



INFLUENCIA DEL USO Y GESTIÓN DE LA ENVOLVENTE EN EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE VERANO DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE MENDOZA, ARGENTINA

THE INFLUENCE OF THE USE AND MANAGEMENT OF THE ENVELOPE ON THE THERMAL BEHAVIOR OF A DWELLING IN SUMMER IN THE CITY OF MENDOZA, ARGENTINA

SOLEDAD ELISA ANDREONI TRENTACOSTE
Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, Centro Científico
Tecnológico Mendoza,
Mendoza Argentina
sandreoni@mendoza-conicet.gob.ar

CAROLINA GANEM KARLEN
Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, Centro Científico
Tecnológico Mendoza,
Mendoza Argentina
cganem@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN

En la ciudad de Mendoza, Argentina, las viviendas presentan mayoritariamente una baja calidad constructiva en relación con la falta de aislamiento de sus envolventes. Se estima que el 95% de las viviendas existentes no están aisladas en su envolvente vertical y presentan aislamiento insuficiente en techos. En un clima templado continental, con grandes amplitudes térmicas diarias y estacionales, las viviendas presentan inercia térmica como única estrategia bioclimática. En estas circunstancias, las posibilidades de gestión que ofrezca la envolvente -a través de elementos practicables y/o móviles-, son claves para la aproximación al logro del confort interior. El presente trabajo analiza la influencia del uso y gestión de las aberturas en la envolvente a cargo del usuario en una vivienda tradicional, mediante monitoreo higrotérmico, durante 59 días en verano. Para ello, se midieron dos períodos con distintas condiciones climáticas (extremas y moderadas) en los que se aplicó la estrategia de ventilación natural nocturna, gracias a la cual se obtuvo 82% de horas en confort. Asimismo, se midió un período sin gestión de las aberturas en la envolvente, es decir, manteniéndolas cerradas; de lo que resultó solo un 6% de horas en confort. Se concluye, en suma, que la intervención comprometida y consciente del usuario mediante el aprovechamiento de la ventilación nocturna, en combinación con la inercia térmica de la envolvente, influye de manera positiva sobre el comportamiento térmico de la vivienda.

Palabras clave

uso y gestión, confort térmico, ventilación nocturna

ABSTRACT

In the city of Mendoza, Argentina, construction quality is low in most dwellings with regards to the lack of insulation in their building envelopes. It is estimated that 95% of the existing housing has no insulation in its vertical envelope and insufficient insulation in roofs. In a temperate continental climate with large daily and seasonal thermal amplitudes, the only bioclimatic strategy present in the dwellings is thermal inertia. In these circumstances, the management possibilities offered by the envelope -through movable and operable elements-, are key to achieving indoor thermal comfort. This research analyzes the influence of the use and management of the envelope by the user in a traditional dwelling through hygrothermal monitoring over 59 days in summer. To this end, two periods with extreme and moderate climatic conditions were measured. By applying a nocturnal ventilation strategy for cooling, together with the closure of windows during the daytime, it was possible to achieve comfort 82% of the time. Likewise, the dwelling was measured for a period during which the envelope was not managed, that is to say, windows remained completely closed during the day and night, thereby resulting in the achievement of comfort only 6% of the time. In summary, it is concluded that the committed and conscious intervention of the user through the use of night ventilation, in conjunction with the thermal inertia of the envelope, play an important role in achieving indoor thermal conditions by reducing overheating in summer

Keywords

use and management, thermal comfort, night ventilative cooling

INTRODUCCIÓN

La vivienda es el principal instrumento que nos permite satisfacer las demandas de confort térmico de las personas, dado que esta modifica el entorno natural y nos acerca a las condiciones óptimas de habitabilidad. Debe filtrar, absorber o repeler los elementos medioambientales según influyan beneficiosa o negativamente en el confort del ser humano (Olgay, 1998). Es importante considerar que las necesidades de los usuarios se modifican en respuesta a las condiciones climáticas, y varían entre las personas, siendo necesaria la posibilidad de adaptación de las viviendas.

En la ciudad de Mendoza, cuyo clima es árido templado continental con grandes amplitudes térmicas, las viviendas presentan, en su mayoría, una baja calidad constructiva de sus envolventes, siendo este uno de los principales factores que afecta al logro del confort interior. Se estima que el 95% de las viviendas existentes no están aisladas en su envolvente vertical y presentan aislamiento insuficiente en techos. La función de la envolvente se centra en ser intermediaria de los intercambios energéticos entre dos ambientes complejos: el interior y el exterior (Ganem, 2006).

Según Nicol (2016), la diferencia entre las temperaturas interiores y exteriores también refleja la efectividad de los esfuerzos que realicen los usuarios no solo para adaptarse a estar confortables en las prevalecientes condiciones térmicas exteriores, sino también en la adaptación de las temperaturas interiores para proveer un ambiente de preferencia.

Es, por tanto, fundamental estudiar la influencia de la intervención del usuario en el comportamiento térmico de la vivienda. Teniendo en cuenta que el mismo es un elemento activo dentro del diseño, este último debe ser flexible para permitirle modificar o mover elementos que favorezcan su adaptación. En edificios desocupados, el investigador tiene control absoluto sobre las condicionantes que pueden intervenir en el confort térmico del espacio. Todos los días, o durante un periodo experimental, las condicionantes son constantes. La situación es muy diferente, en viviendas ocupadas, donde los usuarios tienen completa libertad de modificar las condicionantes de acuerdo a sus cambiantes necesidades de confort (Givoni y Vecchia, 2001).

