

Influencia de la ventilación natural en la temperatura del aire interior de viviendas: mediciones experimentales

María Eugenia Sosa / Luis Rosales

RESUMEN

La realización de mediciones térmicas en dos conjuntos de viviendas ubicados en la ciudad de Barquisimeto, Venezuela, permitió estudiar dos casos de ventilación natural y su influencia sobre la temperatura del aire de los ambientes internos. El procedimiento consistió en medir simultáneamente la temperatura del aire interior, la temperatura del aire exterior, la velocidad del viento incidente y la velocidad del aire en diferentes puntos de los ambientes. Con ello se pudo apreciar cómo la ventilación natural reduce la temperatura interior y el desfase de tiempo entre los valores pico de las temperaturas exterior e interior.

ABSTRACT

Natural ventilation and its relation with indoor air temperature: an experimental study

Thermal experiments were carried out in two residential complexes in the city of Barquisimeto, Venezuela. The aim was to study natural ventilation and its relation with indoor air temperature. The procedure consisted in taking measurements of indoor and outdoor air temperatures, wind speed and direction as well as indoor airflow at several points inside the houses. These experiments confirmed that natural ventilation reduces the indoor air temperature and the time-lag between the maximum values of indoor and outdoor air temperatures.

DESCRIPTORES

Clima
Ventilación natural
Vivienda

INTRODUCCION

El análisis de la calidad de las propuestas habitacionales implementadas en Venezuela durante los últimos años evidencia poca preocupación por los aspectos ambientales. El resultado son viviendas de comportamiento térmico inadecuado, que atentan contra el bienestar de los usuarios. Una consecuencia es que se apela constantemente a equipos mecánicos de climatización, lo que acarrea considerables gastos de instalación, uso y mantenimiento.

No obstante, se ha comprobado que para las características del clima venezolano, un apropiado diseño basado en climatización natural conduce en muchos casos a condiciones adecuadas de bienestar térmico. Es por ello que en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, se efectúan estudios orientados hacia el desarrollo de métodos de diseño bioclimático¹, al tiempo que se informa sobre los alcances de las iniciativas que entre tanto se realizan, mediante la difusión de resultados parciales y ejemplos de demostración. Dentro de esta estrategia global se enmarca la presentación de este texto, ejemplo ilustrativo de los beneficios que ofrece la ventilación natural en la calidad térmica de las viviendas construidas en regiones de clima tropical húmedo como el venezolano.

OBJETIVO

El objetivo consistió en desarrollar una metodología para evaluar la velocidad del aire en el interior de las viviendas; asimismo, se buscó evaluar la influencia de la ventilación natural en la temperatura del aire interior.

DESCRIPCION DE LAS VIVIENDAS EXPERIMENTALES

Las mediciones térmicas se realizaron en dos conjuntos residenciales ubicados en la ciudad de Barquisimeto, Venezuela². Esta ciudad se encuentra en las coordenadas 10°07'N - 64°41'O, a una altitud de 590 m sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es aproximadamente 25°C, la temperatura máxima 30°C, la humedad relativa 77% y la radiación solar media diaria 540 cal/cm². La dirección predominante del viento es NE y la velocidad media anual es 3,3 m/s (BERNAL F.A., 1983). Si se toma como referencia el diagrama bioclimático propuesto por Givonni para el diseño de viviendas mediante ventilación natural (GIVONNI B., 1978), se puede afirmar que las particularidades meteorológicas antes descritas brindan la posibilidad de lograr condiciones de confort térmico aceptable.

La figura 1A muestra el primer conjunto de viviendas experimentales, el cual denominaremos Conjunto Residencial A. Se indica la orientación del conjunto, la numeración asignada a cada casa y la dirección predominante de los vientos. Cada unidad de vivienda tiene 46m², distribuidos en una sola planta. El sistema constructivo es una estructura metálica de mallas electrosoldadas de acero laminado sobre las cuales se proyectó mortero de concreto, conformándose una cámara de aire no ventilada. Los techos son en pendiente a dos aguas y teja asfáltica como acabado final exterior.

