

# INTERCIENCIA

Revista de Ciencia y Tecnología de América

Interciencia

Asociación Interciencia

interciencia@ivic.ve

ISSN (Versión impresa): 0378-1844

VENEZUELA

2000

María Elena Hobaica / María Eugenia Sosa / Luis Rosales

INFLUENCIA DE LOS COMPONENTES CONSTRUCTIVOS EN LA TEMPERATURA  
DEL AIRE INTERIOR DE VIVIENDAS

*Interciencia*, mayo-junio, año/vol. 25, número 003

Asociación Interciencia

Caracas, Venezuela

pp. 136-142

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

redalyc  
LA MEMORIA CIENTÍFICA EN LÍNEA  
<http://redalyc.uaemex.mx>

---

# INFLUENCIA DE LOS COMPONENTES CONSTRUCTIVOS EN LA TEMPERATURA DEL AIRE INTERIOR DE VIVIENDAS

MARÍA ELENA HOBAICA, MARÍA EUGENIA SOSA y LUIS ROSALES

---

Las tecnologías constructivas desarrolladas en Venezuela en los últimos años revelan poca consideración por las características del clima, con las consiguientes secuelas de falta de confort o de un bienestar logrado mediante equipos mecánicos de climatización, lo que conlleva cuantiosos gastos por instalación, uso y mantenimiento.

Una participación efectiva del arquitecto en los aspectos relativos al diseño térmico de edificaciones permite mejorar la calidad térmica de los ambientes en el caso del acondicionamiento pasivo y racionalizar el consumo energético de los equipos en el caso del acondicionamiento activo. Los factores principales a controlar son los aportes solares a través de aberturas, superficies translúcidas y cerramientos opacos, y se debe impulsar la evacuación del calor, ante todo mediante ventilación natural. En trabajos anteriores (Sosa y Rosales, 1995) se mostró, con base en experimentos realizados en sitio, el efecto positivo de la ventilación natural en la reducción de la tempe-

ratura del aire interior. Si bien el confort no depende únicamente de la temperatura del aire, ésta da una idea adecuada de la condición térmica de un ambiente.

En este trabajo se muestra la influencia de las propiedades térmicas de los componentes constructivos en su condición de reguladores de las ganancias diarias de calor y se hace una evaluación comparativa de la calidad térmica de diversos sistemas constructivos de común uso en Venezuela. Se utilizó un modelo de cálculo simplificado de la temperatura del aire interior específicamente diseñado para clima tropical (Hobaica, 1992), sometido a ajustes de acuerdo a resultados experimentales obtenidos en sitio. El procedimiento consistió en:

- Realización de mediciones en una vivienda real deshabitada, en la que se registraron simultáneamente y en forma continua la velocidad del aire interior y las temperaturas del aire exterior e interior.
- Determinaron analítica de las propiedades térmicas de los cerramientos en

función de su geometría y las propiedades térmicas de los materiales constituyentes.

- Aplicación del método propuesto por Hobaica para calcular la temperatura del aire interior en función de los parámetros climáticos y arquitectónicos. En vista de que algunos de estos parámetros son difíciles de precisar, sus valores se ajustaron según los resultados experimentales.
- Nueva aplicación del método, variando los componentes constructivos y manteniendo constantes la geometría de la vivienda, su ubicación y las condiciones climáticas exteriores.

## Consideraciones Generales acerca del Método Analítico de Cálculo de la Temperatura del Aire Interior

El calor que penetra en las edificaciones proviene de fuentes externas (principalmente el sol y la temperatura del aire exterior) y de fuentes internas (el calor producido por las personas, la iluminación artificial, los electro-

---

**PALABRAS CLAVE /** Arquitectura / Vivienda / Confort / Clima / Cerramientos /

---

María Elena Hobaica K. **Arquitecto, Universidad de los Andes (ULA). Doctora en Ciencia y Técnicas de la Construcción, Universidad de París VI. Profesor Agregado, Universidad Central de Venezuela (UCV). Investigadora del Área de Requerimientos de Habitabilidad, IDEC. Ex-Directora del IDEC y Presidenta de TECNIDEC S.A. Coordinadora del Doctorado, Facultad de Arquitectura, UCV. Especialidad: Térmica de Edificaciones. Dirección: Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela, Apartado 478169, Caracas 1041-A. e-mail: Mhobaica@idec.arq.ucv.ve**

