



XIENCAC
ENCUENTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

TEMPERATURA DE CONFORT TÉRMICO PARA EXTERIORES, ACTIVIDAD INTENSA EN CLIMA CÁLIDO SECO EXTREMOSO

**Gonzalo Bojórquez-Morales (1); Gabriel Gómez-Azpeitia (2);
Rafael García-Cueto (3); Ramona Romero (1); Aníbal Luna (4)**

(1) Dr. Arq., Profesor-Investigador de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, gonzalobojorquez@uabc.edu.mx, ramonaromero@uabc.edu.mx

(2) Dr. Arq., Profesor de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Colima, ggomez@uacol.mx

(3) Dr. Geografía., Investigador del Instituto de Ingeniería,
Universidad Autónoma de Baja California, rafaelcueto@uabc.edu.mx

(4) Dr. Ing., Profesor-Investigador de la Facultad de Arquitectura y Diseño,
Universidad Autónoma de Baja California, anibal@uabc.edu.mx

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Arquitectura y Diseño, Posgrado e Investigación,
Campus Mexicali, C.P. 21900, Mexicali, Baja California, México, Tel.: 01 52 (686) 5664250

RESUMEN

El estimar las condiciones por variable meteorológica para el confort térmico, establece las bases para una correcta toma de decisiones en el diseño arquitectónico. El confort térmico en espacios exteriores es una de las características esenciales de la calidad del medio ambiente urbano. El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de la temperatura de bulbo seco en la sensación térmica del usuario de espacios exteriores de espacios recreativos en clima cálido extremo. Se desarrolló un estudio correlacional, con el enfoque de adaptación, en cuatro periodos y un análisis anual. Se midieron temperatura de bulbo seco, temperatura de globo gris, humedad relativa y velocidad de viento. Se realizaron un total de 797 observaciones para actividad intensa. El análisis de datos se realizó con el método de medias por intervalo de sensación térmica. En los periodos cálido y frío, se tienen condiciones extremas y características de clima asimétrico, mientras que en los periodos de transición y el análisis anual se presentan condiciones de un clima templado de tipo simétrico. El fenómeno de adaptación se observa claramente en los cambios de valor de la temperatura neutral para cada periodo de estudio.

Palabras clave: Confort térmico, Espacios exteriores, Temperatura neutral, Actividad intensa, Clima cálido seco extremo

In order to establish bases for right decisions in urban design, it is necessary to estimate the effect of different meteorological variables on the comfort sensation of people carrying out outdoor activities. Thus, outdoor thermal comfort must be one of the essential characteristics of urban environment quality. The objective of the research presented in this paper was to determine the effect of dry bulb temperature on the thermal sensation of users of outdoor recreational areas in extreme warm dry climate. A correlational field study with adaptive approach was developed in four periods and an annual analysis, in the city of Mexicali, Mexico. Simultaneously to the comfort votes of people were registered data of dry bulb temperature, grey globe temperature, relative humidity and wind speed. A total of 797 observations were collected for intense activity. In warm and cold periods, the extreme conditions determine characteristics of asymmetric climates. Opposite, in the transitional periods and annual analysis the conditions are those characteristic of symmetric climates. Consequently, the collected data was analyzed with the method averages by interval of thermal sensation, in order of avoid the bias generated for the conventional method in asymmetric climates. The adaptation phenomenon is evident in the changes in the value of neutral temperature estimated for each study period.

Keywords: Thermal comfort, Outdoors spaces, Neutral temperature, Intense activity, Extreme warm dry climate

1. INTRODUCCIÓN

La sensación térmica percibida de los individuos en espacios exteriores, no puede ser explicada totalmente por medio del balance energético del cuerpo humano (Lin *et al.*, 2011). Lo anterior debido a la adaptación térmica, que representa (además de la aclimatación), los efectos de aspectos de tipo psicológico y del ambiente térmico (Nikolopoulou y Steemers, 2003).

Los tiempos de permanencia en espacios exteriores, son menores a los de interiores, debido al proceso de adaptación térmica, lo anterior genera que la aplicación de un modelo de confort térmico desarrollado para interiores tenga una tendencia a sobrestimar la sensación real del usuario de exteriores. Esta discrepancia es mayor en condiciones de temperaturas bajas en comparación con las temperaturas altas. En exteriores, el uso de un modelo de predicción por las implicaciones de variabilidad de ambientes térmicos, condiciones de los espacios exteriores y tiempos de permanencia, no es adecuado, mientras que la aplicación del método de adaptación, debido a que es resultado de una evaluación de campo, se ajusta mejor a las condiciones exteriores (Höppe, 2002).

La necesidad de investigación sobre la sensación térmica percibida en exteriores, se ha observado en eventos como juegos olímpicos y ferias mundiales (Pickup y deDear, 2000), además de proyectos como Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (Nikolopoulou, 2004), las aportaciones de esos trabajos tienen aplicaciones en proyectos de tipo turístico, recreativo o áreas de exposiciones.