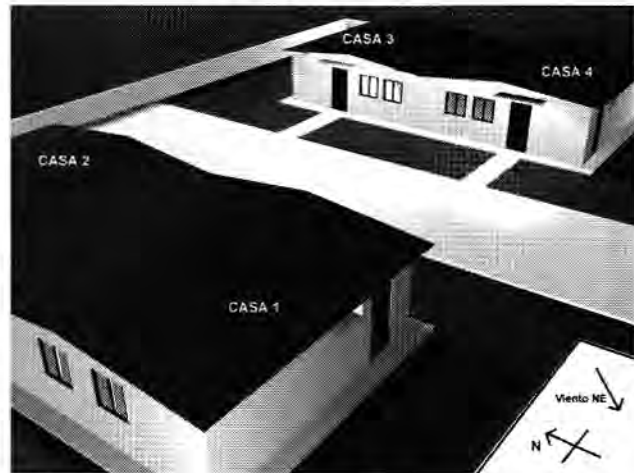
El segundo conjunto residencial (Conjunto Residencial B) es una larga hilera de viviendas adosadas entre sí (figura 1B). Cada unidad de vivienda tiene 120 m², repartidos en tres niveles. Las fachadas posteriores se encuentran al lado de un área verde de grandes proporciones, por lo que los vientos se reciben en forma franca. El sistema constructivo es el mismo del Conjunto Residencial A.

Considerando que sólo se pretende tener una apreciación general de la influencia de la ventilación, se omitió el efecto producido por el muro de lindero y las casas, tomándose como referencia del viento los valores medidos dentro de los límites de la parcela. Para la fecha de las mediciones, los dos conjuntos residenciales estaban recién construidos y se encontraban sin objetos ni ocupantes.

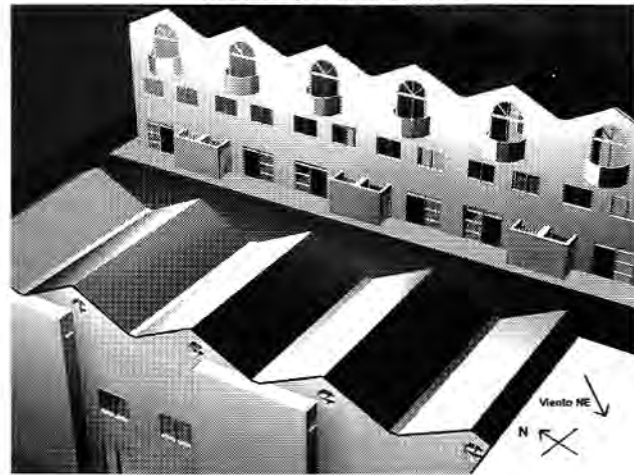
VELOCIDAD DE AIRE EN EL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS EXPERIMENTALES

El método consistió en tomar mediciones simultáneas de la velocidad del viento en un punto en el exterior ubicado a sotavento y a la misma altura de las ventanas y

