

REGENERACIÓN SOLAR DE SILICA GEL

A. Busso, R. Spotorno, J. Pochetino, G. Figueredo, F. Benítez
GITEA - Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia
French 414. 3500 Resistencia-Chaco. República Argentina
Tel: +54 3722 432928. / Fax: +54 3722 432683/ e.mail: ifbenitez@infovia.com.ar

RESUMEN: El presente trabajo expone los resultados del proceso de regeneración de la Silica Gel en la unidad de Adsorción/Regeneración de la planta piloto de climatización solar en el GITEA – UTN FRR. El comportamiento de los testigos utilizados durante los ensayos de regeneración puso en evidencia una distribución irregular de la corriente de aire a través del cartucho, verificándose mayor velocidad de pérdida de contenido de humedad en los testigos inferiores (mas cercanos a la entrada de aire) disminuyendo hacia los testigos superiores. Se verificó además que el colector, en promedio, es capaz de trabajar a temperaturas $>75^{\circ}\text{C}$ durante mas de 2.5 hs. Durante este tiempo el colector es capaz de proveer suficiente energía para regenerar un cartucho de peso superior a 20 kg. con un contenido de humedad de 23%.

Palabras clave: climatización solar, Silica gel, adsorción, regeneración

1.- INTRODUCCIÓN

La región Nordeste de la República Argentina presenta durante los meses de verano un clima caracterizado por altas temperaturas y elevada humedad que hacen del aire acondicionado (AC) una necesidad para el confort humano. Por otro lado, la radiación solar promedio sobre superficie horizontal para esta época del año es de alrededor de $\sim 5.5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$.

El clima local y la alta disponibilidad de radiación solar dieron origen en el año 2000 a un proyecto de climatización solar por ciclo de Adsorción-Enfriamiento Evaporativo utilizando gel de sílice como elemento desecante (Figueredo *et al*, 1998). En el año 2005, luego de estudios con prototipos de laboratorio, se concretó la construcción de una planta piloto para climatizar la oficina de 16 m^2 del Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas (G.I.T.E.A), en la ciudad de Resistencia, Chaco, Argentina, la que entro en operación en fase de pruebas a partir del año 2006.

Uno de los componentes críticos de la instalación es la unidad de Adsorción/Regeneración. Como tal, estos módulos han sido objeto de extenso estudio durante la etapa de ensayos de laboratorio. El presente trabajo tiene como objetivo principal exponer los resultados de mediciones realizadas en la unidad de regeneración de la planta piloto durante corridas de funcionamiento de la misma. Este análisis pretende evaluar inconvenientes técnicos que puedan existir y plantear posibles soluciones.

A pesar que los resultados presentados en este artículo provienen de una aplicación muy específica como es la de climatización por adsorción-humidificación, existe una variedad de campos en donde se utiliza la silica gel como filtro deshumidificador: en transformadores, en sistemas de acondicionamiento de aire por compresión de vapor (Bula et al, 2004), en refrigeración por evaporación de agua a baja presión (Horn et al, 2000), en cámaras frigoríficas, etc. Todas estas aplicaciones tienen asociado un proceso de regeneración para permitir el funcionamiento continuo de las mismas.

2.- MATERIALES Y METODOS

2.1.- Unidad de Adsorción/Regeneración

La figura 1 muestra el esquema conceptual de la unidad de Adsorción/Regeneración. La misma consta de un cilindro construido con chapa galvanizada de 0.00127 m de espesor plegada con su correspondiente tapa de cierre (Fig.2). En su interior se aloja una estructura compuesta por dos paneles de SG semicilíndricos construidos con chapa perforada de 0.00105 m de espesor separados por un tabique central hueco metálico relleno con poliestireno extrudado como material aislante térmico para minimizar la transferencia de calor del circuito de regeneración (circuito caliente) al de adsorción (circuito frío). Todo el conjunto rota alrededor de un eje central de tal forma de poder intercambiar las funciones (Adsorción \leftrightarrow Regeneración) de los paneles a ambos lados del tabique. El aire de proceso ingresa por la parte inferior de la unidad, atraviesa la SG colocada en el panel y deja la unidad por la parte superior de la misma. Cada panel tiene una capacidad para alojar $\sim 26 \text{ kg}$ de SG. La SG utilizada es para uso de tipo industrial, con cristales de forma irregular con una densidad media de $\sim 900 \text{ Kg/m}^3$ y granulometría en el rango de $0.003 - 0.006 \text{ m}$. La corriente de aire de proceso que circula a circuito cerrado por el circuito es calentada por un colector solar de placa plana de 18 m^2 , colector de 18 m^2 de área total, compuesto por dos colectores en serie de $1.5 \times 6 \text{ m}$., con un alto de canal de circulación de 0.05 m ., marco de chapa de 0.00114 m de espesor plegada convenientemente a fin de proporcionar rigidez y soporte mecánico a la cubierta y placa colectora. El interior del marco se aisló térmicamente con una capa de espuma de poliuretano de 0.025 m de espesor. Como

superficie colectora se empleó chapa galvanizada ondulada 0.00094 mm, la cual fue limpiada y pintada con esmalte sintético negro mate comercial. En virtud que el colector se montaría sobre el techo de un garaje lindero a la habitación a climatizar, como base y cierre posterior del mismo se aprovechó la chapa galvanizada del mismo techo de montaje. A fin de reducir pérdidas térmicas posteriores, esto es, hacia el interior del garaje, se aisló la superficie inferior del techo con una capa de 0.025 m de espesor de espuma de poliuretano. Como cubierta transparente se utilizó vidrio comercial tipo float de 0.005 m de espesor y de bajo contenido de óxido de hierro (transmitancia solar 90,2 según especificación de fabricante - VASA - Vidriería Argentina S A). La renovación de la corriente de aire de proceso se produce en forma natural por las infiltraciones propias del circuito.