Lin (2009) y Lin *et al.*, (2011), desarrollaron un estudio sobre sensación y preferencia térmica en exteriores para periodo cálido y frío, en clima cálido húmedo. Se utilizó como modelo de referencia la nueva temperatura efectiva estandar (SET*, por sus siglas en inglés). Los resultados demostraron la adaptación de los sujetos a los periodos estudiados y el efecto de las variables meteorológicas. En otra etapa de ese mismo estudio, Hwang y Lin (2007), analizaron las condiciones de confort térmico en espacios exteriores y semi-exteriores, y demostraron como los sujetos disminuyen sus expectativas de confort térmico en espacios con esas características, por lo que aumentan su tolerancia a condiciones no confortables.

Spagnolo y deDear (2003), desarrollaron un estudio comparativo de condiciones de confort térmico en espacios exteriores y semi-exteriores, en clima subtropical. Se compararon resultados con los índices OUT-SET* y SET*. Se demostró que los valores de confort térmico para exteriores son significativamente mayores que los valores para interiores. Según estos autores los estudios de confort térmico en exteriores y semi-exteriores se clasifican en tres subcategorías como meta final, las cuales son: 1) Modificación del ambiente térmico para reducir su impacto en los usuarios, 2) Clima y turismo y 3) Confort térmico de peatones.

El estudio de Oliveira y Andrade (2007), obtuvo resultados generales similares a los de Spagnolo y deDear (2003). Además se estableció la importancia del efecto del viento en la sensación térmica percibida.

En las investigaciones mencionadas, los estudios se desarrollaron con base en sujetos con actividad pasiva, en espacios como: parques, estaciones de trenes, paradas de autobuses y plazas públicas. Mientras que en este trabajo, los sujetos estudiados realizan actividad intensa de tipo deportiva, en espacios deportivos, en clima cálido seco extremo y en periodos: frío, cálido y de transición.

2. OBJETIVO

El objetivo de este artículo es presentar la estimación de temperaturas de confort térmico para los usuarios, en actividad intensa, de espacios exteriores de un centro recreativo de Mexicali, Baja California, México, en los periodos cálido, frío y de transición en un clima cálido seco extremoso.

3. MÉTODO

El método se dividió en tres etapas: 1) *Características de la investigación*, donde se establecieron el enfoque de estudio y las condiciones de desarrollo del proyecto; 2) *Estudio correlacional*, donde se definieron los periodos de estudio, nivel de actividad, variables meteorológicas, instrumentos, diseño de cuestionario y diseño de muestra y 3) *Análisis de datos* que se realizó mediante el método de Medias por Intervalo de Sensación Térmica (MIST).

3.1. Características de la investigación

El enfoque de estudio fue determinado en función del objetivo y condicionantes de la investigación, según los parámetros: origen de los datos, tipo de hábitat, reacciones a analizar, tipo de receptor de la información y nivel de análisis, todos los requerimientos coinciden con el enfoque de adaptación. Cabe mencionar, que para la selección del enfoque de estudio también se revisaron otros trabajos similares (Nikolopoulou, 2004;

Höppe, 2002; Givoni *et al.*, 2003; Spagnolo y deDear, 2003; Hwang y Lin, 2007 y Oliveira y Andrade, 2007).

El estudio se realizó en Mexicali, Baja California, ciudad del noroeste de México, que se encuentra en una latitud de 32°39'54" N y longitud de 115°27'21" O, con una altura sobre el nivel del mar de cuatro metros. El clima es de tipo cálido seco extremoso, con temperaturas promedio de máximas de 42 °C (con máximas extremas de 49 °C) y temperaturas promedio de mínimas de 8 °C, (con mínimas extremas de -3 °C) (Luna *et al.*, 2008). La investigación se llevó a cabo en el Centro Recreativo Juventud 2000, donde se practican deportes, ejercicios al aire libre y actividades de convivencia.

3.2. Estudio correlacional

Se desarrolló un estudio correlacional de la temperatura de bulbo seco con la sensación térmica percibida. El periodo cálido fue estudiado del 25 de julio al 10 de agosto del 2008, el periodo frío del 02 al 20 de enero del 2009 y los periodos de transición del 01 al 13 de abril del 2008, 27 de octubre al 09 noviembre del 2008 y del 13 al 26 de abril del 2009; Además se realizó un análisis de comportamiento anual donde se incluyeron los datos de todos los periodos mencionados. Los horarios de aplicación de encuestas fueron de 06:00 a 22.00 horas.

El nivel de actividad estudiado fue el de tipo intenso, que según Fanger (1986) está entre 183 a 600 W/m² (3,15 a 10,34 Met), la tasa metabólica se estimó con base en la similitud de actividades desarrolladas (correr, futbol, basquetbol, parkour, acrobacias en bicicleta, patinar) en el área de estudio, con respecto al listado que presenta ISO 8996 (2005) en su tabla de actividades específicas.