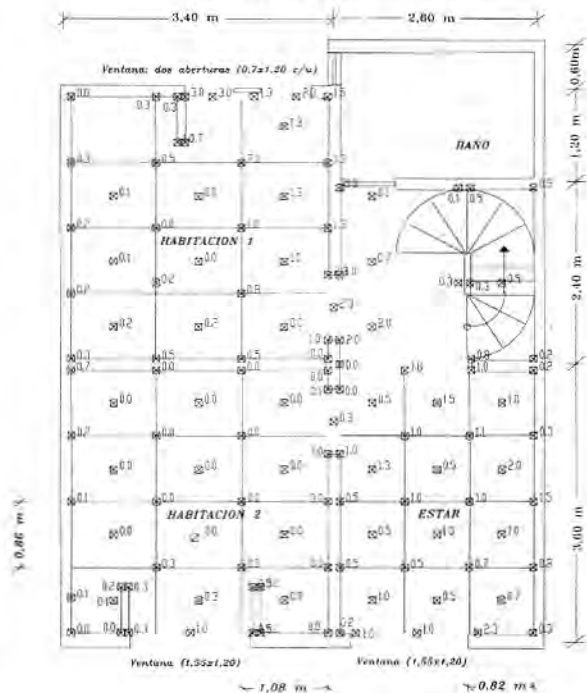
**FIGURA 1A
CONJUNTO RESIDENCIAL A**



**FIGURA 1B
CONJUNTO RESIDENCIAL B**



**FIGURA 2
VELOCIDAD DE AIRE INTERIOR / VELOCIDAD DE VIENTO INCIDENTE**



² El conjunto Residencial fue construido y puesto a la disposición por la Corporación DON BAU, cuyo Director Técnico es el Arquitecto Baudilio González, ex-director de la Escuela de Arquitectura de la UCV.

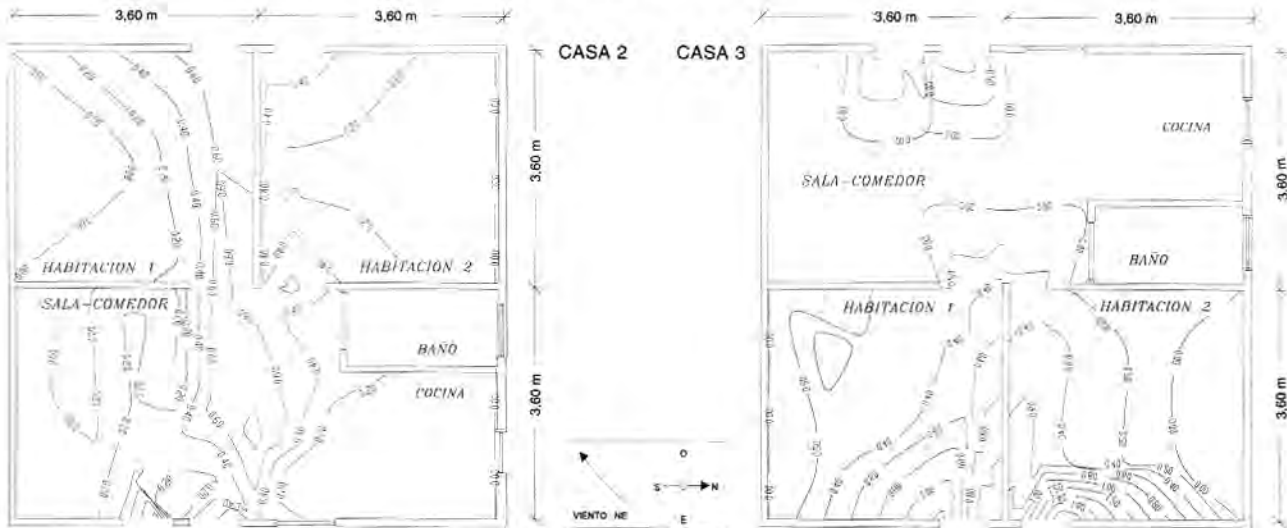
de la velocidad del aire en varios puntos de cada ambiente. Los resultados se extrapolaron para una velocidad de viento de 1 m/s (velocidad de aire/ velocidad de viento).

Con estos valores se dibujaron mallas que dan una primera imagen de cómo varía la velocidad del aire en los ambientes internos. A manera de ejemplo, se muestra en la figura 2 la malla obtenida para el segundo piso del Conjunto Residencial B.

