

## EXPERIMENTACIÓN DE DOS DISPOSITIVOS DE REFRESCAMIENTO EVAPORATIVO PASIVO INCORPORADOS AL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Irene Blasco Lucas<sup>1</sup>, Daniel Lenzo<sup>2</sup>

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha) – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD)  
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) – Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina  
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.irpha.com.ar>  
E-mails: [iblasco@farqui.unsj.edu.ar](mailto:iblasco@farqui.unsj.edu.ar), [iblasco\\_2000@yahoo.com](mailto:iblasco_2000@yahoo.com), [dlenzo@farqui.unsj.edu.ar](mailto:dlenzo@farqui.unsj.edu.ar)

### RESUMEN

La investigación busca materializar dos diseños de dispositivos para refrescamiento evaporativo pasivo, incorporables a ventanas de edificios como partes integrantes de la arquitectura, con el fin de monitorearlos para cuantificar el efecto de cada uno en el interior de los ambientes y compararlos entre sí. Con 5 dataloggers HOBO8 se realizan mediciones simultáneas de temperatura, luminancia, humedad relativa y absoluta durante períodos cortos sucesivos en: a) el exterior, b) una habitación de vivienda en uso, en cuya ventana se instala cada dispositivo, c) otra habitación de la misma sin acondicionamiento alguno, que permite valores de referencia. Se aplica el procedimiento PROMEDI-HTL -soportado en planillas Excel- para realizar un pormenorizado procesamiento analítico-gráfico de los registros. Corroborando lo apropiada que es esta estrategia para clima mediterráneo continental, ambos dispositivos mostraron un buen comportamiento, logrando una mejor performance el de infima masa térmica.

**Palabras Clave:** Refrescamiento evaporativo – Pasivo - Experimentación – Dispositivos - Arquitectura

### INTRODUCCION

Proveer confort edilicio con sistemas pasivos durante períodos estivales implica utilizar “sumideros de calor” (Velázquez y Domínguez, 1997), que contribuyan a paliar aquel que provee la poderosa fuente solar. Estos sumideros deben estar a una temperatura menor que la del ambiente, absorbiendo de este modo el calor que se desea eliminar. Para poder utilizar el aire en esta función, normalmente se recurre a estrategias de ventilación selectiva, radiación nocturna (o inversa) y *enfriamiento evaporativo* (Givoni, 1979, 1984). Todos son muy apropiados para climas cálido-secos característicos de zonas desérticas, como el de la Provincia de San Juan, donde se produce frecuentemente el fenómeno del Zonda, viento tórrido que arrastra mucho polvo. El enfriamiento evaporativo pasivo se ha utilizado incorporado en arquitecturas vernáculas de África y Asia en siglos anteriores, pero el auge tecnológico que surgió en el siglo XIX llevó a descuidar el desarrollo de estas técnicas sencillas, pues comparadas a los modernos sistemas de acondicionamiento artificial resultaban de muy bajo rendimiento. A partir de la concientización mundial del inminente agotamiento de las fuentes convencionales de energía y de la necesidad de proteger el ambiente, se comenzó a revalorizar aquellas prácticas ancestrales, y algunos investigadores las indagaron en profundidad para mejorarlas (Nahar et al., 1999, 2003; Ghiabaklou, 2003). Existen investigaciones sobre intercambiadores para enfriamiento evaporativo en Gea et al. (2003, 2004) entre otros, pero abordados desde un enfoque diferente al que se pretende en esta. El presente trabajo se limita a experimentar la estrategia pasiva, en dos variantes de intercambiadores de calor incorporables al diseño arquitectónico.

### DISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS EXPERIMENTALES

El diseño del Dispositivo N° 1 (D1) está inspirado en los sistemas que usaban para refrigerar sus casas los habitantes de Medio Oriente. Consistía en hacer pasar a través de vasijas porosas de barro cocido llenas de agua, el aire capturado por respiraderos alojados en las azoteas o por las ventanas. En este caso concreto, como se muestra en la parte izquierda de la Fig. 1, se interpuso a la trayectoria natural del aire ingresante por la ventana, un muro calado humedecido de 40 cm. de espesor realizado con ladrillos. Estos se trabaron entre sí –sin mediar mortero alguno– de modo similar al aparejo tipo “nido de abejas” utilizado para la construcción de pozos sépticos en la región. De esta manera, el aire seco y cálido pasa a través de los huecos o conductos dejados por el aparejo, cargándose de humedad y enfriándose por evaporación al mismo tiempo. La humedad del muro proviene de un serpentín de caño de goma de 1/2 pulgada de diámetro colocado por delante de dicho muro y sujeto a una parrilla metálica, al que se le han practicado varias perforaciones que permiten fluir pequeños chorritos de agua, los cuales embeben continuamente parte de los ladrillos, distribuyéndose al resto de la masa por su misma capacidad de absorción. El Dispositivo N° 2 (D2), busca emular una práctica usual de muchas regiones de África del Norte, Medio Oriente y la India, consistente en cubrir las aberturas con gruesas alfombras de arpillera u hojas de lirio acuático empapadas de agua. Se utilizan dos capas de malla plástica, conocida comúnmente como “media sombra”, que cubren toda la ventana sujetas a dos parrillas metálicas separadas entre sí aproximadamente 10cm.

