

La influencia del usuario en el comportamiento térmico de una vivienda con ventilación natural nocturna

Occupant influence on the thermal performance of a dwelling by using night natural ventilation

Autor 01: Soledad Andreoni Trentacoste

Filiación: Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, CONICET, CCT Mendoza, Argentina.

Dirección: Av. Ruiz Leal s/n, CP 5500, Mendoza, Argentina.

Correo: sandreoni@mendoza-conicet.gob.ar

Autor 02: Carolina Ganem

Filiación: Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía, CONICET, CCT Mendoza, Argentina.

Dirección: Av. Ruiz Leal s/n, CP 5500, Mendoza, Argentina.

Correo: cganem@mendoza-conicet.gob.ar

Manuscript Code: 002

Date of Acceptance/Reception:

Resumen

Existe una brecha entre el desempeño térmico previsto mediante simulaciones y el comportamiento real de los edificios una vez en uso. Dichas diferencias se incrementan si el diseño integra estrategias pasivas que requieran un usuario activo. El presente estudio propone una aproximación a la cuantificación de la influencia del usuario en el comportamiento térmico en viviendas. Para ello se determinaron cinco perfiles de usuario: uno pasivo, tres intermedios y uno activo. Se trabajó con un caso de estudio en verano: una vivienda urbana en la ciudad de Mendoza, Argentina (32° 40' LS; 68° 51' LO y 750 msnm). Se eligió la estrategia de ventilación natural nocturna por requerir de un usuario activo para su buen rendimiento y ser apropiada para climas templados continentales. Se efectuó un monitoreo higrotérmico durante el mes de enero de 2017, en el que se realizó la gestión de la envolvente por los usuarios activo y pasivo. Se llevó a cabo un registro pormenorizado de las acciones de cada tipo de usuario. Los datos obtenidos permitieron ajustar el modelo de simulación elaborado por medio del software Energy plus, y definir 3 perfiles de usuario intermedios simulados en el mismo periodo. Se obtuvieron mediante análisis estadístico los porcentajes de temperaturas dentro del rango de confort para cada perfil de usuario. Los resultados demuestran que un correcto aprovechamiento de la ventilación natural nocturna en verano (usuario activo) mejora notablemente las condiciones de confort interior. Resultando el 82% de las temperaturas dentro del rango de confort sin la utilización de energía auxiliar para refrigeración. Los tres perfiles de usuarios intermedios mostraron temperaturas de confort en un 73%, 55% y 63% respectivamente. En el mismo periodo los datos de monitoreo del usuario pasivo muestran un sobrecalentamiento del aire interior, obteniendo solo un 43% de las temperaturas dentro del rango de confort térmico.

Palabras claves: Confort térmico; Uso y gestión; Ventilación natural.

Abstract

There is a gap between expected thermal performance simulation and real building behavior once they are in use. This gap increases if the design integrates passive strategies that require an active user. This work proposes an approximation to the quantification of occupants influence on the thermal performance of dwellings. Five user profiles were determined: one passive, three intermediate and one active. As a case study, an urban dwelling in the city of Mendoza, Argentina (32° 40' S; 68° 51' W y 750 masl), was on site monitoring in summer. Nocturnal natural ventilation strategy was chosen because it required an active user for its good performance and to be appropriate for continental temperate climates. In situ measurements were taken as well as an accurate record of each user action during the management of the envelope by users passive and active, in January 2017. The data obtained allowed the adjustment of a computer simulation performed using Energy Plus and to define 3 simulated intermediate user profiles in the same period. Percentages of temperatures within the comfort range for each user profile were obtained by statistical analysis. The results show that a proper use of natural nocturnal ventilation in summer (active user) significantly improves indoor comfort conditions. Resulting 82% of the temperatures within the comfort range without the use of auxiliary energy for cooling. The three profiles of intermediate users showed comfort temperatures by 73%, 55%, and 63% respectively. In the same period, the monitoring data of the passive user shows an overheating of the indoor air, obtaining only 43% of the temperatures within the thermal comfort range.

Keywords: Thermal comfort; Use and management; Natural ventilation.

Introducción

La respuesta de los usuarios de edificios a los cambios en el clima exterior con la intención de mejorar su confort interior, -ya sea modificando elementos móviles de la envolvente o utilizando equipos de acondicionamiento térmico- produce grandes variaciones en el comportamiento térmico y energético edilicio. La Agencia Internacional de Energía (IEA), en el anexo 66: "Definición y simulación del comportamiento del usuario en edificios"(IEA, 2017) de su programa de energía en edificios y

comunidades (EBC), considera el comportamiento del usuario como un factor clave de impacto significativo sobre el uso real de la energía y la calidad del ambiente interior en los edificios. Sin embargo, considera que la acción del usuario esta poco reconocida y sobre simplificada en el diseño, construcción, desempeño y rehabilitación de edificios. Por lo tanto, comprender en profundidad el comportamiento del usuario y lograr cuantificar sus impactos en el desempeño térmico y energético edilicio es crucial para diseñar, evaluar y construir edificios de bajo consumo energético.

