

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE ADECUACIÓN AMBIENTAL PARA LA VIVIENDA EN REGIONES DESÉRTICAS DE CLIMA CÁLIDO EXTREMO

María Corral (1); Alfonso Alfonso Gonzáles (2)

(1) Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Arquitectura, Blvd. Benito Juárez s/n, C.P. 21900, Mexicali, Baja California, México, tel/fax (65) 66-42-50 e-mail:

maria.corral@sia.mx@uabc.mx

(2) Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría de La Habana Cuba
e-mail: aalfonso2001@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar los criterios de selección de estrategias y técnicas de adecuación ambiental, como procedimiento para llegar a plantear las más eficaces, para cierto sector social y tipo de edificación en una zona árida, con determinadas condiciones climáticas, aplicadas a la vivienda popular de bajos ingresos en Mexicali, B.C., México, como caso de estudio. Se muestran los métodos y herramientas de análisis y evaluación empleadas, en la determinación de la problemática ambiental de la región y la vivienda popular, así como en la selección de estrategias y técnicas de adecuación recomendadas. Se considera que no es posible plantear estrategias de adecuación a un edificio sin conocer, el nivel económico, social y cultural del usuario; su concepción del confort y adaptabilidad a los aspectos térmicos. Una evaluación térmica en estado dinámico mostró que al aplicar en la vivienda las estrategias de adecuación térmica y ambiental más usuales en la región de manera integral, es posible reducir más del 50% la energía interna a retirar (MWH).

ABSTRACT

The objective of this work is to present the criteria used to select strategies and techniques of environmental design and retrofit in order to outline the most suitable ones for a specific economic sector and climatic conditions. As a case of study, the procedure is applied to the popular, low income housing in Mexicali, Mexico. Methods and analysis tools used to outline the environmental problem of low-income housing are shown. The premise is that it is not a good practice in environmental design to issue recommendations without knowledge of the economic, social and cultural status of the user as well as his perception of comfort and adaptability to thermal environment. Computer simulations shown that applying in an integral manner the most usual strategies of environmental design and retrofit, it is possible to lower the thermal load and energy extraction requirements more than 50%.

1. INTRODUCCIÓN

Diversos investigadores de prestigio internacional en el campo del bioclimatismo coinciden en que es inevitable la necesidad de aplicar estrategias de adecuación ambiental en la arquitectura de zonas áridas, con el fin de mejorar el comportamiento térmico de los edificios y obtener espacios más confortables con menor dependencia en el uso de sistemas de enfriamiento artificial durante el año. En ciudades ubicadas en regiones desérticas como Mexicali, Baja California, México, aún prevalece el problema de la inadecuación térmica en las construcciones, no siempre se aplican acciones de adecuación ambiental en la envolvente arquitectónica, deficiencia que se ha tratado de resolver con el uso de sistemas mecánicos como: ventiladores, aparatos de enfriamiento evaporativo (coolers) y de refrigeración.

De los tres sistemas predominantes el que mejor resuelve la necesidad de confort es la refrigeración. Sin embargo en el sector residencial no siempre representa la mejor opción debido que son grandes consumidores de energía eléctrica, que aunado a los precios de las tarifas, impactan sobre todo la economía familiar de algunos sectores sociales como el popular que percibe bajos ingresos, donde su uso se vuelve prohibitivo. El no contar con los recursos suficientes para cubrir sus necesidades de confort, ha ocasionado una problemática económica y social por el deterioro de la calidad de vida de los usuarios.

La solución a este problema social está en el acondicionamiento ambiental de los edificios que contribuya al confort térmico y a la reducción de la demanda del consumo de energía eléctrica. El impacto económico no es el mismo en todo tipo de espacios ni en los sectores sociales con diferentes niveles de ingreso. Por otro lado la inadecuación climática no solo significa un problema de tipo económico relacionado al consumo energético, sino también de confort por lo que para contribuir a resolver esta problemática social, desde la perspectiva de la presente investigación, debe pugnarse por la implementación de estrategias y técnicas de adecuación en la arquitectura, bajo determinados criterios.