El nivel de aislamiento por ropa, se estimó con base en una clasificación del tipo de vestimenta (cinco escalas, desde muy ligero a muy arropado), y se determinó el nivel de arropamiento promedio según el sexo del sujeto y escala de vestimenta, conforme a los valores que presenta ISO 9920 (2009).

La selección de variables climatológicas a medir se basó en el efecto de las mismas en la sensación térmica percibida, así como en el análisis de algunos casos de estudio sobre confort térmico en interiores y exteriores (Oliveira y Andrade 2007; Hwang y Lin, 2007; Nikolopoulou, 2004; Spagnolo y deDear, 2003, Pickup y deDear, 2000; deDear *et al.*, 1998 y Potter y deDear, 2000) y las normas ISO 7730(2005), ISO 7726(1998) e ISO 10551(1995).

En el caso de los instrumentos se consideraron precisión y rangos de los mismos. Las variables seleccionadas fueron: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento y temperatura de globo gris. Se utilizó un monitor de estrés térmico que mide temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, temperatura de globo negro y velocidad de viento (omnidireccional). El proceso y los instrumentos cumplen con lo requerido en la norma ISO 7726 (1998), por lo que los datos generados son de Clase I, según la clasificación de Brager y deDear (1998).

El cuestionario fue diseñado con base en la norma ISO 10551(1995) y en el análisis de tres cuestionarios para estudios de confort térmico (Nikolopoulou, 2004, Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007). Se elaboró un cuestionario preliminar, se desarrolló un manual de aplicación de encuesta y uso de instrumentos. Se hizo una prueba piloto y con base en los resultados obtenidos se hicieron correcciones.

Se diseñó una muestra, con una confiabilidad del 95% y precisión de los estimadores del 5%. Se realizaron un total de 797 observaciones, 177 en el periodo cálido, 195 en el periodo frío y 425 en los periodos de transición. El proceso de selección de sujetos fue de tipo determinístico. Los sujetos de estudio fueron hombres y mujeres entre 12 y 65 años de edad, no se incluyeron individuos con condiciones biológicas irregulares como enfermedades crónicas, embarazo, periodo de lactancia o periodo menstrual. Algunas imágenes de aplicación de encuestas e instrumentos se presentan en la figura 1.



Figura 1 – Aplicación de encuestas e instrumentos.

3.3. Análisis de datos

El análisis de datos se llevó a cabo con el método de medias por intervalo de sensación térmica (MIST) (Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007), el cual se desarrolló con base en la propuesta de Nicol (1993) para climas “asimétricos”. Un esquema del método mencionado se presenta en la figura 2.

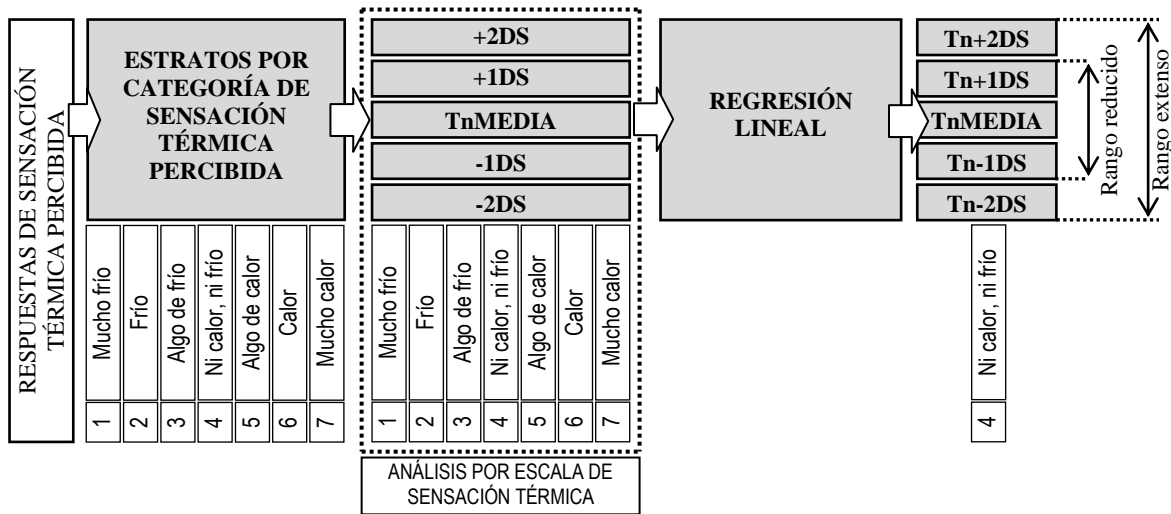


Figura 2– Estimación de temperatura y rangos de confort térmico con el método de Medias por Intervalo de Sensación Térmica

La diferencia fundamental del MIST con el método convencional es que antes de obtener la línea de regresión que caracteriza a la muestra estudiada, se determinan grupos ó estratos de la misma para calcular el valor promedio y la desviación estándar de cada uno de ellos. Así, la regresión no se hace con todos los pares de datos de la muestra, sino sólo con los valores medios y los rangos se establecen mediante la adición y sustracción de una ó dos veces la desviación estándar (DS) de la muestra.