Las auditorías edilicias y la relación de éstas con la materialización constructiva, son un importante aporte al conocimiento de los consumos reales y los comportamientos térmicos. Asimismo, las posibilidades actuales que brindan los programas de simulación resultan una herramienta apropiada para evaluar distintas alternativas (Balter, Ganem, & Discoli, 2012). Sin embargo, durante los últimos años diferentes estudios (Yan et al., 2015; IEA, 2015; Göçer, Hua, & Göçer, 2015; Nicol, 2016) demuestran que existe una brecha entre el desempeño previsto mediante simulaciones y el comportamiento real de los edificios una vez en uso. Dichas diferencias se incrementan si el diseño integra estrategias pasivas que requieran un usuario activo.

El presente estudio propone una aproximación a la cuantificación de la influencia del usuario en el comportamiento térmico en viviendas en la ciudad de Mendoza, Argentina. Partiendo del análisis de una vivienda de diseño y tecnología convencional para la zona de estudio, en condiciones reales de uso en verano, que permita generar un modelo térmico del edificio mediante el ajuste en el software Energy Plus, para la simulación del comportamiento térmico de la misma bajo la influencia de diferentes perfiles de usuarios.

Estado del arte del problema

Las conductas del usuario en relación al uso y gestión de la vivienda son de naturaleza estocásticas, lo que significa que no solo puede variar entre un usuario y otro sino también que se modifican en el tiempo. Estudios previos afirman que las acciones de un usuario pueden responder a factores como: su percepción térmica del ambiente interior, la necesidad de mejorar la calidad del aire, el clima en el exterior, ruidos, radiación solar alta y también factores psicológicos y socio-culturales (Yan et al., 2015).

El clima local influye en las condiciones del ambiente térmico interior, siendo de gran importancia que las características morfológicas y tecnológicas de la envolvente edilicia permitan la protección y el control de dicha influencia. Diversos autores (Olgyay, 1962; Coch Roura & Serra Florensa, 1991; Givoni, 1992) recomiendan para el logro del confort térmico interior en climas templados continentales, estrategias pasivas que consideren la interacción del usuario con los elementos de la envolvente edilicia. En edificios naturalmente ventilados, la principal estrategia de refrigeración en verano es la apertura de ventanas y persianas cuando la temperatura exterior desciende en relación a la interior (Raja, Nicol, & McCartney, 1998). Sin embargo, esto resulta un factor de incertidumbre para predecir el desempeño térmico edilicio. Esto se debe a que una debilidad de las simulaciones tanto dinámicas como estacionarias, desde la perspectiva del modelo de confort adaptativo, es que estas simplifican o eliminan las partes del modelo que se encargan de la interacción entre el ocupante y el edificio. Es el caso, por ejemplo, del índice PMV (voto medio predictivo) incluido dentro de la norma ISO 7730, en un estudio realizado por Humphreys y Nicol (2002), se demuestra la falta de precisión del PMV en condiciones reales de uso diario, concluyendo que el mismo puede ser seriamente confuso cuando se utilice para predecir el voto medio de confort de grupos de personas en condiciones reales de uso en edificios, particularmente en ambientes cálidos.

Estudios previos confirman que el uso de ventilación natural transversal dirigida por viento disminuye el riesgo de sobrecalentamiento en verano, principalmente en climas con variabilidad diaria y estacional (Raja et al., 1998; Palme, Carrasco, & Galvez, 2016). Siempre que el diseño de la vivienda contemple conceptos de arquitectura bioclimática y características físicas de la envolvente que permitan la gestión consiente del usuario para el logro del confort (Ganem, Esteves, & Coch, 2005). Asimismo, diversos estudios demuestran la importancia del comportamiento de los ocupantes respecto del manejo del ambiente interior de una vivienda y su incidencia en el consumo energético (Flores Larsen, Filippín, & Lesino, 2010; Sulaiman, Blasco, & Flippin, 2009). Sin embargo, en los estudios referenciados los propios autores cuestionan la generalización y extrapolación de los resultados a otras viviendas en la misma localización o en otras zonas climáticas.

