglamentación para Etiquetado Voluntario de Nivel de Eficiencia Energética de Edificios Comerciales y Públicos. Ley de Eficiencia Energética. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil
- Leonardo, P., Newman, S. (2000) Predicción del comportamiento del sistema de ventilación natural de una vivienda bioclimática. Universidad de Zulia, Venezuela
- Livermore, S. R., Woods, A. W. (2006) Natural ventilation of a building with heating at multiple levels. *Building and Environment*
- Llamas, A., Viramontes, F., Probst, O., Reyna, R., Morones, A., González, M. (2004) Tecnologías y combustibles para la generación eléctrica. Centro de Estudios de Energía. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

- Lomas, K. J. (2006) Architectural design of an advanced naturally ventilated building form. *Energy and Buildings*, Vol. 39, p. 166-181
- Luo, Z., Zhao, J., Gao, J., He, L. (2005) Estimating natural-ventilation potential considering both thermal comfort and IAQ issues. *Building and Environment*
- Mak, C.M., Niu, J.L., Lee, C.T., Chan, K.F. (2006) A numerical simulation of wing walls using computational fluid dynamics. *Energy and Buildings*
- Mankibi, M., Cron, F., Michel, P., Inard, C. (2005) Prediction of hybrid ventilation performance using two simulation tools. *Solar Energy*, Vol. 80, p. 908-926
- Mokhtar, A., Khan, M. (2005) Oriented Visualization Model for Buildings Cross Ventilation. American University of Sharjah, Sharjah, United Arab Emirates.
- Montiel, F. V. (2000) Estudio comparativo de dos modelos de simulación numérica para el diseño térmico de edificios en la República Mexicana. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
- Morales, M. F., Saldaña, R. (1993) Estudio de la circulación general del viento en la región central de la República Mexicana. XVII reunión ANES. Colima, Colima.
- Morales, D. (1989) Climatización natural de edificios en clima cálido. Universidad Nacional Autónoma de México
- Morillón, D. (2004) Atlas del bioclima de México. Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México
- Niachou, K., Hassid, S., Santamouris, M., Livada, I. (2005) Experimental performance investigation of natural, mechanical and hybrid ventilation in urban environment. *Building and Environment*
- Pfeiffer, A., Dorer, Weber, V. A. (2006) Modelling of cowl performance in building simulation tools using experimental data and computational fluid dynamics. *Building and Environment*
- Riveri, H. (1998) Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat. Ed. CSTB.
- Romero-Peña, J. R. (1996). Modelo computarizado para la simulación del comportamiento térmico de edificaciones. Universidad de Colima
- Rowe, K. (1997) El desempeño de la ventilación natural según la morfología de las casas en Villa San Sebastián, Colima. Universidad de Colima
- Saldaña, R., Caldera, E. (1987) Histograma teórico de velocidad del viento calculado a partir de la función de densidad de probabilidad de Weibull descompuesta por rumbos. XI reunión ANES. Villahermosa, Tabasco.

- Saldaña, R., Caldera, E. (1988) Adecuación de los valores normales de velocidad del viento obtenidos de procesamiento computacional de nueve años de información proporcionada por el SMN. XII reunión ANES. Puebla, Puebla.
- Saldaña, R., Caldera, E. (1989) Evaluación de los patrones estacionales de velocidad de viento en las diferentes zonas geomórficas del territorio nacional. XIII reunión ANES. Morelia, Michoacán.
- Saldaña, R., Caldera, E. (1990) Estudio sobre la simulación de intensidades de viento a partir del patrón diario de velocidad. XIV reunión ANES. La Paz, BCS.
- Sharag-Eldin, A. (2006) A parametric model for predicting wind-induced pressures on low-rise vertical surfaces in shielded environments. *Solar Energy*, Vol. 81, p. 52-61
- Simonson, C. (2005) Energy consumption and ventilation performance of a naturally ventilated ecological house in a cold climate. *Energy and Buildings*, Vol. 37, p. 23-35
- Sistema de Información Energética – www.sie.org.mx
- Villar, D. (1998) Efecto de la ventilación mixta (ventilación natural y ventilación por presión positiva) en pollos de engorda en casetas de ambiente natural. Universidad Nacional Autónoma de México
- Voss, K., Herkel, S., Pfafferott, J., Lo`hnert, G., Wagner, A. (2006) Energy efficient office buildings with passive cooling – Results and experiences from a research and demonstration programme. *Solar Energy*, Vol. 81, p. 424-434
- Weart, S. (2006) El calentamiento global: Historia de un descubrimiento. Ed. Laetoli
- Yarke, E., Fujol, M., Vitali, L., Seoane, M. (2004) Ventilación natural. Estimación de parámetros sobre modelos a escala utilizando equipamiento de bajo costo. XXVII reunión ASADES. La Plata, Argentina.
- Zepeda, R. V. (2005). Las regiones climáticas de México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México
- Zhang, Y., Zhou, G., Lin, K., Zhang, Q., Di, H. (2005) Application of latent heat thermal energy storage in buildings: State-of-the-art and outlook. *Building and Environment*

GLOSARIO

Climatización: La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura adecuadas para la comodidad dentro de los edificios. Dentro de la climatización se distinguen la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano. La climatización puede ser natural o artificial.

Si además de la temperatura, se regulan otras condiciones del ambiente, como la humedad y la limpieza del aire, se tiene el aire acondicionado.

Elementos del aire acondicionado:

Consumo: Los aparatos Split Fijos y los Monobloque de Ventana consumen menos que los Split Móviles. Los de mayor consumo son los Monobloques Móviles.

