

[Los materiales de cambio de fase en las granjas y en los establos] Junio 2011

Los materiales de cambio de fase en las granjas y en los establos

Manuel Domínguez, Carmen García*, José María Arias

***ICTAN CSIC**

Dominguez183@gmail.com

Resumen:

Se analizan las condiciones climáticas que se requieren en las granjas de aves, en particular: temperatura, velocidades de aire, humedad, renovaciones de aire, en función del tipo de aves: pollos de engorde, ponedoras y para carne. Se revisan los tipos de granjas de aves más empleados y se establecen los sistemas de calefacción y climatización más usados en particular los de enfriamiento evaporativo. Se discuten los peligros más graves que tienen las granjas de aves debido a las temperaturas y las humedades.

Se analizan los materiales de cambio de fase (PCM), en particular los que se consideran idóneos para su empleo en la climatización de granjas para aves. Por último se describen posibles soluciones para la climatización de granjas de aves empleando los PCM, concluyendo con un análisis de sus ventajas.



Introducción

Desde siempre el hombre se ha aprovechado del calor que proporcionaban los animales, en los climas fríos se construían las casas con las cuadras en la zona baja y el establo calentaba la vivienda. El calor que produce una vaca es del orden de 500w que dado su peso es equivalente a los 120 w que produce el hombre de promedio. El calor animal por su gratuidad es casi siempre despreciable y en climatización constituye una de las principales cargas, sobre todo en grandes concentraciones como son ciertas salas de oficinas, cines, iglesias y lugares de gran afluencia de personas.

Este tipo de calor tiene problemas para su aprovechamiento pues tiene una parte sensible, la mayoría, y otra latente asociada al aumento de humedad, en todos los casos requiere introducir gran cantidad de aire por razones higiénicas, ya que se tiene que eliminar el CO₂ producido y reponer el oxígeno consumido. En el caso del hombre se recomienda 10 m³/h, en los animales la proporción es similar en relación a su peso.

El calor o el frío del aire puede ser aprovechado y términos como frío gratuito o “Free Cooling” al técnico actual de climatización ya no le es extraño. En general su aprovechamiento presenta dificultades por no coincidir las demandas con las horas del día más favorables y por que las temperaturas deseadas no se consiguen algunas veces. En el caso de granjas la ventilación, tanto natural como forzada es una práctica muy habitual, así como el aprovechamiento del enfriamiento evaporativo agregando al aire de renovación vapor de agua.

Tenemos en las granjas, una energía térmica importante, el calor animal,
M. Domínguez

disponemos de calor y de frío según el clima y la temperatura deseada de la nave por conducción por paredes y por renovaciones de aire. Parece importante que dado el precio actual tan alto de la energía y sobre todo las perspectivas de su evolución que se deba aprovechar al máximo.

El tema de minimizar costos en estos casos no es sencillo, pues intervienen muchos factores y la mayoría de ellos están entrelazados. En su día (1), se estudio el espesor más económico de aislamiento en los almacenes frigoríficos estableciendo la función del costo total, teniendo en cuenta, el precio de la instalación frigorífica, el del aislamiento y los de la energía eléctrica, poniéndolos en función del espesor del aislamiento y teniendo en cuenta rendimientos frigoríficos, valor de la electricidad, costo del dinero, horas de funcionamiento y temperaturas internas y externas, función que se derivó e igualó a 0 , obteniendo las ecuaciones del espesor mínimo. Durante los 45 años que se vienen utilizando las ecuaciones en España, se ha visto que los espesores ideales han variado muy poco, porque aunque hayan variado mucho los valores más influyentes, se han ido compensando.

En el caso de granjas, es muy posible que ocurriese otro tanto y se invita a investigadores jóvenes con ganas de ocuparse de estos temas a hacerlo. Entraña problemas pues hay dificultades en el planteamiento de las relaciones entre elementos, en particular los dinámicos o variables en el tiempo, tanto la temperatura ambiente como hasta la temperatura interior y el peso variable durante la crianza. (61) al (70). También puede haber diferencias entre los diversos tipos de animales y en estos su misión en la granja. Los más interesantes son los pollos y gallinas, tanto los de engorde como de puesta, los cerdos de cría y los de reproducción, las vacas, conejos y los avestruces. En otros países pueden incorporarse otros animales como la llama, el canguro, etc. El bovino y caprino por su tipo de comercialización y pastoreo no se consideran tan interesantes...

Se ha visto en la climatización de invernaderos que se presenta una problemática muy parecida y que los materiales de cambio de fase o PCM como se les conoce internacionalmente por sus siglas en inglés, pueden ser muy interesantes (59) a lo que se ha llegado después de emplearlos con éxito en los campos del transporte , la climatización(34), (38) al (40) y del (46) al (53) y en la construcción (42) al (44) y (57) . Se ha visto que se podía mejorar grandemente la eficiencia energética con los PCM (35) , (36) , (41) (47), (55) y (56).

El objeto pretendido del presente trabajo, es el análisis del aprovechamiento de la inercia térmica que presentan los PCM para su uso generalizado en la climatización de granjas y establos.

Revisión de los datos básicos de los diversos animales de cría en granjas.

Analicemos los diversos animales:

Aves

Aparte de las instalaciones de incubación, en la comercialización masiva de gallinas hay básicamente dos tipos de instalaciones la de los pollos de engorde y las de producción de huevos. La ocupación, la movilidad y las temperaturas requeridas son muy diferentes.

Las dimensiones y los materiales de construcción varían de unos países a otros y hasta de unas zonas a otras, del corral familiar se ha pasado a las grandes granjas totalmente industrializadas y programadas completamente trabajando con animales de alto rendimiento, producción de carne o de huevos con rentabilidad económica, en donde la alimentación y la energía son los mayores componentes. En el caso de pollos de cría en 42 días se consiguen pollos de 2 Kg. de peso (16), (17).