Metodología

Caso de estudio

La ciudad de Mendoza, capital de la provincia homónima, se ubica en el centro oeste de Argentina (32° 40' latitud sur y 68° 51' longitud oeste) y a 750 msnm. La misma pertenece a la zona bioambiental IVA, templado frío, según norma IRAM 11603 (figura 1). Este clima se caracteriza por fuertes amplitudes térmicas anuales. En verano, las temperaturas oscilan entre los 34°C y 18°C, registrándose en el mes de enero la temperatura extrema diaria máxima más alta de 40,2°C (periodo 1961 a 2017). La recomendación para este clima en verano, como se observa en la carta psicrométrica (figura 2), es principalmente el aprovechamiento de la ventilación natural nocturna. Favoreciendo, en el caso de edificios con materiales de envolvente de alta inercia térmica, enfriar mediante convección la masa térmica durante la noche permitiéndole absorber el calor que pueda ingresar dentro del edificio durante el día, con solo un leve aumento de la temperatura interior (Givoni, 1992).

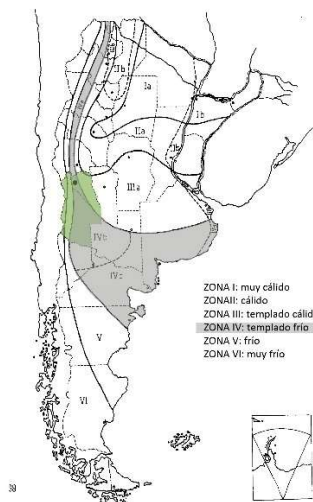


Figura1. Zonas bioambientales, Argentina. Fuente: Adaptación de las autoras en base a Norma IRAM 11603.

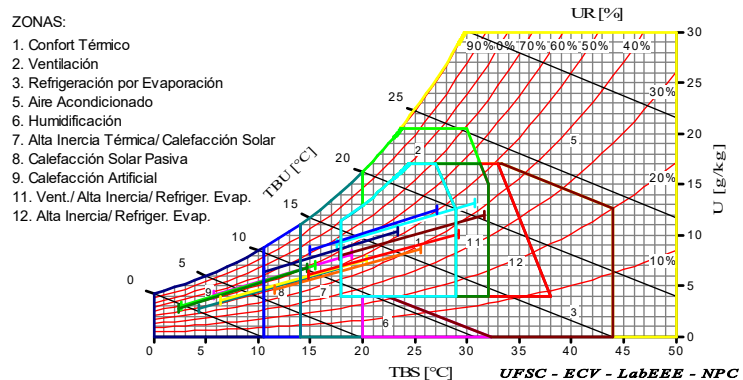


Figura2. Carta Psicrométrica para Mendoza. Fuente: Elaboración de las autoras con software AnalysisBio.

La ciudad de Mendoza es el núcleo de mayor densidad poblacional de la provincia albergando al 64% de la población y concentrando gran cantidad de edificios con predominio de residenciales de baja altura. Es por esto que en el presente trabajo se seleccionó como caso de estudio una vivienda unifamiliar ubicada en el centro urbano de la ciudad, construida entre medianeras, considerada como la tipología más representativa. La tipología constructiva de la misma es del tipo tradicional para la zona, las características de la misma se pueden observar en la siguiente tabla (tabla1):

Tabla1. Características constructivas de la vivienda. Fuente: Elaboración de las autoras.

MATERIALES VIVIENDA			
ELEMENTO	MATERIALES	U (W/m ² °C)	ESPEJOR (cm)
MURO	revoque ext	1.16	0.05
	ladrillon	0.81	0.18
	revoque int	1.16	0.03
VENTANAS	chapa plegada	17	0.00071
	vidrio 4mm	0.9	0.004
TECHO	teja cerámica	0.76	0.06
	telgopor 5cm	0.03	0.05
	madera	0.34	0.05
ENTREPISO	baldosa cerámica	0.7	0.03
	contrapiso	1.63	0.15
	losa H°A°	1.74	0.20
	yeso aplicado	0.48	0.025
PISO	losa H°A°	1.74	0.20
	contrapiso	1.63	0.15
	baldosa cerámica	0.7	0.03
PISO PATIO	contrapiso	1.63	0.15