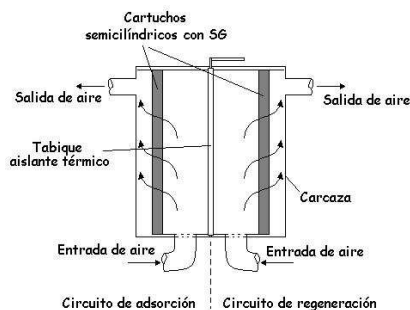


Figura 1.- Esquema de la unidad de Adsorción-Regeneración



Figura 2.- foto de la unidad de Adsorción-Regeneración

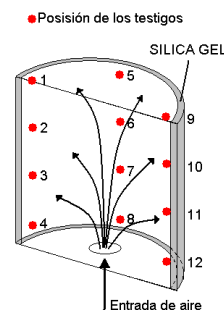


Figura 3.- Distribución de testigos de SG en el panel

2.2.- SISTEMA DE MEDICIÓN

Las variables medidas fueron la temperatura de entrada y salida del colector y la velocidad media del aire en el circuito, variable esta obtenida a partir de un mapeo de velocidades realizado en una sección de conducto convenientemente seleccionada por uniformidad y posición tal de asegurar un flujo turbulento completamente desarrollado.

El valor de la velocidad se utilizó para la determinación del caudal másico en el sistema. Para las mediciones de velocidad de aire se empleó un anemómetro de hilo caliente marca Lutron AM-4204 con una resolución de 0.1 m/s en la escala de operación utilizada y $\pm 5\%$ de precisión. Como sensores de temperatura se emplearon termocúplulas tipo K conectadas a un módulo adquisidor de datos NUDAM 6018, a su vez conectado a una PC por medio de la interfase RS232 NUDAM 6520. El registro de datos se realizó en forma automática a intervalos de 20 seg. Para las mediciones de radiación solar se utilizó un solarímetro fotovoltaico marca SOL-A-METER. Esta variable se midió manualmente a intervalos de 15 min. utilizando un multímetro en escala de 200 mV para leer la señal de salida del solarímetro. Posteriormente, los valores obtenidos fueron afectados por la constante de calibración del solarímetro ($7.17 \times 10^{-5} \text{ V-m}^2/\text{W}$ – provisto por fabricante).

Debido a la dificultad técnica de monitorear la variación de peso del panel completo de SG, se construyeron 12 testigos con material adsorbente. Para la construcción de los mismos se empleó tela metálica plegada a modo de sobre de $0.15 \times 0.07 \text{ m}$ con una capacidad para alojar en su interior $\sim 100 \text{ gr}$ de SG cada uno. Estos testigos prestan una doble función, por un lado permitir el monitoreo de la pérdida de agua durante la regeneración y por el otro, permitir el análisis de la distribución del flujo de aire a través del panel de SG. Con este objetivo, los testigos se distribuyeron uniformemente en diferentes puntos del área transversal del panel tal como se muestra en el esquema de la figura 3. El peso anhidro de los testigos se determinó manteniéndolos en una estufa durante 72 h. a una temperatura entre 88 y 100°C . La Tabla 1.- presenta la distribución de pesos anhidro y saturados de las muestras testigo utilizadas así como su contenido de humedad (X_{bs}) máximo expresado en base seca. El peso saturado se obtuvo exponiendo los testigos a una corrientes de aire a temperatura y humedad ambiente promedio de $\sim 30^\circ\text{C}$ y $\sim 75\%$ aproximadamente.

Debido a que para realizar las pesadas de los testigos durante los ensayos se debía abrir la unidad de Adsorción-Regeneración con la consiguiente perturbación que esta acción introduce en el proceso, se realizaron pesadas solo en tres o cuatro oportunidades a los largo de las corridas. Para la medición de peso se utilizó una balanza digital Mettler PJ 3000 con sensibilidad de 0.01 gr.

	N° de Testigo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso anhidro (gs)	93.87	90.28	92.52	81.1	79.2	80.92	93.43	97.63	94.69	89.73	98.68	105.1
Peso Saturado (gr)	115	111.41	114.02	99.99	97.48	99.37	115.44	120.3	116.02	110.61	120.98	128.61
X_{bs_max} [contenido de hum. máxima en base seca]	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22

Tabla 1.- Distribución de pesos de las muestras testigo de material adsorbente empleadas y contenido de humedad máximo.