La influencia de la conducta del usuario en el logro del confort interior puede ser muchas veces positiva, cuando fomenta un ahorro energético al disminuir el uso de equipos de refrigeración o calefacción; o bien, en otros casos, negativa, cuando aumenta el consumo de energía de fuentes no renovables. La apertura de

ventanas es uno de los medios de mayor uso para el control del ambiente interior de las viviendas en países en vías de desarrollo (Flores Larsen, Filippín y Lesino, 2010). Aunque en escenarios climáticos extremos puede no ser suficiente.

El efecto conocido como isla de calor urbana (ICU) produce mayores temperaturas del aire en el centro de las ciudades comparado con sus áreas suburbanas circundantes. Este fenómeno se relaciona, principalmente, con la alta densidad edilicia (mayor masa de acumulación), la alta absorción de los materiales presentes en la ciudad, la escasez de espacios verdes, las características morfológicas de los cañones urbanos, y el calor antropogénico liberado (Oke et al., 1991). El área Metropolitana de Mendoza presenta un efecto de isla de calor cuyas máximas alcanzan los 10°C, tanto en invierno como en verano, con un valor medio de 6°C a lo largo de todo el año (Correa, De Rosa, Lesino, 2007).

Estudios previos demuestran que las condiciones climáticas futuras y las altas temperaturas urbanas modificarán la demanda de energía en los edificios. La demanda energética para calefacción disminuirá con los años mientras que la demanda para refrigeración se incrementará del 28% al 59% para el 2070, debido al calentamiento global (Invidiata y Ghisi, 2016). Esto incrementa, a su vez, los problemas de polución, y sus resultados extienden la huella ecológica, causan disconfort térmico y problemas de salud en sus habitantes (Santamouris, Synnefa y Karlessiet, 2011; Santamouris, Paraponiaris, Mihalakakou, 2007; Stathopoulou et al., 2008). Durante 2009, en Argentina, la venta de equipos de aire acondicionado creció 100% respecto del verano de 2005 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010); tendencia que, desde luego, acompaña el aumento en la facturación energética eléctrica residencial.

La tendencia a futuro apunta a un aumento de las temperaturas, por lo que es importante considerar medidas de adaptación en las edificaciones para reducir el impacto del cambio climático: estas deberán dar respuesta a las necesidades de reducción del consumo energético sin descuidar el confort térmico de los usuarios. La primera actuación debe mirar a la reducción de la necesidad de enfriar, a través de una buena construcción en términos de adecuada orientación, inercia térmica, protección solar, porcentaje apropiado de superficies transparentes, entre otras estrategias para adaptar el diseño al clima. Sucesivamente, hace falta estimar las posibilidades de evacuar el calor residual mediante sistemas naturales, como la ventilación cruzada transversal originada por diferencia de presiones por viento o vertical producida por diferencias de temperatura (Palme, Carrasco y Gálvez, 2016).

En este estudio se analiza la influencia del comportamiento de los usuarios de una vivienda unifamiliar urbana en la ciudad de Mendoza, Argentina, en verano, comprometidos con la adaptación pasiva de sus condiciones de confort interior. Se analiza el efecto de la gestión de la envolvente, en dos periodos de uso, aplicando estrategias bioclimáticas de ventilación natural nocturna e inercia térmica, con dos registros higrotérmicos exteriores diferentes, moderados y extremos, producto de los efectos del cambio climático. Luego, se compara el periodo de condiciones externas más desfavorables con otro periodo similar pero sin intervención del usuario, con el objetivo de identificar los efectos de la influencia del uso y gestión de la envolvente en el confort interior.

CASO DE ESTUDIO

• CIUDAD: MENDOZA, ARGENTINA.

La ciudad de Mendoza (32° 40' latitud sur; 68° 51' longitud oeste y 827 msnm) se caracteriza por un clima árido templado continental, con fuerte amplitud térmica. Como se puede observar en la Figura 1, las temperaturas absolutas fluctúan entre -6°C en invierno y 39°C en verano, con variaciones diarias de aproximadamente 10°C a 20°C y baja humedad relativa, siendo el promedio anual de 54,7%. Otro dato que demuestra la condición semi-desértica de Mendoza es la escasez de lluvias, con un promedio anual de 218mm. La ciudad también presenta un elevado índice de radiación solar y una alta heliofanía.

En la carta psicrométrica, Givoni (1998) delimita zonas en las que, aplicando estrategias de diseño bioclimático, se puede corregir las condiciones del clima del lugar para conseguir el confort interior en los edificios.

Las estrategias observadas para el clima de Mendoza (Figura 2) permiten tener una aproximación a las soluciones arquitectónicas posibles a implementar en la construcción y rehabilitación de viviendas urbanas. Para verano, se destacan las estrategias de ventilación natural, inercia térmica y refrigeración por evaporación como las principales a considerar.

