

# ADAPTAÇÃO TÉRMICA EM HABITAÇÃO SOCIAL

*Carlos Alberto Fuentes Pérez*

Dr. en Arquitectura / Líder del Cuerpo Académico de Calidad del Hábitat  
Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo / Universidad Autónoma de Tamaulipas - México  
E-mail: <fuenper@hotmail.com>.

## RESUMEN

El trabajo, reúne los principios de la Arquitectura, dando sentido a aquellas interacciones de los elementos básicas del usuario de la vivienda con su entorno y explicando el porqué de cada diferente situación en que se puedan encontrar estos elementos, basada en conceptos de las leyes de la termodinámica que viene a ser la dinámica del calor, y la cual es una de las ramas de la física que estudia los efectos de los cambios de magnitudes. Por lo tanto, es una investigación experimental aplicada para identificar patrones del comportamiento de temperatura y humedad relativa solamente, no realizados con anterioridad en este tipo de vivienda de interés social. Los diferentes métodos se apoyan en varios tipos como la documental, de campo y descriptiva. Pero donde la resultante del trabajo es el establecer la adaptación térmica al interior de la vivienda en Tampico, México. El objetivo es determinar si la vivienda de interés social por medio de monitoreos con aparatos confiables, responde al impacto del clima en el cual se encuentra inmerso, para mantenerse dentro de los rangos de temperaturas de comodidad térmica; realzando la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción y sistemas constructivos utilizados.

**Palabras clave:** Adecuación. Materiales. Soluciones constructivas.

## 1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear nuevas alternativas a los modos habituales actuales de producción de vivienda, vienen determinadas por la evidente y creciente ponderación de las afectaciones medioambientales que se vienen generando en el ámbito del alojamiento y su directa implicación en el agravamiento de lo reflejado en la ciudad y en el entorno natural.

El clima en Tampico, México es de tipo tropical, subhúmedo, cálido y extremoso. Sus coordenadas son Latitud Norte 22° 12' 00" y 97° 51' 22" longitud Oeste del meridiano de Greenwich, se eleva solamente unos 12 metros sobre el nivel del mar.

Por lo tanto, para Krüeger et al. (2014) la satisfacción ambiental al interior de la vivienda se entiende como el grado de adaptabilidad higrotérmica, que es "la realización de cualquier actividad

normal en la vivienda y en donde no intervienen los mecanismos termoreguladores del usuario".

El estudio de adaptabilidad ambiental reúne los principios de la Arquitectura, dando sentido expresa Futcher et al. (2013) a aquellas interacciones de los elementos básicos del usuario de la vivienda con su entorno y explicando el qué de cada diferente situación en que se puedan encontrar estos elementos, basada en conceptos de las leyes de la termodinámica que viene a ser la dinámica del calor, y la cual comenta Dimoudi et al. (2013) es una de las ramas de la física que estudia los efectos de los cambios de magnitudes térmicas.

En relación con la forma de medir el grado de interacción de la vivienda a su entorno se retoma lo expuesto por Olgay (2004), se considera el proceso del diseño de una vivienda ambiental equilibrada. El primer paso hacia la satisfacción ambiental de la vivienda, declara Emmanuel (2006) consiste en el análisis del entorno climático del lugar escogido, donde se debe resaltar que cada

elemento produce un impacto diferente y presenta una situación variada; lo segundo por evaluar para (Ho et al., 2014), son las incidencias del clima en términos fisiológicos, y el tercer elemento por establecer Kolaitis et al. (2013), es la solución técnica adoptada en la construcción de la vivienda.

La necesidad de crear nuevas alternativas a los modos habituales actuales de producción de vivienda, explican Lee y Lee (2014) vienen determinadas por la evidente y creciente ponderación de las afectaciones medioambientales que se vienen generando en el ámbito del alojamiento y su directa implicación en el agravamiento de lo reflejado en la ciudad y en el entorno natural.

Del sobrecalentamiento en la vivienda para Perini y Magliocco (2014) se prevé que aumente debido al cambio climático antropogénico y la modificación del clima urbano local que conduce a un aumento del efecto isla de calor urbano. Características de la vivienda para Taylor et al. (2014) como la geometría, la orientación, el aspecto, y vidrio, y las características de la envolvente tales como la masa térmica y resistencia pueden influir en el riesgo de sobrecalentamiento.

De los factores ambientales a monitorear al interior, para Goldberg et al. (2013) la temperatura (T) es el parámetro básico para la evaluación térmica de la vivienda como elemento del clima, es el parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala en °C.

De igual manera la humedad relativa (HR) suele ser el factor adecuado sin influencias aparentes con valores entre el 40.00% y el 60.00% al interior de la vivienda. Cuando los factores personales y ambientales son moderados, Runnalls y Oke (2006) consideran satisfactorio el intervalo entre el 30.00% y el 70.00% de humedad relativa.

Para el análisis e interpretación de la satisfacción ambiental de la vivienda, existen diversas formas de analizar los factores ambientales y sus interrelaciones; a decir de Stewart et al. (2014) entre los más conocidos están la hora-grado con mediciones a cada hora al interior y exterior de la vivienda de temperatura y humedad relativa.