3.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

3.1.- REGENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE EN EL PANEL

A continuación se exponen los resultados de cuatro ensayos realizados durante pleno verano e inicio del otoño. En los mismos la regeneración se llevó a cabo bajo diferentes condiciones climáticas que incluyen día totalmente claro y con baja y alta nubosidad. El ensayo del 12/2/2007 presenta la particularidad de que el panel de SG contaba con una máscara frontal de chapa con ranuras de dimensiones y formas tales que se pretendía lograr una flujo uniforme del aire a través del área del panel. Esta máscara estaba situada en el espacio comprendido entre el panel y el cilindro contenedor de la unidad de Regeneración/Adsorción y a igual distancia de ambos (~0.05 m de cada uno). Para los ensayos del 21/3/2007, 27/3/2007 y del 28/3/2007, se removió la máscara a fin de verificar diferencias respecto del caso anterior.

Ensayo del 12/2/2007:

Las figuras 4 a) y b) muestran la evolución del contenido de humedad en base seca (X_{bs}) y la velocidad de pérdida de contenido de humedad (V_{pch}) para este ensayo cuya duración total fue de 8 h. y 45 min. V_{pch} se define como el cociente entre la variación de X_{bs} dividido el tiempo en que se produce tal cambio. En la figura 4 a) se advierte una distribución de X_{bs} en relación inversa a la posición de los testigos, mayor en los puntos bajos (testigos 4, 8 y 12), cercanos a la entrada del aire en el panel, disminuyendo a medida que aumenta la posición del testigo respecto de este nivel. No obstante ello, se observa que para tiempos largos todos los testigos se estabilizan en $X_{bs} \cong 3.7\%$. Este comportamiento está indicando la existencia de una mala distribución del flujo de aire a través del panel que provocaría un proceso de regeneración ineficiente en lo temporal, esto es, la existencia de secciones con diferentes contenidos de humedad según su posición respecto de la entrada de aire, retardaría en términos generales el tiempo de regeneración. El análisis de la distribución de V_{pch} (Fig.4 b) muestra un fenómeno de inversión en el cual, los testigos superiores (1, 5 y 9) presentan, durante el segundo intervalo de tiempo, valores de V_{pch} comparables a los iniciales, mientras que los testigos inferiores (4, 8 y 12) sufren un decaimiento drástico de V_{pch} respecto de su valor inicial, a pesar de ser este intervalo de tiempo de mayor duración que el primero. El valor X_{bs} de equilibrio que presentan todos los testigos al final del ensayo (Fig.4 a) y el comportamiento de V_{pch} con la posición, puesto en evidencia en la figura 4 b), indican que los testigos inferiores llegan al estado de equilibrio algún tiempo antes que los superiores, tiempo que es preciso determinar ya que fijaría la frecuencia de rotación de la unidad de Adsorción/Regeneración. Este punto esta pendiente de mayor estudio a fin de poder optimizar el proceso de rotación de paneles y la forma de corregir la distribución de la corriente de aire de proceso. Por otro lado, las 8 h 45 min. que llevo la regeneración se considera como un tiempo excesivo, para el caso de su aplicación en climatización, por lo que se deben analizar posibles mejoras en la unidad de Adsorción/Regeneración de nuestro sistema.

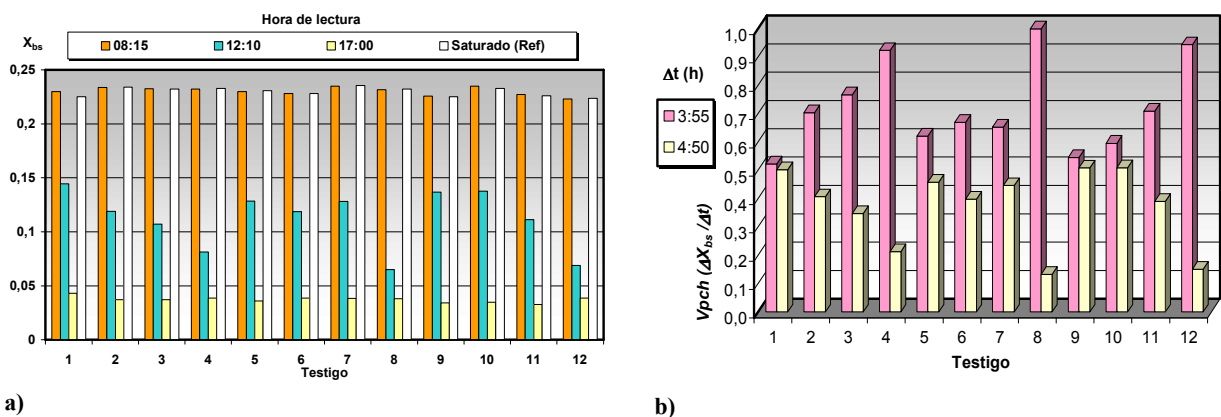


Figura 4.- a) Evolución del contenido de humedad (X_{bs}) de los testigos.
 b) Velocidad de pérdida de contenido de humedad ($V_{pch} = \Delta X_{bs} / \Delta t$) para los intervalos medidos.