<sup>1</sup> Miembro de ASADES. Directora de Tesis.

<sup>2</sup> Tesista de la Maestría en Arquitectura de Zonas Áridas y Sísmicas de la FAUD-UNSJ.

Un caño de goma de 1/2 pulgada, extendido a lo ancho en la parte superior del dispositivo, proporciona el agua de evaporación; que descendiendo por gravedad va empapando a una tasa fija ambas mallas en toda su extensión (ver la parte derecha de la Fig. 1). Este dispositivo, en relación con el anterior, tiene la ventaja de no necesitar un serpentín de caño de goma para proporcionar el agua, liberando de la preocupación por un adecuado diseño del mismo tanto en lo funcional como en lo estético. Además ocupa menor espacio, es más liviano y factible de desmontar. En ambos dispositivos el caño es alimentado con agua potable desde la red interna de la vivienda en que se realizan las experiencias, quedando su caudal regulado desde el mismo surtidor, y controlando así, que las paredes se mantengan continuamente húmedas con un mínimo de sobrante. La base del dispositivo está recubierta con polietileno de 100 micrones de forma que el exceso de agua es recogido y almacenado para otros usos en recipientes de 20 lts.

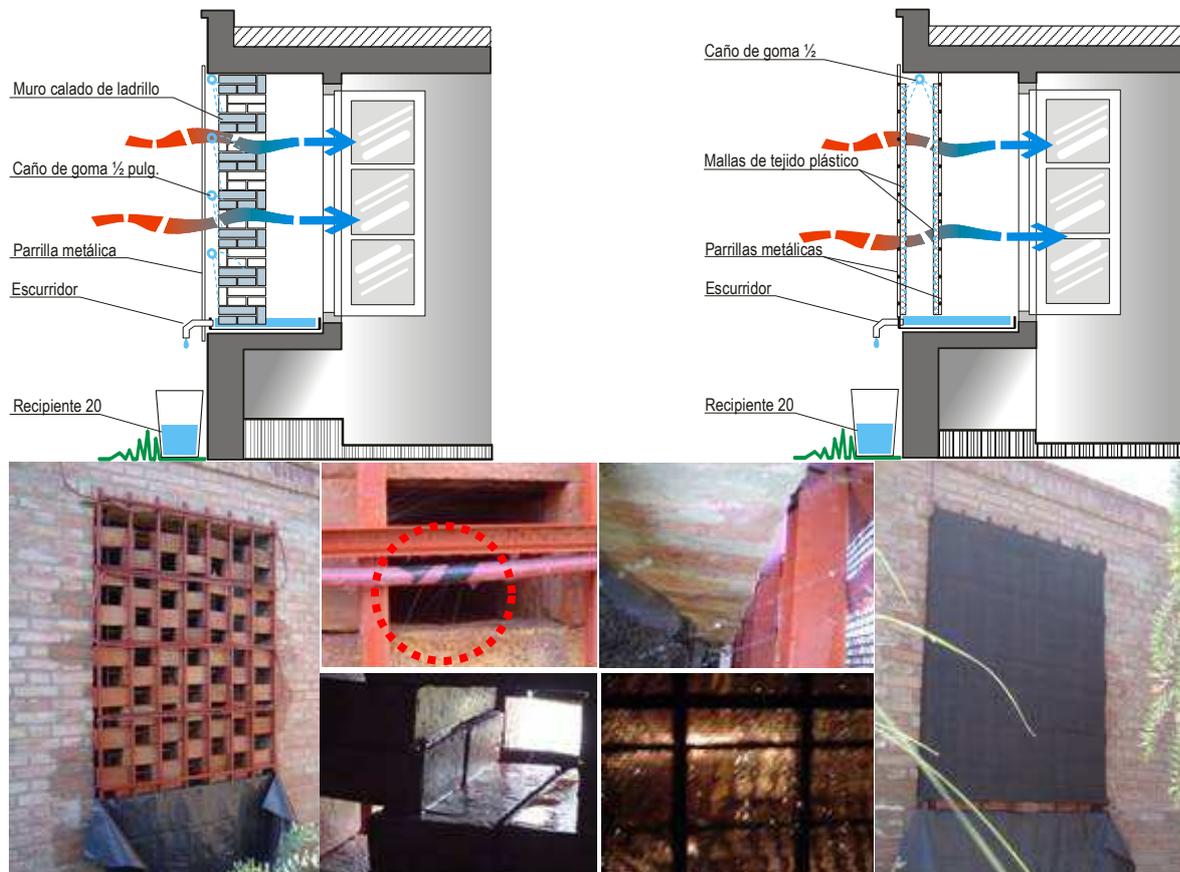


Fig. 1. Esquema de funcionamiento y elementos constitutivos del dispositivo N° 1 (izquierda) y N° 2 (derecha)