La iluminación, el ritmo de alimentación, las temperatura y las concentración de aves tienen su importancia y si no se controlan bien la humedad ambiente, la temperatura interior, la velocidad del aire y su renovación, se puede poner en peligro toda la crianza y sin llegar a este extremo, puede haber aumento de la mortalidad, pérdidas de rendimiento en producción de carne y de su calidad.

En la figura 1, se ha recogido la curva de variación de la temperatura en función del peso y de la edad, como puede verse oscila mucho desde el primer día que requieren temperaturas del orden de 35° C al último que solo requieren 22°C. El calor corporal varía ligeramente siendo del orden de 40°C. En los primeros días, su sistema de regulación de temperatura es muy deficiente y los riesgos de mortalidad mucho

mayores. El calor producido varía con la edad y con el peso y sobre todo con la temperatura, del orden del 40%, de la energía consumida se transforma en calor. En la tabla 1 se han recogido las producciones de calor, en sus tres componentes, sensible, latente y total en función de la temperatura y la cantidad de agua necesaria por día, en los pollos medianos.

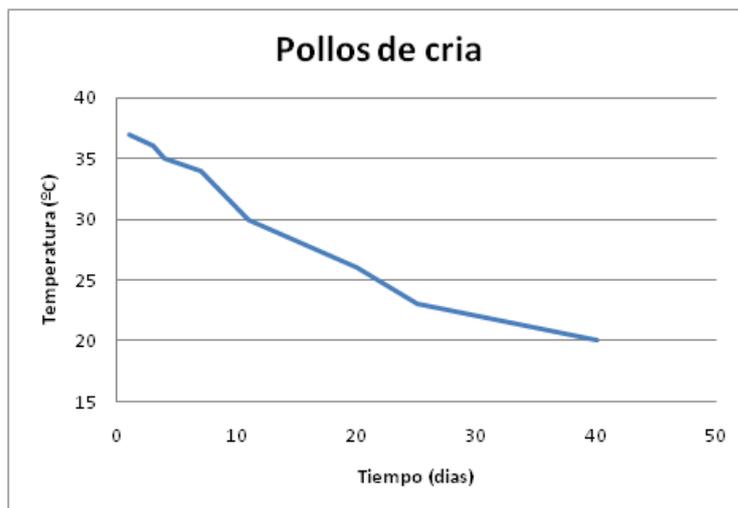


Figura 1. Temperaturas recomendadas para los pollos de cría

Tabla 1

| Temperatura | Calor sensible | Calor latente | Calor total | Agua |
|-------------|----------------|---------------|-------------|-------------------|
| °C | % | % | Kcal/h.kg | Pollo por día (l) |
| 4,4 | 90 | 10 | 4,95 | 0,154 |
| 15,6 | 80 | 20 | 4,35 | 0,176 |
| 26,7 | 60 | 40 | 3,35 | 0,253 |
| 37,8 | 40 | 60 | 2,375 | 0,407 |

La densidad influye grandemente en pollos y suele variar entre 7 a 11 por m². El caudal de aire recomendado por kg de pollo oscila de 1 m³/h en invierno a 5 m³/h en verano, valores bastante altos. Se debe tener presente que el calor que producen es mayor cuando aumenta la temperatura, aumenta 9 veces al pasar de 20°C a 34 °C.

El tamaño de los gallineros, su forma y el sistema de aislamiento térmico tienen importancia en el consumo energético. El orden de necesidades para una granja de 17*80*2,3 m con vertiente a dos aguas y pendiente de un 25%, aislado con planchas de poliuretano de 4 cm de espesor recubierto por la cara vista con aluminio, son los recogidos en la tabla 2

Tabla 2

| | Numero | Valor unitario | Total | Unidades |
|---------------------|--------|----------------|----------|----------|
| gallinas | | | 13.600 | Peso kg |
| Área base | | | 1360 | m2 |
| Ventilación | 9 | 43000 | 387.000 | m3/h |
| Calefacción | 3 | 85 | 255 | kw |
| Iluminación | 32 | 112 | 3.584 | w |
| Agua de evaporación | 211 | 9 | 1899 | l/h |
| paredes | | | 40,26 | kw |
| Frio de evaporación | | 560 | 1.063,44 | kw |

Avestruces

Los huevos suelen pesar 1,5 kg, son equivalentes a dos docenas de huevos de gallina y ponen entre 40 a 60 por año los adultos pueden llegar a pesar 150 kg y medir 2,5 m de alto, se mantienen en granjas cerradas durante su cría, a los tres semanas requieren una temperatura de 32°C y 5 o 6 crías ocupan 1 m², al mes y medio el número se reduce a la mitad, ver figura 2. Requieren mucha agua, el doble que comida sólida.



Figura 2 . Pollos de avestruz

Cerdos

En la figura 3 se han recogido las temperaturas recomendadas para los cerdos en función de su peso y en la Fig. 4 el calor que producen los cerdos en función del peso.