María Eugenia Sosa G. **Arquitecto, UCV. Especialización en Instituciones Financieras, Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) y cursante del Doctorado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV. Coordinadora del Área de Requerimientos de Habitabilidad de las Edificaciones, IDEC-UCV. Profesor Asistente UCV. Especialidad: Térmica de Edificaciones. e-mail: Msosa@idec.arq.ucv.ve**

Luis Rosales. **Ingeniero Civil, UCV. Cursante del Doctorado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV. Profesor Asistente UCV. Investigador del Área de Requerimientos de Habitabilidad, IDEC. Especialidad: Térmica de Edificaciones. e-mail: Lrosales@idec.arq.ucv.ve**

---

domésticos, etc.). Usualmente, en clima tropical, la fuente de calor es el sol, cuya radiación actúa esencialmente calentando la envolvente, que transmite posteriormente el calor al interior, y penetrando directamente por las aberturas.

La cantidad de calor solar que llega a la envolvente depende de su posición y forma con respecto al ángulo de incidencia del sol, de las sombras que producen los cuerpos cercanos y del factor de absorción de las superficies externas (que depende del color y la rugosidad de esas superficies). La envolvente almacena este calor en mayor o menor medida dependiendo del calor específico (cantidad de calor que almacena un kg de material por cada °C de aumento de temperatura) y la densidad de los materiales que conforman los cerramientos. Parte del calor que se almacena pasa luego al aire interior, resultando en una onda de temperatura que muestra retardo y amortiguamiento con respecto a la del aire exterior.

El calor transmitido por la envolvente depende además de la conductividad de los materiales que la conforman (cantidad de calor que se transporta a lo largo de un metro de material por cada °C de aumento de la temperatura en uno de los extremos). La velocidad con la cual se transmite el calor en dirección perpendicular a la superficie de los cerramientos depende por lo tanto de la conductividad, del calor específico y la densidad del material.

La rapidez de transmisión de calor es proporcional a la conductividad e inversamente proporcional a la densidad y al calor específico. La propiedad que define esto se denomina difusividad térmica

$$a = \frac{\lambda}{\rho c} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

Por analogía con el concepto de difusividad térmica de un material, se define el concepto de inercia térmica de una edificación, el cual se refiere a la característica que tiene la edificación en su conjunto de amortiguar el calor que llega a ella y transmitirlo al interior con retardo. Si la inercia térmica es alta, el desfase y el amortiguamiento son altos y se dice que la edificación es pesada. Si la inercia térmica es baja, el desfase y el amortiguamiento son pequeños y se dice que la edificación es liviana.

Antes de que el calor penetre en los materiales y sea conducido por ellos, debe pasar a través de las superficies, lo que ocurre por convección y por absorción de radiación electromagnética. Los intercambios radiativos se refie-

ren a los flujos de ondas electromagnéticas emitidas o absorbidas por todo cuerpo que se encuentre a una temperatura superior al cero absoluto, y a los intercambios convectivos debidos al flujo que se genera entre el aire en movimiento y las superficies en contacto con él. A estos dos tipos de intercambio se les denomina intercambios superficiales y dependen de un coeficiente global que toma en cuenta los parámetros que regulan estas transferencias.

Tomando en cuenta los tres tipos de intercambio de calor (conducción, convección y radiación) se define una propiedad análoga a la conductividad, la cual se denomina transmitancia y representa la cantidad de calor transmitida de un ambiente a otro a través de un metro cuadrado de cerramiento cuando la temperatura aumenta 1°C en uno de los lados.