2. METODOLOGÍA

Con el propósito de establecer las estrategias y técnicas de adecuación más eficientes para un edificio en zonas áridas, se proponen los siguientes criterios de selección:

- **Conocer la problemática ambiental de la región de estudio:** a) Descripción del comportamiento de las variables climáticas, principalmente las asociadas al confort; b) Obtención del diagnóstico de las condiciones ambientales y su impacto en el confort de los habitantes; c) Selección de estrategias y técnicas de adecuación por su idoneidad climática para la región, recomendadas por investigadores de prestigio internacional más representativos.
- **Definir el tipo de espacio y sector social más afectado por la problemática ambiental:** a) Determinación del nivel de adaptación del usuario típico, b) evaluar las condiciones ambientales de la vivienda representativa del sector social con ingresos de hasta 3.5 salarios mínimos, mediante la valoración térmica con programas de simulación; c) Selección de estrategias y técnicas de adecuación por su idoneidad con el tipo de espacio y sector social.
- **Considerar el factor de aclimatación de acuerdo al sector social:** a) Establecimiento de los requerimientos y parámetros de confort térmico del usuario típico en un espacio arquitectónico.
- **Seleccionar estrategias por su factibilidad constructiva, económica y de aceptación cultural**
- **Evaluar térmicamente las estrategias seleccionadas.**

3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE MEXICALI, B.C.

Contar con información climática representativa de la región de estudio que permita estudiar de manera horaria las variables asociadas al confort no siempre es tarea fácil, lo cual significa una limitación que tiene que ser subsanada con la que se encuentre disponible y con el mayor número de años como es el caso de Mexicali, Baja California. Sobre todo cuando el propósito es conocer el comportamiento del clima y sus implicaciones en el confort térmico de los habitantes, principalmente en el período de verano por ser cuando es mayor el impacto, como se muestra a continuación.

3.1 Comportamiento de las Variables Climáticas Asociadas al Confort

Ubicada a una latitud de 32° 40' N., longitud 115° 17' N, es representativa de región desértica, donde las condiciones ambientales provocan períodos críticos para el confort térmico de sus habitantes, sobre todo en la época de verano, debido a la intensa radiación solar de 1100 W/m² máxima en el año. El estudio del clima se basa en datos meteorológicos disponibles del período 1983 a 1989 de Temperatura (T) y humedad relativa (HR), con registros de ambas a las 0:00 (24:00), 6:00, 12:00 y 18:00 horas obtenidos del Departamento de Meteorología, U.A.B.C. A partir de promedios se tiene

que, la TM (temperatura media) y TMx (temperatura media máxima) más alta son de 31.9 y 39.7°C en julio; la TM y TMn (temperatura media mínima) más bajas son 11.4°C y 5.2°C en diciembre existiendo un diferencial de 34.5°C.

Cabe destacar que en verano, junio y julio se consideran meses de altas temperaturas y baja humedad relativa: 28.8°C con 33.4% y 31.9 °C con 42.7%, respectivamente; mientras que agosto y septiembre son meses de altas temperaturas y alta humedad relativa la TM y HRM son de 31.7°C con 50.4% y 28.1°C con 46.9% respectivamente, por lo que resultan más críticos para logro del confort. En julio es cuando históricamente se han registrado las temperaturas extremas: 54°C en 1949 (SARH, 1982) y 52°C en 1995.

3.2 Diagnóstico Ambiental y su Impacto en el Confort de los Habitantes

El efecto de las condiciones ambientales en el confort de los habitantes se analiza en la carta bioclimática desarrollada por Olgay en 1963 para espacios exteriores y adaptada por Everardo Hernández para México (ANES, 1985). De los datos promediados T y HR a las 0:00 (24:00), 6:00, 12:00 y 18:00 horas, representativas de cada uno de los 12 meses, ubicados en la carta de confort, se obtiene el diagnóstico que se presenta en la figura 1. En ella se observa que aunque no se ubica la TMx (temperatura más alta del día que en verano ocurre a las 15:00hrs) por no tener disponible la HR, las condiciones ambientales que prevalecen son las siguientes:

		MESES											
HORAS		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6:00		f1	f5	f8	f10	co6	co8	ca5	ca9	co10	co11	f12	f15
12:00		f2	co1	co2	co4	ca1	ca3	ca6	ca10	ca13	co12	co14	f16
18:00		f3	f6	co3	co5	ca2	ca4	ca7	ca11	ca14	ca16	f13	f17
0:00		f4	f7	f9	f11	co7	co9	ca8	ca12	ca15	co13	f14	f18
		f	FRIO			co	CONFORT			ca	CALOR		

Figura 1- Condiciones típicas de confort durante el año para los habitantes de Mexicali, B. C.

Los 18 puntos (f), indican que el 37.5% de los días del año se mantienen condiciones de frío. Los 16 puntos (ca), indican que el 33.3% del año se mantienen condiciones críticas de calor, por lo que es necesario una envolvente térmica para control climático. Dentro de la zona de confort, los 14 puntos ubicados (co), equivalen a 29.2 %. Esto significa que en condiciones normales aproximadamente el 70% del año se tienen condiciones fuera de confort. Por esta razón, aunque es importante considerar estrategias y técnicas de adecuación ambiental para control de frío en invierno, se hace mayor énfasis en el análisis de las estrategias para verano, por ser la época más crítica para el confort térmico y de mayor demanda de energía eléctrica, con el fin de mostrar los criterios de selección de las más eficaces para la región.

3.3 Estrategias y Técnicas de Adecuación para Zonas Áridas

A partir de una investigación bibliográfica y tomando de base el trabajo de WATSON, D. (1983) en la figura 2 se muestra un cuadro de las estrategias y técnicas básicas y principios bioclimáticos de adecuación recomendadas para la vivienda en zonas áridas. Se clasifican de acuerdo a la época del año en que son requeridas para lograr el equilibrio térmico de las viviendas todo el año. De estos resultados se deberán seleccionar las más convenientes para el sector popular de bajos ingresos.

4. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA VIVIENDA POPULAR EN MEXICALI.

4.1 Parámetros de Confort para el Usuario de Bajos Ingresos en Zonas Áridas

Existen propuestas de diferentes zonas de confort, por ello es necesario elegir la más representativa de los requerimientos de ambiente térmico del usuario, de acuerdo a su nivel socioeconómico y cultural. Los parámetros de confort térmico que se acercan más a los requerimientos del usuario del sector social de menores ingresos hasta 3.5 salarios mínimos (sm), \$15.00 U.S. dólar diarios en la zona A del

país, es la establecida por la carta bioclimática de Givoni. Esta carta diseñada para habitantes de regiones de clima cálido en países en vías de desarrollo, establece un parámetro que toma en cuenta el factor de aclimatación de la gente a edificios sin aire acondicionado (GIVONI, 1998),