El potencial de disminución de las temperaturas interiores diurnas por debajo de las exteriores es proporcional a la amplitud térmica diaria exterior. La amplitud térmica se incrementa mientras menor es la humedad. Una significativa reducción de las temperaturas interiores diurnas por debajo de las máximas exteriores se puede obtener solamente en edificios mäsicos con control solar efectivo. Para edificios con gran masa térmica, bien aislados y con elementos de sombreado, cerrados durante el día y ventilados únicamente durante las horas de la noche, es posible un descenso de las temperaturas máximas interiores por debajo de las exteriores de

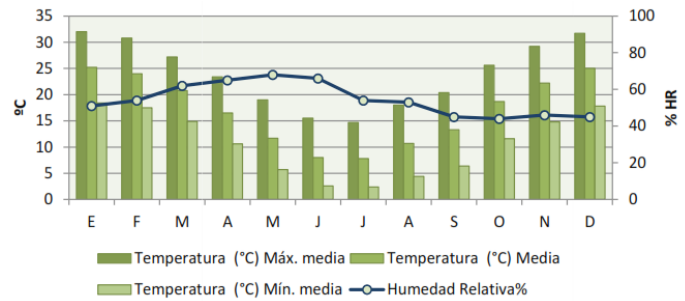


Figura 1. Temperaturas medias anuales, máximas medias, mínimas medias y precipitaciones de Mendoza. Humedad relativa mensual. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. (Datos estadísticos periodo 1981-1990).

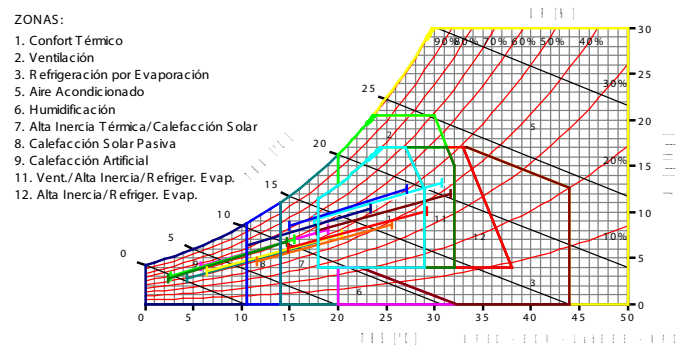


Figura 2. Carta Psicrométrica Mendoza. Fuente: Elaboración de autoras con software Analysis Bio.

aproximadamente un 45% a un 55% de la amplitud térmica. Por la noche, las temperaturas interiores son superiores a las exteriores (Olgyay, 1998).

• VIVIENDA URBANA ENTRE MEDIANERAS.

Para el análisis propuesto, se tomó como caso de estudio una vivienda unifamiliar (Figuras 3, 4 y 5), ubicada en una zona residencial de la ciudad de Mendoza. La misma responde a la tipología de *dúplex*, con fachada principal orientada al Norte. La tecnología constructiva es de tipo tradicional para Mendoza. Los muros son de ladrillo macizo de 12,5cm revocados en ambos lados con 2,5cm de concreto, sin aislación térmica, con terminación de revestimiento texturado plástico color claro ($K= 2.59W/m2k$). Los techos son inclinados, de madera, aislación térmica de poliestireno expandido de 5cm de espesor, con terminación exterior de tejas cerámicas ($K= 0.93 W/m2k$). Las carpinterías son metálicas con vidrio simple de 4mm de espesor ($K= 5.7W/m2k$). Cabe destacar que la vivienda no posee sistemas de refrigeración en ninguno de sus ambientes, solo cuenta con dos ventiladores, uno en el dormitorio sur y otro en el estar comedor.



Figuras 3, 4, 5a y 5b. Fotografías de la vivienda caso de estudio. Plantas y corte. Ubicación de sensores en color rojo y esquema de circulación de aire en azul. Fuente: Andreoni Trentacoste, 2014.



Figuras 6 y 7. Ubicación de los sensores. Fuente: Fotografías de las autoras.

METODOLOGÍA

• MONITOREO HIGROTÉRMICO

Se recolectaron datos in situ mediante monitoreo higrotérmico, mediciones de temperatura y humedad relativa, por medio de la colocación de 4 micro-adquisidores de datos HOBO U10, 1 en el exterior (protegido de la radiación solar directa) y 3 en el interior de la vivienda: estar comedor, dormitorio norte y dormitorio sur (Figuras 5, 6 y 7). Todos suspendidos en el centro de cada espacio, a alturas equivalentes (aproximadamente a 2m del nivel del piso) para mantenerlos alejados de la influencia de elementos constructivos con masa (Figuras 6 y 7).

El periodo de medición fue de 59 días en verano, en los meses de enero y febrero. El intervalo para la toma de datos se fijó en 15 minutos y se procesó la información con los programas HOBOWare pro y Excel. Se registraron datos bajo condiciones controladas, probando el efecto que producen distintas alternativas de manejo de la envolvente por los usuarios.

Registro de la gestión del usuario.

Se elaboró un cuadro de registro de datos que completaron los usuarios de la vivienda durante el periodo de monitoreo. Allí se consideró: fecha, temperaturas pronosticadas diarias, lluvia, heliofanía, condición de uso controlada, horario de ocupación, cierre de aberturas, apertura de aberturas, uso de ventilador y sensación de confort diurno y nocturno (ASHRAE, 2008).

RESULTADOS

A continuación, se exponen tres gráficos de dispersión donde se relacionan las condiciones de temperatura y humedad de cada ambiente monitoreado en la vivienda, y con el exterior. Los mismos corresponden a los periodos comprendidos entre el 2 y el 11 de enero (Figura 8); el 15 y el 24 de febrero (Figura 9), y entre el 12 y el 21 de enero (Figura 10), todos del año 2017.

Durante el primer periodo de medición, en el mes de enero, los usuarios se comprometieron a posibilitar la ventilación natural nocturna de la vivienda, abriendo todas las ventanas durante la noche y cerrándolas durante el día. Se repitió la misma estrategia durante un segundo periodo en febrero. Por último, se registraron datos de la vivienda sin ocupación, con todos los elementos de la envolvente completamente cerrados.