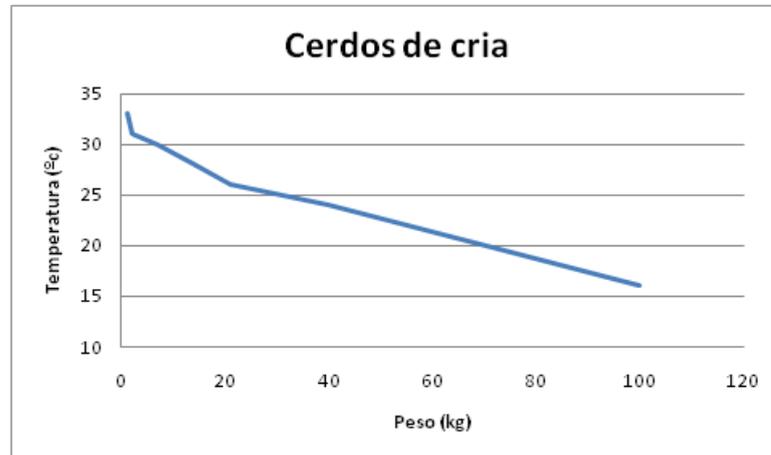


Figura 3 Temperatura recomendada en las granjas de cerdos en función de su peso

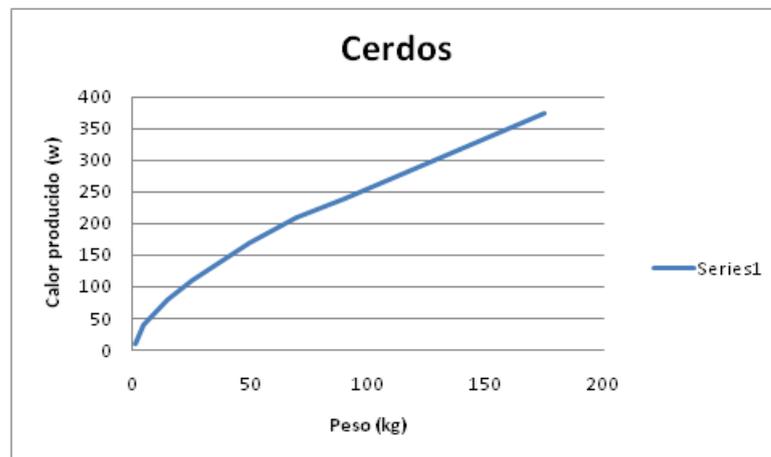


Figura 4. Calor producido por los cerdos en función de su peso

Para los cerdos de peso entre 60 y 90 kg si se les refrigera por evaporación de agua, se recomienda emplear de 230 a 300g/h y el caudal de aire a baja temperatura es de 12 m³/h y a altas temperaturas en el exterior, de 25 m³/h. Ver figura 5



Figura 5 Granja de cerdos con gran concentración

A altas temperaturas se requiere mucho aire externo para poder eliminar el calor latente si no se quiere que aumente mucho la humedad. El aire es necesario también para retirar el CO₂ y otros compuestos de olor desagradable. Es interesante desde el punto de vista energético emplear enfriamiento evaporativo, pero teniendo en cuenta las limitaciones de aumento de humedad.

Conejos

Los conejos se crían cada vez más en granjas cerradas. En la Fig. nº 6 se pueden verlos en sus cestos de cría



Figura 6. Conejos en sus jaulas
M. Domínguez

La superficie mínima que requieren es de 0.35m^2 para las reproductoras, $0,25\text{ m}^2$ para los gazapos de 24 a 70 días y $0,06\text{ m}^2$ para los recién nacidos de cebo. Las puestas año son elevadas, entre 10 a 12. Las granjas suelen tener diversas naves no muy grandes del orden de 130 m^2 de $6,5*20\text{ m}$, con una unidad de aireación de $16.000\text{ m}^3/\text{h}$.

Vacuno, caprino y ovino



Figura 7. Los establos grandes de vacas requieren mucha aireación o enfriamiento



Figura 8. Cabras criadas en granjas.

Se está comenzando la cría de cabras en granja, aunque no es muy normal en Europa. En la figura 8, pueden verse en una granja muy ventilada.

El ganado ovino tampoco se cría en granjas, aunque se ha perdido la trashumancia y el pastoreo en muchos lugares, se alimentan con piensos, en apriscos semicerrados.

En general a estos tipos de animales, se les explota más por la leche y sus derivados que por la carne, siendo importantes por sus pieles. En algunos países se comercializan la de los caballos y hasta las de las llamas y canguros. Ver figura 9, Todos estos animales como otros muy locales, pueden ser cultivados con gran beneficio en granjas.



Figura 9. Canguros, uno de los animales que se están criando cada vez más en granjas.

Según la climatología, la cultura y el terreno se han ido explotando los principales animales a base de nuestra alimentación, a través de los años se ha tendido a las grandes producciones en granjas reduciendo los espacios, la mano de obra y dándoles piensos adecuados y criándolos en cualquier parte y climatología, variando las razas para conseguir mayor eficiencia. En esta lucha por obtener más beneficios se está perdiendo calidad, como es el caso típico del cerdo y están apareciendo problemas medio ambientales con los excrementos. En general las grandes explotaciones se están imponiendo, generalizando y ampliándose a nuevos tipos de animales. Hay

M. Domínguez Página 11

limitaciones locales importantes por el problema energético. En general requieren más frío que calor, pues ellos son grandes productores del mismo. El enfriamiento se hace con aireación y con sistemas evaporativos, pero en ciertos casos como en las granjas de pollos, tienen grandes riesgos pues si se alcanza en las naves, temperaturas corporales y humedades altas, se pueden producir muertes generalizadas en tiempos muy cortos.

Entre las novedades tecnológicas más desarrolladas recientemente, que pueden ser introducidas en estas granjas, consideramos están los materiales de cambio de fase (PCM), que permiten acumular calor y frío y aprovecharlo cuando lo necesitemos. Estos materiales están siendo empleados con grandes ventajas en otros campos similares, ver (23) al (30).

Los PCM en las granjas

Los materiales de cambio de fase o PCM, permiten acumular mucho calor o frío a una temperatura determinada, la de cambio de fase, En las granjas pueden emplearse con notorias ventajas, bien aprovechando el frío nocturno para cargarlo, es decir solidificarlo y posteriormente devolverlo frío en las horas calientes del día o junto con el enfriamiento evaporativo, dejando que el agua moje las placas que lo contengan, introduciendo el aire húmedo en las naves o expulsándolo al exterior y una vez cargado sin aporte de humedad, introducirlo en la nave.