En lo que se refiere al caso de investigación, para Hedquist y Brazel (2014) una forma de evaluar la satisfacción ambiental de la vivienda, es conocer los datos para un día típico de invierno y otro día típico de verano, ya que las épocas intermedias suelen tener climas menos rigurosos, igualmente es necesario en caso de existir condi-

ciones climáticas incómodas en otra época, como una estación de lluvias o de viento seco.

Bajo dichas propuestas la zona de comodidad térmica local queda determinada y a partir de estos valores térmicos, Coseo y Larsen, (2014) toda temperatura media que esté arriba del límite superior tiene requerimientos de enfriamiento por demasía, restando los grados que rebasan el límite.

Mientras que toda temperatura media mensual, que quede abajo del límite inferior de la zona de comodidad térmica local, tiene requerimientos de calentamiento por pérdida, determinados por el número de días-grado del mes analizado (WONG et al., 2011).

Para lo cual Gago et al. (2013) se pasa a los gráficos de adaptabilidad ambiental para determinar la adaptación térmica del espacio monitoreado en horas-grado y determinar su clasificación.

Fuentes (2011) las mediciones monitoreadas de la vivienda tanto interiores como exteriores se tienen que recabar, ordenar y analizar en una bitácora de monitoreo para su futura interpretación mediante gráficos ambientales a emplear en el presente trabajo.

Los factores climáticos son las condiciones físicas que identifican a una región o a un lugar en particular y determinan su clima. Los principales factores son: la latitud, la altitud y el relieve.

A continuación se presentan los valores históricos de temperatura y humedad relativa de los últimos 25 años en la zona de Tampico, para determinar valores medios en las figuras 1 y 2.

### 1.1 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR DE 1989-2013

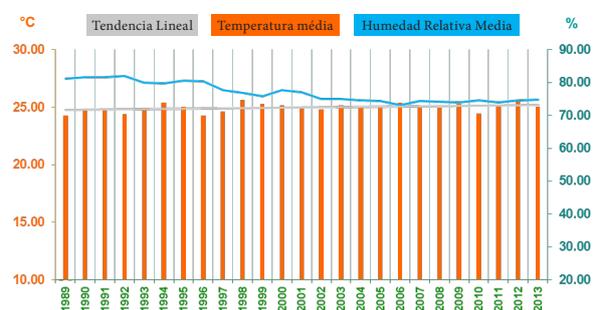


Figura 1 - Temperatura y humedad relativa media anual. Fuente: CONAGUA, 2015.

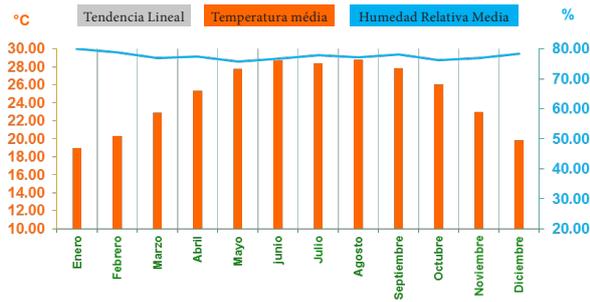


Figura 2 - Temperatura y humedad relativa media mensual. Fuente: CONAGUA, 2015.

### 1.2 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL 2014

La presente investigación se realiza en el año de 2014, y sus datos climatológicos de T y HR se obtienen de Conagua (2015), como se aprecian en la figura 3.

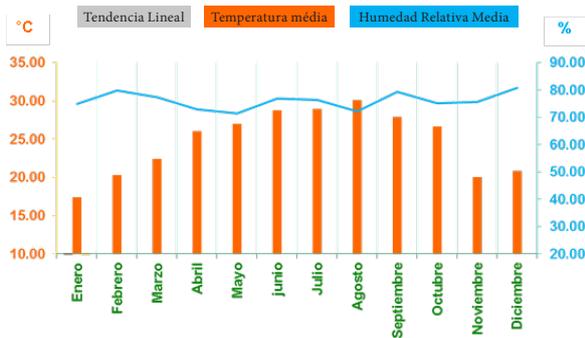


Figura 3 - Temperatura y humedad relativa media mensual 2014. Fuente: CONAGUA, 2015.

## 2 MODELOS ADAPTATIVOS DE COMODIDAD TÉRMICA

A continuación una vez analizado el comportamiento térmico, el clima y la arquitectura, se describen algunos de los principales modelos para evaluar el comportamiento térmico de la vivienda estudio de caso que se conocen hasta ahora, y que interesan como referencia teórica para el desenvolvimiento de la investigación, y el entendimiento de la zona de comodidad que se propone plantear en el presente trabajo. Dichos modelos se presentan en estudios precedentes de investigación como el de Chávez del Valle (2002), Roriz (2003), y el de González (2006).