Se compararon los dos primeros periodos monitoreados con el empleo de una misma estrategia de gestión del usuario, ventilación natural nocturna, con variación de las temperaturas máximas exteriores registradas. Luego, el tercer periodo, sin ocupación, se comparó con el segundo (en el mes de febrero), ya que en ambos coinciden las condiciones exteriores y se diferencian en el uso y gestión de la envolvente.

• PERIODO DE MEDICIÓN: 2 A 11 DE ENERO,

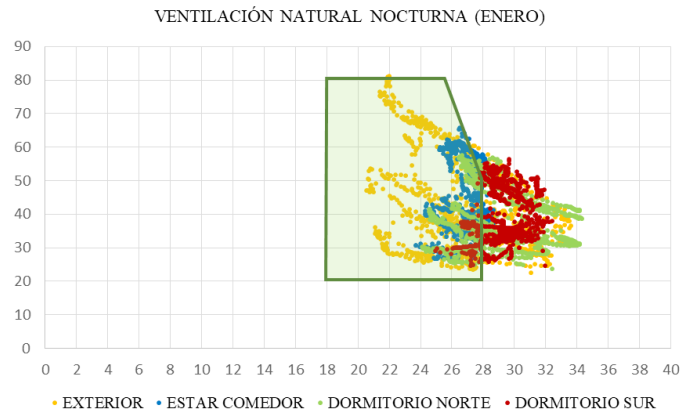


Figura 8. Diagrama de dispersión de temperatura y humedad relativa. Mes: Enero. Fuente: Elaboración de las autoras.

| | EXTERIOR | ESTAR COMEDOR | DOR. NORTE | DOR. SUR |
|------------------|----------|---------------|------------|----------|
| HORAS DE USO | 216 | 216 | 216 | 216 |
| HORAS DE CONFORT | 146 | 194 | 78 | 36 |
| % CONFORT | 68% | 90% | 36% | 17% |

Tabla 1. Porcentajes de confort por ambientes. Mes: Enero. Fuente: Elaboración de las autoras.

La temperatura exterior en este periodo de análisis varía entre 21.5°C y 33.5°C, coincidiendo con las temperaturas mínimas medias y máximas medias esperables para este mes (Figura 1). La amplitud térmica promedio es de 12°C.

En el gráfico de dispersión correspondiente a este periodo (Figura 8), de acuerdo al polígono de confort establecido por Givoni, delimitado en línea verde, se puede apreciar que el ambiente más confortable es el estar comedor, justamente el espacio de mayor permanencia de los usuarios. Este se encuentra en confort el 90% de las horas de uso registradas, superando eventualmente los 28°C, con lo cual mitiga de manera notable las condiciones externas (68% de confort higrotérmico). Ello demuestra un mejor aprovechamiento de la estrategia de uso de ventilación, junto con la inercia térmica de los materiales constructivos de la vivienda. Es importante señalar que al encontrarse en la planta baja, este ambiente se favorece

| Fecha | Temp. exterior (SMN) | Lluvia | Heliofanía (%) | Horario de ocupación (Entre horas) | Cirre aberturas (Hora) | Apertura aberturas (Hora) | Uso ventilador DORM. SUR | Sensación de confort DIURNO (CV) | Sensación de confort NOCTURNO (CV) |
|-----------|----------------------|--------|----------------|---|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 2/1/2017 | 34°C / 19°C | NO | 90 | 00-09 / 13:30-18:40 / 20:25-21 / 21:24-00 | 8:30 | 20:25 | SI | (+) 2.5 | (+) 0.5 |
| 3/1/2017 | 33°C / 21°C | NO | 90 | 00-08:15 / 13:10- | 7:30 | 20:40 | SI | (+) 2 | 0 |
| 4/1/2017 | 29°C / 18°C | NO | 100 | 00-8:00 / 13:10-00 | 7:30 | 19:10 | SI | (+) 1 | (-) 0.5 |
| 5/1/2017 | 25°C / 19°C | NO | 90 | 00-8:00 / 13:50-18 / 19 / 20-20:45 / | 8:00 | 20:00 | SI | (+) 0.5 | 0 |
| 6/1/2017 | 37°C / 17°C | NO | 80 | 00:15-7:45 / 13:20 / 21:00-00 | 7:45 | 21 | SI | (+) 1 | (+) 2 |
| 7/1/2017 | 36°C / 20°C | SI | 70 | 00-00 | 8:00 | 20:00 | SI | (+) 2 | (+) 2 |
| 8/1/2017 | 32°C / 20°C | NO | 80 | 00-10 / 21:30-22:30 | 9:15 | 21:30 | SI | (+) 2 | (+) 1 |
| 9/1/2017 | 32°C / 20°C | SI | 70 | 1:15-8 / 13:30-00 | 7:30 | 20:55 | SI | (+) 2.5 | (+) 0.5 |
| 10/1/2017 | 30°C / 19°C | NO | 70 | 00-8 / 13:30 | 8:00 | 20:45 | SI | (+) 2 | (+) 1 |
| 11/1/2017 | 33°C / 21°C | NO | 90 | 00:55-8:00 / 10:30- | 8:00 | - | SI | (+) 2.5 | (+) 1 |

Tabla 2. Registro de la gestión del usuario. Mes: Enero. Fuente: Elaboración de las autoras.

por contar con escasa superficie expuesta a la radiación solar directa, como así también por el efecto de estratificación térmica.