## CONDICIONES DE ENSAYO

Las experiencias se llevaron a cabo en una vivienda ubicada en la zona SE de los suburbios de la ciudad de San Juan, Argentina (31.32° Lat. Sur, 68.31° Long. Oeste, y 620m de altura snm). Las características constructivas de la vivienda y las propiedades de sus materiales se detallan en la Tabla 1.

ELEMENTO	MATERIAL	Propiedades							
		$e_m$	$\bar{\rho}_m$	$\lambda_m$	$E_m$	$C_m$	$\xi_m$	$X_m$	$Y_m$
		Espesor	Densidad Aparente	Conductividad Térmica	Calor Específico	Calor Masa	Difusividad	Retardo	Amortiguación
		(m)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(W/m <sup>2</sup> K)	(Wh/Kg <sup>2</sup> K)	(Wh/m <sup>3</sup> K)	(m <sup>2</sup> /h)	(h)	(-)
Techo	Hormigón	0.100	2400	1.63	0.278	666	0.0024	2.79	0.48
	Mortero con Perlita	0.100	300	0.09	0.264	79	0.0011	4.15	0.34
	Membrana Asfáltica	0.007	2000	0.70	0.317	633	0.0011	0.29	0.93
Muro	Ladrillo	0.200	1800	0.91	0.256	460	0.0020	6.21	0.20
		0.300	1800	0.91	0.256	460	0.0020	9.32	0.09
Piso	Baldosa Calcárea	0.040	1900	0.93	0.278	528	0.0018	0.13	0.97
	Hormigón	0.100	1400	0.52	0.267	373	0.0014	3.70	0.38
Carpintería	Madera	0.040	700	0.27	0.472	331	0.0008	1.93	0.60
	Vidrio	0.004	2400	0.58	0.250	600	0.0010	0.18	0.95

Tabla 1. Características constructivas de la vivienda y propiedades de sus materiales.

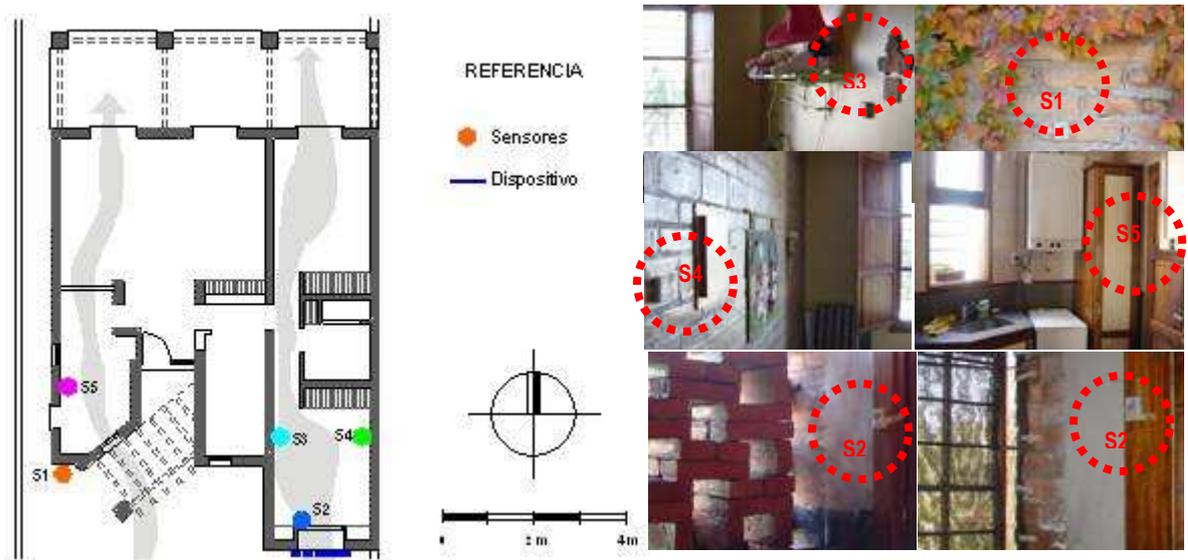


Fig. 2. Esquema de distribución de sensores y funcionamiento de los dispositivos en planta.

