El enfriamiento gratuito con los acumuladores de cambio de fase (PCM)

M.. Domínguez [(1)], C. García , J.Mª Arias

[(1)] Departamento del Ingeniería, Instituto del Frío. CSIC C/ Antonio Novais 10. 28040 Madrid.
Telef.. 34915492300. dominguez@if.csic.es
.
http://www.grupodominguezinstitutodelfrio.es/

1. Introducción Los materiales de cambio de fase o PCM, al permitir acumular a una temperatura gran cantidad de energía térmica, se les considera idóneos para su aprovechamiento en instalaciones de climatización , tanto para la regulación de capacidad , como para el aumento de la eficiencia energética, al permitir trabajar a los sistemas de compresión a las horas más frías del día, aprovechando las tarifas eléctricas nocturnas [1]. Así como el posible empleo en sistemas de cogeneración y de trigeneración, al permitir aumentar el funcionamiento anual de estas instalaciones [2]. También se considera que pueden aplicarse con gran ventaja en la climatización en el aprovechamiento del frío gratuito o "free cooling " del aire ambiente, sensible y también latente o de evaporación. El objetivo pretendido es llamar la atención sobre estos temas para que puedan desarrollarse nuevas aplicaciones , de importancia en el deseado desarrollo de las energías renovables.

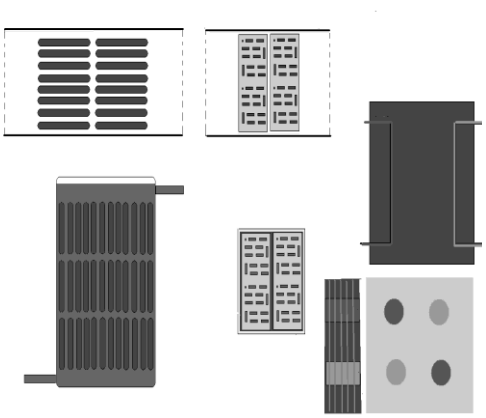


Figura 1. Diversos tipos de contenedores de PCM empleados



Figura 2. Sistema evaporativo con PCM en finas placas.

Se ha ido empleando diversos sistemas de contener los PCM según el fluido empleado, este ha podido ser aire empleándose recipientes plásticos de diversas formas y dimensiones tales como placas y cilindros , de cristal como ladrillos translucidos y la metálicos como baterías con tubos de cobre y aletas de aluminio , cuando se ha empleado como fluido el agua , se han empleado baterías con tubos de cobre y aletas de aluminio, con el PCM entre las aletas y los tubos serpentines de plástico con el PCM por fuera o tubos de plástico con el PCM dentro de los tubos. En la figura 1 se han representado los diversos tipos junto a un intercambiador acumulador , formado por dos circuitos alternados para los fluidos primario y secundario.

Entre las instalaciones realizadas en que se ha participado se destacan: Casetas experimentales con muros tipo Trombe translucidos y PCM en las otras paredes , casetas y centros de telefonía con sistemas de enfriamiento tradicional descargando sobre bancos de PCM, casetas de telefonía con un circuito de agua y baterías con el PCM por fuera o con circuito de aire y baterías con

PCM en los tubos. Se han realizado instalaciones con sistemas evaporativos incluyendo el PCM en cilindros, en placas finas como puede verse en la figura 2 o en el interior de los tubos de las baterías, se ha pensado que se podría colocar en el mismo sistema de evaporación, [3] al [6].

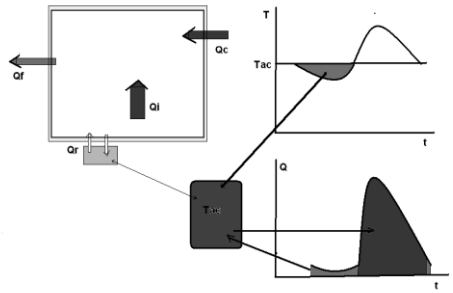


Figura 3 Esquema del principio de aprovechamiento del frío gratis en sistemas de climatización

2. Experimental Se puede ver en la figura 3 un esquema del principio de las instalaciones de climatización, en donde se puede aprovechar el frío gratuito o "free cooling" que puede aportar el aire ambiente, tanto sensible como el latente o evaporativo , que se puede volver al ambiente , emplearse para la renovación del aire o puede ser el de extracción, y también otros aportes como pueden ser el frío que entra por conducción por las noches o el calor que en ciertas épocas de calor entra por paredes y hasta las cargas térmicas internas .