En cuanto a los dormitorios ubicados en planta alta, aunque el porcentaje de horas de confort del dormitorio sur, 17% (Tabla 1), es menor en comparación al 36% que presenta el dormitorio norte, es posible notar en el gráfico de dispersión (fig. 9) que este último registra temperaturas superiores diurnas en gran parte del periodo analizado. Esto se debe principalmente a la incidencia de radiación solar directa sobre el muro y ventanas norte, que al no presentar protecciones exteriores ni aislaciones, permiten el ingreso de la radiación solar al interior del ambiente. Aun así la temperatura interior descende notablemente en la noche, lográndose así un buen aprovechamiento de la ventilación natural nocturna.

Los resultados aquí examinados demuestran la factibilidad de la aplicación de las estrategias bioclimáticas propuestas en la carta psicrométrica (Figura 2).

| | EXTERIOR | ESTAR COMEDOR | DOR. NORTE | DOR. SUR |
|------------------|----------|---------------|------------|----------|
| HORAS DE USO | 216 | 216 | 216 | 216 |
| HORAS DE CONFORT | 128 | 177 | 19 | 55 |
| % CONFORT | 59% | 82% | 9% | 25% |

Tabla 3. Porcentajes de confort por ambientes. Mes: Febrero. Fuente: Elaboración de las autoras.

| FECHA | Temp. exterior (SMN) | Lluvia | Heliofanía (%) | Horario de ocupación (Entre horas) | Cierre aberturas (Hs) | Apertura aberturas (Hs) | Uso ventilador DORM. SUR | Sensación de confort DIURNO (CV) | Sensación de confort NOCTURNO (CV) |
|-----------|----------------------|--------|----------------|---|-----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 16/2/2017 | 33°C / 18°C | NO | 80 | 00-9 / 14-18:30 / 22-00 | 8:30 | 22:30 | SI | (+) 1.5 | (+) 0.5 |
| 17/2/2017 | 31°C / 21°C | NO | 80 | 00-9 / 13-18:30 / 22:30-00 | 9 | 21:30 | SI | (+) 1.5 | (+) 1 |
| 18/2/2017 | 33°C / 20°C | NO | 90 | 00-00 | 10 | 22 | SI | (+) 1.5 | (+) 0.5 |
| 19/2/2017 | 36°C / 21°C | NO | 95 | 00-13 / 18-00 | 10:15 | 21:30 | SI | (+) 2 | (+) 1 |
| 20/2/2017 | 37°C / 21°C | NO | 95 | 00-8.30 / 13-16 / 17:30 - 19:30 / 22-00 | 8:30 | 22:30 | SI | (+) 2 | (+) 1 |
| 21/2/2017 | 38°C / 22°C | NO | 95 | 00-9 / | 8 | 22 | SI | (+) 2 | (+) 1 |
| 22/2/2017 | 40°C / 24°C | NO | 95 | 00-00 | 9 | 22 | SI | (+) 2.5 | (+) 1 |
| 23/2/2017 | 41°C / 24°C | NO | 95 | 00-09 / 17-18 / 21 | 8:30 | 22:30 | SI | (+) 3 | (+) 1.5 |
| 24/2/2017 | 40°C / 20°C | SI | 75 | 00-08:30 / 16:30- | 8:30 | 22:30 | SI | (+) 3 | (+) 2.5 |

Tabla 4. Registro de la gestión del usuario. Mes: Febrero. Fuente: Elaboración de las autoras.

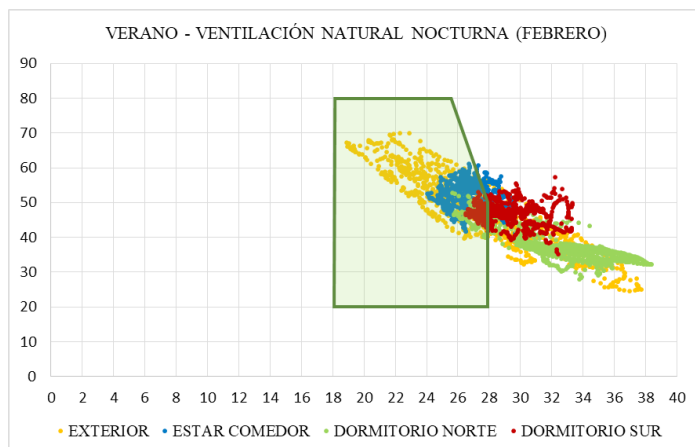


Figura 9. Diagrama de dispersión de temperatura y humedad relativa. Mes: Febrero. Fuente: Elaboración de las autoras.

Respecto a la percepción de los usuarios, según el registro de la Tabla 2, estos manifestaron sentir calor mayormente en horario diurno, en promedio un voto de confort de 1.8. No así en la noche, donde percibieron mayor comodidad, con un voto de confort promedio de 0.85. Esta sensación térmica se corresponde con el efecto que provoca la brisa que ingresa desde el exterior con una temperatura menor a la del aire caliente acumulado en el interior durante el día. El horario de apertura y cierre de las aberturas coincide, en su mayoría, en todos los días del periodo, siendo estos horarios definidos por los usuarios por medio de su sensación térmica, sin la ayuda de termostatos, lo que hubiese facilitado determinar el momento más conveniente.

- **PERIODO DE MEDICIÓN: 15 A 24 DE FEBRERO, 2017.**

La temperatura exterior en este periodo de análisis varía entre 19.03°C y 37.7°C, superando en gran medida las temperaturas

mínimas medias y máximas medias esperables para estos meses (Figura 1). La amplitud térmica promedio es de 10°C.