El objetivo de este procedimiento es determinar el valor medio de temperatura de todas las repuestas de cada nivel de sensación térmica percibida. Con este procedimiento, se calcula el valor de la temperatura promedio de los sujetos que dijeron sentirse en confort térmico, pero también de quienes expresaron otras sensaciones térmicas.

Con base en lo anterior, se procesaron por separado los datos colectados en el estudio de campo de acuerdo a cada una de las siete categorías de respuesta de confort térmico según ISO 10551 (1995). Se determinaron para cada una de ellas los valores promedio y desviación estándar de las temperaturas registradas para cada respuesta colectada. Cuando el número de respuestas de determinado grupo no era suficiente para obtener resultados confiables, se omitió el procedimiento y se eliminó la categoría.

Una vez que se obtuvieron estos datos se establecieron los rangos de distribución para cada categoría de respuesta. Se hizo a partir del valor medio de temperatura correspondiente (T_n Media) y la adición de $\pm 1DS$. Este primer rango incluye teóricamente el 68% de las personas que expresaron tener una misma sensación térmica. Se repite el procedimiento y se adiciona $\pm 2DS$ a la T_n Media, con lo que teóricamente se incluye el 95% de la población que emitió un mismo voto de sensación térmica.

Finalmente se hizo una regresión lineal con los valores que fueron obtenidos, a fin de determinar las rectas correspondientes a los límites extensos de los rangos definidos por T_n Media $\pm 2DS$, y a los límites reducidos definidos por T_n Media $\pm 1DS$. También se hizo lo propio con los valores de T_n Media. De esa forma se obtiene gráficas para cada periodo de estudio. La intersección de cada una de las líneas de regresión con la ordenada cuatro (que representa la sensación térmica de confort: ni calor, ni frío) determinan el valor de la temperatura neutral (T_n) según el método MIST, así como los valores límites de los rangos de confort térmico.

4. RESULTADOS

Los resultados se presentan de forma específica por periodo de estudio y comportamiento anual y posteriormente se hace un análisis comparativo, este se hace con respecto a la variación de valores de T_n y rangos de confort térmico estimados para cada periodo estudiado.

Cabe mencionar que con base en la dispersión de los datos, se consideró que la mayor adaptación térmica se tuvo cuando hubo una mayor convergencia de las líneas de regresión, ya que a menor varianza sobre la temperatura de confort térmico, menor variación en la sensación térmica de la muestra estudiada. En

cambio si las líneas de regresión fueron paralelas entre si, o tuvieron esa tendencia (visualmente), conforme la sensación térmica percibida se hizo fría o caliente, significó que la adaptación térmica fue similar hacia el calor o el frío, ya que la amplitud de rangos se mantuvo en cada sensación térmica percibida, por lo anterior si la pendiente de la recta fue similar para $\pm 1DS$ y $\pm 2DS$, el nivel de adaptación térmica para cada nivel de sensación térmica fue similar.

4.1. Periodo cálido

La sensación térmica por temperatura de bulbo seco en periodo cálido para actividad intensa, presentó una reducción de las variaciones en las escalas de cuatro a seis (Ni calor, ni frío – Calor), en los valores mayores a la media, por lo que se consideró que para estas sensaciones, fue mejor la adaptación a esas condiciones de temperatura. Se observó una inconsistencia en la variación de DS, conforme aumentó la sensación térmica a “Mucho calor”. Lo anterior indicó que la falta de adaptación a la sensación de “mucho calor”, se debió a que los sujetos de estudio aún cuando están bien adaptados, tuvieron un límite de aclimatación y adaptación psicológica hasta la sensación de “calor” (Ver figura 3a).

Con respecto a las líneas de regresión en la actividad intensa, se observó que en el caso de regresión de $\pm 1DS$ y $-2DS$ fueron ligeramente convergentes (visualmente) a la línea de regresión media (T_n Media), que representó prácticamente el mismo nivel de adaptación para las diferentes sensaciones térmicas, lo que por nivel de actividad y periodicidad de la práctica de las mismas por parte de los sujetos de estudio, coincidió con las afirmaciones de Mondelo *et al.*, (2001) y Rhoades y Tanner (1997). Sin embargo, en el caso de $+2DS$ el efecto de convergencia sucedió cuando disminuyó la sensación térmica hacia mucho frío, Lo anterior indicó que conforme aumentó la temperatura se redujo la capacidad de adaptación de los sujetos a condiciones cálidas, situación similar a lo expuesto por Fanger (1972).

La temperatura neutral fue simétrica con respecto a los rangos de confort térmico extenso y reducido. Lo anterior se debió al alto nivel de energía interna generada por los sujetos de estudio, debido a la actividad intensa, y su intercambio termodinámico con un ambiente térmico con temperaturas entre $22^{\circ}C$ y $48^{\circ}C$.