La vivienda se encuentra alejada de construcciones que pudiesen desviar el libre paso de brisas; y consta además, de una adecuada ventilación cruzada al presentar aberturas en las fachadas sur y norte, en la dirección de las brisas dominantes, y está flanqueada por viviendas vecinas al Oeste y Este, las cuales la protegen del asoleamiento y homogeneiza la situación de las habitaciones localizadas en esas zonas. La Fig. 2 muestra la ubicación de los 5 sensores digitales que permiten realizar los registros de temperatura, humedad y luminancia, ubicados a 1.40m sobre el nivel de piso. Las Tablas 2 a 4 muestran respectivamente las dimensiones e índices de los elementos y los dispositivos, y las propiedades de los materiales que componen las experiencias. Las siglas significan:  $Sup_e$ = superficie del espacio,  $Vol_e$ = volumen del espacio,  $Sup_v$ = superficie de la ventana,  $Sup_n$ = superficie neta de la ventana,  $Sup_c$ = superficie de la abertura de salida del aire en la pared opuesta,  $F_l$ = fracción libre de la ventana,  $F_e$ = fracción efectiva de intercambio,  $Sup_{ns}$ = superficie neta de sólido,  $Sup_e$ = superficie efectiva de intercambio,  $Vol_{ds}$ = volumen neto de sólido,  $A_u$ = Área unitaria.

ELEMENTO	ESPACIO			VENTANA				INDICES			
	$Sup_e$	$Vol_e$	$I_1$	$Sup_v$	$F_l$	$Sup_n$	$Sup_c$	$Sup_t$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
			$Vol_e/Sup_e$			$Sup_n * F_l$					
( $m^2$ )	( $m^3$ )	( $m^{-1}$ )	( $m^2$ )	(%)	( $m^2$ )	( $m^2$ )	( $m^2$ )	( $m^{-1}$ )	(m)	(-)	
D1	12.20	30.50	2.50	2.00	50	1.00	1.44	3.44	0.033	30.50	0.0131
D2	12.20	30.50	2.50	2.00	60	1.20	1.44	3.44	0.039	25.42	0.0157
REFERENCIA	6.75	16.90	2.50	0.36	100	0.36	3.10	3.46	0.021	46.94	0.0085

Tabla 2. Dimensiones e índices de los elementos que componen las experiencias

ELEMENTO	TIPO	MATERIAL	Dimensiones e Índices								
			$e_d$	$Sup_d$	$F_l$	$Sup_{ns}$	$F_e$	$Sup_e$	$Vol_{ds}$	$A_u$	$1/A_u$
			Espesor			$Sup_d * (1 - F_l)$		$Sup_{ns} * (1 - F_e)$			
			(m)	( $m^2$ )	(%)	( $m^2$ )	(%)	( $m^2$ )	( $m^3$ )	( $m^{-1}$ )	(m)
D1	Muro calado	Ladrillo	0.400	2.00	50	1.00	30	0.70	0.400	1.75	0.571
D2	Doble malla	Media sombra	0.001	4.00	60	1.60	50	0.80	0.002	500	0.002

Tabla 3. Dimensiones e índices de los dispositivos experimentales

ELEMENTO	TIPO	MATERIAL	Propiedades						
			$\delta_d$	$\lambda_d$	$E_d$	$C_d$	$\xi_d$	$X_d$	$Y_d$
			Densidad Aparente	Conductividad Térmica	Calor Específico	Calor Masa	Difusividad	Retardo	Amortiguación
			( $Kg/m^3$ )	( $W/m^2K$ )	( $Wh/KgK$ )	( $Wh/m^3K$ )	( $m^2/h$ )	(h)	(-)
D1	Muro calado	Ladrillo	1800	0.91	0.256	460	0.0020	12.43	0.04
D2	Doble malla	Media sombra	920	0.35	0.472	434	0.0008	0.05	0.99

Tabla 4. Propiedades de los materiales que componen los dispositivos experimentales

## PROCESAMIENTO DE MEDICIONES

Se registraron lecturas cada 10 minutos en los cinco sensores durante un período de tiempo (ver Tabla 1) que se consideró oportuno para alcanzar resultados convincentes. Mediante el uso del software BOXCAR-PRO se transformaron los archivos a tablas compatibles con EXCEL. Mediante la función de importar datos se convirtieron a valores numéricos y se insertaron en las planillas electrónicas del software PROMEDI-HTL (Blasco Lucas et al., 2004), eliminando los datos de aquellos momentos en que los dispositivos estuvieron fuera de funcionamiento. En la Tabla 5 se muestran los períodos de medición de cada dispositivo, con el correspondiente total de horas medidas en funcionamiento.