	baldosa cementicia	1.15	0.15
--	--------------------	------	------

Auditoria higrotérmica, simulación y perfiles de uso y gestión

Se realizó un monitoreo higrotérmico en verano, durante el mes de enero de 2017, mediante la colocación de 4 micro adquirentes de datos HOBO U12, 3 en el interior de la vivienda y 1 en el exterior. Se examinó el desempeño térmico de la vivienda caso de estudio al aplicar la estrategia de ventilación natural nocturna por requerir de un usuario activo para su buen rendimiento y ser apropiada para climas templados continentales, sin la incorporación de acondicionamiento artificial. En este trabajo se presentan los datos recabados del estar – comedor (zona 1). Se definieron dos perfiles de usuario: activo y pasivo. El primero realizó una gestión de la envolvente consiente del aprovechamiento de la estrategia de ventilación natural nocturna preocupándose por ventilar la vivienda cuando percibía la disminución de las temperaturas en el exterior con respecto al interior, y cerrar las aberturas cuando las mismas aumentaban. Por otro lado, el usuario pasivo presentó un menor compromiso en la gestión de la envolvente, manteniendo ventanas y/o puertas abiertas durante todo el día. Se elaboró un registro de fechas y horarios detallado de las acciones de uso de la vivienda y gestión de la envolvente para cada perfil de usuario. Se simuló un modelo de la vivienda auditada (figura 6) mediante el software Energy Plus contemplando 6 zonas de estudio (figura 7), analizando para el presente trabajo los resultados obtenidos en la zona 1: estar comedor. Se seleccionó un periodo de 4 días representativos de las temperaturas de verano en el mes de enero, incorporando días de fin de semana para monitorear mayor presencia de los usuarios y comportamientos variables de los mismos.

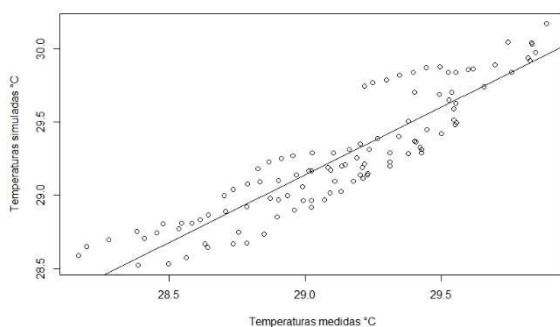


Figura 3. Correlación entre temperaturas medidas y simuladas. Fuente: Elaboración de autoras en R Studio, 2018.

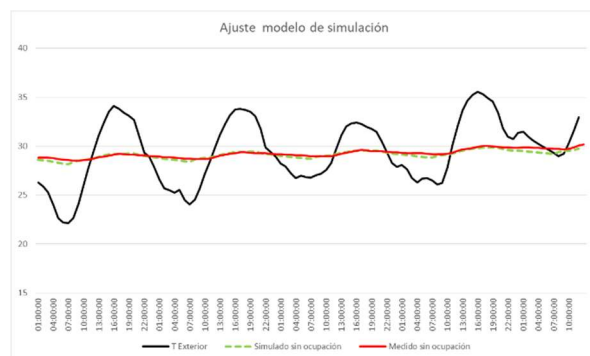


Figura 4. Curva de ajuste de temperaturas medidas y simuladas. Fuente: Elaboración de autoras, 2018.

Se realizó el ajuste del modelo simulado con los datos monitoreados de un periodo sin ocupación, obteniendo un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,83$ (figura 3). Este valor se encuentra muy cercano a 1 lo que demuestra que el modelo ajusta correctamente y es preciso para predecir el comportamiento de las temperaturas. La figura 4 muestra el ajuste obtenido para el ambiente en estudio, las temperaturas horarias medias medidas y simuladas ajustan en un promedio de $0,5^{\circ}\text{C}$, considerándolo suficiente para la obtención de un modelo validado.

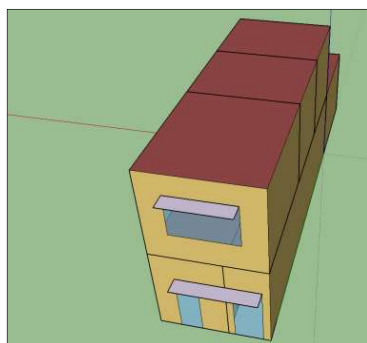


Figura 5. Modelo 3D simulado. Fuente: Elaboración de las autoras mediante software Legacy Open Studio, 2018.

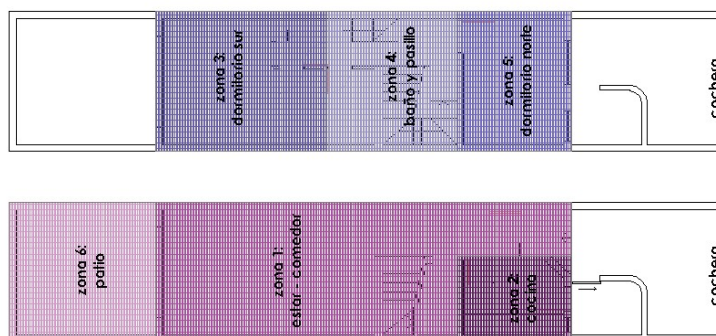


Figura 6. Plantas y zonificación simulada de la vivienda. Fuente: Adaptación de las autoras (Andreoni Trentacoste., 2014)