4.2. Periodo frío

La sensación térmica por temperatura de bulbo seco en periodo frío para actividad intensa, en lo que respecta al rango extenso menor ($-2DS$) en las sensaciones térmicas de algo de calor(5) y calor(6) no se tuvieron casos que se aproximaran a esos valores. Lo anterior se debió a las condiciones metabólicas de los sujetos de estudio ya que presentaron alto nivel de temperatura interna, lo que propició un bajo nivel de adaptación térmica a las temperatura “altas” para el periodo estudiado, lo que coincidió con las afirmaciones de Kvisgaard (1997) y Fanger (1986) (Ver figura 3b).

Las líneas de regresión fueron convergentes con respecto a línea de regresión media (T_n Media), conforme se aumentó la sensación térmica de frío, lo que representó una mayor adaptación a las condiciones frías comparadas con las cálidas. Sin embargo, la amplitud de rangos, tanto extenso como reducido, mostraron una variabilidad importante en las condiciones de adaptación térmica y psicológica de los sujetos, lo anterior se debió al efecto por actividad metabólica, así como la expectativa y experiencia, además del arropamiento, lo que fue lógico según Fanger (1972), Humpreys (1975) y Nikolopoulou y Steemers (2003).

4.3. Periodos de transición

La sensación térmica por temperatura de bulbo seco en periodos de transición para actividad intensa, presentó la sensación de “mucho calor” con valores dispersos. Lo anterior se debió al nivel metabólico y la termorregulación humana, conforme a lo establecido por Fanger (1972), Fanger (1986) y Mondelo *et al.*, (2001) (Ver figura 3c).

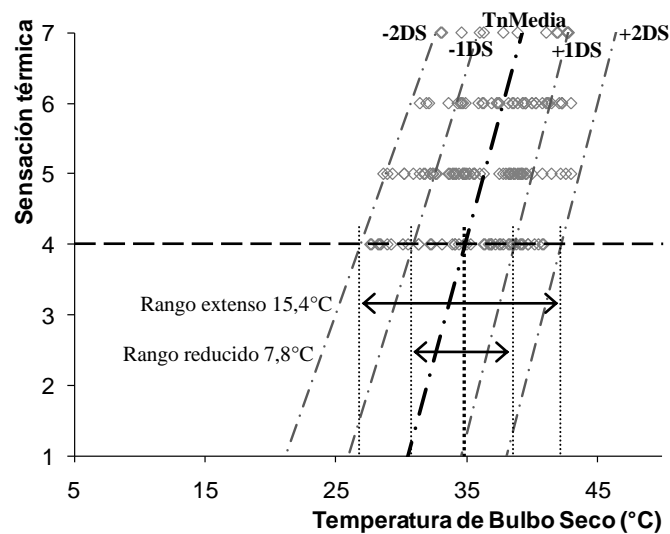
Las líneas de regresión fueron convergentes con respecto a línea de regresión media (T_n Media), conforme se aumentó la sensación térmica de frío, lo que representó una mayor adaptación a las condiciones frías, esto por el nivel de actividad metabólica generada en las actividades intensas, lo cual fue acorde con ISO 7243:1989, así como Mondelo *et al.*, (2001). Se tuvo una variación significativa entre los valores para “Algo de frío” y “Ni calor, ni frío”, lo anterior se debió a la temperatura interna generada por los sujetos de estudio durante la actividad desarrollada (en movimiento total) y el cambio de situación con el ambiente térmico a la hora de la encuesta (estático), donde se dio un intercambio termodinámico inverso, además del efecto de enfriamiento convectivo, conforme a lo establecido por Fanger (1972).

4.4. Comportamiento anual

El comportamiento anual de sensación térmica por temperatura de bulbo seco para actividad intensa, mostró algunos casos fuera de los límites estimados de confort térmico, los cuales se presentaron en las sensaciones de “ni calor, ni frío”, “algo de calor” y “calor”. Lo que indicó una mejor adaptación a las condiciones frías con actividad intensa, en donde intervinieron en parte la energía interna y el intercambio termodinámico con el ambiente térmico (Ver figura 3d).

