



Balance térmico de la nave y cálculo del aislamiento

V. Blanes*, A. Torres

E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia

*vicblavi@dca.upv.es



Introducción

Lo primero que se debe establecer previamente al cálculo de una instalación de climatización son las condiciones ambientales interiores que determinan el confort ambiental de los animales. En el artículo "Fisiología ambiental y bioclimatología del conejo" (Villagrà et al., 2004), se expuso que, desde el punto de vista de facilitar el confort térmico de los animales, los parámetros ambientales más importantes son la temperatura, la humedad y la velocidad del aire, siendo la temperatura el factor más relevante.

En este trabajo se va a tratar únicamente de éste parámetro. El objetivo es lograr dentro de la nave una temperatura más o menos constante, dentro del rango de valores que es considerado adecuado para los animales, que dependerá de su edad, estado fisiológico, sexo, etc., tal como se indicó en dicho artículo (Villagrà et al., 2004).

Previamente a exponer cómo se puede lograr ese objetivo, es conveniente recordar los dos tipos de calor existentes, el calor sensible y el calor latente. Se entiende por *calor sensible*, el calor absorbido o cedido por un cuerpo para experimentar un cambio de temperatura, y como calor latente, el calor absorbido o cedido por un cuerpo para evaporar o condensar cierta cantidad de agua o por una masa de aire al variar su contenido de humedad. Puesto que este artículo va a estar centrado en el control de la temperatura, el calor al que se hace referencia en los cálculos será el calor sensible, dado que es éste el causante del aumento o disminución de la temperatura del aire en el interior de la nave.



Balance de calor

Existen una serie de factores, que pueden provocar ganancias o pérdidas de calor en el interior de una nave. Dichos factores afectan al mantenimiento de la temperatura del aire interior más o menos constante. Así, en primer lugar, los **animales** pierden calor sensible y lo transfieren a su entorno (el aire que los rodea y las superficies que estén en contacto con su piel) mediante los mecanismos que se comentaron (Villagrà et al., 2004). Esta pérdida de calor de los animales supone una ganancia de calor por el aire del interior de la granja.

Otra ganancia de calor dentro de la granja es aquella debida a la **iluminación** y al funcionamiento de **motores** presentes. Para estimar el calor producido por la iluminación hay que tener en cuenta que los focos de luz emiten un calor aproximadamente igual a los vatios de potencia instalados, en el caso de lámparas incandescentes, y un poco mayor, para otros tipos de lámparas. En

general, en las granjas, el calor producido por la iluminación y los motores suele considerarse despreciable respecto a otras fuentes de calor.

La **incidencia del sol** sobre la nave constituye un aporte de calor al interior de la misma. Este aporte se puede producir de forma directa, cuando la nave dispone de ventanas y los rayos de sol inciden directamente a su interior; o bien de manera indirecta, por el aumento de temperatura que se produce en la cara externa de las paredes y la cubierta, cuando los rayos de sol inciden sobre ellas, y que se transmite al interior de la granja.

En general, la superficie de ventanas en las granjas de conejos suele ser pequeña, por lo que la entrada de calor por radiación directa es prácticamente nula. Las entradas de calor asociadas a la incidencia de la radiación solar sobre las paredes y la cubierta, sí que pueden ser importantes, sobretodo en naves con un nivel de aislamiento insuficiente y aquellas en las que se han utilizado colores oscuros por su parte exterior. Sin embargo, como se verá en apartados posteriores referidos al cálculo de la transmisión de calor a través de los cerramientos de la nave (paredes, cubierta y suelo), éstas no suelen tenerse en cuenta en el cálculo de las entradas de calor en las granjas, al considerarse que el nivel de aislamiento de la cubierta suele ser suficiente para minimizar su efecto.

Uno de los factores que más importancia tiene en las pérdidas o ganancias de calor en el interior de la granja es la transmisión de calor a través de los **cerramientos**. Se produce por fenómenos de conducción y convección, debido a la diferencia de temperaturas existente entre el aire del interior y el del exterior. Hay que señalar que la transmisión de calor a través de los cerramientos de la nave puede ocasionar una ganancia o una pérdida de calor sensible en la granja, dependiendo de cuál

les sean las temperaturas exterior e interior, ya que el flujo de calor siempre se produce del ambiente con mayor temperatura hacia aquel de temperatura más baja. Efectivamente, en condiciones de frío, cuando la temperatura exterior es menor que la interior, se produce una pérdida de calor en la nave, mientras que en condiciones de verano se suele producir una entrada de calor por los cerramientos lo que se traduce en una ganancia de calor por el aire interior. La transmisión de calor por los cerramientos está relacionada con el nivel de aislamiento de la nave y su cálculo será explicado en apartados posteriores.