Los PCM junto a los sistemas evaporativos se pueden cargar, es decir, solidificar con el aire de extracción, humidificados hasta saturación y descargarlos con aire seco exterior o de recirculación. En la Fig. 10 se ha representado un módulo ideado para ser empleado en granjas, la diferencia básica con otros diseñados para invernaderos es la reversibilidad del ventilador.

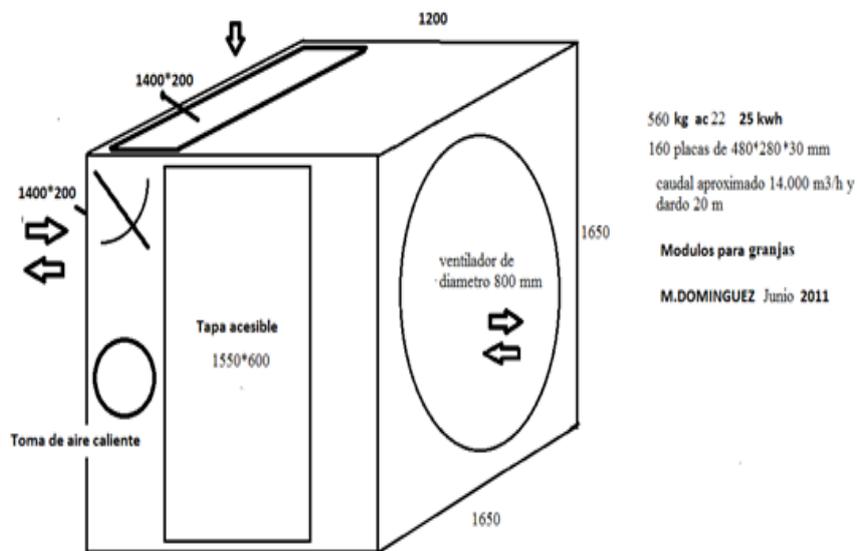


Figura 10. Módulos de climatización para granjas con PCM con capacidad de acumulación de 25 Kwh.

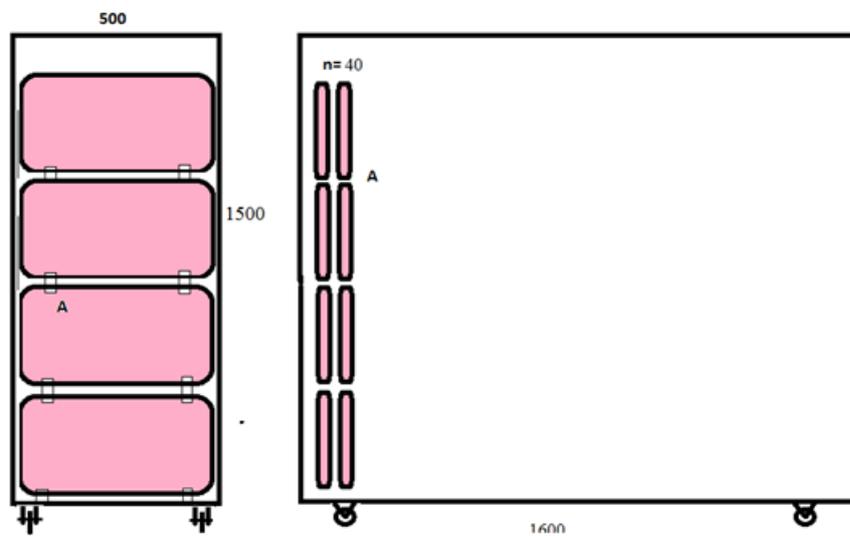


Figura 11. Placas de 3,5 kg de 480*280*30 mm con PCM de temperatura de cambio de fase variable con el clima (próxima a 23°C)

Pueden servir tanto para pollos como para avestruces y cerdos. En la figura 12 se ha indicado su posible ubicación en granjas de 20 m de ancho (A) y para las dobles de ancho (B).

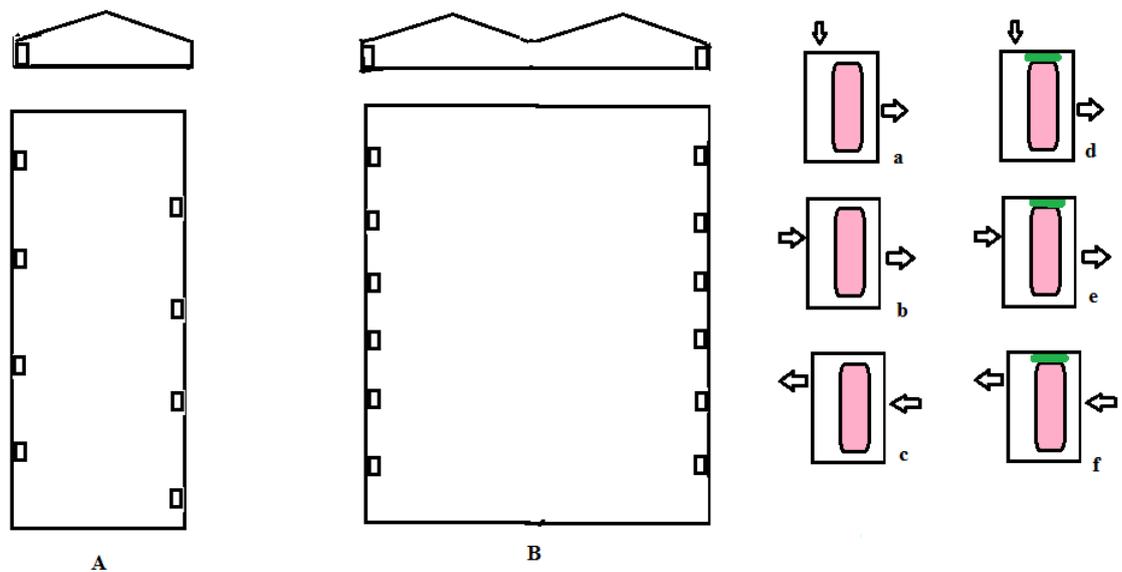


Figura 12. Posibles ubicaciones de los enfriadores con PCM en las granjas y distintas fases de su funcionamiento