I.- ESTRATEGIAS DE ADECUACIÓN PARA VERANO		
1.1.- RESISTIR LA GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN PRINCIPIO: Minimizar la incidencia solar directa sobre la envolvente arquitectónica		
SOMBREADO	REFLEXIÓN	ORIENTACIÓN
a.- Árboles y vegetación b.- Colindancias c.- Pantalla vegetal d.- Partesoles e.- Doble techo	a.- Acabado de superficies b.- Vegetación c.- Abrigo de la tierra	a.- Forma y proporción b.- Aberturas
1.2.- RESISTIR LA GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN PRINCIPIO: Minimizar el flujo de calor a través de la envolvente arquitectónica.		
AMORTIGUAMIENTO	RESISTENCIA	INERCIA TÉRMICA
Atico ventilado	Aislamiento	Tiempo de retardo
1.3.- RESISTIR LA GANANCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN PRINCIPIO: Minimizar la infiltración a través de puertas, ventanas y estructura. INFILTRACIÓN: Sellado de puertas, ventanas e intersticios de la estructura.		
1.4.- PROMOVER LA PÉRDIDA DE CALOR POR RADIACIÓN PRINCIPIO: Maximizar el enfriamiento radiativo de la envolvente arquitectónica RADIACIÓN INFRAROJA.- Enfriamiento radiativo		
1.5.- PROMOVER LA PÉRDIDA DE CALOR POR CONDUCCIÓN PRINCIPIO: Aprovechar el abrigo de la tierra para enfriamiento por conducción MASA TÉRMICA.- Abrigo de la tierra		
1.6.- PROMOVER LA PÉRDIDA DE CALOR CONVECCIÓN PRINCIPIO: Maximizar la ventilación natural como enfriamiento de los espacios cerrados. VENTILACIÓN NATURAL a.- Conducción b.- Orientación c.- Ventilación cruzada d.- Captación de viento		
1.7.- PROMOVER LA PÉRDIDA DE CALOR POR EVAPORACIÓN PRINCIPIOS: Maximizar el efecto evaporativo para enfriamiento del aire circundante. ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO a.- Agua b.- Vegetación		
II.- ESTRATEGIAS DE ADECUACIÓN PARA VERANO E INVIERNO		
2.1.- EVITAR LA GANANCIA Y/O PÉRDIDA DE CALOR POR RADIACIÓN, CONDUCCIÓN Y CONVECCIÓN. PRINCIPIO: Minimizar y/o maximizar el flujo de calor o frío excesivo con técnicas de control según la orientación		
SOMBREADO/ASOLEAMIENTO AL SUR	AMORTIGUAMIENTO AL OESTE	SOMBREADO Y VENTILACIÓN AL OESTE
a.- Árboles caducifolios b.- Pergolados c.- Partesoles	1.- Colchón térmico	a.- Árboles y vegetación perenne b.- barreras de viento

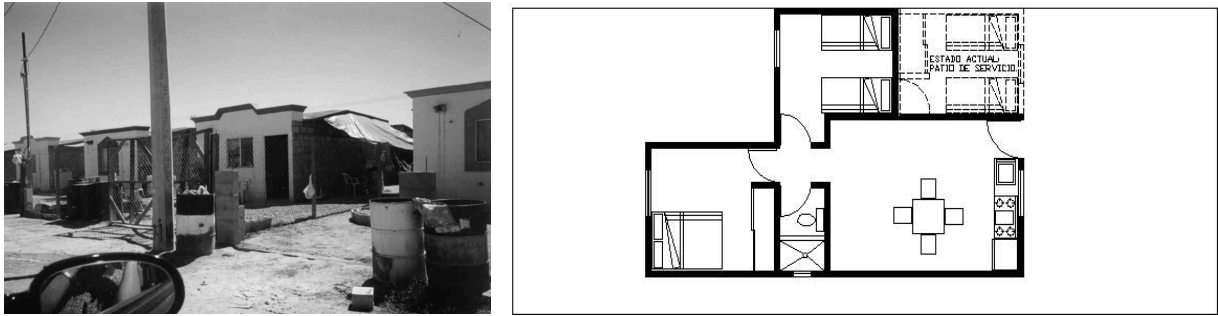
Figura 2.- Cuadro de estrategias y técnicas de adecuación ambiental para la vivienda en regiones de clima cálido.

En este sector social al que pertenecen el 29.9% de los hogares, aproximadamente 67% de las viviendas utiliza sistemas de enfriamiento evaporativo (cooler) (XV AYUNTAMIENTO DE MEXICALI, COPLADEM/IIS-UABC, 1997), los cuales a medida en que aumentan las temperaturas y la humedad durante el verano, reducen su capacidad de enfriamiento por lo que en el período de altas temperaturas y humedad relativa brindan menores condiciones de confort térmico, situación que se vuelve crítica dentro de la vivienda debido al sobrecalentamiento por la falta de estrategias y técnicas de adecuación. Tomando en cuenta que la posibilidad de ampliar la zona de confort en verano de manera pasiva depende del nivel de adecuación de la vivienda, se determina un prototipo de vivienda representativo del sector social.