DISPOSITIVO	CÓDIGO	FECHA INICIO	FECHA FINAL	DURACIÓN TOTAL
1	D1	29/02/2004	09/03/2004	138 hs.
2	D2	15/03/2004	20/03/2004	55 hs. 30 min.

Tabla 5. Períodos de medición y total de horas medidas en funcionamiento

Se realizaron dos grupos de análisis, uno para cada dispositivo por separado, y otro para realizar la comparación entre ambos. En el primer grupo, se estudió la/las:

1. Evolución de la temperatura y humedad relativa en un período de 24 horas.
2. Dispersión del total de datos higrotérmicos de cada ámbito.
3. Dispersión de los datos diurnos (10 hs. a 20 hs.) de humedad y temperatura de cada ámbito.
4. Dispersión de las condiciones higrotérmicas durante las horas de la noche. En este caso se tomaron como límites del período nocturno, las 21 hs. y las 7 hs.
5. Distribución de registros de humedad y temperatura filtrando los datos en función de la temperatura máxima del espacio referencia. Para el caso del D1 el límite se consideró en 29°C y del D2 en 27°C.
6. Condiciones durante las cuales el interior permanece confortable. El procedimiento de filtrado es similar al anterior, cuyos límites se fijaron en 25°C y 64.5% de HR para los registros de los sensores S3 y S4.

En el segundo caso, se hizo un análisis comparativo de los dispositivos confrontando los registros efectuados en ambas oportunidades a los efectos de establecer la/los:

7. Capacidad de enfriamiento, contrastando la temperatura de S1 con la temperatura de S2.
8. Eficiencia de cada dispositivo, contrastando:
  - a) la temperatura de S3, con la temperatura de S2,
  - b) la temperatura de S3 con la temperatura de S5.
9. Valores promedios de temperaturas diurnas y nocturnas, y de iluminancia (de 9 a 19 hs.).

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Fig. 3 se muestra la dispersión de la totalidad de los datos en un diagrama de coordenadas cartesianas donde la abscisa contiene las temperaturas de bulbo seco y la ordenada la humedad relativa, sobre el que se delimitan las zonas equivalentes a las que Watson, Givoni y Szokolay (Watson, 1979; Camous y Watson, 1986; Givoni, 1979; Szokolay, 1982, 1985) representan sobre el diagrama psicrométrico y que son integradas en la Carta GWS (Blasco Lucas, 2004).

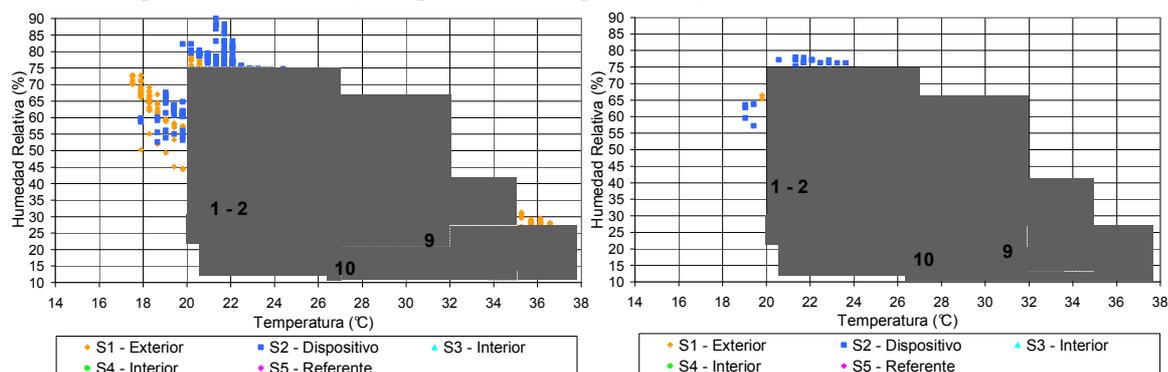


Fig. 3. Dispersión de datos del D1 (izquierda) y D2 (derecha) sobre Carta higrométrica cartesiana

La Fig. 3, muestra que los datos de S1 se distribuyen principalmente en la zona 9 (gris medio). Las estrategias conjuntas indicadas como más adecuadas para esa zona son: utilizar alta masa térmica, ventilación natural, enfriamiento radiante y *evaporativo natural*. Los registros de S5 indican el efecto de la alta masa térmica y la ventilación natural. S3 y S4, dan cuenta de la influencia de la alta masa térmica y el refrescamiento evaporativo en conjunto, que desplazan los registros hacia la zona de confort (1-2). D2 permite que los registros correspondientes se ubiquen casi íntegramente dentro de la zona de confort, favorecido además por las condiciones externas más benignas. En la Fig. 4, los registros de S5 se ubican en su mayoría dentro de la zona de confort (área de color gris) siempre que la temperatura exterior no sobrepase los 23°C en el caso de D1, y los 26 °C en el caso de D2, absorbiendo una amplitud térmica ( $\Delta T_{e1}$ ) de 5°C en el primero y de 6.5°C en el segundo. A partir del uso de los dispositivos, las temperaturas interiores se mantienen confortables hasta los 30°C de temperatura exterior con el D1, y hasta los 33°C con el D2, aumentando el rango de cobertura anterior en 7°C y cubriendo respectivamente un total de 12°C y 14°C ( $\Delta T_{e2}$ ). El consumo horario real de agua en D1 fue 4,1 l/h y en D2 de 2,3 l/h.