En función del clima, del tipo de granja y el tipo de animal que se trate, se pueden instalar unidades de enfriamiento, tal como, las descritas u otras adecuadas, requiriendo un adecuado sistema de control, con captadores de: temperatura, humedad y concentración de CO₂, con o sin los elementos a controlar por cada unidad, así como la recirculación o la toma de aire o su expulsión y la humectación. Se ha previsto una toma de aire caliente auxiliar que puede ser controlada para los climas muy fríos y en los primeros días de cría.

Otra solución estudiada es el sistema centralizado, tal como, se ha representado en la figura 13, en el que puede verse que dentro de la nave se encuentran aerotermos calentados o enfriados por agua que procede de una sala energética, con caldera y torres de evaporación y sistema de acumulación con PCM, el aire de recirculación es enfriado evaporativamente, así como el de entrada del exterior y/o expulsado al exterior.

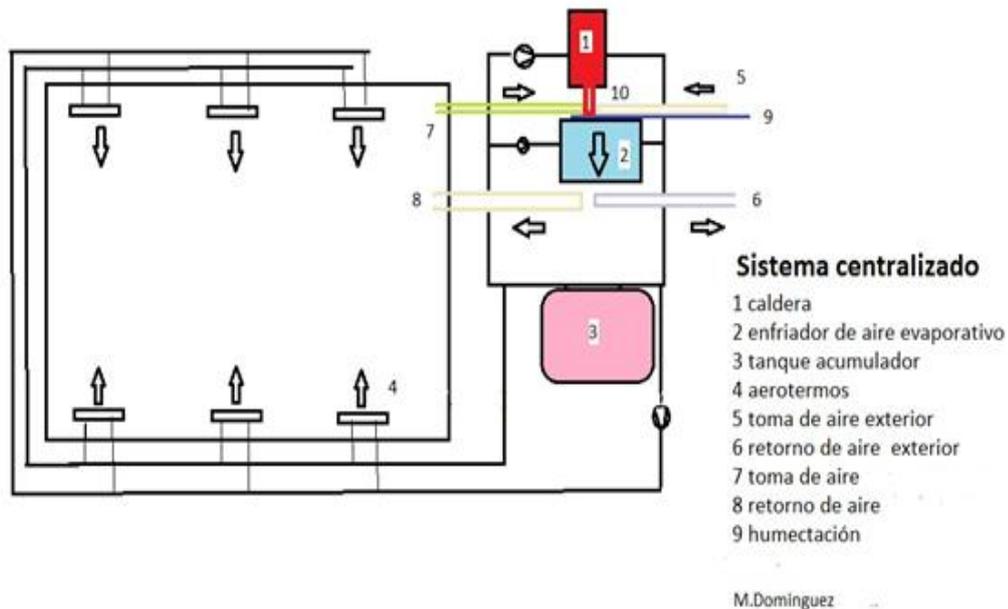


Figura 13. Sistema centralizado de climatización de una nave de granja, empleando PCM para la acumulación de frío y enfriamiento evaporativo, directo e indirecto.

Ejemplo

Supongamos un gallinero de 80 m de largo por 20 de ancho, aislado con 4 cm de poliuretano y hoja de aluminio visto, con pollos de 0,5 Kg. Si instalamos 12 unidades de 25 Kwh. y 14000 m³/h, se tendrían si las temperaturas externas son las indicadas en la figura 16, y si se quieren mantener a 26°C, se cargarían los acumuladores y se descargarían en las horas indicadas, teniendo en cuenta los valores, según la fig. 14.

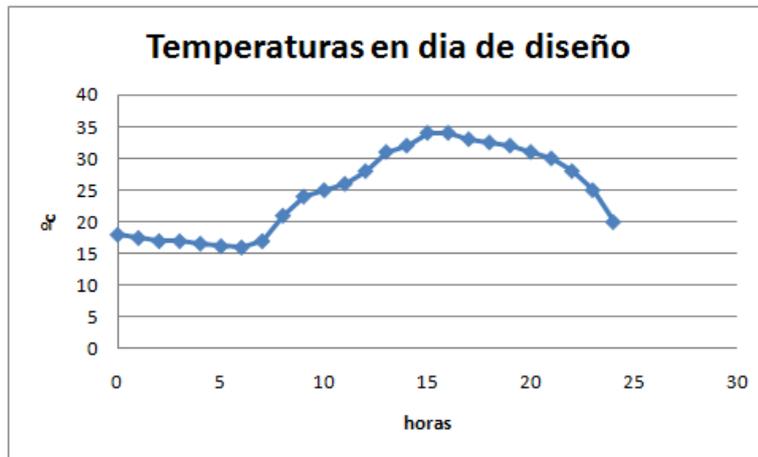


Figura 14. Temperaturas de un día de diseño



Figura 15. Horas del día que se cargaría y descargarían los acumuladores sin necesidad de aprovechar el sistema evaporativo.