De manera general, la variación de la temperatura del aire al interior de un ambiente rodeado de  $n$  superficies depende de la cantidad de calor transmitido al aire por esas superficies ( $\Phi_{\text{superficies } j}$ ), lo cual depende a su vez de su temperatura y en consecuencia de la temperatura del aire y del calentamiento del sol; de la cantidad de calor extraído por ventilación ( $\Phi_{\text{ventilación}}$ ); de la cantidad de calor suministrado al aire por las fuentes internas: equipos y ocupantes ( $\Phi_{\text{fuentes internas}}$ ); y de la cantidad de calor solar absorbido directamente por el aire ( $\Phi_{\text{sol}}$ ). Esto se expresa mediante la ecuación general de balance

$$m_a c_a \frac{dT_a}{dt} = \sum_{j=1}^{j=n} \Phi_{\text{sup.}} + \Phi_{\text{vent.}} + \Phi_{\text{fuentes int.}} + \Phi_{\text{sol}}$$

donde  $m_a$  es la masa del aire contenido en el ambiente y  $c_a$  es el calor específico del aire. Cada uno de los términos de la derecha varía en el tiempo dependiendo de las características de la edificación y de las fuentes de calor. Cuando el balance es negativo ( $dT_a/dt < 0$ ) el ambiente se está enfriando y cuando es positivo, se está calentando.

El modelo desarrollado por Hobaica resuelve de manera simplificada la ecuación de balance y fue desarrollado con el fin de ofrecer un método de fácil aplicación para uso de ingenieros y arquitectos. Su planteamiento parte de las siguientes hipótesis simplificadoras (Hobaica 1991-1992; Hobaica, 1992; Hobaica y Rosales, 1997):

- Las propiedades térmicas de los materiales (conductividad, calor específico, densidad y coeficientes de intercambio de calor) son constantes en el tiempo. Esta simplificación es clásica en el estudio de

los fenómenos de transferencia de calor y se fundamenta en que las propiedades térmicas varían poco dentro del rango habitual de temperaturas en edificaciones. Con ello el problema pasa de ser un problema no lineal a uno lineal, lo que permite desligar los tipos de intercambio de calor (conducción, convección y radiación) así como los efectos de cada sollicitación (radiación solar y temperatura) y considerar que el resultado final es la suma de los resultados parciales.

- La temperatura del aire al exterior es una senoide con períodos de 24 horas. Esta simplificación se basa en que la curva diaria de la temperatura exterior es semejante a una senoide. Con ello se hace posible partir de la solución analítica detallada del flujo de calor a través de una pared homogénea (conocida para este caso particular) a fin de comparar métodos simplificados que ofrezcan resultados similares.

- La radiación solar (que varía igualmente con períodos de 24 horas) se simula mediante una temperatura que produce un efecto equivalente. Pese a que la radiación solar no se puede igualar a una senoide, sí puede descomponerse (utilizando series de Fourier) en la suma de unas cuantas funciones sinusoidales armónicas, lo que permite resolver el problema usando el mismo procedimiento que en el caso de la temperatura del aire.

Considerando la hipótesis de linealidad de los procesos de intercambio de calor y por analogía con los circuitos eléctricos, el método simula la edificación y los fenómenos físicos involucrados por medio de elementos resistivos (transmisión de calor) y capacitivos (almacenamiento de calor) a los cuales se agregan términos de transferencia de masa ligados a la ventilación.

El modelo toma en cuenta además las siguientes particularidades de las edificaciones en climas tropicales:

- La disminución de las ganancias de calor debidas al sol y el aumento de la ventilación natural se manifiestan por una aproximación entre la temperatura interior y la exterior a la sombra.

- La variación diaria de la temperatura exterior es comparativamente pequeña, por lo que la actuación de la envolvente como masa reguladora de los ciclos diarios de carga y descarga de calor se encuentra menos incentivada que cuando existen fuertes oscilaciones diarias de temperatura.

Los tres factores a los que el método da relevancia a los fines de adaptar al clima tropical los procedi-

mientos de cálculo por medio de simplificaciones suplementarias son, por consiguiente, los aportes de calor solar (principal causante de los aumentos de temperatura), la ventilación natural (principal medio para evacuar el calor y aproximar la temperatura interior a la exterior a la sombra) y la inercia térmica (principal medio para amortiguar la onda térmica).