Los modelos de comportamiento conforman los requerimientos térmicos, y el arquitecto debe diseñar estrategias de adaptabilidad biocli-

mática para que los espacios cumplan con valores admisibles de estos modelos. Asimismo los modelos del comportamiento térmico adaptativos, admiten en cierta manera las variaciones en el clima exterior, para determinar las preferencias térmicas con base a sus oscilaciones, y con límites horarios constantes para la temperatura y la humedad relativa.

### 2.1 MODELO DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE HUMPHREYS, M.A.

Humphreys (1997), hace una revisión de los datos de estudios de campo, en la que encuentra una fuerte dependencia estadística de las neutralidades térmicas ( $T_n$ ), o temperaturas en las que un mínimo estrés es reportado en escalas verbales, en niveles medios de temperatura del aire, o temperatura de globo ( $T_i$ ), experimentadas por los encuestados en interior o exterior, en un periodo de aproximadamente de un mes. Se encuentra que el valor de  $T_n$  oscila unos  $13.0^{\circ}\text{C}$ , esto es, entre  $17.0^{\circ}\text{C}$  y  $30.0^{\circ}\text{C}$  y aplica la siguiente ecuación:

$$T_n = 2.56 + 0.83 \cdot T_i \quad (1)$$

Un posterior análisis realizado por Humphreys y Nicol (2001), sustituyendo la temperatura interior por la media exterior, produce resultados similares en viviendas sin sistemas de acondicionamiento mecánico del aire:

$$T_n = 11.9 + 0.534 \cdot T_m \quad (2)$$

La siguiente ecuación de Humphreys es una adaptación de una amplia base de datos de edificios con clima controlado y no controlado:

$$T_n = 23,9 + \frac{0,295(T_{mmo} - 22)}{e - \left[ \frac{(T_{mmo} - 22)}{24} \right]^2} \quad (3)$$

### 2.2 MODELO DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE AULICIEMS, A.

Correlaciones muy similares son encontradas posteriormente por Auliciems (1997), usando una extensa base de datos; incluyendo ambos tipos de viviendas, con sistemas mecánicos de acondicionamiento de aire y sin él, es encontran-

do la siguiente expresión para  $T_n$ , que es válida entre 18.0°C y 28.0°C:

$$T_n = 17.6 + 0.31 \cdot T_{Mm} \quad (4)$$

### 2.3 MODELO DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE GRIFFITHS

Basado en el estudio de Griffiths (1990), de edificios europeos con sistemas pasivos, la regresión es prácticamente la misma que la de Humphreys:

$$T_n = 12.1 + 0.534 \cdot T_m \quad (5)$$

### 2.4 MODELO DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE NICOL, FERGUS

Nicol, Fergus (1996), realiza estudios más recientes en Pakistán, Nicol y Roaf donde encuentra que:

$$T_n = 17.0 + 0.38 \cdot T_m \quad (6)$$

Nicol transforma la regresión lineal en exponencial, con una considerable pérdida en capacidad de predicción, cuando se aplica a edificios con sistemas mecánicos de aclimatación:

$$T_n = 23,9 + 0,295(T_m - 22) \cdot e^{-\left[\frac{(T_m - 22)^2}{24\sqrt{2}}\right]} \quad (7)$$

Las aparentes inconsistencias con predicciones termofisiológicas, permiten a Auliciems en 1981, formular un modelo adaptativo de termorregulación, con el cual, la preferencia térmica, es vista como el resultado de ambas respuestas fisiológicas a los parámetros interiores inmediatos, los medidos por los modelos, y las expectativas basadas en determinantes climáticas y culturales, o sea experiencias pasadas.

Posteriormente sobre el modelo adaptativo, existen considerables investigaciones y verificaciones en varias locaciones. Éstas incluyen Melbourne, Brisbane, Darwin, San Francisco Bay, Bangkok, Singapur y Townsville. Siguiendo una variedad de discusiones teóricas, se ha vuelto evidente que la noción de un ambiente óptimo constante o estático, no es más una hipótesis aceptable.

Un modelo adaptativo desarrollado por Auliciems, adapta los datos de sensación, basados en investigaciones de campo de comportamiento térmico en Australia, abarcando distintos climas, usando la siguiente ecuación:

$$T_n = 9.22 + 0.48 T_a + 0.14 \cdot T_m \quad (8)$$

Una vez determinado el modelo adaptativo, dependiendo del clima de la región donde se encuentra la vivienda estudio de caso es necesario determinar la zona de comodidad térmica ( $T_n$ ).

## 3 ZONA DE COMODIDAD TÉRMICA

El ancho de la franja de comodidad o tolerancia con límites constantes, como se ha mencionado para Nicol y Humphreys consideran una anchura directamente proporcional a la posibilidad de los usuarios de realizar acciones adaptativas, en dicho caso la zona de comodidad térmica puede ser considerablemente más ancha que +2.00°C en torno a la temperatura media preferida. Para el cálculo en función de los valores medios mensuales de temperaturas externas, Szokolay (1994), indica tolerancia de +2.00°C y de +1.75°C, en la función de los promedios anuales. Por consiguiente, las situaciones de oportunidades adaptativas son posibles y adecuadas a la zona de comodidad puede ser considerablemente más ancha. Para TME = TMM, Szokolay indica una tolerancia de + 2.00°C y en el modelo de Mahoney la tolerancia media es de + 3.50° C.