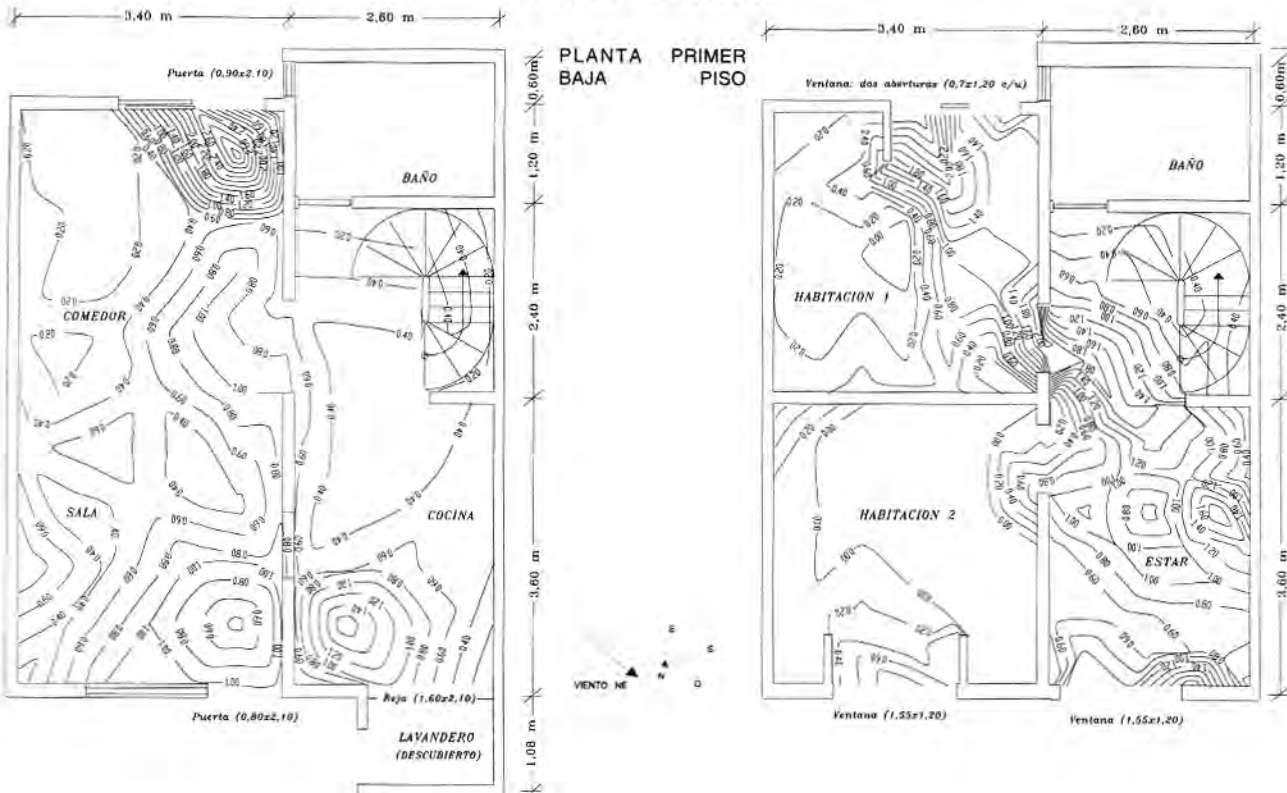
Mallas como ésta permitieron calcular y trazar las líneas de igual velocidad de aire (isolíneas de velocidad). A continuación se muestran y se comentan brevemente los resultados obtenidos en las Casas 2 y 3 del Conjunto Residencial A (figuras 3A y 3B) y en la Planta Baja y el Primer Piso del Conjunto Residencial B (figuras 4A y 4B).