La curva de la temperatura del aire al interior, la cual, dada la hipótesis de linealidad es también una senoide con período de 24 horas, se obtiene calculando separadamente la temperatura media, la temperatura máxima y el desfase. Se considera que la temperatura del local es la temperatura que se alcanzaría si se supone ausencia total de radiación solar (sólo temperatura del aire) más un incremento de temperatura causado por el sol. Para cada caso, la solución del problema es a su vez la suma de unos términos medios constantes más unos términos variables que fluctúan alrededor de esos términos medios.

Los términos medios comprenden los efectos de la temperatura media exterior, de los aportes solares medios y de la ventilación, a partir de los cuales se obtiene la temperatura media interior. Por tratarse de un régimen estacionario, estos efectos son independientes del tiempo, estando la edificación compuesta por cerramientos puramente resistivos.

Los términos variables corresponden a la transferencia en régimen variable (cerramientos capacitivos y resistivos) y comprenden los efectos periódicos de la temperatura exterior y del sol, estando este último representado por una temperatura exterior equivalente. Se toma como punto de partida la transmisión de calor en régimen periódico a través de una pared homogénea para caracterizar seguidamente la evolución de la temperatura del ambiente interior de un local de habitación. Se obtienen así las temperaturas máximas alcanzadas y la hora de estos valores máximos.

El método ofrece un algoritmo conformado por ecuaciones de aplicación consecutiva, que se compendia a continuación:

a) Régimen permanente (cálculo de la temperatura media interior):

- Se considera que en ausencia de sol, la temperatura media interior equivale a la media exterior a la sombra.
- Se calculan los aportes solares medios (cerramiento por cerramiento), la disminución de calor generada por la ventilación (función del caudal) y las pérdidas medias nocturnas a través de la envolvente.

- En función de los tres valores anterior-

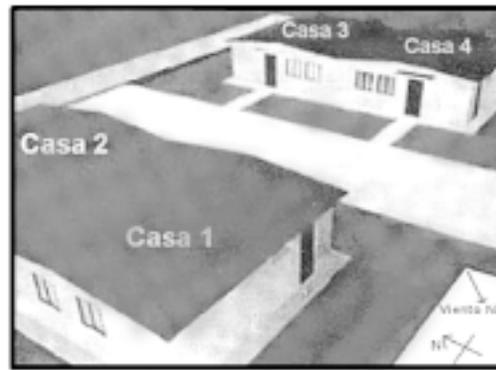


Figura 1. Perspectiva del conjunto residencial y vista en planta de una de las casas

res se calcula el suplemento medio de temperatura y por lo tanto la temperatura media interior.

b) Régimen variable (amortiguamiento y desfase):

- Se calcula el coeficiente de transmisión global de la edificación y la capaci-

dad de almacenamiento global de la edificación (cerramiento por cerramiento).

- Se asignan coeficientes de transferencia al conjunto dependiendo de cuán pesada sea la edificación.

- Usando estos coeficientes, el coeficiente de transmisión global y la capacidad de almacenamiento global, se calculan por sepa-

TABLA I  
RESULTADOS DE LAS MEDICIONES EXPERIMENTALES  
EN LA CASA 2

Temperatura media del aire exterior	24,7°C
Temperatura media del aire interior	27,7°C
Temperatura máxima del aire exterior	29,6°C
Temperatura máxima del aire interior	30,0°C
Radiación solar media diaria <sup>2</sup>	192 W/m <sup>2</sup>
Radiación solar media directa <sup>2</sup>	129 W/m <sup>2</sup>
Radiación solar media difusa <sup>2</sup>	63 W/m <sup>2</sup>

rado los amortiguamientos para la temperatura exterior y para la radiación solar.

- Se conjugan ambos amortiguamientos dependiendo de la orientación, la permeabilidad y el tamaño de las fachadas más expuestas.

- Se calcula finalmente el desfase.

La secuencia de fórmulas en que deriva el método permitió diseñar una hoja de cálculo para su fácil aplicación y realizar análisis de sensibilidad de las propiedades de los materiales que conforman los cerramientos.