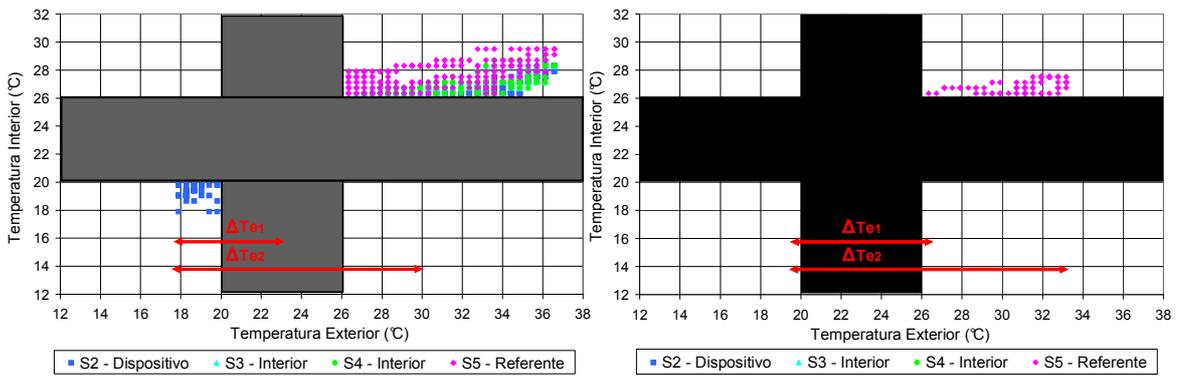


Fig. 4. Dispersión de datos de temperatura interior versus temperatura exterior de D1 (izquierda) y D2 (derecha)

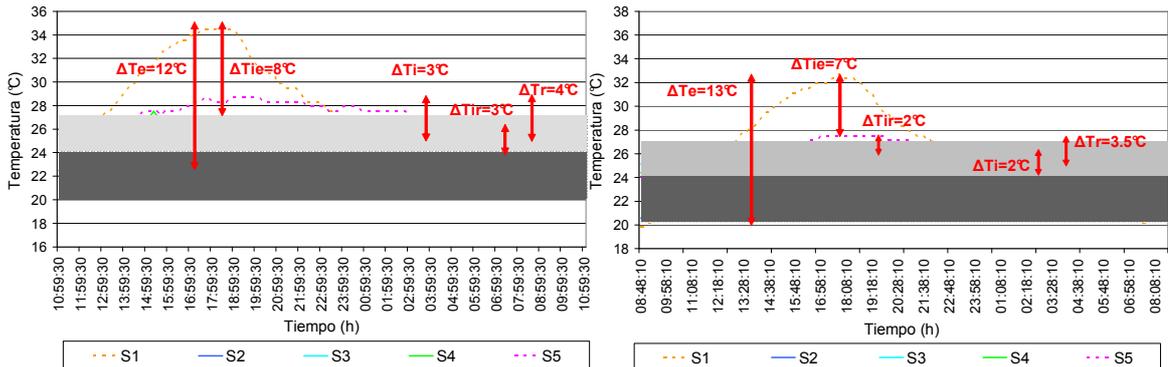


Fig. 5. Evolución de temperaturas de D1 (izquierda) y D2 (derecha) en 24 horas.

La Fig. 5 analiza la evolución de temperaturas durante 24 hs., las siglas significan:  $\Delta T_e$ = amplitud térmica exterior,  $\Delta T_{ie}$ = salto térmico entre interior y exterior,  $\Delta T_r$ = amplitud térmica de referencia,  $\Delta T_i$ = amplitud térmica en espacio acondicionado,  $\Delta T_{ir}$ = diferencia entre temperatura de referencia y espacio acondicionado. Del segundo grupo de análisis se muestra en la parte izquierda de la Fig. 6 el detallado en el punto 7, y en la parte derecha el 8a. La recta de regresión lineal de los registros D2, indica su mayor capacidad de enfriamiento a partir de los 21°C, pues su pendiente es 22% menor que la de D1. Cuando el aire exterior alcanza 24°C, D2 llega a 22°C; y a los 34°C, reduce la temperatura 8.5°C, mientras que D1 sólo 7°C. En el gráfico de la derecha, la línea de tendencia D1 tiene una pendiente 33% mayor que la respectiva del gráfico izquierdo, y D2 22%. La pendiente de la recta de regresión D2 es 28% menor que la D1 en la gráfica derecha, indicando una eficiencia mayor de D2 para transmitir enfriamiento del dispositivo al aire interior.