Discusión

El aumento de la población y del nivel de vida, ha hecho necesario modernizar los sistemas de producción en la agricultura y en la ganadería. Con la proliferación de granjas y cada vez de instalaciones más grandes y automatizadas, las limitaciones climáticas se han paliado con nuevas tecnologías, en todos los frentes desde la biología al control y se han mejorado los transportes, los almacenes y las producciones en invernaderos. Los consumos energéticos, están siendo un importante freno debido al aumento tan grande de la energía y el techo de los 150 \$ del barril de petróleo no esta tan lejos.

En las grandes granjas, donde cada vez se les concentra más a los animales, para reducir costos de obra civil e iniciales de inversión, se produce gran cantidad de calor que requiere tener que refrigerarlos grandemente, durante casi todo el año y en todos los climas, en el caso de ciertos animales tiene fácil arreglo, utilizando granjas o establos abiertos o semiabiertos, como es el caso de los avestruces, vacas lecheras o de carne, cabras y ovejas, salvo los primeros días de su existencia. En otros animales como las gallinas, los cerdos y conejos, no es posible y requiere controlarse muy bien: la temperatura, la humedad y la renovación del aire. Los sistemas clásicos de enfriamiento económico el frío gratis del aire o el evaporativo del agua, no siempre se puede hacer o puede producir riesgos algunos días cálidos, sobre todo en climas húmedos.

Se ha pensado que pueden emplearse con grandes ventajas en las granjas, los materiales de cambio de fase o PCM, pues pueden enfriarse (solidificarse) por la noche con el aire frío exterior o con el propio de renovación, y devolver el frío en las horas de calor y también pueden enfriarse (solidificarse) con enfriamientos evaporativos con el aire de renovación o de recirculación hasta que la humedad interna, llegue a los valores máximos recomendados o con el aire de extracción.

Se han recogido datos de calores y renovaciones de aire, convenientes para los diversos animales y se han indicado los equipos de enfriamiento que se consideran adecuados para ser empleados modularmente en las granjas con los PCM, también se da la idea para hacer proyectos centralizados, con estos materiales.

Se espera que estas ideas expuestas puedan servir de arranque de nuevas instalaciones de granjas en climas adversos, descentralizando las granjas de las zonas

actuales que están produciendo problemas medioambientales y llevarlas a otras más deprimidas sociológicamente.

Conclusiones

Se considera que los materiales de cambio de fase o PCM de temperaturas próximas a 23°C, junto a sistemas evaporativos directos o indirectos, locales o centralizados, como se han presentado a tipo de ejemplo, pueden contribuir grandemente a la climatización de las granjas, permitiendo su generalización a otros animales o a instalaciones mucho más económicas en su concepción y sobre todo en su explotación en la vida media, disminuyendo considerablemente los riesgos térmicos.

Se considera que una mejor regulación de la temperatura, humedad y calidad del aire, disminuirá las enfermedades y con ello la mortalidad y mejoraría la calidad de los animales criados en las granjas.

La deseada repoblación de animales de caza se podrá hacer más económica y segura en granjas altamente tecnificadas, siendo uno de los medios disponibles la utilización de los PCM.

Referencias

- [1] B. Zalba, J M. Marín, F. Luisa Cabeza; H. Mehling. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications Applied Thermal Engineering Volume 23, Issue 3, 251-283 (2003)
- [2] F. Kaltenbach PCM- Acumuladores de calor latente para calefacción y refrigeración. Detail. Arquitectura solar. 4. 482,486. (2005).
- [4] B. Zalba, J.M^a Marin A. Lázaro, P. Dolado, M. Medrano, L.F. Cabeza. Investigación y desarrollo de aplicaciones del almacenamiento térmico de energía con materiales de cambio de fase. El Instalador. Febrero. 2007. 138,148.
- [5] Frédéric Kuznik, Joseph Virgone, Jean Noel. Optimisation of a phase change material wallboard for building use. Applied Thermal Engineering, (28), Issues 11-12, 1291-1298 (2008)
- [6] M., Domínguez C. Gracia. Los acumuladores de calor de cambio de fase a temperaturas positivas en la climatización. Cytéf-2007 IV Congreso Ibérico y II Congreso Iberoamericano. Ciencias y técnicas del frío (2007)
- [7] M Domínguez, C. García. Aprovechamiento de los materiales de cambio de fase (PCM) en la climatización. CIT Agosto (2009)
- [8] La acumulación de frío con materiales de cambio de fase. Microencapsulación
<http://hdl.handle.net/10261/12566>
- [9]La cadena del frío de productos farmacéuticos
<http://hdl.handle.net/10261/11503>
- [10] M. Domínguez; J. Culubret. Nuevo sistema de climatización empleando el enfriamiento evaporativo y los acumuladores de cambio de fase. Montajes e Instalaciones n ° 365. Oct. 2002. 53,57

[Los materiales de cambio de fase en las granjas y en los establos] Junio 2011

[11] M. Domínguez; J. Culubret; J. A. Barbero. Ventajas de los nuevos acumuladores de frío en las redes de telecomunicaciones. BIT. N° 125. Enero-feb. 2001. 92,94

[12] L. E Gómez.; M. Domínguez. Proyecto de edificaciones escolares bioclimática en Colombia. El Instalador especial julio-agosto N° 338. Energías renovables II.64,72 (2002)

[13] Gu, Zhaolin; Liu Hongjuan, Li Yun. Thermal energy recovery of air conditioning system heat recovery system calculation and phase change materials development. Applied Thermal Engineering, (24), 2511-2526 (2004)

[14] Aplicaciones de los PCM en el frío

<http://hdl.handle.net/10261/12564>

[15] Los materiales de cambio de fase (PCM) en la construcción.

<http://hdl.handle.net/10261/7361>

[16] Aprovechamiento de los Materiales de Cambio de Fase (PCM) en la Climatización

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000400012&script=sci_arttext

[17] Algunas posibilidades de aplicación de los acumuladores de cambio de fase en las energías renovables.