Para el cálculo en función de los promedios mensuales o T medias, Szokolay (1991), indica una tolerancia de +2.00°C y de +1.70°C en la función de los promedios anuales. Por consiguiente, la propuesta de Szokolay es que los promedios externos de periodos más cortos implican en las franjas más anchas de tolerancia. Además de representar potencialmente en mayor detalle el concepto de zona de comodidad, un modelo de variación horaria de los límites de comodidad tiene otras ventajas, algunas relacionadas con estudios sobre adaptación térmica en la vivienda estudio de caso, siempre y cuando se tipifique correctamente la hora-grado.

## 4 CARACTERÍSTICAS DE LA VIENDA DE INTERÉS SOCIAL

La tecnología de la vivienda de interés social estudio de caso en Tampico, México, es la producción masiva de la arquitectura, y por lo tanto, es la vivienda industrializada y estandarizada para la población en general, construida de 1980 a 2014 en Tampico, México, similar a las producidas en la República Mexicana.

La vivienda de interés social típica (FUENTES, 2014), contempla en sus medidas promedio, alturas interiores de piso a cielorraso de 2.40 m; con un volumen total interior de 200.00 m<sup>3</sup>; un área de losa de 42.00 m<sup>2</sup>; un área de la envolvente sin losa de 161.80 m<sup>2</sup>; con un área de aberturas en la envolvente de 15.00 m<sup>2</sup>; dando en total un porcentaje de aberturas en la envolvente de 9.00%, ver en isométrico de la figura 4.

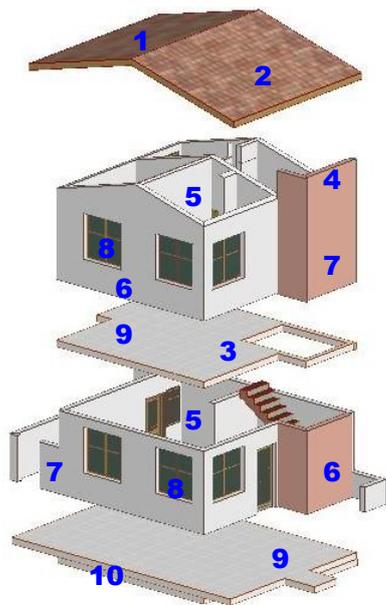


Figura 4 - Isométrico de la vivienda de interés social estudio de caso. Fuente: Elaboración Propia.

### Soluciones constructivas

1. Impermeabilizante a base de resinas acrílicas y capas de fibra de vidrio
2. Cubierta de azotea aligerado con vigueta y bovedilla
3. Cubierta de entrepiso aligerado con vigueta y bovedilla
4. Pretiles de Bloque ligero de 0.15 x 0.20 x 0.40 m
5. Aplanado interior de yeso
6. Muro de Bloque pesado de 0.15 x 0.20 x 0.40 m
7. Aplanado exterior de cemento-arena proporción 1:5

8. Cancelería de aluminio natural con acristalamiento
9. Pisos de cemento pulido
10. Losa de cimentación de capa de concreto armado
11. Instalación hidráulica de tubería de P.V.C.
12. Instalación Sanitaria Tubería de Cobre

## 5 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

La investigación es un procedimiento que permite centrar la atención en la satisfacción ambiental de la vivienda común como estudio de caso, para obtener información amplia y profunda, para contrastarla térmicamente, explica Feng et al. (2014) que es prioritario utilizar la entrevista, la observación, el análisis de documentos y la medición térmica.

Por lo tanto, es una investigación experimental aplicada, realizada en el año 2014 para identificar patrones de temperatura (T) y humedad relativa (HR) solamente, no realizados con anterioridad en este tipo de viviendas en Tampico, México.

La metodología a implementar es de tipo multimodal y por triangulación, ya que los diferentes métodos aplicados ofrecen el acercamiento cuantitativo y cualitativo del objetivo facilitando el análisis del estudio de caso y así poder evaluarlo. Al mismo tiempo, la presente investigación se apoya en varios tipos de estudio para lograr resultados idóneos como el descriptivo, bibliográfico y de campo. La evaluación de la interacción con el entorno climático es el hilo conductor de la investigación, por medio de los factores que influyen en la satisfacción ambiental, con el propósito de determinar al interior oscilaciones temporales de temperatura y humedad relativa de la vivienda común.

Por ser el presente trabajo una investigación experimental aplicada, se establece tipificar en el documento, la satisfacción ambiental de la vivienda estudio de caso considerando la que no emplea climatización artificial, habitada, y en la que se realizan sus funciones habituales para no interferir en el monitoreo puntual de temperatura y humedad relativa.

### 5.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Fuentes (2014), las mediciones al interior de la vivienda común se realizan con los Hobo's

U10-003, data loggers, el Hobo es un instrumento electrónico confiable capaz de medir temperatura del aire y humedad relativa. Las mediciones térmicas son por espacio de un año en la vivienda estudio de caso, con intervalos de monitoreo cada hora, las 24 horas.