La gráfica de la figura 5 muestra datos reportados en la bibliografía consultada sobre humedad de equilibrio para SG en función de la temperatura del aire (Kirk y Othmer, 1996; Busso et al. 1998). Los puntos en rojo representan los valores experimentales de X_{bs} determinados para el estado saturado y luego del proceso de regeneración. Para este último estado se observa que el valor promedio $X_{bs} \cong 3.7\%$ se corresponde con el estado de equilibrio final de un proceso llevado a cabo a una temperatura media de regeneración de ~61°C. En la figura 6 se aprecia la evolución del valor medio de X_{bs} durante el ensayo de regeneración. Superpuestas se muestran dos líneas de ajuste, una de tipo lineal y otra de tipo exponencial decreciente. Se observa que la curva de tipo exponencial decreciente (característica de un proceso de desorción) se ajusta mejor al comportamiento de X_{bs} cayendo dentro de los márgenes de error de los puntos experimentales. Los intervalos de error marcados en la gráfica se determinaron aplicando propagación de errores considerando las contribuciones de todas las variables medidas en forma directa.

Se observa de la curva de humedad de equilibrio válida para sílica gel, el efecto regenerativo de este ensayo es equivalente a mantener la sílica gel a una temperatura de 61°C por un período prolongado de tiempo (Fig.5 - punto rojo). Por ello, para el cálculo de la energía aportada por el colector se tomaron dos períodos de tiempo, uno durante el cual la temperatura de salida del aire del colector superó los 61°C y el otro los 75°C. Esta energía representa el área bajo la curva de potencia instantánea comprendida entre los intervalos de tiempo determinados por las temperaturas definidas anteriormente.

La temperatura de 75°C se toma en base a las conclusiones (Kuei-Sen Chang et al, 2004; Khalid et al, 2001) según las cuales la regeneración a temperaturas >75°C produce una mejora >40% en la capacidad de retención de agua durante el proceso de adsorción respecto de regeneración a 60°C. Con las energías acumuladas durante estos dos intervalos de tiempo y asumiendo un proceso adiabático ideal y sin renovación, se calculó la cantidad de SG que podría ser regenerada usando como calor de regeneración 5900 kJ/kg (Perry, 1958; Busso et al. 1998). La Tabla 2. presenta los resultados obtenidos.

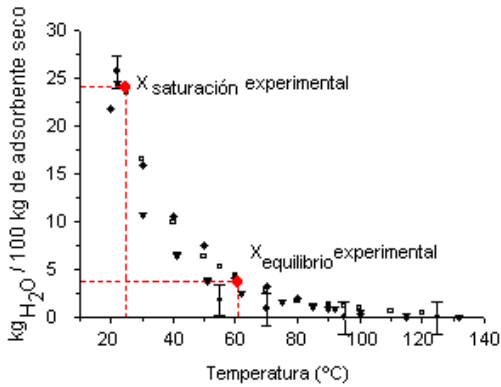


Figura 5.- Curva de humedad de equilibrio para la SG (Busso et al. 1998)

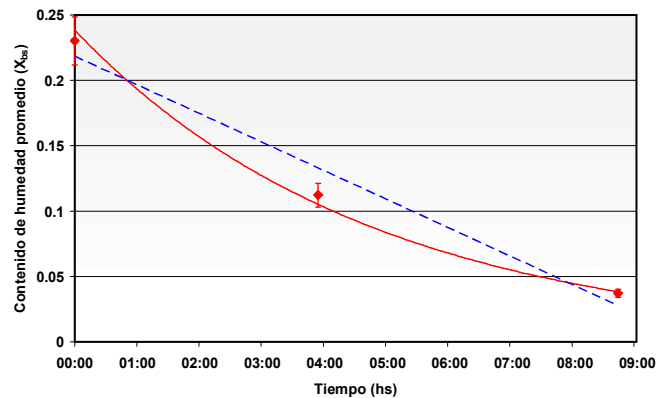


Figura 6.- Evolución del valor medio del contenido de humedad durante el ensayo

Ensayo del 21/3/2007:

La duración total de este ensayo fue de 7 h. y 39 min. con condiciones climáticas de nubosidad variable como se puede observar en la figura 8. Como primera diferencia respecto del ensayo anterior notamos el mayor caudal de trabajo resultante de la remoción de la máscara frontal del panel de SG, dejando en evidencia la relativamente alta pérdida de presión que este introducía en el circuito. Las figuras 7 a) y b) muestran la evolución del contenido de humedad en base seca (X_{bs}) y la velocidad de pérdida de contenido de humedad (V_{pch}). Se observa que durante el primer intervalo de medición se registraron valores negativos de V_{pch}. Para aclarar este punto, cave mencionar que se observó condensación de agua en la cara interior de la cubierta transparente del colector. Los valores negativos de V_{pch} se producen entonces como resultado de la evaporación de agua condensada en el colector durante el calentamiento del mismo en las primeras horas de la mañana e infiltraciones al circuito de aire de proceso, lo que llevó a una humidificación de los testigos. En lo que respecta al contenido de humedad final, X_{bs}, el mismo fue de ≈4.7% en promedio, sensiblemente superior al ensayo anterior en virtud de las condiciones climáticas desfavorables. Según los datos de la figura 5, este estado de equilibrio final correspondería al de un proceso llevado a cabo durante un tiempo suficientemente largo a una temperatura media de regeneración de ~55°C. Por otro lado, el comportamiento de V_{pch} es irregular de testigo a testigo. Para algunos testigos crece para luego decrecer, para otros muestra un comportamiento continuamente decreciente y para otros una mezcla de ambas tendencias. Este comportamiento puede deberse al hecho ya mencionado anteriormente relacionado con la humedad presente en el colector producto de condensación durante la noche. En la figura 9 se puede apreciar el comportamiento de los valores promedio de X_{bs} y V_{pch}, observándose el período de humidificación durante las primeras horas del día y luego el decaimiento hasta la estabilización.