En muchas instalaciones singulares , las necesidades de frío y de calor pueden simultanearse diariamente pero produciéndose a horas muy diversas, no coincidiendo con las cargas térmicas. La inercia térmica de los edificios y de sus instalaciones de climatización se puede aprovechar grandemente con los PCM que pueden almacenar en pequeños volúmenes grandes cantidades de calor o de frío. En instalaciones singulares como pueden ser polideportivos grandes estadios, se requieren en cortos periodos de tiempo grandes necesidades de frío , en ellos la acumulación del frío es muy importante, así en grandes invernaderos se requiere calor por las noches y sobra a las horas diurnas , podemos encontrar muchos ejemplos en donde se pueden aplicar los PCM para su climatización.

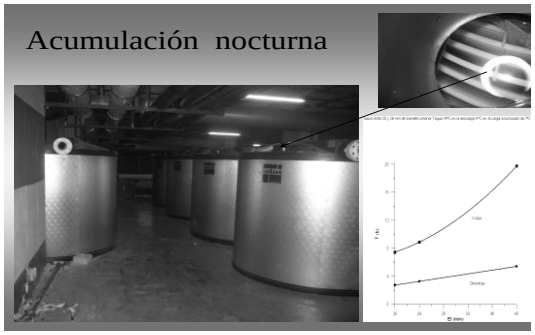


Figura 4. Tanques con espiras de plástico

Veamos algunos ejemplos ilustrativos de cómo pueden emplearse:

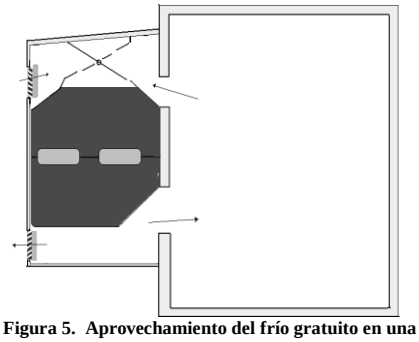


Figura 5. Aprovechamiento del frío gratuito en una caseta de telefonía

Casetas de telefonía. En la figura 4 se ha representado un esquema de principio de una caseta de telecomunicaciones , con un equipo de mochila o adosado externamente aprovechando el frío gratuito, formado por una bateria o conjunto de recipientes conteniendo el PCM, un sistema mecánico de impulsión de aire, un sistema de regulación-control, que permite la toma del aire exterior cuando su temperatura es inferior a la del PCM , frío que solidificara el PCM y al fundirse después enfriará el recinto interior a climatizar y cerrará dicha toma, cuando la temperatura exterior sea superior a la de cambio de fase del PCM , recirculando el aire por el PCM y el recinto a climatizar , fundiendo el PCM.

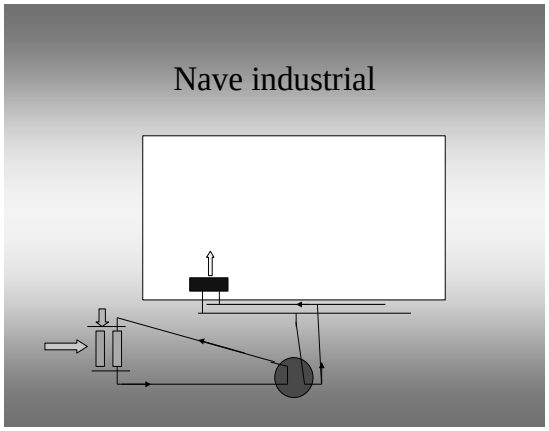


Figura 5. Aprovechamiento del frío gratuito en una nave industrial y el enfriamiento evaporativo

Naves industriales En la figura 5 se puede ver un esquema del enfriamiento de una nave industrial con un sistema de enfriamiento evaporativo indirecto, formado por el sistema evaporativo clásico con su relleno, una bateria de agua que se enfría con el aire forzado húmedo, un intercambiador acumulador con doble circuito de agua, por el primario recircula el agua procedente del sistema evaporativo y por el secundario pasa el agua a enfriar los aerotermos de la nave industrial.

3. Discusión En instalaciones que se requiera temperaturas intermedias a las secas o húmedas del ambiente, que pueden ser en la península Ibérica, las comprendidas entre 22 a 28 ºC, se pueden climatizar con el frío gratuito del aire, empleando PCM de cambio de fase unos grados por debajo de dichas la temperaturas , por las noches se solidifica el PCM y por el día funde devolviendo el frío acumulado. Para disminuir el volumen del PCM en los casos que se requiera frío como pueden ser centros de comunicación, salas de transformadores , donde los equipos eléctricos desprenden calor las 24 h del día, se puede aprovechar el frío del propio aire exterior nocturno para la refrigeración de los recintos. El único problema que se ve, es el posible polvo que introduzca el aire , lo cual se puede evitar con los filtros adecuados y un correcto mantenimiento de los mismos. En el caso que se requiera temperaturas más bajas que las posible dadas por el aire ambiente , en climas secos puede emplearse sistemas evaporativos, que permitirán en muchos casos, reducir grandemente las cantidades de PCM necesarias.