#### Experimentos Realizados en Viviendas Reales

Los experimentos se realizaron en un conjunto residencial<sup>1</sup> de viviendas unifamiliares ubicado en Barquisimeto, Estado Lara, ciudad situada a 10° 07' N - 64° 41' O y 590 m sobre el nivel del mar. La región presenta clima de carácter tropical ecuatorial: temperatura media anual de 25°C, media máxima de 30°C, humedad relativa de 77% y radiación solar media

diaria de 540cal/cm<sup>2</sup>. La dirección prevaleciente del viento es NE y su velocidad media de 3,3 m/s (Bernal, 1983).

En la Figura 1 se muestra el conjunto residencial, conformado por cuatro viviendas unifamiliares de 46m<sup>2</sup> c/u. La vivienda seleccionada para el experimento fue la Casa 2.

El sistema constructivo consiste en una estructura metálica envuelta con mallas electrosoldadas de acero laminado sobre las cuales se proyecta mortero de concreto, conformándose internamente una cámara de aire no ventilada. Los techos son en pendiente a dos aguas y teja asfáltica como acabado final exterior.

Al interior y al exterior de la casa 2 se midieron, en forma simultánea y mediante un registro continuo de duración una semana, las variables climáticas que se presentan en la Tabla I.

#### Resolución Analítica del Caso de Estudio

Se diseñó una hoja de cálculo para aplicar el método de cálculo

de la temperatura interior (Hobaica, 1992) con la finalidad de comparar la temperatura interior medida con la calculada y hacer los ajustes necesarios a los efectos de que coincidan ambas temperaturas. Los valores que se ajustaron en función de los resultados experimentales fueron los factores de reducción de la radiación solar incidente sobre los cerramientos, relativos a la localización geográfica y al tamaño de las protecciones solares ( $F_{ri}^{dir}$  y  $F_{ri}^{dif}$ ), así como el caudal de ventilación, parámetro para el cual el método no ofrece un algoritmo confiable.

Los coeficientes de intercambio superficial que se utilizaron fueron:

Coficiente superficial global para superficies interiores verticales,  
 $h_1 = 9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Coficiente superficial global para superficies exteriores verticales,  
 $h_e = 17 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Coficiente superficial global para superficies interiores horizontales,  
 $h_1 = 11 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Coficiente superficial global para superficies exteriores horizontales,  
 $h_e = 20 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Las propiedades térmicas de los cerramientos se determinaron analíticamente en función de su geometría y las propiedades térmicas de los materiales constituyentes, partiendo de los valores (Tabla II) de conductividad, densidad y calor específico propuestos por Zielinsky (1986). Se consideró que los valores así obtenidos son exactos y no se prestan a ajuste.

Una de las consideraciones en la aplicación del método es el hecho comprobado de que el flujo de calor absorbido por un cerramiento está condicionado por la capacidad de la superficie de intercambiar calor con el aire. El flujo de calor absorbido por una pared de concreto con  $e = 0,15 \text{ m}$  corresponde aproximadamente a la máxima cantidad de calor que puede absorber un cerramiento antes de comenzar a transmitir algo. De allí que se establezca un valor límite para la capacidad calorífica de  $11 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , que corresponde a una pared con estas características. Otra consideración es la modificación eventual de los valores de la densidad superficial en función de la masa superficial útil, para lo cual se utilizaron las recomendaciones dadas por el CSTB<sup>3</sup>.

Las propiedades térmicas de los cerramientos se calculan entonces utilizando las ecuaciones clásicas (Tabla III), donde las sumatorias repre-

TABLA II  
 PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN LOS CERRAMIENTOS

	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico $c$ (Wh/kg <sup>°C</sup> )	Conductividad $\lambda$ (W/m <sup>°C</sup> )
Concreto	1800,00	0,28	0,40
Acero	7810,00	0,14	52,00
Madera	825,00	0,66	0,20
Vidrio simple	2500,00	0,20	0,81
Tejas	1400,00	0,58	0,70

TABLA III  
 FÓRMULAS CON QUE SE CALCULARON LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS CERRAMIENTOS

Densidad superficial	Resistividad	Transmitancia	Capacidad calorífica
$\rho = \sum \rho_v e$	$R = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\frac{h_c}{2} + h_r}$	$k = \frac{1}{R}$	$C = \frac{2\pi}{24} \sum \rho c \leq 11$
(kg/ m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> °C/W)	(W/m <sup>2</sup> °C)	(W/m <sup>2</sup> °C)