En el gráfico de dispersión correspondiente a este periodo (Figura 9), se observa un incremento en las temperaturas exteriores, en comparación al gráfico del mes de enero (Figura 9). De acuerdo al polígono de confort establecido por Givoni, delimitado en línea verde, el ambiente que conserva el mayor porcentaje de horas de confort es el estar comedor (82%), porcentaje que, sin embargo, disminuye en relación al periodo de enero. Esto se debe a las altas temperaturas exteriores, aun en horas nocturnas, que impiden un mayor aprovechamiento de la ventilación natural.

El dormitorio ubicado en la fachada Norte presenta las condiciones más desfavorables de confort higrotérmico, con un 9% de horas en confort, siendo además el ambiente de menor uso, sobre todo en verano. Las altas temperaturas, junto con la radiación solar directa sobre el muro y ventanas norte, considerando la alta heliofanía registrada por los usuarios (Tabla 4) y la ausencia de elementos de sombreado, favorecen un sobrecalentamiento del aire en este ambiente, registrándose en su interior temperaturas incluso superiores a las del exterior.

El dormitorio sur corresponde al dormitorio principal de la vivienda, es de uso mayoritariamente nocturno y muestra un porcentaje de confort del 25% que coincide con el horario de uso, superando las condiciones de confort en 1°C a 2°C, solo en algunos casos.

En relación a la percepción de los usuarios, la Tabla 4 constata que ellos manifestaron sentir calor mayormente en horario diurno y que percibieron algo de calor también en horas de la noche, superando la sensación de falta de confort del periodo analizado en enero. Todos los días la apertura de las ventanas se realizó más tarde que en el periodo anterior, esto manifiesta un menor y tardío descenso de la temperatura en horas nocturnas.

En ambos periodos la heliofanía es alta y se registraron escasas precipitaciones; condiciones que coinciden con las características del clima de esta región geográfica para los meses de verano.

• **PERIODO DE MEDICIÓN: 12 A 21 DE ENERO, 2017.**

La temperatura exterior en este periodo de análisis varía entre 22°C y 36.5°C. La amplitud térmica promedio es de 12°C.

En el gráfico de dispersión correspondiente al periodo sin ocupación (Figura 10), donde se mantuvo la casa cerrada, se advierte que las condiciones externas se asemejan a las del mes de febrero (Figura 10). No

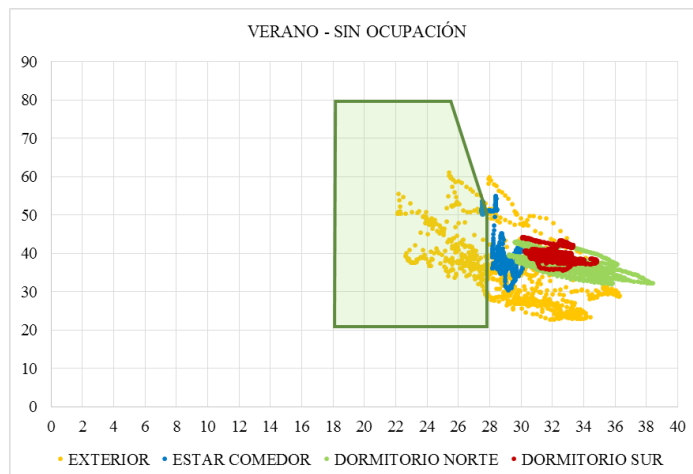


Figura 10. Diagrama de dispersión de temperatura y humedad relativa. Mes: Enero. Fuente: Elaboración de las autoras.

| | EXTERIOR | ESTAR COMEDOR | DOR. NORTE | DOR. SUR |
|------------------|----------|---------------|------------|----------|
| HORAS DE USO | 216 | 216 | 216 | 216 |
| HORAS DE CONFORT | 78 | 12 | 0 | 0 |
| % CONFORT | 36% | 6% | 0% | 0% |

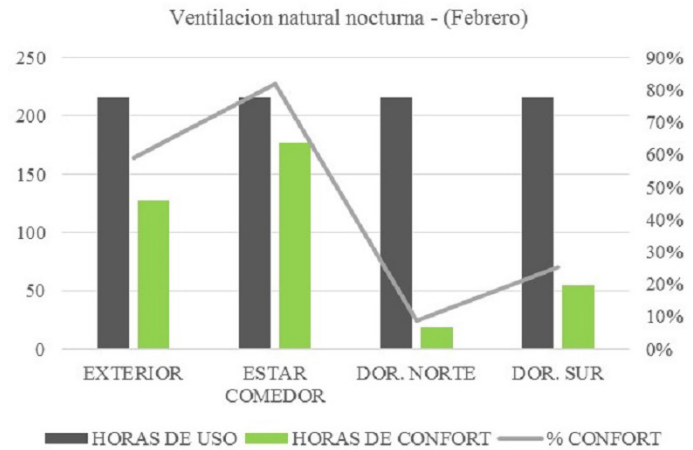
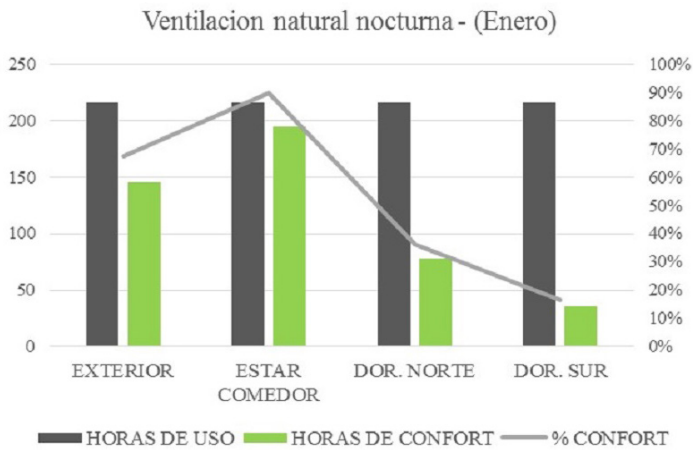
Tabla 5. Porcentajes de confort por ambientes. Mes: Enero. Fuente: Elaboración de las autoras.

obstante, al analizar los datos de los ambientes interiores en comparación al polígono de confort establecido por Givoni, se evidencia falta de confort en todo el interior de la vivienda. En efecto, según se registró, únicamente el estar comedor presenta un 6% de horas de confort (Tabla 5) y por solo 12 horas, coincidentes con el primer día de medición.