Una vez realizado el modelo y validado mediante el ajuste de correlación con los datos auditados se incorporaron mejoras en la calidad de los materiales de la envolvente de acuerdo a las recomendaciones para el clima de la ciudad de Mendoza, adicionando a lo descrito en la tabla 1, aislación en muros mediante la incorporación de 5cm de poliestireno expandido de alta densidad ($U= 0.03 \text{ W/m}^2\text{°C}$), y doble vidriado en las carpinterías, con el objetivo de disminuir la influencia de otras variables en la simulación sobre el desempeño térmico de la vivienda. También se incorporaron elementos de sombreado en las ventanas de la fachada norte.

En el presente análisis se optó por trabajar con 5 perfiles de uso representativos de las características socio-culturales de la población en Mendoza, de esta forma será posible una aproximación a la cuantificación de la influencia del usuario en el comportamiento térmico en viviendas. A los dos perfiles de usuario medidos -activo (UA) y pasivo (UP)- se le adicionaron, 3 nuevos perfiles de usuario. Luego se simuló los 5 perfiles de usuarios en el modelo validado, para un mismo periodo.

- El usuario medio 01 (UM01): se ausenta de la vivienda temprano por la mañana en días laborales dejando todo cerrado y al regresar abre ventanas y/o puertas al anochecer, esto último lo realiza aun los fines de semana.

- El usuario medio 02 (UM02): no tiene horarios fijos en la mañana, por lo que permanece en la vivienda, manteniéndola ventilada hasta horas pasadas el medio día, dejando todo cerrado al ausentarse, y volviendo a abrir ventanas y/o puertas al anochecer.

- El usuario medio 03 (UM03): tiene horario laboral de jornada completa, por lo que al salir temprano en la mañana cierra todas las aberturas, pero al llegar alrededor de las 18hs abre ventanas y/o puertas.

Las puertas interiores se mantuvieron abiertas de forma permanente en los 5 perfiles de usuario. El registro de ocupación y gestión de la envolvente de los cinco perfiles de usuario definidos: uno pasivo, tres intermedios y uno activo, se detalla en las siguientes tablas (tabla 1 y 2):

Tabla2. Registro de ocupación de los 5 perfiles de usuarios. Fuente: Elaboración de las autoras.

FECHA	OCUPACION				
	UA	UM01	UM02	UM03	UP
27/1/2017	00-8:30/13:30-14:30/21-00	00-7/17-00	00-13:30/21-00	00-7/18-00	00-8/13:30
28/1/2017	00-00	00-9/13-21	00-10	00-7/18-00	00-20
29/1/2017	00-10/21:30-22:30	00-00	21-00	00-11/20-00	05-13/18-00
30/1/2017	00-8:30/13:30-00	00-7/17-00	00-13:30/21-00	00-7/18-00	00-00

Tabla3. Registro de gestión de la envolvente por los 5 perfiles de usuarios. Fuente: Elaboración de las autoras.

FECHA	GESTIÓN ABERTURAS									
	UA		UM01		UM02		UM03		UP	
	CIERRE	APERTURA	CIERRE	APERTURA	CIERRE	APERTURA	CIERRE	APERTURA	CIERRE	APERTURA
27/1/2017	8:30	22:00	7:00	21:00	13:30	21:00	7:00	18:00	0:00	0:00
28/1/2017	9:00	23:00	9:00	21:00	10:00	-	7:00	18:00	0:00	0:00
29/1/2017	9:00	0:00	9:00	21:00	-	21:00	11:00	20:00	0:00	0:00
30/1/2017	8:30	23:00	7:00	21:00	13:30	21:00	7:00	18:00	0:00	0:00

Resultados

Los resultados obtenidos permiten una aproximación a la cuantificación del efecto del comportamiento de distintos usuarios sobre el desempeño térmico del ambiente interior. En el gráfico de la figura 5, se puede observar la relación del desempeño térmico de la vivienda bajo la influencia del uso y gestión de los 5 perfiles de usuario analizados, y la relación de estos con la temperatura exterior para el periodo en estudio, en línea de trazo (verde) se representa la temperatura máxima admisible de confort, 28°C.