<http://digital.csic.es/handle/10261/13451>

[18] Eficiencia energética en el campo del frío.

<http://digital.csic.es/handle/10261/20022>

[19] Los PCM en el transporte de productos perecederos

<http://digital.csic.es/handle/10261/7637>

[20] Domínguez M. ; García C.; Pinillos J^a M. ;Culubret J. El empleo de los materiales de cambio de fase en agricultura y ganadería. Agricultura. n° 879 nov. 2005.818, 822.

http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri\Agri_2005_879_completa.pdf

[21] Aplicaciones de los Materiales de Cambio de Fase (PCM) en la climatización y en la
M. Domínguez

construcción

<http://www.upcomillas.es/catedras/crm/seminario.html>

[22] Domínguez M., Pinillos J. M, García C., Gutiérrez P. Sistema pasivo de climatización. Patente de invención. Nº 9900558. España, 18 mar (1999)

[23] Faustini C. 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).

[24] Barragán V.M.; Arias J.M^a; Dominguez M; Garcia C. Testing the computer assisted solution of the electrical analogy in heat transfer processes with a phase change which has an analytical solution. International journal of refrigeration IIF. VOL 25 Nº 5 Ag 2002.552-537 (2002)

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V4R-466H8BW-&_user=4225285&_coverDate=08%2F31%2F2002&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000048559&_version=1&_urlVersion=0&_userid=4225285&md5=a52304e301920cc2b699b516c9ac5a6b

[25] Simulación y comprobación del tiempo de solidificación de un MCF (PCM) en un cilindro.

<http://digital.csic.es/handle/10261/6232>

[26] Dominguez, M., Pinillos, J. M., Arias, J. M. & Garcia, C., (1998), Thermal accumulators with phase change between -21 and 40 °C. International Institute of Refrigeration. Proceedings Meeting Commissions B1, C1 & C2 “Permafrost and Actions of Natural or Artificial Cooling”, Oct.21-23, Orsay, pp. 253-258.

[27] Domínguez, M., Culubret, J., García, C. & López, P., (2001), Acumuladores térmicos con cambio de fase a temperaturas positivas en el campo de la climatización. Ponencia presentada a Climatización 2001. IFEMA, Madrid. Marzo 2001. 98,106

[28] Domínguez, M., García, C., Gutiérrez, P., Fuentes, R. & Culubret, J., (1999), La acumulación de calor en los sistemas de climatización a temperatura por encima de 0 °C . El Instalador, nº 349. Enero 1999, Págs. 65-72.

[29] Domínguez M.; García C.; García D.; Culubret J.; Soto A. (2000), La acumulación de frío, importante elemento de seguridad en instalaciones de climatización. El

Instalador, n° 361. Febrero 2000.

[30] Domínguez M.; Culubret J.; Mascheroni R. H.; López P. ; Pinillos J. M.; García C. (2001), CIAR 2001. VI Congreso iberoamericano de aire acondicionado y refrigeración. Argentina. Agosto 2001. “la acumulación de energía con cambio de fase a temperaturas positivas en instalaciones de climatización”.

[31] Domínguez M.; García C.; Pinillos J.M.; Gutiérrez P.; Culubret J.(2003), Los acumuladores de calor con cambio de fase en la climatización. CLIMA .N° 92 Mayo 2003. 39,44.

[32] Domínguez M.; Culubret J.; Barbero J.A. . Ventajas de los nuevos acumuladores de frío en las redes de telecomunicaciones. BIT. n° 125 Enero-feb. 2001. 92,94

[33] Domínguez M.; Culubret J., (2002), Nuevo sistema de climatización empleando el enfriamiento evaporativo y los acumuladores de cambio de fase. Montajes e Instalaciones n° 365. Oct. 2002. 53,57.

[34] Domínguez M.; García C.; Arias J.M°. Eficiencia energética en el campo del frío.

<http://digital.csic.es/handle/10261/20022>

[35] Domínguez M. El aislamiento térmico y la eficiencia energética . Montajes e Instalaciones n° 435. Enero 2009. 102, 108

[36] Algunas posibilidades de aplicación de los acumuladores de cambio de fase en las energías renovables. <http://digital.csic.es/handle/10261/13451?idioma=es>

[37] Domínguez, M.; García de Vinuesa, s.; Carrasco, J.A. El instalador: Climatización, Refrigeración y frío industrial. Ahorro de energía en los almacenes frigoríficos españoles. Págs.: 53, 60 1981. Volumen: 11.

[38] Domínguez M., Culubret J., Soto A. Nuevo sistema de climatización evaporativo y acumuladores con cambio de fase para nodos de comunicación. Montajes e Instalaciones (358). 64,68 (2002)

[39] Domínguez, M.; Carrasco, J.A.; Díaz, J.M Acumulador-captador térmico. CSIC. Patente de Invención 533462. España 1984

<http://digital.csic.es/handle/10261/7954>

[Los materiales de cambio de fase en las granjas y en los establos] Junio 2011

[40] Domínguez, M. “Los PCM en la climatización y en la construcción”. El Instalador nº 430; 24,30, mayo (2006)

[41] Domínguez, M. J. Culubret. “Eficiencia energética en las instalaciones de frío y climatización”. El Instalador; nº 416.70, 106, Feb. (2005) y nº 418.126, 160

[42] Domínguez, M. Los materiales de cambio de fase (PCM) en la construcción <http://digital.csic.es/handle/10261/7361>

[43] Los acumuladores de cambio de fase en la construcción sostenible <http://digital.csic.es/handle/10261/7549>

[44] Incorporación de acumuladores de cambio de fase en la construcción

<http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/05.pdf>

[45] Aprovechamiento de los Materiales de Cambio de Fase (PCM) en la Climatización http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000400012&script=sci_arttext

[46] La acumulación de frío con materiales de cambio de fase. Microencapsulación <http://digital.csic.es/handle/10261/12566>

[47] M Domínguez., P. Gutiérrez., F. González., J. M. Arias. Mejora de la eficiencia energética en instalaciones de climatización empleando los MCF. (407). 69,78. (2004)

<http://digital.csic.es/handle/10261/14242>

[48] La acumulación de frío con materiales de cambio de fase. Microencapsulación.

http://www.ifema.es/ferias/genera/ponencias09/10/Manuel_Dominguez.pdf

[49] Determinación del coeficiente global de transmisión de un tanque cilíndrico de MCF con tubos cilíndricos

<http://digital.csic.es/handle/10261/6302>

[50] Algunas posibilidades de aplicación de los acumuladores de cambio de fase en las energías renovables.