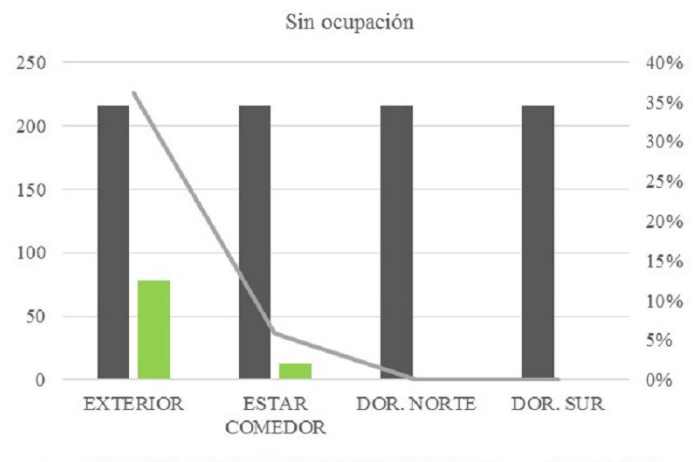
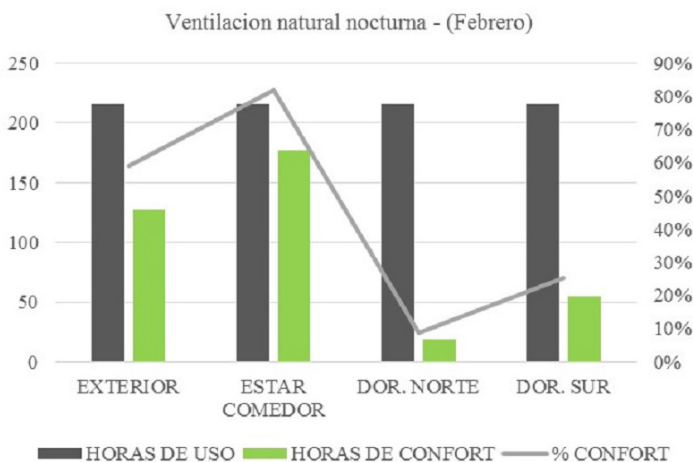
El ambiente más desfavorable es el dormitorio norte, donde se supera la temperatura máxima exterior en 2.2°C, por sobre los 38°C.

CONCLUSIONES

El presente trabajo analiza la influencia del usuario en el logro del confort interior de una vivienda urbana de construcción tradicional para la ciudad de Mendoza, Argentina, mediante monitoreo experimental en condiciones reales de uso y sin ocupación.



Figuras 11 y 12. Diagramas de barra, periodos de uso de ventilación natural nocturna. Meses: Enero y febrero.
 Fuente: Elaboración de las autoras.



Figuras 12 y 13. Diagramas de barra, periodo de uso de ventilación natural nocturna y sin ocupación. Meses: Febrero y enero.
 Fuente: Elaboración de las autoras.

Del análisis realizado, se concluye que la intervención comprometida y consciente del usuario mediante la aplicación de estrategias de enfriamiento pasivo influye de manera positiva sobre el comportamiento térmico de la vivienda.

El efecto de la ventilación natural nocturna muestra beneficios en el desempeño térmico interior de los ambientes en los dos periodos analizados con el uso de esta estrategia. Sin embargo, en el periodo del mes de febrero (Figura 12) cuando se registraron temperaturas externas por encima de las esperables, el impacto positivo del aprovechamiento de la ventilación fue menor al mes de enero (Figura 11). Esto se observó fundamentalmente en el dormitorio norte, el cual registró tan solo un 9% de horas de confort, debido a que se encuentra mayormente afectado por las características de los materiales que

componen la envolvente: los muros ($K= 2.59W/m^2k$) y las ventanas ($K= 5.7W/m^2k$) provocan un incremento en las temperaturas interiores al no estar protegidos por aislamiento ni elementos de sombreado. Por otro lado, en ambos periodos de análisis, el estar comedor (ambiente de mayor ocupación) consiguió el mayor porcentaje de horas de confort, con el 90% (Figura 11) y el 82% (Figura 12), siendo esta diferencia efecto de las condiciones externas. Este ambiente se ve favorecido por una menor exposición de la envolvente a las condiciones externas, de manera que logra un mejor aprovechamiento de la ventilación natural nocturna por contar con aberturas tanto al Sur como al Norte, sin ambientes intermedios, como sucede en la planta alta.