Bomba de calor: Si su vivienda tiene calefacción central de gas (propano, ciudad o natural) o de gasóleo, utilizar el aparato de aire acondicionado como sistema de calefacción no es interesante. El mayor partido de estas bombas de calor se saca en aquellos días no demasiado fríos de otoño y de invierno, no siendo tan útiles cuando las temperaturas descienden excesivamente.

Mantenimiento: Las unidades interiores llevan uno o varios filtros que es necesario limpiar periódicamente. En ningún caso hay que dejar pasar más de un mes sin limpiarlos. Es importante comprobar el fácil acceso a los mismos para evitar problemas.

Complementos: Todos los aires acondicionados disponen de un termostato graduado para mantener la temperatura elegida. Enfriar 1 °C más, es decir, pasar de 18 °C a 17 °C, por ejemplo, supone un 10% aproximado de consumo añadido. Igualmente, todos los aparatos poseen un programador que permite poner en marcha o parar el aparato de forma automática a la hora deseada, también durante la noche.

Las aletas difusoras de estos aparatos permiten dirigir el aire hacia la dirección deseada. Si todas se colocan en la misma dirección será más difícil enfriar por completo la habitación y más fácil crear corrientes de aire muy molestas.

La mayoría de los acondicionadores dispone de un ventilador de tres velocidades con selección automática o manual. Cuando hace mucho calor, el ventilador deberá funcionar a la máxima velocidad y viceversa.

Vientos alisios: Los vientos alisios soplan de manera relativamente constante en verano y menos en invierno. Circulan entre los trópicos, desde los 30-35° de latitud hacia el ecuador. Se dirigen desde las altas presiones subtropicales, hacia las bajas presiones ecuatoriales. El movimiento de rotación de la Tierra desvía a los Alisios hacia el oeste, y por ello soplan del nordeste al sudoeste en el hemisferio norte y del sudeste hacia el noroeste en el hemisferio sur. Las épocas en las que los alisios soplan con menor intensidad constituían un peligro para los primeros viajes veleros hacia el continente americano formándose épocas de calma del viento que impedían avanzar a los veleros.

En el ecuador se produce un ascenso masivo de aire cálido, originando una zona de bajas presiones que viene a ser ocupada por otra masa de aire que proporcionan los alisios. Las masas de aire caliente que ascienden, se van enfriando paulatinamente y se dirigen a bastante altura en sentido contrario a los Alisios, hacia las latitudes subtropicales, de donde proceden éstos. Los vientos alisios forman parte de la

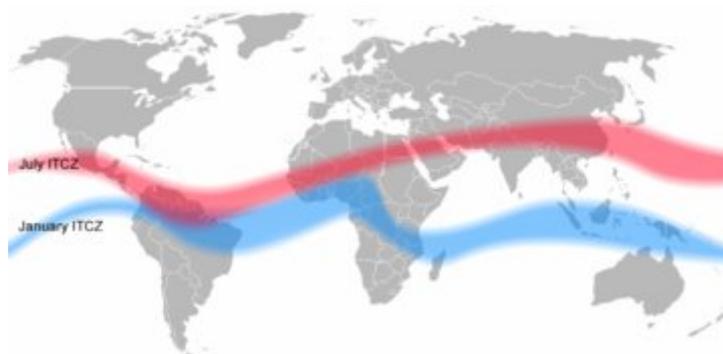
circulación de Hadley que transporta el calor desde las zonas ecuatoriales hasta las subtropicales reemplazando el aire caliente por aire más frío de las latitudes superiores. La rotación terrestre es la que produce la desviación hacia el oeste de estos vientos, desviación que se conoce como la fuerza o efecto de Coriolis, cuyo nombre procede de Gaspard Coriolis, un científico francés que describió los mecanismos de este proceso.

Zona Intertropical de Convergencia: La Zona de convergencia intertropical (ZCIT) es un cinturón de baja presión que ciñe el globo terrestre en la región ecuatorial. Está formado, como su nombre indica, por la convergencia de aire cálido y húmedo de latitudes por encima y por debajo del ecuador. A esta región también se la conoce como El Frente Intertropical o la Zona de Convergencia Ecuatorial. En inglés se conoce por su acrónimo ITCZ.

El aire es empujado a la ZCIT por la acción de la célula de Hadley, un rasgo atmosférico a mesoescala que es parte del sistema planetario de distribución del calor y de la humedad. Es transportado verticalmente hacia arriba por la actividad convectiva de las tormentas; las regiones situadas en la ZCIT reciben precipitación más de 200 días al año.

La localización de esta región varía con el ciclo estacional siguiendo la posición del Sol en el cenit alcanzando su posición más al norte (8° N) durante el verano del Hemisferio Norte, y su posición más al sur (1° N) durante el mes de abril. Sin embargo la ZCIT es menos móvil en las longitudes oceánicas donde mantiene una posición estática al norte del Ecuador. En estas áreas la lluvia simplemente se intensifica con el aumento de la insolación solar y disminuye a medida que el Sol ilumina otras latitudes.

Existe también un ciclo diurno con los cúmulos convectivos desarrollándose a mediodía y formando tormentas por la tarde. Las variaciones de posición de la ZCIT afecta las precipitaciones en los países ecuatoriales produciendo estaciones secas y húmedas en lugar de frías y cálidas como en las latitudes superiores. Como las fuerzas de Coriolis son mucho menores en las latitudes cercanas al Ecuador el movimiento principal de la atmósfera viene producido por la célula de Hadley sin vientos muy intensos.



Posición de la ZCIT en julio (arriba) y en enero (abajo)