Para el experimento se ubican los data loggers, únicamente en dos espacios bien definidos para la vivienda estudio de caso, en un área social como lo es la sala y una área íntima como lo es la recámara principal, ya que las mediciones de temperatura de aire y humedad relativa de ambos espacios, varía de acuerdo a los diversos factores y actividades que influyen en el día y la noche (SHAHRESTANI et al., 2015).

## 5.2 BITÁCORA DIARIA DE MONITOREO

Las mediciones que presenta cada Hobo U10-003 data logger de Tmr de los espacios internos, se exportan a una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel donde se realiza una tabla con las mediciones íntegras realizadas, exportadas de temperatura del aire en °C y de la humedad relativa expresada en %, contrastadas con los valores térmicos proporcionadas para la climatología de 2014 por Conagua (2015).

## 5.3 EVALUACIÓN HIGROTÉRMICA POR MEDIO DE GRÁFICOS CON ZONA DE COMODIDAD

Los meses y días típicos determinando la demasía y pérdida con respecto a la variable de la temperatura, se obtienen a partir de considerar la temperatura de neutralidad de acuerdo al modelo adaptativo de comodidad térmica de Humphreys y Nicol (2001).

$T_n = 11.9 + 0.534 \cdot T_m$  °C=Límites constantes en °C  
 Límite Superior= +2.50°C  
 Límite Inferior = -2.50°C

Los meses para determinar la demasía y pérdida con respecto a la variable de humedad relativa, considera lo estipulado en la Norma ISO 7730:2005, que la ubica idealmente en 50.00% y se determinan de la siguiente manera:

HR<sub>n</sub>= 50.00%  
 Límite Superior= 60.00%  
 Límite Inferior= 40.00%

## 5.4 GRÁFICOS DE ADAPTABILIDAD HIGROTÉRMICA

Los gráficos de T del aire y HR de la vivienda son con base a los valores medios diarios proporcionados por los hobo's U10-003 para el interior y para el exterior los proporcionados por CONAGUA, considerando los meses de enero y agosto estimados por la investigación, y elaborados con una zona de comodidad constante. Asimismo, expone (Pathirana et al., 2014), proporcionan la calificación del comportamiento anual de T y HR media mensual, 2014. Con este tipo de gráfico se determina la resultante de la T<sub>n</sub>-límites superior e inferior-días de comodidad, demasía y pérdida térmica y la HRc-límites superior e inferior-días de comodidad, demasía y pérdida térmica de HR.

## 5.5 GRÁFICOS DEL DÍA TÍPICO MENSUAL Y SU ADAPTABILIDAD HIGROTÉRMICA

A continuación se elaboran los gráficos de los días típicos de cada vivienda y espacio con zona de comodidad constante de todos los meses de 2014. Este tipo de gráficos determinan para (LI; BABCOCK, 2014), la T<sub>n</sub>; los límites superior e inferior; las horas de comodidad, demasía y pérdida de temperatura; oscilaciones de T interior y exterior-amplitud mínima y máxima de T; HRc; límites superior e inferior; horas de comodidad, demasía y pérdida de HR; oscilaciones de HR interior y exterior; amplitud mínima y máxima de HR.

## 6 CONSIDERACIONES FINALES

Las consideraciones se presentan con base al experimento científico con datos duros.

### 6.1 ANÁLISIS CLIMÁTICO HISTÓRICO

En primera instancia, del análisis climático histórico de Tampico, México se desprende que la temperatura media anual es de 25.00°C, la tendencia de temperatura media anual de los últimos 25 años es de +0.40°C.

La humedad relativa media anual es de 77.50%. El año que mayor humedad relativa media anual presenta en el análisis histórico es 1995 con el 82.00%, el año con menor precipitación media anual menor es 2006 con 73.00%.

Los años con temperatura media anual más alta son 1998 y 2012 con 26°C, el año con temperatura media más baja es 1989 con 24.00°C; la oscilación térmica entre ambos es de 2.00°C.

El mes con mayor humedad relativa media es enero con 80.00% y el mes con menor humedad relativa media mayo con 76.00%.

El mes con temperatura media más baja es enero con 19.00°C, considerado el mes crítico y el mes con temperatura media más alta es agosto con 29.00°C como el mes más crítico, la oscilación entre ambas es de 10.00°C.

La temperatura media de primavera es de 25.00°C

La temperatura media de verano es de 29.00°C Estación Crítica

La temperatura media de otoño es de 26.00°C

La temperatura media de invierno es de 20.00°C Estación Crítica

La humedad relativa media de primavera es de 77.00%

La humedad relativa media de verano es de 77.00%

La humedad relativa media de otoño es de 77.00%

La humedad relativa media de invierno es de 79.00%

## 6.2 ENTORNO CLIMATOLÓGICO EN 2014

El comportamiento anual de temperatura media mensual es de 25.30°C con un diferencial térmico superior de +0.30°C en contraste con la histórica.