4.2 Prototipo de Vivienda Popular del Sector Social con Nivel de Ingresos hasta 3.5 SM

Para obtención del prototipo se analizó información estadística del estudio de campo más reciente y de programas oficiales de vivienda. Del estudio de campo se obtuvo un prototipo tradicional, vivienda construida de manera empírica, con mano de obra no calificada. De los tres organismos que cuentan con programas oficiales de vivienda popular en el Estado destinados a los sectores con ingresos mínimos hasta de 2.5 sm., se escogió el prototipo “Vivienda Progresiva”, construido por Inmobiliaria del Estado de Baja California.

Considerando que no es tan fácil incidir en el mejoramiento de la vivienda tradicional porque es decisión del usuario, y por otro lado es mayor la posibilidad de obtener vivienda a través de un organismo de financiamiento oficial que de manera independiente, se optó por trabajar con un prototipo oficial. En la figura 3 y 4 se muestra el prototipo de vivienda unifamiliar en etapa terminada, construida por etapas en lotes de 160.00 m² a partir de un pie de casa de 23.29 m² como espacio de uso flexible y baño, con posibilidades de crecer en segunda etapa a 54.40 m² con dos recámaras, hasta una tercer recámara en última etapa. (INMOBILIARIA DEL ESTADO DE B.C., 1995)



Figuras 3 y 4.- Prototipo de vivienda popular para sectores populares de bajos ingresos en Mexicali, B.C.

Está construida con muros de bloque de concreto aparente de 0.15m x 0.20m x 0.40m y pintura vinílica clara; el techo es horizontal con cubierta de madera de 0.02m sobre barrotes de 0.05m x 0.10m de sección, impermeabilizado con cartón negro y arenado. Con el propósito de establecer la problemática ambiental de la vivienda como es entregada a los usuarios y conocer el efecto de las condiciones de la vivienda en la carga interna de enfriamiento se somete a una evaluación térmica.

4.3 Evaluación Térmica del Prototipo de Vivienda Popular

En la evaluación térmica se utiliza como herramienta: el programa de cargas térmicas en estado dinámico software Doe2.1e. Interfase Doeplus. Para los datos de entrada al software se consideran: orientaciones tradicionales de la planta arquitectónica; el material de construcción de muros y cubierta, la temperatura de diseño de 28°C, en lugar de 25°C que se aplica en el cálculo de sistemas de refrigeración por ser un nivel difícil de alcanzar con el sistema de enfriamiento evaporativo,.

En la figura 5 se observa que en cualquier orientación la energía a retirar en la vivienda es en promedio de 15.5 MWH, lo cual significa que para enfriarse, la potencia máxima necesaria sería de 11.7 kW, equivalente a un aparato de refrigeración de 3.5 toneladas. Por otro lado se pudo observar que la fachada sur es la expuesta a la radiación solar en verano por la falta de elementos de sombreado, al este y oeste existe colindancia.

4.4 Determinación de Estrategias de Adecuación en la Vivienda Popular.

Mediante un análisis comparativo de las características de la vivienda y el cuadro de estrategias adecuación ambiental de la figura 2, se pudo determinar que solo se utiliza la estrategia de la reflexión con la técnica del color blanco y las colindancias como estrategia de sombreado, que resulta insuficiente de acuerdo a los resultados obtenidos en 4.3, por lo que a continuación se analiza una propuesta.

5. ESTRATEGIAS DE ADECUACIÓN AMBIENTAL PARA LA VIVIENDA POPULAR

5.1 Estrategias de Adecuación Ambiental y sus Límites de Efectividad

El límite superior de condiciones aceptables es de 29°C y de 12% a 50% HR =14 gr/kg de humedad, con la posibilidad de ampliar la zona de confort hasta 30°C si se incrementa la velocidad del aire a 2m/s, límite de lo tolerable en edificios residenciales sin considerarse excesiva, (GIVONI, 1998), sobre todo en personas acostumbradas a sistemas de enfriamiento por ventilación (coolers). Con base en la carta bioclimática de Givoni mencionada en 4.1, a continuación se muestran las estrategias de adecuación básicas y los límites establecidos por las condiciones de temperatura (T), humedad relativa (HR) y velocidad del viento, de las cuales depende el confort térmico:

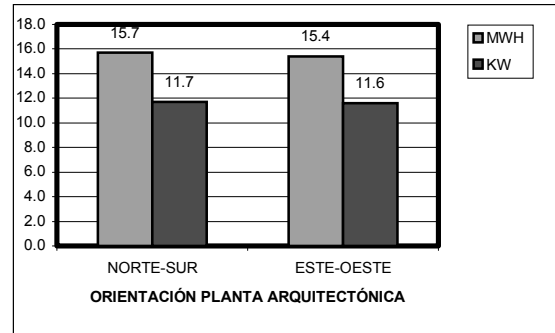


Figura 5. Energía a retirar (MWh) y potencia máxima (kW), según orientación, del prototipo de vivienda popular en Mexicali, B.C.

- **(V) Ventilación diurna.**- (límite de efectividad: velocidad del aire de 2m/s, T 32°C y HR de 10 % a 50%). Estrategia de enfriamiento permitiendo la entrada del viento a través de ventanas.
- **(MT) Masa Térmica.**- (límite de efectividad con o sin ventilación nocturna: T 38°C y HR de 8%). Su aplicación es posible si se complementa con materiales de alta resistencia térmica con baja conductividad y elementos de sombreado. El tamaño de los lotes limita de uso de la masa.
- **(EC) Enfriamiento Convectivo.**- (límite de efectividad: T exterior máxima diaria, 36°C y HR de 30%). Es una manera indirecta de enfriar el espacio, al ventilar la estructura del edificio durante la noche. Es conveniente cerrar el edificio a la ventilación diurna.
- **(EE) Enfriamiento Evaporativo.**- (límite de efectividad de la humedad sin afectar el confort: 24°C T de bulbo húmedo y 44°C T de bulbo seco). Cuando no es suficiente la ventilación diurna y/o nocturna se debe promover el enfriamiento evaporativo del aire a las horas de altas temperaturas baja humedad.

5.2 Requerimientos Mensuales de Adecuación Ambiental para la Vivienda Popular

Los datos promediados T y HR a las 0:00 (24:00), 6:00, 12:00 y 18:00 horas, representativas de cada uno de los 12 meses, se ubican en la carta bioclimática de GIVONI, 1998, utilizada como herramienta para la determinación de los requerimientos de adecuación y las estrategias necesarias para acercarse a condiciones de confort que se presentan en la figura 6. En ella se muestran los requerimientos mensuales de adecuación ambiental, considerando el diagnóstico de las condiciones climáticas analizadas en figura 1 y la efectividad de las estrategias para ampliar las posibilidades de confort.

En la figura 7 y 8, que comparan el diagnóstico de las condiciones ambientales que prevalecen con las que se podrían obtener con estrategias: de calentamiento natural (CA) en invierno; ventilación natural (VN), masa térmica + resistencia (MT) y enfriamiento convectivo y evaporativo (ECE), en verano. Esto significa que es posible ampliar la zona de confort de 33% a 54% mediante la adecuación de la vivienda.

En la figura 9 se presentan las estrategias y técnicas propuestas para la vivienda popular de bajos ingresos. Considerando los límites de efectividad de las estrategias de adecuación ambiental y los requerimientos mensuales de adecuación para la vivienda. La selección a partir del cuadro en la figura 2, toma en cuenta criterios de factibilidad técnica, facilidad constructiva y aceptación cultural. Se trata de acciones de adecuación que se realizan en la arquitectura de la región de manera empírica y aislada, porque se desconocen las ventajas.

HORAS	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6:00	CA1	CA5	CA9	CA12	CN2	C4	C6	C8	C9	CA14	CA15	CA18
12:00	CA2	CA6	CA10	C1	VN+MT+ECE1	MT+ECE1	EA1	EA2	VN+MT+ECE3	C11	CN5	CA19
18:00	CA3	CA7	CN1	C2	C3	MT+ECE2	ECE3	EA3	VN+MT+ECE4	VN+MT+ECE5	CA16	CA20
0:00	CA4	CA8	CA11	CA13	CN3	C5	C7	VN+MT+ECE2	C10	CN4	CA17	CA21

Diagnóstico a partir de la carta bioclimática de Givoni, 1998, adaptada a regiones desérticas.