La presencia de **deyecciones** y de ciertas superficies mojadas en el interior de la granja, suponen, para el aire interior, una ganancia de calor latente (humedad), y en ocasiones, también una pérdida de calor sensible. Esto es debido a que las deyecciones de los animales suelen tener un alto contenido en agua y el aire interior un contenido de humedad inferior al de saturación. Por tanto, en esta situación se produce un transporte de agua espontáneo de las superficies mojadas al aire. El aire, si se encuentra a mayor temperatura que el agua, cede parte de su calor sensible al agua presente en el suelo, ésta se evapora y se incorpora al aire de la nave, aumentando la humedad del mismo. Por tanto, la presencia de deyecciones en la nave puede ocasionar una pérdida de calor sensible. Este proceso depende principalmente del sistema de manejo de las deyecciones y de la temperatura del aire, por lo que es difícil de cuantificar.

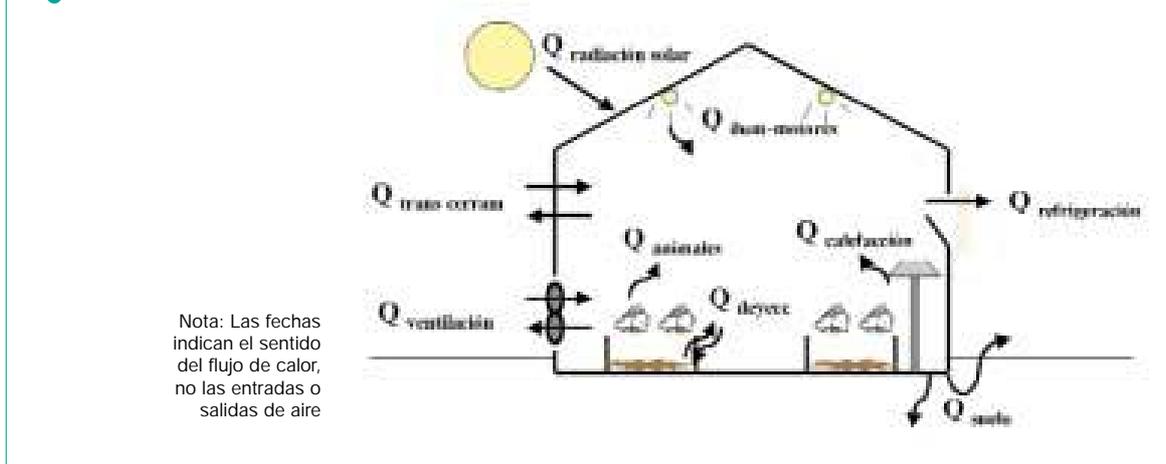
Por otra parte, debido a los procesos de fermentación de las deyecciones, éstas pueden alcanzar una temperatura notablemente mayor que la del aire del interior, produciéndose una transmisión de calor al aire, lo que se traduce en una ganancia de calor sensible en el ambiente interior.

Todos los factores comentados hasta ahora que provocan ganancias o pérdidas de calor sensible en la nave, no guardan relación alguna con los sistemas de climatización de las granjas, ya que se producen independientemente de su presencia o no en la granja. Sin embargo, dicha presencia de sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración, todos ellos controlables y regulables, ocasionan unas pérdidas o ganancias de calor complementarias a las anteriores.

Desde el punto de vista de la temperatura, la **ventilación** de una nave consiste en la introducción de aire exterior, que se encuentra a determinada temperatura, al interior de la nave, cuyo ambiente estará a distinta temperatura. Si el aire exterior está más frío que el interior, al entrar, absorberá calor del ambiente interior y saldrá a mayor temperatura, es decir, supondrá una pérdida de calor a la nave. Sin embargo, si la temperatura exterior es superior a la



Figura 1 Balance de calor en la nave



interior, al ventilar se estará introduciendo calor en la nave. En el caso de la ventilación hay que señalar que, en ocasiones, aunque ventilar pueda ser desfavorable para cumplir el objetivo de lograr una determinada temperatura interior, una mínima ventilación es requerida para proporcionar el oxígeno necesario para la respiración de los animales, así como para extraer los gases nocivos (CO₂, NH₃, etc) producidos en la nave, emitidos por los animales o por las deyecciones.