Si se comparan las figuras 3A y 3B (Conjunto Residencial A), se aprecia cómo difieren los flujos de aire en el

FIGURAS 3A Y 3B
VELOCIDAD DE AIRE INTERIOR / VELOCIDAD DE VIENTO INCIDENTE
CONJUNTO RESIDENCIAL A



FIGURAS 4A Y 4B
VELOCIDAD DE AIRE INTERIOR / VELOCIDAD DE VIENTO INCIDENTE
CONJUNTO RESIDENCIAL B



ambiente Sala-comedor cuando el viento penetra a través de ventanas de fachadas opuestas: en la casa 2 se produce una mejor repartición del flujo, por transitar el aire desde un ambiente de mayor dimensión hacia ambientes de menor tamaño, generándose un estrangulamiento en las puertas y un aumento de la energía cinética; por el contrario, en la casa 3, al pasar el aire desde las Habitaciones hacia la Sala-comedor, se produce una disminución de la energía cinética.

Las isolíneas de velocidad del Conjunto Residencial B (figuras 4A y 4B) ilustran la tendencia del aire a mantener su flujo natural: en la Planta Baja, la ausencia de un muro de separación entre los ambientes Sala y Comedor genera una mejor repartición de aire en todo el piso; por el contrario, en el Primer Piso, casi todo el aire penetra por la Habitación 1 y sale por el Estar, con poca tendencia a desviarse por la Habitación 2.

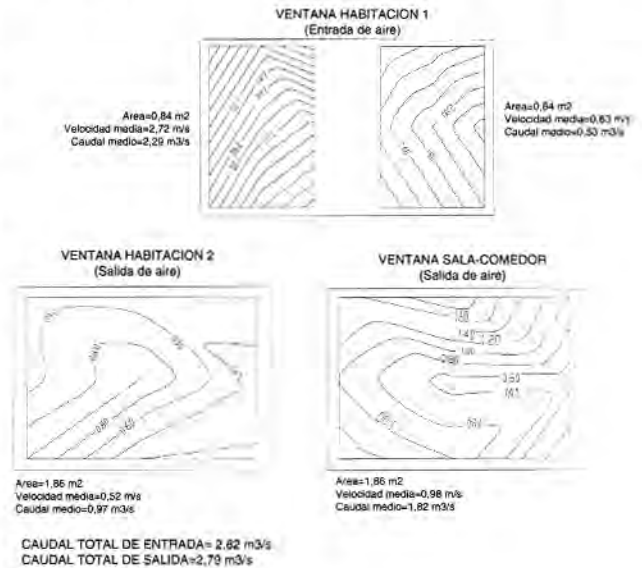
El mismo método se utilizó para medir la velocidad del aire en las ventanas, lo que a su vez permitió estimar el caudal que atraviesa la vivienda. La figura 5 muestra las isolíneas de velocidad de aire en las ventanas del Primer Piso del Conjunto Residencial B. En este caso, el viento llega del noreste sin encontrar obstáculos y penetra por la fachada posterior. La elevada velocidad con la cual éste penetra se debe a la barrera de grandes proporciones que constituye toda la hilera de viviendas, generándose en las ventanas un considerable aumento de velocidad. Por esta razón se hizo evidente que no existía eje neutro (línea que define para una ventana la frontera entre el flujo saliente y el flujo entrante). Se puede suponer que la pequeña diferencia entre los valores obtenidos para el caudal de entrada y el caudal de salida se debe a la presencia de la escalera.

INFLUENCIA DE LA VENTILACION EN LA TEMPERATURA DEL AIRE INTERIOR

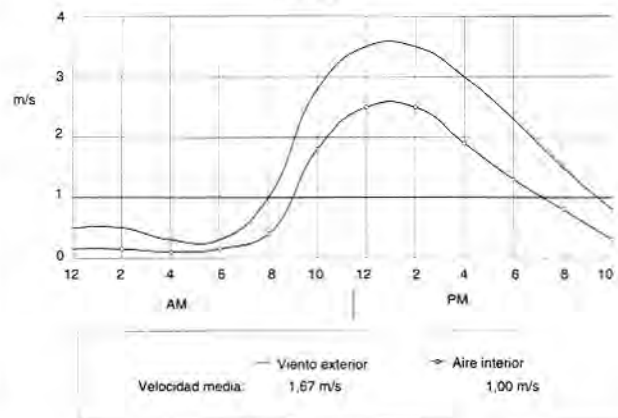
Con la finalidad de apreciar la influencia de la ventilación en la temperatura del aire interior, se hicieron mediciones comparativas de temperatura en el centro de los ambientes Sala-comedor de las cuatro casas del Conjunto Residencial A, manteniendo las ventanas de las casas 2 y 3 abiertas y las de las casas 1 y 4 cerradas. Asimismo se midió la velocidad del aire en las casas 2 y 3, que fueron las que permanecieron con las ventanas abiertas (figuras 6A y 6B). Todas estas mediciones fueron el resultado de registros continuos hechos durante dos periodos consecutivos de duración una semana, correspondiendo la primera semana a las casas 1 y 2 y la segunda semana a las casas 3 y 4.