CA.- Calentamiento Artificial C.- Confort EA.- Enfriamiento Artificial
 CN.- Calentamiento Natural VN.- Ventilación Natural
 MT.- Masa Térmica + Resistencia ECE.- Enfriamiento Convectivo-Evaporativo

Figura 6- Requerimientos mensuales de adecuación ambiental de la vivienda popular en Mexicali, B. C.

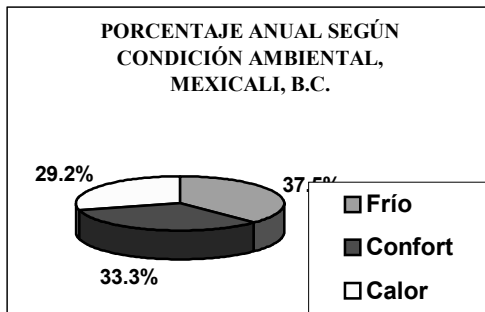


Figura 7. Distribución anual de las condiciones ambientales en Mexicali.

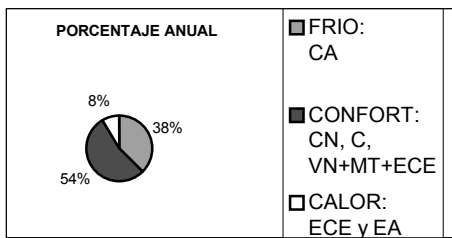


Figura 8. Distribución anual de requerimientos de adecuación para la vivienda popular en Mexicali, B.C.

(ZC) LIMITE ZONA DE CONFORT	29° C y 50% HR
ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO DIURNO 1.6- PROMOVER LA CONEXIÓN PRINCIPIO Maximizar la ventilación natural diurna para enfriamiento de los espacios cerrados.	TÉCNICAS PARA LOGRAR VENTILACIÓN NATURAL: conducción de flujos al interior, orientación del edificio en dirección del viento, ventilación cruzada por ventanas y dispositivos para captación de viento
(M) LIMITE EFECTIVO DE VENTILACIÓN DIURNA	32°C y 10%/50% HR + VIENTO a 2m/s
ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE LA GANANCIA DE CALOR 1.1- EVITAR LA RADIACIÓN PRINCIPIO Minimizar la incidencia solar directa o indirecta sobre la envolvente arquitectónica 1.2- REDUCIR LA CONDUCCIÓN PRINCIPIO Minimizar el flujo de calor a través de la envolvente arquitectónica 1.4- PROMOVER LA RADIACIÓN PRINCIPIO Maximizar el enfriamiento de la envolvente	TÉCNICAS SOMBREADO: Árboles y vegetación, patios, toldos, persianas, pantalla vegetal y doble techo REFLEJÓN: acabado de superficies, abrigo de la tierra y vegetación ORIENTACIÓN: forma proporción del edificio y ubicación ventanas AMORTIGUAMIENTO: Alco ventilado RESISTENCIA: aislamiento INERCI TÉRMICA: Tiempo de retardo RADIACIÓN INFRARROJA: exponer la envolvente al cielo nocturno
(MT) LIMITE EFECTIVO DE MASA TÉRMICA	33°C y 50% HR a 38°C y 8% HR (con o sin viento)
ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO NOCTURNO 1.3- EVITAR LA CONEXIÓN DIURNA PRINCIPIO Minimizar la entrada de aire diurno a través de la envolvente arquitectónica 1.7- PROMOVER LA PÉRDIDA DE CALOR POR EVAPORACIÓN PRINCIPIOS Maximizar el efecto evaporativo para enfriamiento del aire circundante y la estructura del edificio	TÉCNICAS INFILTRACIÓN: Sellado de puertas, ventanas e inestricciones de la estructura ENFRIAMIENTO/EPORATIVO: agua y vegetación
(EC) LIMITE EFECTIVO DE ENFRIAMIENTO CONVECTIVO	36°C y 30% HR
(EE) LIMITE EFECTIVO DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO	24°C TBH y 44°C TBS + VIENTO a 2m/s (44°C y 15%)

Figura 9. Propuesta de estrategias y técnicas de adecuación para la vivienda popular de bajos ingresos según límites de efectividad.