TABLA IV  
 PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS CERRAMIENTOS

	Masa sup. útil $\rho$ (kg/m <sup>2</sup> )	Resistividad $R$ (m <sup>2</sup> °C/W)	Transmitancia $U$ (W/m <sup>2</sup> °C)	Capacidad calorífica $C$ (W/m <sup>2</sup> °C)	Coficiente de absorción $(\alpha)$
Paredes	70,00	0,47	2,14	11,00	0,4
Techos	70,00	0,46	2,20	11,00	0,8
Puertas	6,60	0,35	2,83	1,14	0,8
Ventanas	—	0,12	8,10	0,005	—
Paredes Int.	150	—	—	11,00	—
Piso	150	—	—	11,00	—

sentan los casos cuando el cerramiento está conformado por capas de diferentes materiales.

En la Tabla IV se muestran los resultados obtenidos para las propiedades térmicas de los cerramientos que conforman la Casa 2.

En la Figura 2 se presenta un ejemplo de hoja de cálculo<sup>4</sup> con resultados finales.

### Estudio Comparativo del Comportamiento Térmico de Componentes y Sistemas Constructivos

A fin de hacer un análisis comparativo del comportamiento térmico de componentes y sistemas constructivos utilizados en el mercado venezolano, se aplicó la hoja de cálculo resuelta para la casa 2, variando los com-

ponentes constructivos con sus respectivas propiedades térmicas, manteniendo fijos los datos referidos a la geometría de la vivienda, la orientación, los niveles de ventilación y las condiciones climáticas exteriores.

Los cerramientos estudiados corresponden a sistemas constructivos tradicionales (paredes de bloques frisados y techos de losa y tejas), sistemas tradicionales con techos livianos (paredes de bloques frisados y techos de láminas) y soluciones prefabricadas (concreto armado o madera).

Para apreciar el efecto de un material aislante en la temperatura máxima del aire interior, se incorporó un cielo raso de corcho a un sistema prefabricado de concreto y a un sistema de paredes de bloques y techo de láminas livianas de cemento. En la Tabla V se des-



bien el corcho tiene poca capacidad calorífica, es un material de poca conductividad térmica. La diferencia esencial entre los casos N° 2 y 5 es el desfase, es decir la hora en que se manifiesta la temperatura máxima interior. Es evidente que un techo de capacidad calorífica elevada (caso 2) evacua calor con mayor dificultad y lo emite con mayor retardo.

En los casos 6 y 7 (techo de cemento reforzado sin cielo raso y con cielo raso, respectivamente) se observa la disminución de la temperatura del aire al interior al colocarse un cielo raso de material aislante.

Cuando se compara el caso 5 con el 7, ambos con techo liviano y cielo raso, se observa que el primero presenta una menor amplitud de la temperatura interior. Esto se debe a la presencia de componentes de poca capacidad calorífica y de elevada transmitancia, los cuales transmiten y evacuan con rapidez grandes cantidades de calor.

Los casos 8, 9 y 10 presentan componentes constructivos no tradicionales con un comportamiento térmico intermedio entre los grupos estudiados. Cabe destacar la influencia del espesor de los elementos de concreto prefabricado: Al aumentar tres veces el espesor (caso 9 con relación al 8) se produce un amortiguamiento mayor, haciendo que el valor de la temperatura máxima disminuya, aunque aumenta el valor de la temperatura media. Esto puede o no ser deseable dependiendo del uso de la edificación.

Los resultados obtenidos reflejan la influencia de las propiedades térmicas de los componentes constructivos en el valor de la temperatura del aire interior. Asimismo, demuestran la influencia decisiva del cerramiento techo en la calidad térmica de los ambientes, puesto que es éste el elemento que recibe la mayor cantidad de radiación solar.