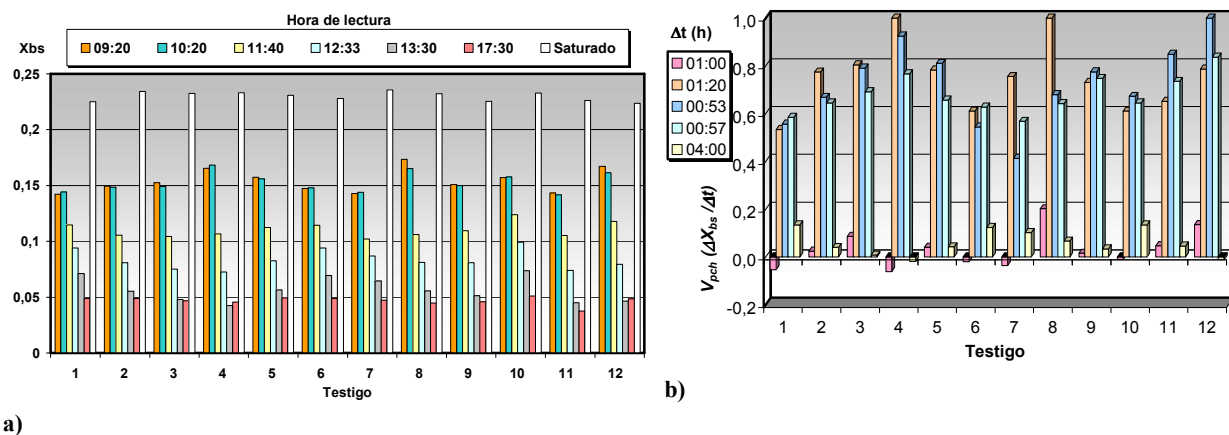


Figura 7.- a) Evolución del contenido de humedad (X_{bs}) de los testigos
b) Velocidad de pérdida de contenido de humedad (ΔX_{bs}/Δt) para los intervalos medidos.

Siguiendo una lógica de cálculo similar a la utilizada en el ensayo anterior se determinó la energía aportada por el colector para dos períodos de tiempo, uno durante el cual la temperatura de salida del aire del colector superó los 55°C y el otro los 75°C y con estas energías se determinó para ambos casos la cantidad de SG que podría ser regenerada. Los resultados se detallan en la Tabla 2.

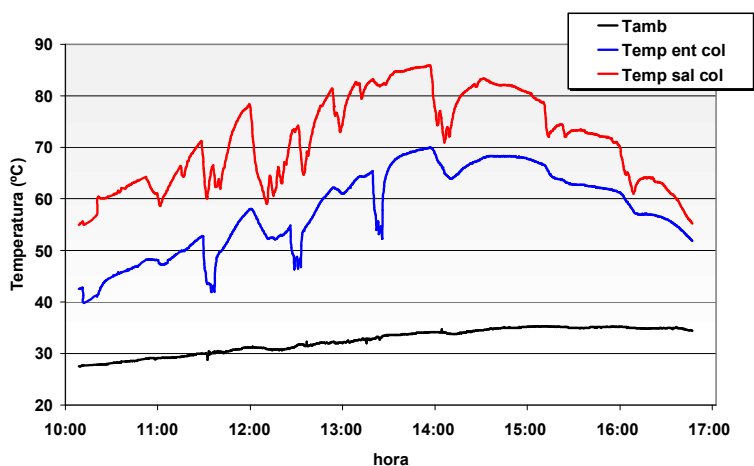


Figura 8.-Evolución de las temperaturas a lo largo del ensayo 21/3/2007

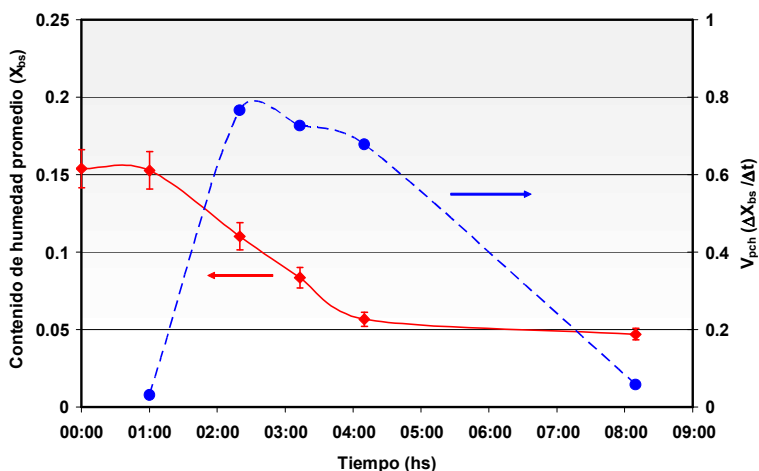


Figura 9.- Evolución del valor medio del contenido de humedad durante el ensayo.