Las figuras 6A y 6B ratifican la influencia de la orientación de las ventanas en la velocidad del aire en el ambiente Sala-comedor: en la casa 2, donde el aire penetra por

**FIGURA 5
VELOCIDAD DEL AIRE EN LAS VENTANAS /
VELOCIDAD DEL VIENTO INCIDENTE.
CONJUNTO RESIDENCIAL B. VENTANAS DEL PRIMER PISO**



**FIGURA 6A
VELOCIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE LA SALA-COMEDOR
CASA 2**



**FIGURA 6B
VELOCIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE LA SALA-COMEDOR
CASA 3**

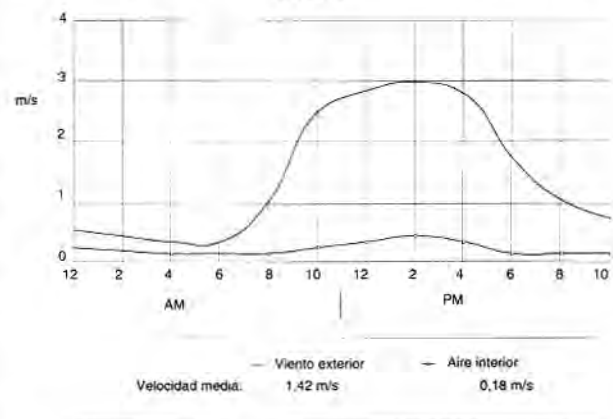


FIGURA 7A
TEMPERATURA DEL AIRE EN EL CENTRO DE LA SALA-COMEDOR Y EN EL EXTERIOR. CASAS 1 Y 2.

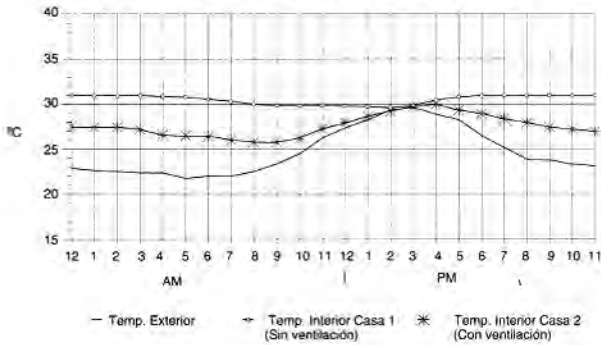


FIGURA 7B
TEMPERATURA DEL AIRE EN EL CENTRO DE LA SALA-COMEDOR Y EN EL EXTERIOR. CASAS 3 Y 4.