(ganancia) de calor a la misma, sumando a continuación todos ellos. De esta forma, si las entradas de calor se compensan con las salidas, su suma será igual a cero, por lo que la temperatura del interior de la nave no variará.

En cambio, si las entradas y salidas de calor a la nave no están compensadas, la temperatura del aire interior tenderá a aumentar o disminuir. La expresión que recoge dicho concepto es la siguiente:

$$Q_{\text{animales}} + Q_{\text{invernadero}} + Q_{\text{radiación solar}} \pm Q_{\text{transmisión}} \pm Q_{\text{deyecciones}} \pm Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{calefacción}} - Q_{\text{refrigeración}} = 0$$

Los sistemas de **calefacción** suponen siempre una ganancia de calor en la granja. Algo equivalente, en sentido contrario, ocurre con la **refrigeración**, cuyo funcionamiento siempre causa una pérdida de calor al aire interior.

En la **Figura 1** se expone un esquema con las entradas y salidas de calor en una nave, lo que permite la realización de un balance térmico o **balance de calor sensible**, que es el método que permite cuantificar y comparar los aportes de calor con las pérdidas, y determinar de este modo la situación térmica en la que se encuentra la nave en cuestión en un momento dado.

Consiste en cuantificar cada una de las entradas y salidas de calor anteriormente expuestas, asignando un signo negativo a aquellos que causen una salida (pérdida) de calor en la nave y un signo positivo si el factor supone una entrada

En consecuencia, si la pérdida de calor excede a la producción de calor, es necesario proporcionar un calor suplementario, ya que de otro modo, la temperatura del interior de la nave tendería a disminuir. Si la producción de calor excede a la pérdida de calor, hay que aumentar la tasa de ventilación (siempre que la temperatura exterior sea menor que la temperatura interior), o bien utilizar sistemas de refrigeración.

En definitiva, el balance de energía puede ser realizado con diversos propósitos. Así, por ejemplo, puede utilizarse para calcular la **calefacción** o la **refrigeración** que son necesarias para mantener una determinada temperatura interior, o para calcular el caudal de **ventilación** requerido para mantener unas condiciones de temperatura interiores sin que sea necesario poner en funcionamiento otros sistemas de climatización, o bien para conocer la temperatura interior que se alcanza en una situación dada, o para determinar el nivel de aisla-

miento de los cerramientos que sería necesario para reducir o prescindir del uso de la calefacción.

Transmisión de calor a través de las paredes, cubierta y suelo de la nave

El **calor sensible total ganado o perdido por transmisión en una nave** es la suma del calor sensible que atraviesa los cerramientos (paredes, cubierta, puertas,...) y el calor sensible que se pierde a través del suelo.

Considerando el cerramiento como una superficie plana compuesta por varias capas, **el calor sensible ganado o perdido por transmisión a través de una pared es:**

$$Q_{\text{trans}} = U \times S \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \quad (1)$$

Donde:

Q_{trans} (Kcal/h) = Calor sensible ganado o perdido en el local por transmisión.

S (m^2) = Superficie del elemento constructivo.

T_{int} ($^{\circ}C$) = Temperatura del interior del local.

T_{exterior} ($^{\circ}C$) = Temperatura en el exterior del local.

U (Kcal/h \times m^2 \times $^{\circ}C$) = Coeficiente global de transmisión de calor del elemento constructivo.

El cálculo del calor que se pierde a través del suelo adquiere mayor importancia en condiciones de invierno. Se puede asumir que la temperatura del suelo bajo la nave oscila entre los 5 $^{\circ}C$ y los 12 $^{\circ}C$ y es relativamente constante para una zona concreta.

El **coeficiente global de transmisión de calor (U)** es una característica propia del cerramiento, depende principalmente del material de cada una de las capas que lo componen y del espesor de dichas capas (**Figura 2**).