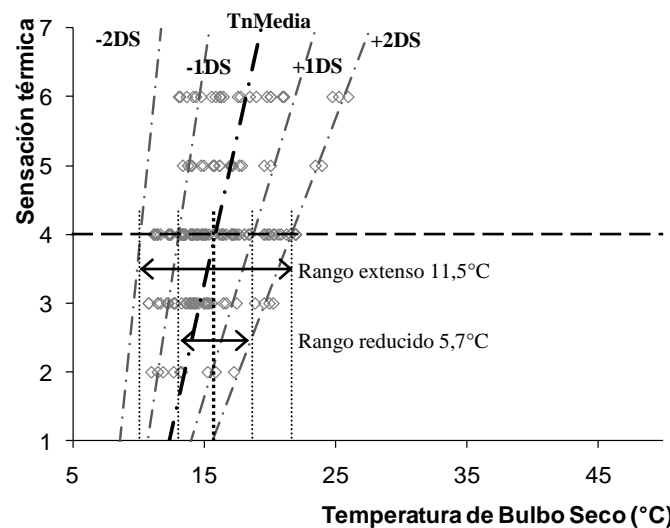
Las líneas de regresión de +1DS y +2DS fueron convergentes con respecto a línea de regresión media (TnMedia), conforme aumentó la sensación térmica de frío, lo que indicó que nuevamente el efecto por energía interna debido a la actividad intensa; Mientras que las líneas de regresión de -2DS y -1DS, visualmente fueron paralelas entre sí, pero convergentes a la TnMedia. Lo que representó una mayor adaptación a las temperaturas menores al límite de TnMedia.

En la sensación térmica de “mucho calor” (7), se observó una dispersión mayor de los datos, con respecto a otras sensación térmicas, lo anterior representó un menor nivel de adaptación de los sujetos de estudio a sensaciones de calor en el comportamiento anual, en donde se combinaron todos los periodos estudiados.



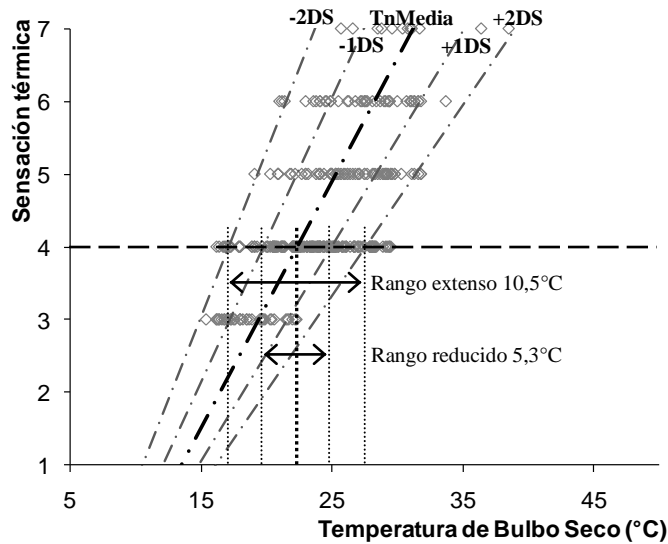
TEMPERATURA NEUTRAL	Tn-2DS	Tn-1DS	TnMedia	Tn+1DS	Tn+2DS
	26,9	30,9	34,9	38,7	42,3

a – PERIODO CÁLIDO.



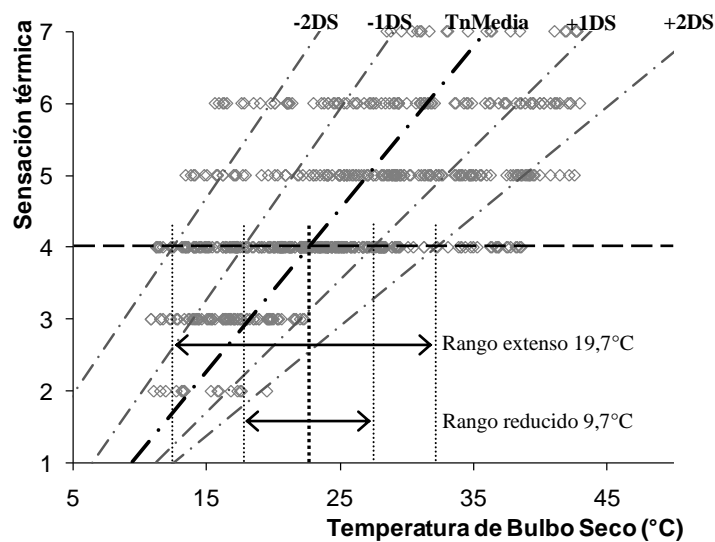
TEMPERATURA NEUTRAL	Tn-2DS	Tn-1DS	TnMedia	Tn+1DS	Tn+2DS
	10,1	13,0	15,9	18,7	21,6

b – PERIODO FRÍO.



TEMPERATURA NEUTRAL	Tn-2DS	Tn-1DS	TnMedia	Tn+1DS	Tn+2DS
	17,1	19,7	22,3	25,0	27,6

c – PERIODOS DE TRANSICIÓN.



TEMPERATURA NEUTRAL	Tn-2DS	Tn-1DS	TnMedia	Tn+1DS	Tn+2DS
	12,4	17,7	22,6	27,4	32,1

d – COMPORTAMIENTO ANUAL.

Figura 3 – Temperatura neutral y rangos de confort térmico para: periodo cálido, periodo frío, periodos de transición y comportamiento anual.