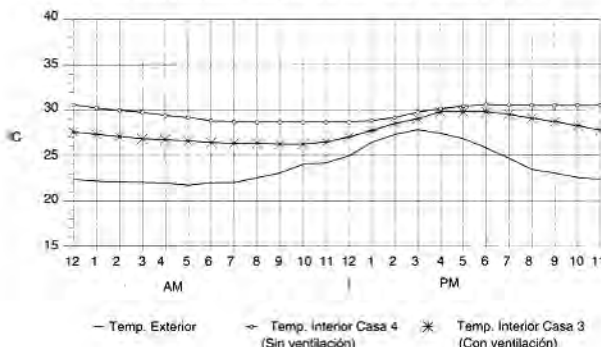


FIGURA 8A
AUMENTO DE LA TEMPERATURA INTERIOR CON RELACIÓN A LA TEMPERATURA EXTERIOR (CASAS VENTILADAS)
CASA 2: VENTANAS EN FACHADA ESTE
CASA 3: VENTANAS EN FACHADA OESTE

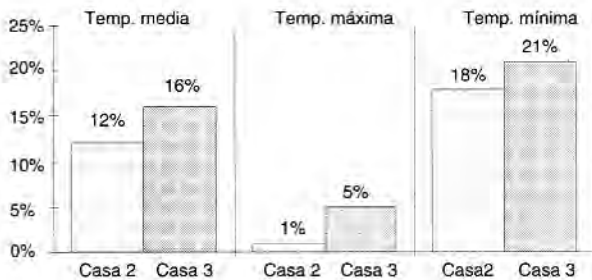
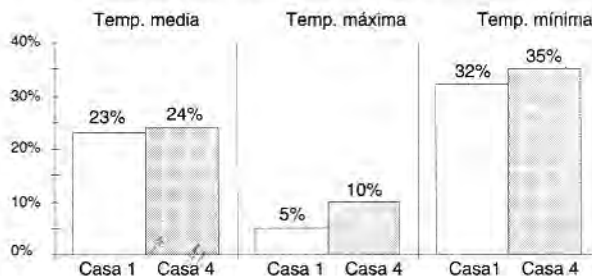


FIGURA 8B
AUMENTO DE LA TEMPERATURA INTERIOR CON RELACIÓN A LA TEMPERATURA EXTERIOR (CASAS NO VENTILADAS).
CASA 1: VENTANAS EN FACHADA ESTE
CASA 4: VENTANAS EN FACHADA OESTE



las ventanas de dicho ambiente, la velocidad interior es aproximadamente 60% de la velocidad del viento incidente; en la casa 3, donde el aire penetra por las habitaciones, la velocidad interior es tan solo 10% de la velocidad del viento incidente.

Las figuras 7A y 7B muestran el promedio diario de la temperatura del aire en el ambiente Sala-comedor de las casas 1 y 4 (sin ventilación), de las casas 2 y 3 (con ventilación) y del exterior.

Se aprecia que en las casas sin ventilación la temperatura del aire interior varía poco a lo largo del día; esto se debe al efecto amortiguante de los cerramientos, efecto que se acentúa considerablemente cuando se aíslan los ambientes internos; por lo mismo, las temperaturas máxima, media y mínima interior son bastante mayores que en el exterior; igualmente se produce un desfase de 3 horas entre las temperaturas máximas exterior e interior.

Cuando se abren las ventanas (casas 2 y 3), los intercambios de aire entre el exterior y el interior provocan temperaturas interiores intermedias entre aquellas que tienen las casas sin ventilar y el exterior; disminuyen los valores medios, máximos y mínimos, así como el desfase entre las temperaturas máximas exterior e interior (de 3 horas a 1 hora).

Como ya se mencionó, las casas 2 y 3, de orientaciones opuestas, se mantuvieron ventiladas; por su parte, las casas 1 y 4, también de orientaciones opuestas, se mantuvieron sin ventilar. Una comparación entre los aumentos de la temperatura interior referidos a la temperatura exterior para los ambientes Sala-comedor de las casas ventiladas por un lado y las no ventiladas por el otro, permite apreciar la influencia de la orientación de la vivienda (figuras 8A y 8B).

Se observa, tanto en las casas ventiladas como en las no ventiladas, un mayor aumento de la temperatura en el ambiente Sala-comedor cuando las ventanas de dicho ambiente están orientadas hacia el Oeste; estas ventanas no sólo no reciben los vientos, sino que dejan penetrar directamente la radiación solar durante las horas de máxima intensidad (comienzos de la tarde); por otro lado, se constató que las fachadas a las que pertenecen estas ventanas, por estar precisamente expuestas al sol, sufren serios aumentos de calor, lo que provoca un incremento adicional de la temperatura interior.