<http://digital.csic.es/handle/10261/13451>

[51] Domínguez M. ; Arias J. M^a ; García C. Aprovechamiento de las torres de
M. Domínguez

[Los materiales de cambio de fase en las granjas y en los establos] Junio 2011

climatización para el enfriamiento del aire de ventilación . Montajes e instalaciones nº 387. oct. 2004 50, 55.

[52] Diversas aplicaciones de los intercambiadores acumuladores de cambio de fase

<http://digital.csic.es/handle/10261/13820>

[53] M. Domínguez y García, C. Cytef2009, Castellón Julio 2009. La acumulación de calor con materiales de cambio de fase en la cogeneración

[54] El enfriamiento gratuito con los acumuladores de cambio de fase (pcm)

<https://digital.csic.es/handle/10261/19164>

[55]. Molina L. A; Molina G.. Manual de la Eficiencia Energética térmica en la Industria CADEM BILBAO 1993 Ente Vasco de la Energía. ISBN 84.8129.022.X

[56] Domínguez M. Ahorro de energía en el campo del frío. Anuario de la energía 2003. 64, 67

[57] Domínguez M.; García J, C; Arias M. Edificación y materiales de cambio de fase. Conceptos y fundamentos. Anales de Física .Enero 2011,14,17

[58] Domínguez M., García C., Arias José M^a. Factores importantes en el comportamiento térmico de cerramientos. Ventajas de la incorporación de los materiales de cambio de fase. <http://hdl.handle.net/10261/14242>

[59] Domínguez M., García C., Arias José M^a. Invernaderos con acumuladores de cambio de fase. <http://hdl.handle.net/10261/30653>

[60] Manuel Domínguez; Carmen García; José M^a Arias. INVERNADEROS CON ACUMULADORES DE CAMBIO DE FASE

<http://digital.csic.es/handle/10261/30653>

[61]

http://www.google.es/url?sa=t&source=web&cd=20&ved=0CFUQFjAJOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.servet.es%2Fdescargar.php%3Fid%3D35&rct=j&q=CALOR%20LATENTE%20DE%20CERDOS&ei=7CzyTe6IG8OxhQfx08ka&usg=AFQjCNHsq2efpYkXbtqmlqIy8KLbcj3CJg&sig2=AUoY2pmsEsWq_S-aRErOA

[62]

http://www.google.es/url?sa=t&source=web&cd=5&sqi=2&ved=0CEQQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.agrogi.com%2Fimatges%2FPR-Agrogi-feb2005.pdf&rct=j&q=cria%20de%20pollos%20temperaturas%20naves%20climatizaci%C3%B3n&ei=kdntTY7ADY6u8QPll_WoBw&usg=AFQjCNFE5N-8B-qOBuSOOpVVhvdX1fedsA&sig2=i5XuYmSYo3WITfLe0yxYhttp://www.agrener.com/Granja.htm_A

[63]

<http://www.com.ve/va/art%C3%ADculos/va33p15.htm>

[64]

<http://www.agrogi.com/principal.html>

[65]

<http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/7293/ARTICULOS-PORCINO-ARCHIVO/criterios-decisi%C3%B3n-instalar-calefaci%C3%B3n-granja-cerdos.htm>

[66]

http://www.google.es/url?sa=t&source=web&cd=5&sqi=2&ved=0CFAQFjAE&url=http%3A%2F%2Falbeitar.portalveterinaria.com%2Fnoticia%2F7293%2FARTICULOS-PORCINO-ARCHIVO%2Fcriterios-decisi%25C3%25B3n-instalar-calefaci%25C3%25B3n-granja-cerdos.html&ei=kU_uTbrYIIaxhAfjtPSqCQ&usg=AFQjCNH8uQEMck2xGY3znwemzcbgDzWiQ&sig2=GjxHRwo1NZLCHQZTKV98IQ

[67]

<http://mailing.rbi.es/e-sam/esam.dll/t?a0=4&c1=9500203&c12=82&c3=14178&e1=892107&u2=EZGG&m=0&f1=e&f2=14178&f4=1&f5=430569&f6=EERM&k=ACIK>

[68]

http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/instalaciones_porcinas_soluciones_para_los_efectos_de_las_altas_temperaturas_en_las_explotaciones_porcinas.html

[Los materiales de cambio de fase en las granjas y en los establos] Junio 2011

[69]

<http://www.google.es/url?sa=t&source=web&cd=9&sqi=2&ved=0CGkQFjAI&url=http%3A%2F%2Fwww.porcicultura.com%2Fincludes%2Fpdf.asp%3Fcvart%3D672%26portal%3D3&ei=2fP1TbCQApS88gOd7bGRBw&usg=AFQjCNEPA8lAtcizj69X9qn0doc2uzLbQg&sig2=kMpUgEdRciAYryuW41PWow>

[70]

<http://spanish.alibaba.com/product-free/goat-farm-for-sale-in-sabah-malaysia-105530009.html>