En conclusión, los algoritmos de cálculo permiten predecir las condiciones ambientales internas que genera determinada construcción en su interacción con el ambiente exterior. En la medida en que el diseñador maneje instrumentos teóricos y/o prácticos para controlar el confort térmico, será posible edificar con la naturaleza, racionalizar el gasto energético e innovar tecnológicamente con criterios de economía y calidad.

#### NOMENCLATURA

- $A_i$ : Área de superficie del cerramiento  $i$
- $A_s$ : Amortiguamiento del asoleamiento
- $A_e$ : Amortiguamiento de la temperatura exterior
- $C$ : Calor específico

TABLA V  
DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ESTUDIADOS

CASO	DESCRIPCIÓN
1	Paredes y techo de malla metálica con mortero y cámara de aire (sist. Per-tab casa experimental)
2	Paredes de bloques de arcilla y friso - Techo de losa de concreto y tejas
3	Paredes de bloques de arcilla y friso - Techo de láminas metálicas
4	Paredes de bloques de arcilla y friso - Techo de láminas de cemento reforzado
5	Paredes de bloques de arcilla y friso - Techo de láminas de cemento reforzado - cielo raso de corcho
6	Paredes y techo de cemento reforzado
7	Paredes y techo de cemento reforzado - Cielo raso de corcho
8	Paredes y techo prefabricado de concreto (espesor 3 cm.)
9	Paredes y techo prefabricado de concreto (espesor 10 cm.)
10	Paredes y techo de madera

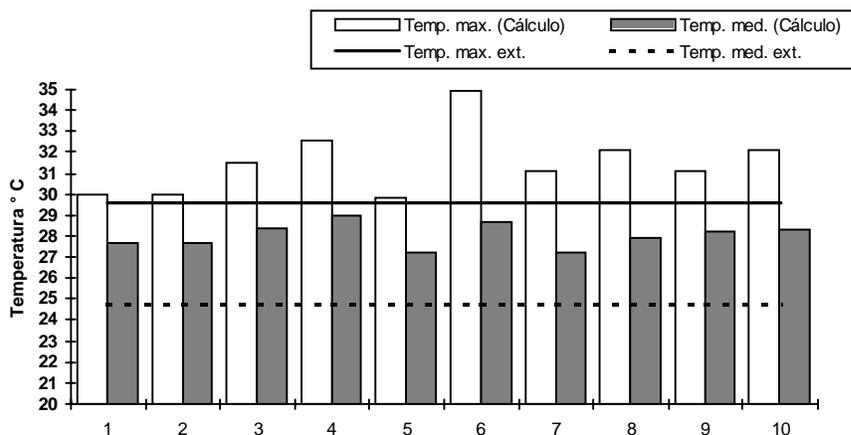


Figura 3. Valores de temperatura obtenidos analíticamente para los diversos sistemas constructivos

TABLA VI  
PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS DIVERSOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

CASO	CERRAMIENTO	Espesor (m)	Masa sup. útil $\rho$ (kg/m <sup>2</sup> )	Trasmitancia $k$ (W/m <sup>2</sup> °C)	Capacidad calorífica $C$ (W/m <sup>2</sup> °C)	Coefficiente de Absorción ( $\alpha$ )
1	Paredes	0,12	70,00	2,14	11,00	0,4
	Techos	0,16	70,00	2,20	11,00	0,8
2	Paredes	0,15	70,00	1,70	11,00	0,5
	Techos	0,18	70,00	2,50	11,00	0,8
3	Paredes	0,15	70,00	1,70	11,00	0,5
	Techos	0,005	20,00	5,85	0,8	0,8
4	Paredes	0,15	70,00	1,70	11,00	0,5
	Techos	0,008	8,80	6,70	0,72	0,8
5	Paredes	0,15	70,00	1,7	11,00	0,5
	Techos	0,024	6,00	1,35	0,72	0,8
6	Paredes	0,022	11,00	5,26	1,22	0,5
	Techos	0,008	4,40	6,70	0,72	0,8
7	Paredes	0,022	11,00	5,26	1,22	0,5
	Techos	0,024	6,00	1,27	1,36	0,8
8	Paredes	0,03	27,00	5,02	3,3	0,5
	Techos	0,03	27,00	6,27	3,3	0,8
9	Paredes	0,06	65,00	4,76	7,95	0,5
	Techos	0,06	70,00	4,3	11,00	0,8
10	Paredes	0,01	7,0	4,55	1,65	0,5
	Techos	0,01	7,0	4,70	1,65	0,8