Se calcula como:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots \right) + \frac{1}{h_i} \quad (2)$$

Siendo:

U (Kcal/h m^2 $^{\circ}C$) = Coeficiente global de transmisión de calor del elemento constructivo

h_e (Kcal/h m^2 $^{\circ}C$) = Coeficiente de película o convección exterior, que puede adoptarse como aproximadamente igual a 18.

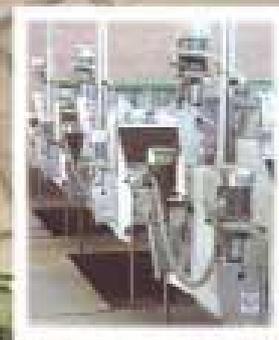
h_i (Kcal/h m^2 $^{\circ}C$) = Coeficiente de película o convección interior, que se tomará igual a 6.

e_i (m) = Espesores de los materiales que forman el cerramiento.

k_i (Kcal/h m $^{\circ}C$) = Coeficiente de conductividad de los materiales que forman el cerramiento.



Instalaciones Cunicolas realizadas en todo el mundo con la tecnología más vanguardista



Ignacio Buforn Santonja

Avenida Benidorm 40 - 03570 Villajoyosa (Alicante)

Tel. y Fax 96 589 01 97 - Móvil 609 65 78 93

naslo@lavilla.net - www.meneghin.it



Figura 2 Coeficiente global de transmisión de calor en una pared plana compuesta

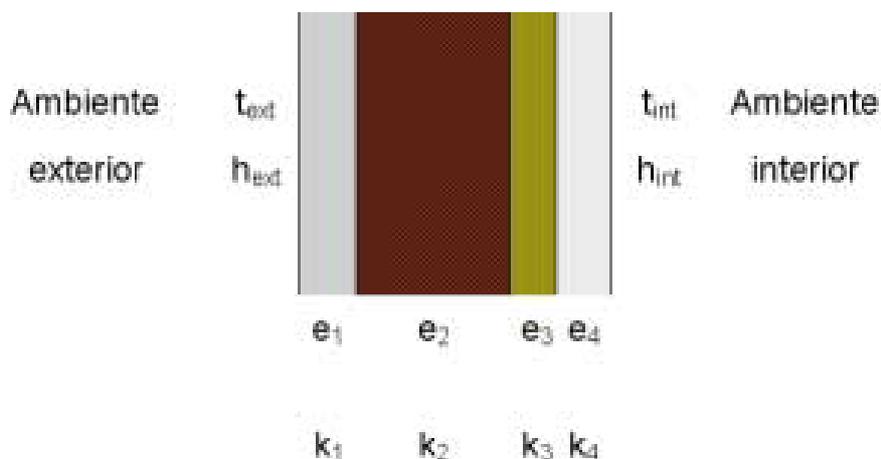


TABLA 1.- COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (KCAL/H.M.°C) DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS

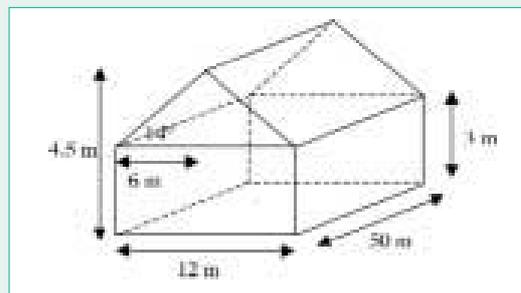
Hormigón armado	1,4
Hormigón en masa con grava normal	0,63
Fábrica de bloques huecos de hormigón	0,42
Fábrica de ladrillo macizo	0,75
Fábrica de ladrillo perforado	0,65
Fábrica de ladrillo hueco	0,42
Mortero de cal	0,75
Mortero de cemento	1,20
Enlucido de yeso	0,26
Fundición y acero	50
Madera	0,16
Tablero aglomerado de partículas	0,07
Fibrocemento	0,198
Poliestireno extruido	0,028
Poliestireno expandido	0,033
Fibra de vidrio	0,030
Espuma de poliuretano	0,020
Lana de roca	0,039

En la **Tabla 1** se presentan los coeficientes de conductividad térmica de algunos de los materiales utilizados en la construcción de granjas cunícolas, lo que permite calcular el coeficiente global de transmisión de calor de un determinado cerramiento, a partir de la fórmula (2).