El mes con temperatura más baja media es enero con 17.40°C por lo tanto es el mes más crítico para la estación de invierno. También el mes con la temperatura más alta media es agosto con 30.10°C por lo que es el mes más crítico para la estación de verano. La oscilación térmica entre ambas es de 12.70°C.

Para el presente trabajo se determina que las estaciones más críticas y pertinentes para poder realizar el experimento de investigación fueron invierno y verano, y los meses críticos corresponden a enero y agosto respectivamente.

## 6.3 ADAPTABILIDAD HIGROTÉRMICA DE LA VIVIENDA COMÚN EN 2014

### 6.3.1 ADAPTACIÓN TÉRMICA EN LA SALA EN ENERO

En temperatura presenta un total de 25 días de comodidad, 0 de demasía, y 6 de pérdida. La ampliación mínima entre la interior y la exterior es de 0.00°C, y la máxima es de 5.90°C. La humedad relativa presenta 5 días de comodidad, 26 de demasía y 0 de pérdida. El diferencial de ampliación mínima con respecto al interior y el exterior es de 1.00%, y la máxima es de 16.40%.

La temperatura media de 21.50°C al interior, al exterior es de 19.50°C, y la humedad relativa media interior es de 71.80% y al exterior es de 71.30%.

### 6.3.2 ADAPTACIÓN TÉRMICA DEL DÍA TÍPICO DE LA SALA EN ENERO

En las zonas de comodidad constante del día típico presenta 24 horas de comodidad de temperatura. La oscilación de temperatura interior es de 3.10°C y la exterior de 2.00°C. Su ampliación mínima es de 1.50°C y la máxima de 2.80°C. La humedad relativa presenta 24 horas de demasía, con una oscilación interior de 6.80% y exterior de 6.10%, la ampliación con respecto a la interior y exterior mínima es de 0.000% y la máxima es de 1.80%.

La temperatura media interior es de 21.50°C, la exterior de 19.40°C, la humedad relativa media interior es de 71.80%, y la exterior es de 73.00%.

### 6.3.3 ADAPTACIÓN TÉRMICA DE LA SALA EN AGOSTO

En temperatura presenta un total de 6 días de comodidad, 25 de demasía, y 0 de pérdida. La ampliación mínima entre la interior y la exterior es de 0.20°C, y la máxima es de 4.90°C. La humedad relativa presenta 31 días de demasía. El diferencial de ampliación mínima con respecto al interior y el exterior es de 0.00%, y la máxima es de 9.00%.

La temperatura media es de 30.60°C al interior, al exterior es de 28.90°C, y la humedad relativa media interior es de 74.70% y al exterior es de 73.60%.

#### **6.3.4 ADAPTACIÓN TÉRMICA DEL DÍA TÍPICO DE LA SALA EN AGOSTO**

En las zonas de comodidad constante del día típico presenta 24 horas de demasía de temperatura. La oscilación de temperatura interior es de 0.90°C y la exterior de 0.70°C. Su ampliación mínima es de 1.40°C y la máxima de 1.90°C. La humedad relativa presenta 24 horas de demasía, con una oscilación interior de 5.00% y exterior de 3.30%, y un diferencial de ampliación con respecto a la interior y exterior mínima es de 0.10% y la máxima es de 3.00%.

La temperatura media interior es de 30.60°C, la exterior de 28.90°C, la humedad relativa media interior es de 74.70%, y la exterior es de 73.60%.

#### **6.3.5 ADAPTACIÓN TÉRMICA DE LA RECÁMARA EN ENERO**

En temperatura presenta un total de 27 días de comodidad, 0 de demasía, y 4 de pérdida. La ampliación mínima entre la interior y la exterior es de 0.10°C, y la máxima es de 6.30°C. La humedad relativa presenta 4 días de comodidad y 27 días de demasía. La ampliación mínima con respecto al interior y el exterior es de 0.10%, y la máxima es de 14.50%.

La temperatura media es de 21.60°C al interior, al exterior es de 19.40°C, y la humedad relativa media interior es de 72.90% y al exterior es de 71.00%.

#### **6.3.6 ADAPTACIÓN TÉRMICA DEL DÍA TÍPICO DE LA RECÁMARA EN ENERO**

En las zonas de comodidad constante del día típico presenta 24 horas dentro de la franja de comodidad de temperatura. La oscilación de temperatura interior es de 3.20°C y la exterior de 2.00°C. Su ampliación mínima es de 1.60°C y la máxima de 3.10°C. La humedad relativa presenta 24 horas de demasía, con una oscilación interior de 17.50% y exterior de 6.20%, y un diferencial de ampliación con respecto a la interior y exterior mínima es de 0.60% y la máxima es de 6.80%.

La temperatura media interior es de 21.60°C, la exterior de 19.40°C, la humedad relativa media interior es de 72.90%, y la exterior es de 71.00%.