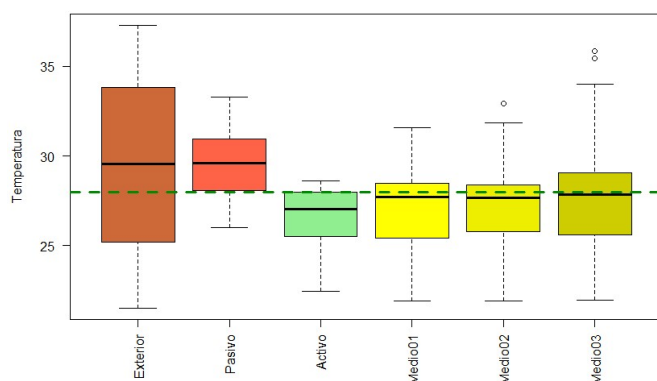


Figura 5. Desempeño térmico interior en relación a la temperatura exterior para los 5 perfiles de usuario. Fuente: Elaboración de las autoras mediante software R studio, 2018.

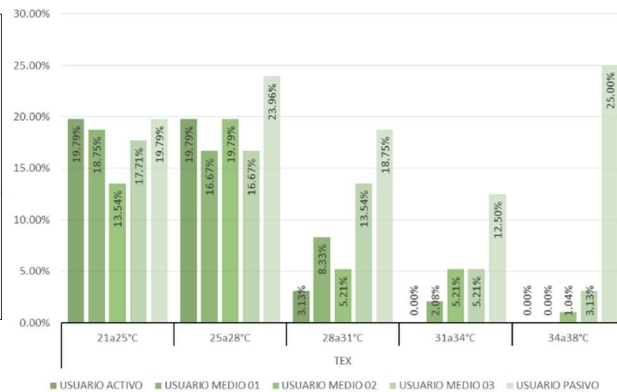


Figura 6. Porcentajes de gestión de aberturas para la ventilación natural por cada usuario para cada intervalo de temperaturas exteriores. Fuente: Elaboración de las autoras, 2018.

En el gráfico de la figura 5 se puede observar la gestión del usuario pasivo (UP), el cual mantuvo abiertas las ventanas y/o puertas en forma permanente, provocando condiciones interiores fuera del rango de confort. En más del 75% de los datos de temperatura analizados, las temperaturas del estar-comedor se encuentran por encima de la máxima de confort de 28°C, con una máxima absoluta registrada en 33,3°C. Se puede observar en el gráfico de la figura 6, el registro de un 59,3% del tiempo de apertura de ventanas cuando la temperatura exterior se encontraba por encima de los 28°C, con un 25% de ese tiempo entre los 34 a 38°C de temperatura exterior, favoreciendo la ventilación natural en los momentos menos propicios, permitiendo el ingreso de aire caliente en la vivienda, imposibilitando el refrescamiento de la masa térmica en el interior.

Por otro lado, el usuario activo, logró un mejor desempeño térmico del espacio interior, con el 75% de las temperaturas registradas dentro de los parámetros de confort, encontrándose el 50% de estas entre los 25,5°C (cuartil 1) y los 28°C (cuartil 3) con una media de 26,6°C, se observa marcada asimetría con mayor dispersión de las temperaturas inferiores registrando una mínima de 22,5°C. Es notable destacar que si bien el usuario activo registró el 25% de los datos por encima de la máxima de confort, estos estuvieron concentrados entre los 28°C y los 28,6°C, es decir que la variación fue de medio grado en el 25% de los datos de máximas interiores para este usuario, lo que indica una menor amplitud térmica ($\Delta T=6^{\circ}\text{C}$). En el gráfico de gestión de aberturas (figura 6), se observa la acción comprometida de este perfil de usuario, ventilando en un 39,6% del tiempo durante los periodos de temperatura exterior por debajo de los 28°C y tan solo un 3,1% del tiempo en el intervalo de temperatura exterior entre 28°C y 31°C, conservando el resto del tiempo las ventanas y puertas cerradas.

En cuanto a los usuarios intermedios, si bien los tres lograron registros de temperatura mínima interior idénticos, alrededor de los 21,9°C y la dispersión del 25% de los datos de temperaturas inferiores es similar en los tres casos, el gráfico se comporta diferente por sobre la temperatura máxima admisible de confort establecida en 28°C. El usuario medio 03, registró mayor dispersión de los datos hacia las temperaturas superiores, con el 25% de estos entre los 29,06°C y los 35,8°C siendo esta última la máxima, aunque se observan también datos extremos por encima de la misma. Los usuarios medios 01 y 02 lograron un desempeño similar de las temperaturas interiores, aunque el segundo registró temperaturas máximas superiores.

Al observar en detalle un día típico dentro del periodo analizado (figura 7), se obtuvieron mediante análisis estadístico los porcentajes de temperaturas dentro del rango de confort para cada perfil de usuario (figura 8).