En el **Ejemplo 1** se recoge el cálculo de los coeficientes globales de transmisión de calor correspondientes a los distintos cerramientos (cubierta, paredes, suelo y puertas) de una nave cunícola, así como el calor total que se gana o se pierde por los cerramientos de la nave, para unas condiciones ambientales exteriores e interiores concretas.

Uno de los factores que más importancia tiene en las pérdidas o ganancias de calor en el interior de la granja es la transmisión de calor a través de los cerramientos. Ésta no suele tenerse en cuenta en el cálculo de las entradas de calor en las granjas, al considerarse que el nivel de aislamiento de la cubierta suele ser suficiente para minimizar su efecto.

Ejemplo 1: Las dimensiones de una nave de engorde de conejos se indican en la figura. La nave dispone de dos puertas de 1,8 m x 2,1 m. Las paredes tienen 20 cm de espesor y están construidas mediante bloques de hormigón. Tienen una capa de enfoscado exterior y enlucido interior de 2 cm de espesor, cuyo coeficiente de conductividad térmica es de 1,2 y 0,26 Kcal/h x m²x°C respectivamente. La cubierta es de fibrocemento y se ha aplicado por su parte interior una capa de 2 cm de espuma de poliuretano.



Las puertas son metálicas de 3 mm de espesor y también se ha aplicado el mismo tipo de aislamiento y espesor que para las paredes. El suelo de la nave es de hormigón. La temperatura exterior es de 14°C y la interior de 20°C. La temperatura del suelo se considera 12°C, tal como se apuntó anteriormente.

¿Cuánto calor se está ganando o perdiendo a través de los cerramientos de la nave?

Cálculo de la superficie de los cerramientos de la nave

- Superficie de cubierta: $S_{cubierta} = 2 \times 6,18 \times 50 = 618,5 \text{ m}^2$
- Superficie de puertas: $S_{puertas} = 2 \times (1,8 \times 2,1) = 7,56 \text{ m}^2$
- Superficie de paredes: $S_{paredes} = 2 \times (12 \times 3 + 50 \times 3) + (2 \times 6 \times 1,5) = 7,56 = 382,4 \text{ m}^2$
- Superficie de suelo: $S_{suelo} = 12 \times 50 = 600 \text{ m}^2$

Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor de la nave (U)

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots \right) + \frac{1}{h_i}$$

■ Transmisión de calor a través de la cubierta:

- Uralita (fibrocemento): e = 6 mm y k = 0,198 Kcal/hxm²x°C
- Espuma de poliuretano inyectada: e = 20 mm y k = 0,02 Kcal/hxm²x°C

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{18} + \left(\frac{0,006}{0,198} + \frac{0,02}{0,02} \right) + \frac{1}{6} \quad U = 0,798 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

■ Transmisión de calor a través de las puertas:

- Chapa metálica: e = 3 mm y k = 50 Kcal/hxm²x°C
- Espuma de poliuretano inyectada: e = 20 mm y k = 0,02 Kcal/hxm²x°C

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{18} + \left(\frac{0,003}{50} + \frac{0,02}{0,02} \right) + \frac{1}{6} \quad U = 0,818 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

■ Transmisión de calor a través de las paredes:

- Enfoscado exterior: e = 2 cm y k = 1,2 Kcal/hxm²x°C
- Bloque de hormigón: e = 20 cm y k = 0,42 Kcal/hxm²x°C
- Enfoscado interior: e = 2 cm y k = 0,26 Kcal/hxm²x°C

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{18} + \left(\frac{0,02}{1,2} + \frac{0,2}{0,42} + \frac{0,02}{0,26} \right) + \frac{1}{6} \quad U = 1,262 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

■ Transmisión de calor a través del suelo: Para suelos de hormigón, se puede considerar un coeficiente global de transmisión de calor: $U = 12 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Cálculo de la transmisión de calor a través de los cerramientos

$$Q = U \cdot S \cdot (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$$

$$Q_{\text{cubierta}} = 0,798 \cdot 618,5 \cdot (14 - 20) = -2,961,4 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{puertas}} = 0,818 \cdot 7,56 \cdot (14 - 20) = -37,1 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{paredes}} = 1,262 \cdot 382,4 \cdot (14 - 20) = -2,895,5 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{suelo}} = -12 \cdot 600 \cdot (12 - 20) = -5,760 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{total}} = -11,854 \text{ Kcal/h}$$