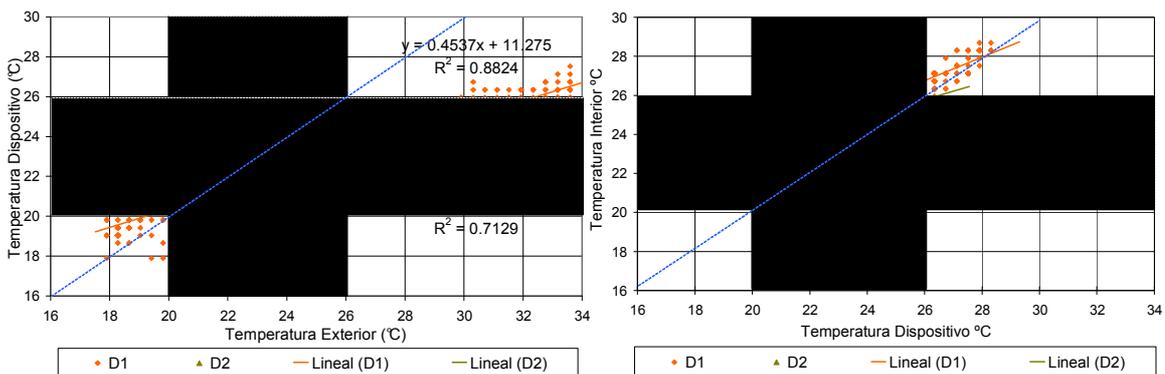


Fig. 6. Capacidad (izquierda) y eficiencia (derecha) de enfriamiento de D1 y D2

El gráfico izquierdo de la Fig. 7 muestra del segundo grupo de análisis, el detallado en el punto 8b. Se observa que D1 comienza a influir en el clima interno a partir de 22°C, disminuyendo la temperatura respecto a la de referencia, mientras que D2 lo hace a 24°C, y recién alcanza niveles inferiores a D1 a partir de 25.5°C. Cuando D2 alcanza 26°C y D1 27°C, logran disminuir la temperatura de referencia en 2°C y 1°C respectivamente. La elevada inercia de la masa térmica que posee la envolvente del edificio y D1, produce este efecto. El retardo modera la temperatura interior, lo cual se aprecia en las suaves variaciones de los registros diurnos y nocturnos de los sensores S3, S4 y S5 del gráfico derecho de la Fig. 6, que corresponde al análisis del punto 9. Las mismas contrastan con las variaciones más abruptas tanto de S1 como de S2. En cuanto a las condiciones luminosas logradas en los interiores por los dispositivos, D1 permite una iluminancia variable en sus valores promedio entre 3 y 4%, y D2 se mantiene en menos de la mitad de los mismos; mientras que la ventana del ambiente de referencia transmite respectivamente 6 y 9%.

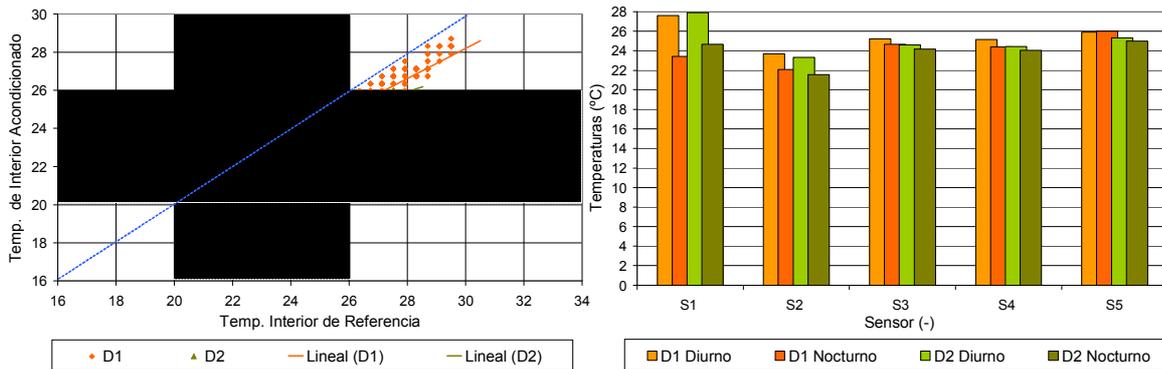


Fig. 7. Eficiencia de enfriamiento (izquierda) y promedios (derecha) de temperatura diurna y nocturna de D1 y D2