En cuanto al periodo sin ocupación (Figura 13), los resultados muestran porcentajes de confort nulos en los

dormitorios de planta alta y apenas un 6% en el estar comedor, algunos de los cuales incluso superan las temperaturas máximas exteriores. En comparación con el periodo de febrero (Figura 12), cuando el uso de la ventilación natural nocturna, junto con la inercia térmica como estrategias de enfriamiento pasivo, generaron un 82% de horas de confort en el estar comedor, y teniendo en cuenta condiciones exteriores similares, es evidente la afirmación de que la intervención del usuario en la búsqueda de condiciones interiores de confort es positiva y significativa. Esto demuestra la eficiencia de sistemas de control pasivos en el diseño de la envolvente de las viviendas, que sean flexibles para permitir al usuario adaptarlos a sus necesidades de confort.

El equilibrio de las ciudades, en particular las que se encuentran en un clima árido templado continental, depende de un adecuado y apropiado uso de sus recursos y de sus potencialidades. El consumo de energía está relacionado a las actividades humanas y, por lo tanto, el usuario toma decisiones que aportarán o no a la sustentabilidad urbana. La dirección a seguir para contribuir al confort de nuestros espacios y realizar un aporte sustentable al hábitat, radica en integrar en nuestras ciudades estrategias adecuadas que logren disminuir el consumo de energía no renovable y aprovechen los recursos del clima en forma pasiva. La arquitectura bioclimática constituye una posibilidad insoslayable para colaborar con el logro de dicha sustentabilidad.

En definitiva, se identifican en este trabajo potencialidades que presentan las viviendas de la ciudad de Mendoza para permitir al usuario conseguir el confort en verano, mediante estrategias de comportamiento, pudiendo prescindir de equipos de enfriamiento convencionales y contribuyendo así al ahorro energético, siempre y cuando las características edilicias respondan a las recomendadas para la zona. Atendiendo al escenario futuro planteado anteriormente, es recomendable mejorar las características constructivas de la vivienda, incluyendo aislamiento en muros, optimizando la aislación en techos y diseñando protecciones para las ventanas norte; medidas que contribuirían a aumentar los porcentajes de confort interior conseguidos con la estrategia utilizada. Se pretende, a futuro, realizar simulaciones con alternativas de mejora para la vivienda auditada, así como también ampliar la cantidad de casos de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los propietarios de la vivienda auditada por su buena predisposición a adoptar los distintos tipos de manejo de la envolvente registrados y acceder a la instalación de equipos de monitoreo. Agradecemos también al CONICET (Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnicas) por el soporte financiero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. ASHRAE. *Proposed addendum d to Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta GA, 2008.

ANDREONI TRENTACOSTE, Soledad E. *Protocolo de diagnóstico térmico - energético para la rehabilitación de viviendas en la Ciudad de Mendoza, Argentina* [en línea]. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía, España, 2014. [Consultado noviembre 2017]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10334/3781>

CORREA, Érica; DE ROSA, Carlos y LESINO, Graciela. Acondicionamiento Térmico de los Espacios: estudio del Potencial de Enfriamiento Evaporativo Adiabático dentro del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *AVERMA. Avance en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2007, vol. 11, n° 1, pp. 113-120.

FLORES LARSEN, Silvana; FILIPPÍN, Celina y LESINO, Graciela. *La incidencia de los usuarios en el comportamiento térmico de verano de una vivienda en el noroeste argentino*. Documento presentado en: IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES), Cusco, Perú. 1-5 de Noviembre, 2010.

GANEM, Carolina. *Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2006.

GIVONI, Baruch. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Nueva York, Estados Unidos: Ed. John Wiley & Sons, INC., 1998.

GIVONI, Baruch y VECCHIA, Francisco. *Predicting thermal performance of occupied houses*. Proceedings of the PLEA. November, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 [en línea]. [Consultado octubre 2017]. Disponible en: https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135

INVIDIATA, Andrea y GHISI, Eneidir. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. *Energy and Buildings* [en línea], 2016, n°130, pp.20-32. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.07.067.

NICOL, Fergus. *Adaptive thermal comfort in domestic buildings*. Documento presentado en: Making Comfort Relevant: 9th Windsor 2016. Cumberland Lodge, Windsor, UK. 2016.

OLGYAY, Víctor. *Arquitectura y clima. Manual de arquitectura bioclimática para arquitectos*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1998.

OKE, T.; JOHNSON, G.T.; STAYN, D.G. y WATSON I. D. Simulation of Surface Urban Heat Island Under 'Ideal' Conditions at Night: part 2: diagnosis and causation. *Boundary-Layer Meteorology*, 1991, vol. 56, pp. 339-358.

PALME, Massimo, CARRASCO, Claudio y GÁLVEZ, Miguel Ángel. Estimación del riesgo de sobrecalentamiento y del potencial de refrigeración por ventilación natural de viviendas unifamiliares en ciudades costeras de Chile. *Hábitat Sustentable*, 2016. vol. 6, pp. 52-61.

SANTAMOURIS, M., PARAPONIARIS, K., MIHALAKAKOU, G. Estimating the Ecological Footprints of the Heat Island Effect, Athens, Greece. *Climate Change*, 2007, vol. 80, pp. 265-276.

SANTAMOURIS, Manthos; SYNNEFA, Afroditi y KARLESSIET, T. Using Advanced Cool Materials in the Urban Built Environment to Mitigate Heat Islands and Improve Thermal Comfort Conditions. *Solar Energy*, 2011, vol. 85, n° 12, pp. 3085-3102.

STATHOPOULOU, E.; MIHALAKAKOU, G.; SANTAMOURIS, M. y BAGIORGAS, H. S. *On the impact of temperature on tropospheric ozone concentration levels in urban environments*. *Journal of Earth System Science*, 2008, vol. 117, n° 3, pp. 227-236.