En el **Ejemplo 1** se pone de manifiesto la importancia que tiene el coeficiente global de transmisión de calor (U), por su influencia sobre la ganancia o pérdida de calor a través de los cerramientos de una nave. Cuanto menor es el coeficiente global de transmisión de un cerramiento, menos calor se transmite a través de él, y por tanto, mejor es su capacidad de aislamiento. En orden de magnitud se suele recomendar que dicho coeficiente en las granjas no debería ser superior a **0,4 kcal/h·m²·°C** para la cubierta y **0,6 kcal/h·m²·°C** para las paredes y el suelo, porque son valores que aseguran un buen aislamiento. Si el nivel de aislamiento recomendado es mayor para la cubierta que para el resto de cerramientos es porque la cubierta debido a su inclinación, está más expuesta a la radiación solar, por lo que su cara externa puede alcanzar temperaturas muy elevadas; en consecuencia, se requiere un mayor grado de aislamiento para evitar que dicho calor penetre en la nave. También es muy conveniente aislar las puertas metálicas.

En ocasiones, en lugar del coeficiente global de transmisión de calor, se utiliza su inversa, **la resistencia térmica global (R)**, que se mide en h m² °C/Kcal.

Aislamiento

Analizando la expresión del balance de calor se puede deducir que es muy conveniente conseguir un buen aislamiento de los cerramientos de la nave, ya que de esta forma se limitan las entradas o salidas de calor por transmisión, y éstas se pueden compensar más fácilmente mediante los sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración, con lo que se consiguen unas condiciones ambientales interiores relativamente independientes de las condiciones exteriores.

Efectivamente, en invierno, el aislamiento conserva el calor interior, evita el enfriamiento del local y reduce las necesidades de calefacción. Por otro lado, un aislamiento defectuoso da lugar, en invierno, a bajas temperaturas en la cara interna del cerramiento.

Si estas temperaturas son muy bajas, el aire próximo a la cara interna se satura y el vapor de agua se condensa sobre la superficie. En condiciones calurosas de verano, el aislamiento reduce la ganancia de calor sensible por transmisión a través de los cerramientos, y disminuye las necesidades de refrigeración. Para mejorar el aislamiento de un determinado cerramiento se deben incorporar materiales **aislantes**, que son aquellos que reducen de forma importante la transferencia de calor entre un lado y otro del cerramiento. Se consideran tales a aquellos cuya conductividad térmica es inferior a **0,04 kcal/h·m·°C**.

En el **Ejemplo 2** se muestra un modelo de cálculo de este tipo de mejora en una granja.

Ejemplo 2: Las paredes de una nave están formadas por tres capas: Enfoscado de cemento (K = 0,8 Kcal / h m °C) de 2 cm de espesor, ladrillo macizo (K = 0,7 Kcal / h m °C) de 12 cm y enlucido (K = 0,4 Kcal / h m °C) de 2 cm de espesor. Se desea reducir la transmisión de calor a través de las paredes, mejorando el coeficiente global de transmisión de calor hasta el valor recomendado, mediante la instalación de una capa de aislamiento. Determinar el espesor necesario a instalar si se emplea como aislante placas de poliestireno cuyo coeficiente de conductividad es igual a 0,025 kcal/h m °C.

En primer lugar calculamos el coeficiente global de transmisión de calor actual en la nave:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{k_1} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} \right) + \frac{1}{k_4} \rightarrow \frac{1}{U} = \frac{1}{18} + \left(\frac{0,02}{0,8} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{0,02}{0,4} \right) + \frac{1}{6}$$

$$U = 2,134 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

Como se observa, dicho coeficiente es muy superior al valor recomendado de 0,6 Kcal/hm²°C para las paredes. Para mejorarlo, se va a incorporar una capa aislante de placas de poliestireno de conductividad térmica k₃=0,025 kcal/h m °C y cuyo espesor (e₃) queremos calcular:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{k_1} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{0,02}{0,4} \right) + \frac{1}{k_4} \rightarrow \frac{1}{0,6} = \frac{1}{18} + \left(\frac{0,02}{0,8} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{e_3}{0,025} + \frac{0,02}{0,4} \right) + \frac{1}{6}$$

$$e_3 = 3 \text{ cm}$$

El espesor de la capa de aislamiento debería ser de 3 cm.