Ensayo del 27/3/2007:

La duración total de este ensayo fue de 9 h. y 29 min. con cielo claro tal como se puede observar en la Fig.10. Se aprecia además en la gráfica la evolución temporal de las principales variables correspondientes a este ensayo. El súbito descenso de la radiación solar (línea negra) después de las 16:00 hs se debe a la proyección sobre el colector de la sombra de un árbol lindero al edificio. La Fig. 11 muestra la evolución de X_{bs} . El valor promedio final de equilibrio de los testigos es $\cong 6.1\%$, contenido de humedad de equilibrio final que correspondería al de un proceso llevado a cabo a cabo durante un tiempo suficientemente largo a una temperatura media de regeneración de $\sim 50^\circ\text{C}$ (ver Fig.5). Los resultados de la determinación de la energía aportada por el colector para dos períodos de tiempo, uno durante el cual la temperatura de salida del aire del colector superó los 50°C y el otro los 75°C y la cantidad de SG que podría ser regenerada se detallan en la Tabla 2.

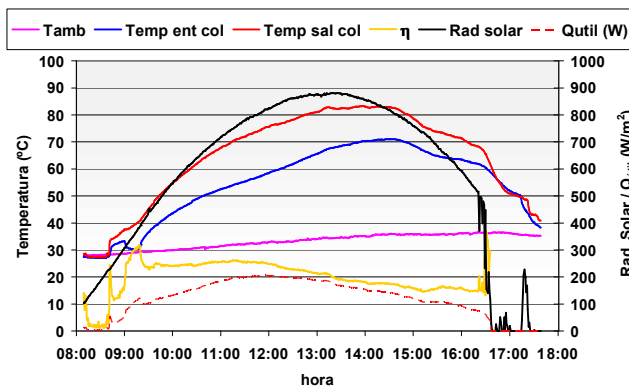


Figura 10.-Evolución de variables a lo largo del ensayo 27/3/2007

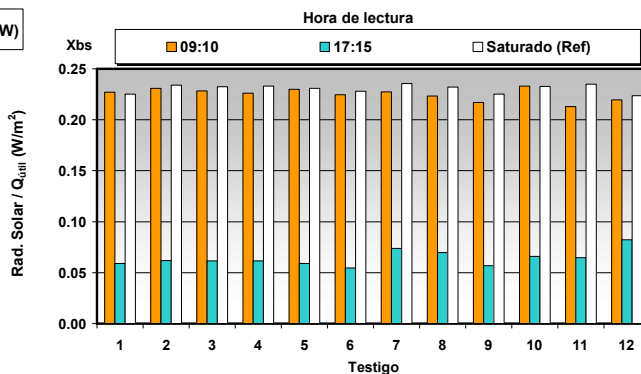


Figura 11.-Evolución del contenido de humedad (X_{bs}) de los testigos

Ensayo del 28/3/2007:

La duración total de este ensayo fue de 9 h. y 27 min. con condiciones climáticas de nubosidad variable como se puede observar en la figura 13. Las figuras 12 a) y b) muestran la evolución del contenido de humedad en base seca (X_{bs}) y la velocidad de pérdida de contenido de humedad (V_{pch}). Contrario a lo ocurrido con el ensayo anterior, tanto X_{bs} como V_{pch} exhiben un comportamiento similar para cada testigo y mas acorde con un proceso de deshidratación. No obstante ello, V_{pch} toma valores negativos para los testigos 3, 4, 8, 11 y 12, poniendo en evidencia al final del ciclo un proceso de rehumidificación del panel de SG hasta $X_{bs} \cong 6.5\%$, valor correspondiente con una temperatura de regeneración de $\sim 50^\circ\text{C}$ (ver Fig.5). Según se desprende de la figura 5, el descenso en la temperatura del aire de proceso durante la última medición de peso, que se realizó a las 17:15 hs. a valores $< 50^\circ\text{C}$ (Fig.13), produce un aumento de la humedad de equilibrio de la SG, favoreciendo la incorporación de agua al material explicando de esta manera la rehumidificación observada experimentalmente. En lo que refiere a V_{pch} , el comportamiento de esta variable para de todos los testigos es similar, creciente hasta pasar por un máximo para luego decrecer tendiendo al valor cero. En la figura 14 se puede apreciar el comportamiento de los valores promedio de X_{bs} y V_{pch} , observándose el decaimiento continuo de la primera variable hasta la estabilización alrededor de $X_{bs} \cong 6.5\%$. Nuevamente se determinó la energía aportada por el colector para dos periodos de tiempo, uno durante el cual la temperatura de salida del aire del colector superó los 50°C y el otro los 75°C y con estas energías se determinó la cantidad de SG que podría ser regenerada, resultados que se detallan en la Tabla 2.