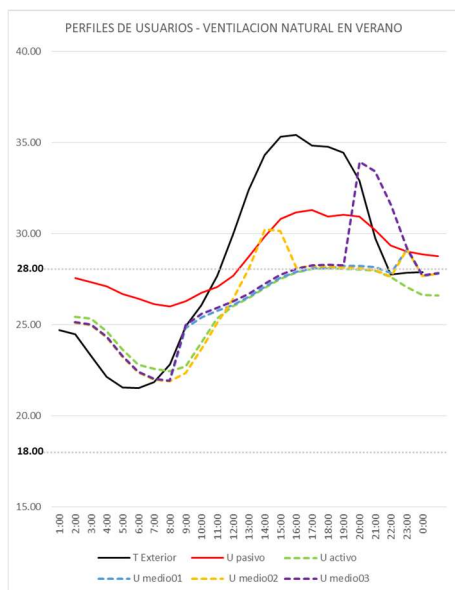


Figura7. Comportamiento térmico para 5 perfiles de usuario, día 27/01/2017 (verano). Fuente: Elaboración de las autoras, 2018.

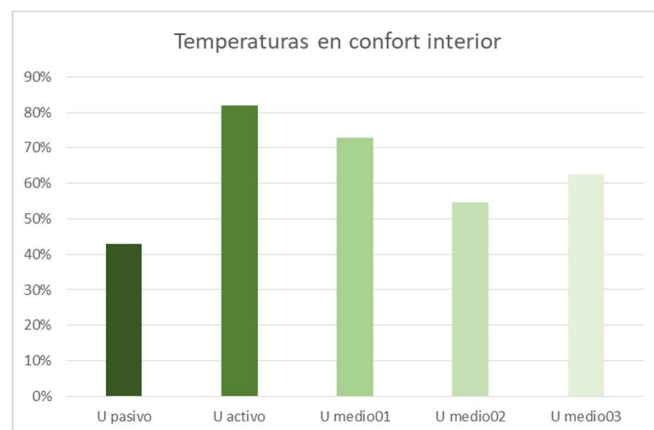


Figura8. Porcentajes de temperaturas en confort conseguidos por 5 perfiles de usuario, día 27/01/2017 (verano). Fuente: Elaboración de las autoras, 2018.

Los resultados demuestran que un correcto aprovechamiento de la ventilación natural nocturna en verano, logrado por el perfil de usuario activo (UA - línea de trazo verde) mejora notablemente las condiciones de confort interior, logrando temperaturas entre 22°C y 28°C, manteniéndose dentro del rango de confort en un 82%, conservando una amplitud térmica diaria interior aceptable ($\Delta T=6^{\circ}\text{C}$), estando las temperaturas exteriores entre 21°C y 35°C. Los perfiles de usuarios intermedios (UM01, UM02 y UM03 – color azul, amarillo y violeta) mostraron temperaturas de confort en un 73%, 55% y 63% respectivamente. Por otro lado, los datos del usuario pasivo (UP -línea roja) muestran un sobrecalentamiento del aire interior, obteniendo temperaturas entre los 27°C y 33°C, por encima del rango de confort térmico, estando las temperaturas exteriores entre 21°C y 37°C. Aun en horas de la noche, se puede observar una diferencia de al menos 5°C por sobre la temperatura exterior, lo que demuestra el poco aprovechamiento de la estrategia analizada en el caso del usuario pasivo, en comparación a los demás perfiles de usuario, y la dificultad de refrigeración natural de la vivienda cuando la masa se ha cargado por demás durante el día al ingresar el aire caliente del exterior.

Es interesante observar los picos de temperatura registrados en los perfiles de usuario medios 02 (línea trazo amarillo) y 03 (línea trazo violeta), al cerrar tarde o abrir temprano las aberturas respectivamente. Sin embargo, cabe destacar que la gestión realizada por el UM03 impactó un 8% menos que la del UM02, demostrando que es preferible ventilar antes de lo recomendado, cuando las temperaturas exteriores aún no han descendido lo suficiente, a cerrar las ventanas tarde en la mañana, una vez que las temperaturas exteriores han comenzado a aumentar, aunque ninguna de estas es la gestión más conveniente.

Discusión y Conclusiones

El presente trabajo realiza un análisis comparativo del comportamiento de 5 perfiles de usuarios representativos del uso y gestión de viviendas en la ciudad de Mendoza, Argentina.