La figura 8B referida a las casas no ventiladas da una idea de la magnitud de este aumento. El calor almacenado en las fachadas se transmite hacia las superficies internas por conducción (flujo de calor en el interior de los cerramientos), y luego al aire interior por convección (flujo de calor entre las superficies y el aire). Si se advierte que estos aumentos de temperatura son mayores que en el caso de los ambientes ventilados, se comprenderá

la importancia que tiene sustituir el aire interior por aire más fresco proveniente del exterior: de este modo se enfrían las superficies internas, puesto que el calor intercambiado por convección es proporcional a la velocidad del aire y a la diferencia de temperatura entre el aire y las superficies.

CONCLUSIONES

Los ejemplos de ventilación natural descritos en este texto enseñan la dependencia entre la geometría de una vivienda, su orientación y el flujo de aire en los ambientes internos; asimismo, presentan a la ventilación natural como un medio efectivo para disminuir la temperatura del aire en el interior de las viviendas. La metodología aquí utilizada para apreciar los flujos de aire constituye una alternativa interesante y fácil de ejecutar, estando al

alcance de los profesionales de la construcción deseosos de conocer las cualidades ambientales de sus proposiciones. No obstante, la puesta en servicio de un método general mediante el cual sea posible predecir la ventilación natural desde la misma etapa de diseño, requiere de un tratamiento mucho más amplio, donde se conjuguen los conocimientos acumulados en otros países con una propuesta regional basada en mayor número de mediciones, tanto en edificaciones reales como en laboratorio, complementadas con modelos numéricos y/o analíticos de predicción. Todas estas actividades están actualmente en desarrollo por el equipo de investigación que suscribe el presente texto³; por ahora, sólo se pretende estimular a los profesionales de la construcción para que entiendan la conveniencia de adaptar las edificaciones al contexto climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLARD F., HOBAICA M.E. (1993) *Concepto de Confort Térmico y Comportamiento Eólico de Edificaciones*. Artículo: Revista Tecnología y Construcción n° 9 - IDEC, FAU, UCV
- BERNAL F.A. (1983). *Atlas Climatológico de Venezuela*. Imprenta Universitaria. Universidad Central de Venezuela.
- GIVONNI B. (1978). *L'Homme L'Architecture et le Climat*. Editions du Moniteur, Paris.
- HOBAICA M.E. (1992). *Validación Experimental de un Modelo de Térmica de las Edificaciones en Clima Tropical Húmedo*. Artículo: Revista Tecnología y Construcción n° 7/8. IDEC, FAU, UCV.
- HOBAICA M.E. (1992). *Definición y Validación Experimental de un Modelo de Térmica de las Edificaciones en Clima Tropical Húmedo*. Trabajo de ascenso. IDEC, FAU, UCV.
- HOBAICA M.E., CERMEÑO A., MEDINA M. (1987). *Diseño Térmico de Edificaciones en Venezuela*. Artículo: Revista Tecnología y Construcción n° 3. IDEC, FAU, UCV.
- SOSA M.E., ROSALES L. (1993). *Comportamiento Térmico del Constructivo PER-TAB*. Informe técnico, IDEC, FAU, UCV.
- SOSA M.E., ROSALES L. (1994). *Comportamiento Térmico del Sistema Constructivo para Viviendas PLYCEM*. Informe técnico, IDEC, FAU, UCV.

³ Actualmente se realiza en el IDEC el Trabajo de Investigación: "Efecto de la Ventilación Natural en el Comportamiento Térmico de las Edificaciones en Clima Tropical Húmedo". Este proyecto representa un esfuerzo de cierta envergadura, pues también participan la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV y La Universidad de la Rochelle en Francia.