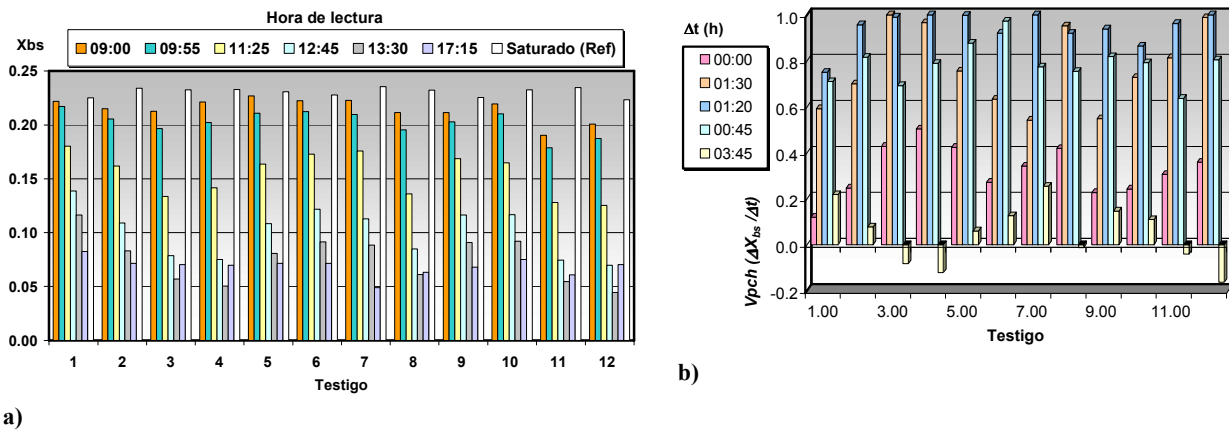


Figura 12.- a) Evolución del contenido de humedad (X_{bs}) de los testigos
b) Velocidad de pérdida de contenido de humedad ($\Delta X_{bs}/\Delta t$) para los intervalos medidos.

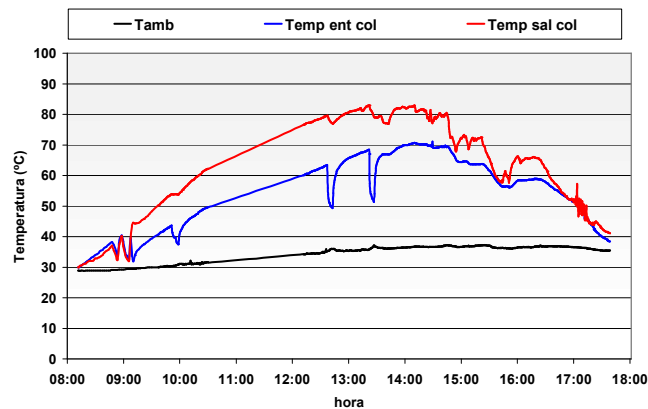


Figura 13.-Evolución de las temperaturas a lo largo del ensayo 28/3/2007

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos del cálculo energético para cada ensayo. Las dos últimas columnas muestran la cantidad agua que podría ser extraída durante el proceso de regeneración y el peso seco de SG que se necesitaría para retener esta cantidad de agua asumiendo un porcentaje de retención máximo de 23% en peso seco aplicable a la SG que se empleó en este estudio. Así mismo, se determina que la velocidad promedio de regeneración a 75°C es de 8.6 kh/h. por lo que tomaría en promedio ~ 2 hs 19 min la regeneración de un panel de 20 kg.

Los datos experimentales muestran además, que el colector es capaz de operar a temperaturas $\geq 75^\circ\text{C}$ durante periodos de tiempo mayores a 2.5 h., tiempo durante el cual la energía útil entregada puede producir la regeneración de un panel de peso superior a los 20 kg de SG.

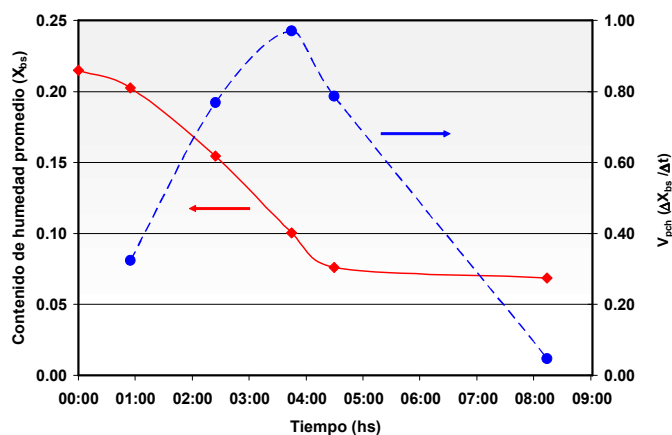


Figura 14.- Evolución del valor medio del contenido de humedad y velocidad de pérdida de contenido de humedad ($\Delta X_{bs}/\Delta t$) durante el ensayo