$C_i$ :	Capacidad calorífica del cerramiento $i$	$k_i$ :	Conductancia del cerramiento $i$
$C_m$ :	Capacidad calorífica de la envoltura de la edificación	$R_i$ :	Resistividad del cerramiento $i$
$e_i$ :	Espesor de cerramiento	$R_{dir}$ :	Radiación directa
$E_e$ :	Amplitud de la temperatura exterior	$R_{dif}$ :	Radiación difusa
$E_i$ :	Amplitud de la temperatura interior	$S_r$ :	Suplemento de temperatura media por efecto de radiación solar
$F_{ri}^{dir}$ :	Coefficiente de reducción de la radiación solar directa para el cerramiento $i$	$T_e$ :	Temperatura exterior
$F_{ri}^{dif}$ :	Coefficiente de reducción de la radiación solar difusa para el cerramiento $i$	$T_i$ :	Temperatura interior
$F_{si}$ :	Factor de transmisión solar del cerramiento $i$	$V$ :	Volumen de la edificación
$G_s$ :	Ganancia solar diaria de la edificación	$\alpha_i$ :	Coefficiente de absorción de la superficie expuesta del cerramiento $i$
$G_v$ :	Pérdidas medias de calor por ventilación y transmisión de los cerramientos	$\lambda$ :	conductividad
$h_c$ :	Coefficiente convectivo	$\rho$ :	Densidad del cerramiento $i$
$h_{cr}$ :	Coefficiente global de intercambios superficiales		
$h_r$ :	Coefficiente radiactivo		
$H_i^{dir}$ :	Superficie horizontal equivalente del cerramiento $i$ para la radiación directa		
$H_i^{dif}$ :	Superficie horizontal equivalente del cerramiento $i$ para la radiación difusa		
$I_q$ :	Inercia de la edificación		

#### NOTAS

- 1 El conjunto residencial fue construido y puesto a la disposición por la Corporación Don BAU (Sistema Per-Tab) cuyo Director Técnico es el Arq. Baudilio Gonzales, ex-Director de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, FAU-UCV.
- 2 Los datos fueron tomados de la estación meteorológica y la separación de la radiación solar global en directa y difusa se hizo con las correlaciones que desarrollaron Collares, Pereira y Rabi, expuestas en "El sol y la radiación solar", Boletín N° 1, Caracas 1979, editado por la Asociación Venezolana de la Energía Solar.

<sup>3</sup> Cahiers du CSTB, N° 292, septiembre de 1988, Regla th-bv.

<sup>4</sup> En los archivos del IDEC reposan todas las hojas de cálculo. Aquí sólo se muestran un ejemplo con los resultados finales.

#### REFERENCIAS

- Bernal FA (1983) *Atlas Climatológico de Venezuela*. Imprenta Universitaria, UCV.
- Hobaica ME (1992) *Definición y Validación Experimental de un Modelo de Térmica de las Edificaciones en Clima Tropical Húmedo*. Trabajo de ascenso. FAU-UCV.
- Hobaica ME (1991-1992) Definición y Validación Experimental de un Modelo de Térmica de las Edificaciones en Clima Tropical Húmedo. *Tecnología y Construcción*, N° 7/8, IDEC-FAU-UCV
- Hobaica ME, Rosales L (1997) *Un Modelo Simplificado de Térmica de las Edificaciones para Clima Cálido y Húmedo*. En: Energía y Hábitat. Red Buil del Programa Alfa, IDEC/FAU/UCV, Caracas.
- Sosa ME, Rosales L (1993) *Comportamiento Térmico del Sistema Constructivo PER-TAB*. Informe Técnico. IDEC-FAU-UCV.
- Zielinski J (1986) *Principios Térmicos de Ingeniería ambiental*. Recopilación de notas docentes. Tomo II. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, UCV.