## CONCLUSIONES

Los análisis de resultados demuestran que D2 es más eficiente que D1, y ambos mejoran su rendimiento cuando aumenta la temperatura exterior. El efecto de la gran masa térmica que posee D1, dispositivo que además es muy absorbente de humedad, provoca desfases de las ondas de calor que resultan desfavorables, disminuyendo la eficiencia respecto a D2, de muy escasa masa térmica, baja absorptancia a la humedad y muy rápido poder de reacción. También se constató que D2 produce un efecto adicional muy necesario en la región, filtrando el polvo en suspensión y actuando de barrera contra insectos. Durante las experiencias, que se quisieron hacer en condiciones ambientales naturales por tratarse de sistemas pasivos, hubo brisas muy leves, lo cual bajó el rendimiento de los dispositivos. Sería conveniente mejorar la captación de brisas naturales y combinar el sistema con ventiladores que fueren el movimiento del aire hacia el interior. Wickham (1962) sugiere alcanzar entre 20 y 40 renovaciones horarias del aire interior para favorecer la evaporación. La incorporación de los dispositivos en un edificio nuevo supone realizar un análisis de dimensionamiento de los elementos componentes en cada sistema, en función de sus propiedades. Los dos dispositivos producen un buen efecto estético y son sencillos de implementar. Se deben prever aberturas complementarias que permitan un buen nivel de iluminación natural.

## REFERENCIAS

- Blasco Lucas I., Pontoriero D., Hoesé L. (2004). *Mediciones Higrotérmicas*. En Capítulo III.3 de *Vivienda, Clima y Energía: Diagnóstico y Propuestas en Casos de Estudio*. Libro Digital en edición. Editorial IRPHA-FAUD-UNSJ.
- Blasco Lucas I. (2004). *Potencial de Ahorro Energético considerando Estrategias Bioclimáticas*. Editorial FAUD.
- Camous R., Watson D. (1986). *El Hábitat Bioclimático*. Gustavo Gili, Barcelona.
- Wickham F. (1962). *Selection of Air-movement Plant*. Tropical Building Studies, Vol. 1, Nº4. Department of Architecture, University of Melbourne.
- Gea M., Iriarte A y Lesino G. (2003) Estudio de la Arcilla Expandida como Relleno de Intercambiadores para Enfriamiento Evaporativo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7, 2, 08, 37-42.
- Gea M., Sánchez B., Placco C., Iriarte A., Lesino G. (2004). Estudio y Comparación de Distintos Tipos de Intercambiadores para Enfriamiento Evaporativo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 8, 1, 03, 33-37.
- Ghiabaklou Z. (2003). Thermal Comfort Prediction for a New Passive Cooling System. *Building and Environment* 38, 883 – 891.
- Givoni B. (1984). *Man, Climate and Architecture*. Applied Science Publishers, Londres.
- Givoni B. (1979). Passive Cooling of Buildings by Natural Energies. *Energy and Buildings* 2, 4, 279-285.
- Nahar N., Sharma P., Purohit M. (2003). Performance of Different Passive Techniques for Cooling of Buildings in Arid Regions. *Building and Environment* 38, 109 –116.
- Nahar N., Sharma P., Purohit M. (1999). Studies on Solar Passive Cooling Techniques for Arid Areas. *Energy Conversion and Management* 40, 89–95.
- Szokolay S. (1982). *Energía Solar y Edificación*. Gustavo Gili; Barcelona, España.
- Szokolay S. (1985) Thermal Comfort and Passive Design. *Advances in Solar Energy* 2, 257–67.
- Velázquez Vila R., Álvarez Domínguez S. (1997). *ENERFICO'97: La Eficiencia Energética en la Edificación*. Grupo de Termotecnia, Escuela Superior de Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla, España.
- Watson D. (1979). *Energy Conservation through Building Design*. McGraw-Hill, U.S.A.

## ABSTRACT

The research is searching for a materialization of two different designs of passive evaporative cooling, which are able to embody on windows of buildings, as constitutive parts of its architecture. In order to quantify the effect of each one at the indoor of the rooms and contrast one to each other, they were monitored. With five dataloggers HOB08 simultaneous measurements of temperature, luminance, and relative and absolute humidity were carried out during successive short periods in: a) outdoor, b) a room of a house in use, in which windows was installed each device, c) another room at the same house, without any acclimatization, which acted as reference values. The procedure PROMEDI-HTL –supported in electronic sheets EXCEL- was applied to realize a detailed graphic-analytical data processing. Corroborating how appropriated is this strategy for a continental Mediterranean climate, both devices showed well behavior, reaching a better performance those with lowest thermal mass.

**Key words:** Evaporative cooling – Passive – Experiment – Devices - Architecture