Ensayo	Caudal (kg/s) [kg/s·m ²]	Intervalo de temperatura (°C)	Duración del intervalo	Potencia promedio instantánea (kW)	Energía acumulada entregada por el colector (kJ)	Cantidad de H ₂ O (kg)	Cantidad de SG (kg peso seco)
12/2/2007	580 [0.009]	≥ 61	5hs 39 min.	3.21	65381.00	12.33	53.63
		≥ 75	4hs 30 min.	3.15	51141.10	9.6	41.93
21/3/2007	770 [0.012]	≥ 55	6hs 38 min.	2.86	68347.40	11.6	50.3
		≥ 75	3hs 20 min.	3.26	39210.10	6.6	28.9
27/3/2007	770 [0.012]	≥ 50	7hs 26 min.	2.54	68054.9	11.5	50.1
		≥ 75	3hs 24 min.	2.98	36490.7	6.18	26.8
28/3/2007	770 [0.012]	≥ 50	7hs 36 min.	2.54	64238.20	10.88	47.3
		≥ 75	2hs 35 min.	2.98	29906.30	5.06	22.06

Tabla 2.- Energía útil suministrada por el colector para dos escenarios de temperaturas de trabajo y cantidad de SG posible de regenerar. Se asume $Q_{\text{regén}} = 5900$ kJ/kg de agua (Perry, 1958; Busso et al. 1998)

5.- CONCLUSIONES

De los estudios realizados se pueden extraer las siguientes conclusiones principales:

- Los ensayos de regeneración realizados con y sin máscara deflectora frontal en el cartucho de SG mostraron una distribución irregular del flujo de aire a través del mismo. En el caso del ensayo con máscara deflectora la velocidad de pérdida de contenido de humedad es marcadamente mayor en los testigos inferiores (mas cercanos a la entrada de aire) disminuyendo hacia los testigos superiores, efecto este que también se encuentra presente en los casos de ensayos sin máscara pero en menor medida. La existencia de esta mala distribución de la corriente de aire a través del cartucho hace que el proceso regeneración no este optimizado en lo temporal.
- Los resultados experimentales muestran que, en promedio, el colector puede trabajar a temperaturas >75°C durante tiempos superiores a 2.5 hs., intervalo durante el cual puede proveer suficiente energía para regenerar un cartucho de peso superior a 20 kg. con un contenido de humedad de 23%.

6.- REFERENCIAS

- Bula S.A., Juvinao J., (2004), Comportamiento Del Gel de Sílice Como Filtro Deshumidificador En Sistemas De Acondicionamiento De Aire Por Compresión De Vapor. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, junio, número 031. Medellín, Colombia. Pp. 73-83.
- Busso A., Figueredo G., Pochettino J.J., Aeberhard A., Benitez F., (1998). Equipo De Climatización Ecológico Para Automotores Utilizando La Energía De Desperdicio Del Motor: Estudio Preliminar. AVERMA. Vol.2 Nro. 1 p.13-16.
- Figueredo G., Busso A., Pochettino J., Benitez F., Aeberhard A., (1998). Climatización por ciclo abierto por desecado y humidificación. ASADES, Vol.2, p-13-16.
- Horn M., Chaya R. M. (2000). Evaluación Experimental de un Refrigerador por Adsorción. Proceedings del VIII Simposio Peruano de Energía Solar.
- Khalid A.J., Nabeel S.D. (2001). Application of Solar Assisted Heating and Dessicant Cooling Systems for a Domestic Building. Energy Conversion and Management. No. 42, pp.995-1022.
- Kirk-Othmer, (1996). Drying, Encyclopedia of Chemical Technology, 3ra. Edición, Wiley-Interscience, 75-127.
- Kuei-Sen Chang, Hui-Chun Wang, Tsair-Wang Cheng. (2003). Effect of regeneration conditions on the adsorption dehumidification process in packed silica gel beds. Applied Thermal Engineering. No. 24, pp. 735-742.
- Perry J. H. (1958) *Manual del Ingeniero Químico*, 3ra. Edición, pp 1370-1381 . Mc Graw Hill, México

Pesaran A., Parent Y., Bharathan D. (1992). Non CFC Air Conditioning for Transit Buses, NREL Communication ·922459.

ABSTRACT: The present work exposes the results of the regeneration process of the Silica Gel contained in the Adsorption/Regeneration unit of the solar air conditioning pilot plant at the GITEA – UTN FRR. The behavior of the sorption probes used during regeneration runs indicate an irregular airflow distribution through the cartridge, with lower probes (closer to the air entrance) showing greater humidity content lose ratio with respect to upper probes. In addition, it was verified also that the solar collector is able to reach temperatures $>75^{\circ}\text{C}$ during more than 2.5 h., time during which the collector delivers sufficient energy to regenerate a cartridge with a humidity content of 23% and a weight of more than 20 kg.

Key words: solar climatization, silica gel, adsorption, regeneration