4.5. Análisis comparativo

El análisis comparativo se hizo en función de la variación de resultados entre los periodos de estudio. Cabe mencionar que no se comparó en específico con otras investigaciones, debido al nivel de actividad (intensa) y condición de climática específica, sin embargo, si se hizo mención a otros trabajos con respecto a los resultados generales.

Se observó una variación significativa en la temperatura neutral de cada uno de los periodos estudiados, lo anterior fue debido al proceso de adaptación de los sujetos con base en las condiciones del ambiente térmico (Ver tabla 1). La variación entre el periodo cálido y los de transición fue de 12,6°C, mientras que del periodo frío y los de transición fue de 6,4°C, en cambio la variación entre los periodos extremos (cálido a frío) fue de 19°C.

En lo que respecta a los rangos de confort térmico, en el caso del rango extenso las variaciones

estuvieron entre 1,0°C a 9,2°C de un periodo a otro; Mientras que en el caso del rango reducido las variaciones estuvieron entre 0,4°C a 4,4°C, lo anterior confirmó el fenómeno de aclimatación de los sujetos de estudio.

Los valores de los coeficiente de determinación (R^2), en los cuatro periodos de estudio, tuvieron valores entre 0.9353 y 0.9955, por lo que se estableció que la cantidad de variación en “y” esta explicada de forma significativa por la recta de regresión de los datos analizados.

Tabla 1– Comparativo de temperatura neutral y rangos de confort térmico por periodo estudiado

Parámetros	Periodo cálido	Periodo frío	Periodos de transición	Comportamiento anual
Tn+2DS	42,3°C	21,6°C	27,6°C	32,1°C
Tn+1DS	38,7°C	18,7°C	25,0°C	27,4°C
TnMedia	34,9°C	15,9°C	22,3°C	22,6°C
Tn-1DS	30,9°C	13,0°C	19,7°C	17,7°C
Tn-2DS	26,9°C	10,1°C	17,1°C	12,4°C
Rango extenso	15,4°C	11,5°C	10,5°C	19,7°C
Rango reducido	7,8°C	5,7°C	5,3°C	9,7°C
R^2 (LRM)	0,9353	0,9955	0,9580	0,9782
Tasa Metabólica W/m ² (Met)	362 (6,24)	309 (5,32)	337 (5,81)	336 (5,79)
Clo Promedio	0,27	0,54	0,32	0,38

Tn: Temperatura de bulbo seco neutral, DS: Desviación estándar,
 R^2 (MRL): Coeficiente de determinación de línea de regresión media.

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se pueden establecer las conclusiones siguientes:

En los periodos cálido y frío, se tuvieron condiciones extremas y características de clima asimétrico (Nicol, 1993), mientras que en los periodos de transición y comportamiento anual se observaron condiciones de un clima templado de tipo simétrico.

La temperatura de confort termico, presentó una variación significativa entre un periodo de estudio y otro. El fenómeno de adaptación se observó claramente en los cambios de valor de la Tn para cada periodo de estudio, lo que es similar a lo demostrado por Lin (2009) y Lin *et al.*, (2011).

En general, con base en las líneas de regresión (TnMedia) y los valores de $\pm 1DS$ y $\pm 2DS$, la mejor adaptación se presenta en el periodo cálido, con similitud en los intervalos de sensación térmica, manifestado por líneas paralelas entre si. Mientras que en el periodo frío y los de transición se observó una mejor condición de adaptación a condiciones de sensaciones térmicas frías.

Con base en la variación de amplitud de los rangos extenso y reducido, en general se observó una mejor adaptación a las condiciones de los periodos de transición, lo cual se debe a la energía metabólica generada por el nivel de actividad intenso, además del efecto de experiencia y expectativa de un periodo a otro, lo anterior según Nikolopoulou y Stemeers (2003) y Hwang y Lin (2007).

El estudio sirve como apoyo en la toma de decisiones de diseño de espacios exteriores en clima desértico, ya que permite estimar las condiciones de confort térmico de los usuarios, en tres periodos bioclimáticos diferentes para el mismo nivel de actividad. Algunas posibles aplicaciones de los resultados son: planeación urbana, diseño de ciclistas urbanas, estadios de futbol, instalaciones para eventos deportivos, áreas de deportes extremos, rutas para maratón y triatlón, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGER, G. AND DEAR DE, R. Thermal adaptation in the buil enviroment: a literature review. **Energy and Buildings**, 27, 83-96, 1998.
- BROWN, R. AND GILLESPIE, T. **Microclimatic landscape design, creating thermal confort and energy efficiency**, (reimpreso 1995). New York: Jhon Wiley & Sons, 1954.
- DEAR DE, R; BRAGER, G. AND COOPER, D. **Developing an adaptive model of thermal confort and preferentes. (Final Report on RP-884)**. ASHRAE and Macquarie Research Ltd, 1998.
- FANGER P.O. Thermal environment- human requirements. **The environmentalist**. Volume 6, Number 4, 275-278. Springer Netherlands, 1986.
- FANGER, P.O. **Thermal Confort**. New York: McGraw-Hill. 1972.
- GIVONI, B; NOGUCHI, M; SAARONI, H; POCHTER, O; YAACOV, Y; FELLER, N. AND BECKER, S. Outdoor confort research issues. **Energy and buildings**, 35, 77-86, 2003.
- GÓMEZ-AZPEITIA G. RUIZ P. BOJÓRQUEZ G. Y ROMERO R. **Monitoreo de condiciones de confort térmico**. Reporte técnico CONAFOVI. 2004-01-20. Colima, 2007.

- HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. **Energy and Buildings**, 34, 661-665, 2002.
- HUMPHREYS, M. Field studies of thermal comfort compared and applied. **J. Inst. Heat. & Vent. Eng.** 44, pp 5-27. 1975
- HUMPHREYS, M. AND NICOL, F. Understanding the adaptive approach to thermal comfort. **ASHRAE Transactions, Technical Bulletin**, 104 (1) pp 991- 1004. Atlanta: ASHRAE, 1998.
- HUMPHREYS, M. AND NICOL, F. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. **Energy and Buildings**, 34, 667-684, 2002.
- HWANG, R.-L., LIN, T.-P. Thermal comfort requirements for occupants of semi-outdoor and outdoor environments in hot-humid regions. **Architectural Science Review**, 50 (4), pp. 357-364. 2007.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920:2009 (E) Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**. Ginebra: Autor, 2009.
- _____. **ISO 8996:2005 (E) Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic heat production**. Ginebra: Autor, 2005.
- _____. **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: Autor, 2005.
- _____. **ISO 7726:1998 (E) Ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities**. Ginebra: Autor, 1998.
- _____. **ISO 10551:1995 (E) Ergonomics of thermal environment – assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales**. Ginebra: Autor, 1995.
- KVISGAARD, B. (1997). **Thermal comfort**. <http://www.innova.dk/books/thermal>. Consultado 06/12/07. 1997.
- LIN, T.-P., DE DEAR, R., HWANG, R.-L. Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort. **International Journal of Climatology**, 31 (2), pp. 302-312. 2011.
- LIN, T.-P. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. **Building and Environment**, 44 (10), pp. 2017-2026. 2009.
- LUNA, A., VELÁZQUEZ, N., GALLEGOS, R. Y BOJÓRQUEZ G. Aire acondicionado solar para conjunto de viviendas en Mexicali, B.C. México. **Información tecnológica**, vol.19, no.1, p.45-56. ISSN 0718-0764, 2008.
- MONDELO, P; GREGORI, E; COMAS, S; CASTEJÓN E. Y BARTOLOMÉ E. **Ergonomía 2: Confort y estrés térmico**.(3ra. Edición). Barcelona: Universitat Politècnica Catalunya, 2001.
- NICOL, F. **Thermal comfort “A handbook for field studies toward an adaptive model”**. London, University of East London, 1993.
- NIKOLOPOULOU, M. **Designing open space in the urban environment: a bioclimatic approach**. Attiki: Center for renewable energy sources, 2004.
- NIKOLOPOULOU, M., AND STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings**, 35, 95-101, 2003.
- OLIVEIRA, S., ANDRADE, H. An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. **International Journal of Biometeorology**, 52 (1), pp. 69-84. 2007.
- PICKUP, J. AND DE DEAR, R. An Outdoor Thermal Comfort Index (OUT_SET*) - Part I - The Model and its Assumptions. In **Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium**. WCASP 50: WMO/TD No.1026. Edited by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R.Oke and A. Auliciems. (WMO: Geneva). pp.279-283, 2000.
- POTTER, J. AND DE DEAR, R. Field Study to Calibrate an Outdoor Thermal Comfort Index. In **Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium**. WCASP 50: WMO/TD No.1026. Edited by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R.Oke and A.Auliciems. (WMO: Geneva). pp.315-320, 2000.
- RHOADES R., Y TANNER G. **Fisiología Médica**. Barcelona: Masson. 1997.
- SPAGNOLO, J., DE DEAR, R. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. **Building and Environment**, 38 (5), pp. 721-738. 2003.

AGRADECIMIENTOS

A todos los colaboradores en el trabajo de campo, captura y análisis de datos. Al personal Administrativo y de Servicios del CENTRO RECREATIVO JUVENTUD 2000: Por todo el apoyo, colaboración y facilidades otorgadas durante el desarrollo de la investigación en campo. A los proyectos: 1) “Programa de cambio climático en el Estado de Baja California” SEMARNAT-CONACYT, Gobierno del Estado de Baja California. 2) “Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: regiones de clima cálido seco y húmedo”, clave CONAFOVI 2004-01-20 y 3) “Vivienda económica en Mexicali: Confort térmico y ahorro de energía” de la 10ma convocatoria-UABC, por el apoyo otorgado. A la Universidad Autónoma de Baja California y Universidad de Colima a través de sus Facultades de Arquitectura y Diseño por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.