Los resultados del presente estudio, demuestran que el comportamiento del usuario es un aspecto relevante en la valoración del desempeño térmico edilicio. Por esto, resulta necesario parametrizar y evaluar su influencia a partir del análisis de una vivienda en condiciones reales de uso. La metodología actualmente aplicada para el análisis térmico edilicio mediante simulación computacional, considera el perfil de uso estimado basado en parámetros fijos representativos de la gestión más conveniente de acuerdo a las recomendaciones para cada región y clima. Para viviendas en la ciudad de Mendoza, el perfil UA definido en este trabajo es el que responde al uso y gestión recomendados para verano. Al momento de realizar un análisis de simulación térmica edilicia contemplando las características de uso y gestión del perfil UA, podemos calcular un porcentaje de confort estimado para la vivienda en estudio del 82%. Sin embargo el desempeño térmico de una misma vivienda puede variar significativamente por influencia del uso y gestión de quien la habite oportunamente. En el caso del UM01 la diferencia en el logro del confort real es del 9% por debajo del confort estimado, para el UM02 es del 27% y para el UM03 del 19%, siendo

el caso más desfavorable el UP con una diferencia del 39%. Siendo estos valores representativos del riesgo que implica la diferencia en los valores ingresados en el modelo de simulación en cuanto al comportamiento del usuario. Se concluye, que la diferencia entre el confort estimado mediante simulaciones y el accionar real de los usuarios -en promedio- está en el orden del 24% para los casos estudiados. Este valor, a considerar en la evaluación de proyectos, presenta una primera aproximación a la cuantificación de la influencia del usuario en el comportamiento térmico en viviendas en la ciudad de Mendoza, Argentina.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a los propietarios de la vivienda auditada por su buena predisposición a adoptar los distintos tipos de manejo de la envolvente auditados. Asimismo, los presentes resultados pertenecen a los avances del Plan de Beca Doctoral de la Mgtr. Soledad Andreoni Trentacoste, financiados por el CONICET.

Referencias

- Andreoni Trentacoste, S. E. (2014). Protocolo de diagnóstico térmico-energético para la rehabilitación de viviendas en la Ciudad de Mendoza, Argentina. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía.
- Balter, J., Ganem, C., & Discoli, C. (2012). Auditoría y simulación termo-energética como instrumentos de validación para el estudio y mejoramiento de edificios en altura en "Ciudades Oasis". Ejemplo de aplicación sobre una unidad de vivienda en la ciudad de Mendoza. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente*, 16, 05.59-05.66. Retrieved from <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2012/2012-t005-a001.pdf>
- Coch Roura, H., & Serra Florensa, R. (1991). *Arquitectura y energía natural*. (UPC, Ed.). Barcelona, España.: UPC.
- Flores Larsen, S., Filippín, C., & Lesino, G. (2010). La incidencia de los usuarios en el comportamiento termico de verano de una vivienda en el noroeste argentino. In IV Conferencia Latino Am ericana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES) (pp. 1–5). Cusco.
- Ganem, C., Esteves, A., & Coch, H. (2005). El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. *Propuestas de Verano para viviendas tipo Chalet en Mendoza. Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente*, 9, 49–54.
- Givoni, B. (1992). Comfort , climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18, 11–23.
- Göçer, Ö., Hua, Y., & Göçer, K. (2015). Completing the missing link in building design process: Enhancing post-occupancy evaluation method for effective feedback for building performance. *Building and Environment*, 89, 14–27. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.011>
- Humphreys, M. A., & Fergus Nicol, J. (2002). The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy and Buildings*, 34(6), 667–684. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00018-X](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00018-X)
- IEA. (2015). IEA-EBC Annex 66: Definition and simulation of occupant behavior in buildings. Retrieved from www.annex66.org
- IEA. (2017). Annex 66 newsletter No.5 - final. International Energy Agen.
- Nicol, J. F. (2016). Adaptive thermal comfort in domestic buildings. In *Making Comfort Relevant: 9th Windsor 2016*. Cumberland Lodge, Windsor, UK.
- Olgyay, V. (1962). *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Palme, M., Carrasco, C., & Galvez, M. Á. (2016). Estimación del riesgo de sobrecalentamiento y del potencial de refrigeración por ventilación natural de viviendas unifamiliares en ciudades costeras de Chile. *Habitat Sustentable*, 6, 52–61.
- Raja, I. A., Nicol, J., & McCartney, K. (1998). Natural ventilated buildings: Use of controls for changing indoor climate. *Renewable Energy*, 15(1), 391–394. [http://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00193-1](http://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00193-1)
- Sulaiman, H., Blasco, I., & Flippin, C. (2009). Incidencia del usuario en el comportamiento higrotermico estival de una vivienda convencional en san juan. *Asades*, 13(Tipo II), 53–60.
- Yan, D., O'Brien, W., Hong, T., Feng, X., Burak Gunay, H., Tahmasebi, F., & Mahdavi, A. (2015). Occupant behavior modeling for building performance simulation: Current state and future challenges. *Energy and Buildings*, 107, 264–278. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.032>