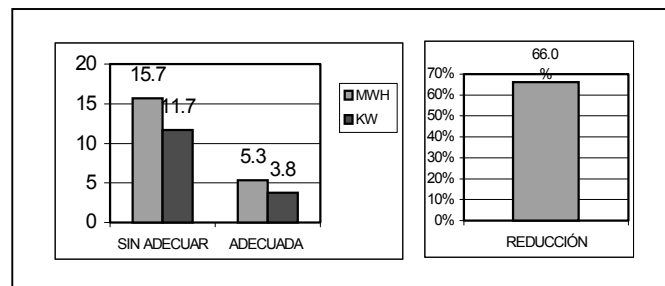


Figura 10. Comportamiento de la Energía a retirar (MWh) y potencia máxima (kW) del prototipo de vivienda sin y con estrategias de adecuación y el porcentaje reducción.

5.3 Propuesta de Estrategias para la Vivienda Popular

En la figura 10 se muestra un estudio comparativo de la evaluación del comportamiento térmico con el programa Doe2.1e. Interfase Doeplus, del prototipo de vivienda como es entregada a los usuarios y con estrategias de adecuación, al cual se aplican técnicas de sombreado: doble techo y aleros sobre

muros y de resistencia térmica mediante el aislamiento del techo y muros con poliestireno de 2" y 1" respectivamente. En los resultados se observa que es posible reducir más del 60% la energía a retirar del espacio (MWH) y la potencia máxima (kW), lo cual proporciona un espacio más eficiente para uso de sistemas de enfriamiento artificial y con mayores posibilidades de brindar confort de manera natural.

6. CONCLUSIONES

La vivienda que se ofrece a sectores de ingresos hasta 2.5 salarios mínimos no tiene el grado de adecuación suficiente para brindar confort y reducir la dependencia en los sistemas de acondicionamiento artificial en verano. La evaluación térmica demuestra que la aplicación de estrategias y técnicas de manera integral en la vivienda aumenta la oportunidad de estar en confort térmico. La carta de confort de Givoni, es una herramienta que facilita la determinación de los requerimientos ambientales y las estrategias de adecuación aplicables al edificio ya que establece los límites de su efectividad para brindar confort. La selección debe complementarse con un estudio de costo beneficio económico y social, para la determinación de las más eficaces al menor costo de construcción y mantenimiento.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GIVONI, B. 1998, *Climate considerations in building and urban design*, Van Nostrand, USA, p40

IDEM, p 18-21

IDEM, p 36 - 45

HERNÁNDEZ, E. 1983, *El ABC de la climatización Natural mediante el uso directo e indirecto de la energía Solar*, Revista Solar número 6, Asociación Nacional de Energía Solar, México, p10 y 11

INMOBILIARIA DEL ESTADO DE B.C., 1995., Memoria técnica

SARH, 1982, Dirección general del servicio Meteorológico nacional, *Normales Climatológicas 1941-70*

XV AYUNTAMIENTO DE MEXICALI, COPLADEM/IIS-UABC, "Impacto del consumo de energía eléctrica en la economía familiar y adecuación ambiental de la vivienda en Mexicali B.C". no publicado

WATSON, D y LABS, K. 1983, *Climatic Design, Energy Efficient Buildings Principles and Practices*, McGraw-Hill, New York, USA, p 80-201

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue elaborado dentro del marco del proyecto de investigación "Criterios de adecuación ambiental para la vivienda popular de sectores bajos ingresos en una zona de clima cálido extremo: Mexicali, B.C.", convenio CONACYT No. 431100-5-35-508-H.