Los problemas que se presentan en los sistemas estudiados en estos años se pueden resumir en dos el costo de los PCM y su sistema de retención y la transmisión de calor de estos medios al fluido térmico. En pequeñas instalaciones se ha visto que el aire es el fluido más sencillo y económico y pueden emplearse placas o bolsas de plástico de espesores reducidos no sobrepasando los 2 cm y en caso de grandes potencias debe emplearse el agua y tanques cilíndricos con serpentines espirales de diámetro del orden de 20 mm, tal como los indicados en la figura 6, con circuito único o con doble circuito de agua independiente.

La capacidad de almacenamiento deseada es fácil de determinar en cada caso conociendo el calor latente del PCM a emplear. La capacidad de carga o de descarga es un poco más compleja pues depende del salto de temperatura entre el fluido y el PCM, el área de intercambio y el coeficiente global de transmisión. Se considera que con saltos de temperaturas medios del orden de 3 ºC , coeficientes globales del orden de 40 $W/m^2.K$, con separaciones entre tubos del orden de tres diámetros de tubo, se obtienen tiempos de carga y descarga del orden de las diez horas, ideales para las principales aplicaciones [9]. Trabajar con saltos menores a los tres grados se considera problemáticos desde el punto de vista de transmisión de calor y hasta de los propios PCM, que no suelen tener una temperatura fija de cambio de fase como la de los productos puros sino un plato o intervalo de cambio de algunos pocos grados.

Es muy posible que se consiga desarrollar nuevos sistemas de climatización incorporando los PCM microencapsulados ahorrándose los tanques de acumulación . En el trabajo [8] y [9], se puede encontrar más información sobre el tema

4 . Conclusiones

Los materiales de cambio de fase o PCM pueden facilitar el aprovechamiento del frío gratis o "free cooling" grandemente en un amplio conjunto de importantes instalaciones de climatización contribuyendo al deseado desarrollo sostenible del planeta, es decir contribuir al no deterioro de la capa de ozono y a evitar el calentamiento atmosférico.
La forma de emplearlo va a ser importante, pues de ella va a depender, su costo y seguridad de funcionamiento. Podrá hacerse incorporándolo en los muros, aprovechando el movimiento natural como del aire en los edificios convectivos o muros tipo Trombe, empleando aire forzado con o sin sistema evaporativo o con agua y grandes tanques de acumulación. Y es posible que se puedan eliminar dichos tanques introduciendo en el circuito de agua de distribución, los PCM microencapsulados.

Referencias

[1] M. Domínguez y García, Cytef2009, Castellón Julio 2009.
[2] M. Domínguez. Genera 2009 . Mayo. Madrid.
[3]M. Domínguez ; J. Culubret; J. A. Barbero. Ventajas de los nuevos acumuladores de frío en las redes de telecomunicaciones. BIT. Nº 125.Enero-feb. 2001. 92,94
[4] M Domínguez.; J. Culubret . Nuevo sistema de climatización empleando el enfriamiento evaporativo y los acumuladores de cambio de fase. Montajes e Instalaciones n º 365. Oct 2002. 53,57
[5] F. Kaltenbach PCM- Acumuladores de calor latente para calefacción y refrigeración. Detail . Arquitectura solar. 4 . 482,486. (2005) .
[6] C. Faustini Análisis del aprovechamiento energético de los acumuladores de cambio de fase en algunas propuestas constructivas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela de Arquitectura (2007).
[7] M Domínguez., C García., J. Mª Arias y F. González. Determinación del coeficiente global de transmisión de un tanque cilíndrico de MFC con tubos cilíndricos. Google Scholar (2008) http://digital.csic.es/bitstream/10261/6302/1/TANQUES%20SIMULACI%c3%93N.pdf
[8] M. Domínguez. La acumulación de frío en las grandes instalaciones de climatización. II International workshop advances in engineering of hvac&r. 23 y 24 Abril. Escola superior de tecnología de la Universidade do Algarbe. Faro Portugal (2007)
[9] M., Domínguez C. Gracia. Los acumuladores de calor de cambio de fase a temperaturas positivas en la climatización. Cytef-2007 IV Congreso Ibérico y II Congreso Iberoamericano. Ciencias y técnicas del frío (2007)