#### **6.3.7 ADAPTACIÓN TÉRMICA DE LA RECÁMARA EN AGOSTO**

En temperatura presenta un total de 7 días de comodidad, 24 de demasía, y 0 de pérdida de temperatura. La ampliación mínima entre la interior y la exterior es de 0.10°C, y la máxima es de 5.20°C. La humedad relativa presenta 31 días de demasía. El diferencial de ampliación mínima con respecto al interior y el exterior es de 0.10%, y la máxima es de 18.40%.

La temperatura media es de 31.00°C al interior, al exterior es de 28.90°C, y la humedad relativa media interior es de 75.30% y al exterior es de 73.60%.

#### **6.3.8 ADAPTACIÓN TÉRMICA DEL DÍA TÍPICO RECÁMARA EN AGOSTO**

En las zonas de comodidad constante del día típico presenta 24 horas de demasía de temperatura. La oscilación de temperatura interior es de 1.80°C y la exterior de 0.50°C. Su ampliación mínima es de 1.00°C y la máxima de 2.90°C. La humedad relativa presenta 24 horas de demasía, con una oscilación interior de 8.70% y exterior de 3.30%, la ampliación térmica con respecto a la interior y exterior mínima es de 0.10% y la máxima es de 7.80%.

La temperatura media interior es de 31.00°C, la exterior de 28.90°C, la humedad relativa media interior es de 75.30%, y la exterior es de 73.60%.

## **7 CONCLUSIONES**

La vivienda de interés social estudio de caso presenta plantas arquitectónicas de dos niveles con buena distribución espacial y formal, los espacios son mínimos pero considerables para las funciones esenciales de los usuarios, pero con la desventaja de no presentar aberturas en sus fachadas Este-Oeste, descuidando con ello la dirección de los vientos reinantes y por lo tanto no permite la aireación.

La vivienda de interés social, en la planta alta el porcentaje de desventaja térmica es mayor que en la planta baja, por estar en contacto con la losa de azotea y logrando una conducción térmica al interior de las recámaras por radiación solar directa.

La vivienda de interés social en la sala, ofrece una arquitectura de opción pasiva, se encuentra en la zona de comodidad sólo en verano y precisa

de una buena ventilación cruzada. La clasificación higrotérmica media anual de la sala es de un espacio cálido húmedo.

La vivienda de interés social que en la recámara, que también manifiesta una arquitectura de opción pasiva, se encuentra en la zona de comodidad sólo en verano, demanda una ventilación cruzada e insta una buena deshumidificación del espacio. La clasificación higrotérmica media anual de la recámara es de un espacio cálido húmedo.

Se concluye del análisis climático histórico, de las estrategias de adaptabilidad y la clasificación higrotérmica de la vivienda estudio de caso lo siguiente:

Cabe hacer hincapié que en la vivienda de interés social en todo el año, según las estrategias de adaptabilidad higrotérmica requiere en la sala y recámara la ventilación cruzada, pero sólo en las recámaras demanda deshumidificación durante todo el año, en la sala no.

De la vivienda estudio de caso evaluado se deduce, que su principal aspecto negativo es que revela una elevada acumulación de humedad relativa, impidiendo la deshumidificación de las mismas. Se manifiestan como espacios cálidos húmedos que vienen a ser aquellos que producen calor sofocante, pero a mayor humedad relativa al interior más caliente se percibe el espacio.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONAGUA. *Climatología de Tampico, México. Comisión Nacional del Agua*. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx>. 2015.
- COSEO, PAUL; LARSEN, LARISSA. *How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago*. En: *Landscape and Urban Planning*. (125). 117-129, 2014.
- CHÁVEZ DEL VALLE, FRANCISCO JAVIER. *Zona variable de confort térmico*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España. 2002.
- DIMOUDI, A; KANTZIOURA, A; ZORAS, S; PALLAS, C; KOSMOPOULOS, P. Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. En: *Energy and Buildings*. (64). 1-9, 2013.
- EMMANUEL R, JOHANSSON E. *Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: the case of Colombo, Sri Lanka*. *Climate Research*. (30). 189-200, 2006.
- FENG, HUIHUI; ZHAO, XIAOFENG; CHEN, FENG; WU, LICHUN. Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island. En: *Advances in Space Research*. (53). 463-473, 2014.
- FUENTES PÉREZ, CARLOS ALBERTO. *Evaluación del comportamiento de la vivienda tradicional y la vivienda común en Tampico, México*. Tesis Doctoral. Programa de Doctorado con Énfasis en Vivienda de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas. México. 2011.
- FUENTES PÉREZ, CARLOS ALBERTO. *Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México*. En: *Redalyc.org*. (VIII). 77-97, 2014.
- FUTCHER, JULIE ANN; KERSHAW, TRISTAN; MILLS, GERALD. Urban form and function as building performance parameters. *Building and Environment*. (62). 112-123, 2013.
- GAGO, EJ; ROLDAN, J; PACHECO-TORRES, R; ORDOÑEZ, J. The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. En: *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. (25). 749-758, 2013.
- GOLDBERG, VALERI; KURBJUHN, CORNELIA; BERNHOFER, CHRISTIAN. How relevant is urban planning for the thermal comfort of pedestrians? Numerical case studies in two districts of the City of Dresden (Saxony/Germany). En: *Meteorologische Zeitschrift*. (22). 739-751, 2013.
- HEDQUIST, BRENT C.; BRAZEL, ANTHONY J. Seasonal variability of temperatures and outdoor human comfort in Phoenix, Arizona, USA. En: *Building and Environment*. (72). 377-388, 2014.
- HUMPHREYS, M. A. Fields studies of thermal comfort compared and applied. En: *Symposium of physiological requirements of the microclimate*. Praga. 1995.
- HUMPHREYS, M. A. AND NICOL, F. *The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments*. Proceedings of Moving Thermal Comfort Standards Into the 21st Century. Windsor - UK. 2001.
- HO, HUNG CHAK; KNUDBY, ANDERS; SIROYAK, PAUL; XU, YONGMING; HODUL, MATUS; HENDERSON, SARAH B. Mapping maximum urban air temperature on hot summer days. En: *Remote Sensing of Environment*. (154). 38-45, 2014.

- ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730:2005 (E) *Ergonomics of the thermal environment-analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Ginebra: Edición de Autor. 2005.
- KOLAITIS, DIONYSIOS I. ET AL. Comparative assessment of internal and external thermal insulation systems for energy efficient retrofitting of residential buildings. En: *Energy and Buildings*. (64). 123-131, 2013.
- KRÜEGER, E. L.; MINELLA, F. O.; MATZARAKIS, A. Comparison of different methods of estimating the mean radiant temperature in outdoor thermal comfort studies. En: *International Journal of Biometeorology*. (58). 1727-1737, 2014.
- LEE, SUNGWON; LEE, BUMSOO. The influence of urban form on GHG emissions in the US household sector. En: *Energy Policy*. (68). 534-549, 2014.
- LI, YANLING; BABCOCK, ROGER W., JR. Green roofs against pollution and climate change. A review. En: *Agronomy for Sustainable Development*. (34). 695-705, 2014.
- NICOL, F.; HUMPHREYS, M. A. The Validity of ISO-PMV for Predicting Comfort Votes in Everyday Thermal Environments. En: *Energy and Buildings, Lausanne*. (34). 667-684, 2002.
- OLGYAY, VÍCTOR. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Tercera tirada. Barcelona, España, 2004.
- PATHIRANA, ASSELA; DENEKEW, HAILU B.; VEERBEEK, WILLIAM; ZEVENBERGEN, CHRIS; BANDA, ALLAN T. Impact of urban growth-driven landuse change on microclimate and extreme precipitation - A sensitivity study. *Atmospheric Research*. (138). 59-72, 2014.
- PERINI, KATIA; MAGLIOCCO, ADRIANO. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. En: *Urban Forestry & Urban Greening*. (13). 495-506, 2014.
- RORIZ, MAURICIO. *Flutuações horárias dos limites de conforto térmico: Urna hipótese de modelo adaptativo*. ENCAC-COTEDI, VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído Curitiba - PR, (Brasil). 2003.
- RUNNALLS, KE; OKE, TR. A technique to detect microclimatic inhomogeneities in historical records of screen-level air temperature. En: *Journal of Climate*. (19). 959-978, 2006.
- SHAHRESTANI, MEHDI; YAO, RUNMING; LUO, ZHIWEN; TURKBEYLER, ERDAL; DAVIES, HYWEL. A field study of urban microclimates in London. En: *Renewable Energy*. (73). 3-9, 2015.
- STEWART, IAIN D.; OKE, T. R.; KRAYENHOFF, E. SCOTT. Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. En: *International Journal of Climatology*. (34). 1062-1080, 2014.
- TAYLOR, J.; DAVIES, M; MAVROGIANNI, A; CHALABI, Z; BIDDULPH, P; OIKONOMOU, E; DAS, P; JONES, B. The relative importance of input weather data for indoor overheating risk assessment in dwellings. En: *Building and Environment*. (76). 81-91, 2014.
- WONG, NYUK HIEN; JUSUF, STEVE KARDINAL; TAN, CHUN LIANG. Integrated urban microclimate assessment method as a sustainable urban development and urban design tool. En: *Landscape and Urban Planning*. (100). 386-389, 2011.

## *Thermal adaptation in social housing*

### **ABSTRACT**

The work brings together the principles of architecture, making sense of the interactions of basic elements of the user of the home with its environment and explaining why each different situation they may find these elements, based on concepts of law thermodynamics which comes to the dynamics of heat and which is a branch of physics that studies the effects of changes in magnitudes. Therefore, it is an experimental applied research to identify behaviour patterns of temperature and relative humidity only, not previously performed in this type of social housing. The different methods are based on various types such as documentary and descriptive field. But where the resulting work is to establish thermal adaptation within the housing in Tampico, Mexico. The aim is to determine whether social housing through reliable monitoring devices, responds to the impact of climate in which it is immersed, to keep within the temperature ranges of thermal comfort; enhancing efficiency and moderation in the use of building materials and construction systems used.

**Keywords:** Adequacy. Urban climatology. Constructive solutions.