El coeficiente de conductividad es una característica de cada material y su valor depende, entre otros factores, de la humedad, de forma que la conductividad aumenta con la humedad.

Esta característica es muy importante a la hora de evitar que los materiales aislantes se mojen pues pierden sus propiedades aislantes.

La **barrera de vapor** es la parte del elemento constructivo que impide (o permite en pequeña cantidad) que el vapor de agua pase a su través y llegue a la capa aislante.

Por último hay que definir el concepto de puente térmico. Un **puente térmico** es aquella parte de un cerramiento que tiene un coeficiente de transmisión de calor mayor al resto del cerramiento.

En ocasiones los puentes térmicos son inevitables porque son elementos esenciales de la edificación, como pilares, vigas, encuentros entre muros y forjados, que rompen la uniformidad del cerramiento.

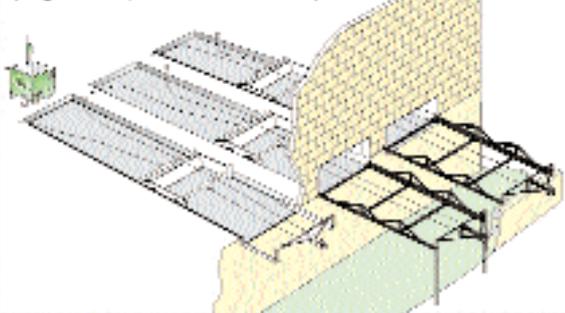
Cuando los puentes térmicos son debidos a defectos en la colocación del aislante, hay que corregirlos porque son una vía "incontrolada" de pérdidas o ganancias de calor.

Mecanismos automáticos para la limpieza de granjas

Sistema patentado y homologado **CE**

Cuni equip

Voladizo de vaciado
(según cada aplicación necesaria)



SISTEMA INNOVADOR

Dejando los cables pasados en cada fosa. Usted sólo tendrá que unir los cables a los de la máquina manualmente y sin necesidad de utillaje alguno.

Filo de la forma más fácil, rápida y segura. La automatización de nuestros equipos junto con la utilización de este sistema INNOVADOR, permite un gran ahorro de tiempo en el trabajo más engorroso de la limpieza de la granja, ello con la mínima inversión que representa el dejar cables pasados en cada fosa.

Este sistema, igual que los accesorios que pudieran precisarse, están especialmente diseñados y fabricados con piezas de fácil adaptación y transporte, pudiendo efectuar el montaje y puesta en funcionamiento el propio usuario.

NUEVA GENERACIÓN
EN EQUIPOS DE LIMPIEZA



MANDO A DISTANCIA

Programa y realiza
maniobras desde
cualquier punto



Fabricado por Especial Intox, S.L., C/ Rosas, 90 Parc d'activitats econòmiques UBADU VICI (Barcelona)
Comercializado en España por CuniEquip, S.L. Tel. 93 846 67 88
Distribución y servicio técnico: Tel. 659 78 12 75 - 93 857 04 80

Uniendo tecnologías

Proyectos llave en mano



EXAFAN®

Nave Túnel



CUNICULTURA



Extracción de aire



Regulación ambiental total



Refrigeración / Calefacción



Premio a la Eficiencia 1998 - Consejo de Castilla

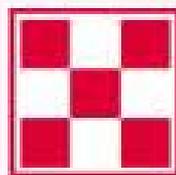
EXAFAN, S.A.
E-0940 San Mateo de Gallego
Parque Industrial Fin. Gallega, s/n, núm. 11
37100 Gallego (Spain)
Teléfono: 91 93 976 69 75 00
Fax: 91 93 976 69 69 68
E-mail: exafan@exafan.com

MATERCLASS

NUTRIMENTO LIDER EN FERTILIDAD Y EN VENTAS

2000 R

3000 R



Nutrimientos Purina

■ Alta
prolificidad

■ Máxima
fertilidad

■ Gazapos
resistentes
y sanos

■ Óptima
condición
corporal

Referencias bibliográficas y bibliografía recomendada

Albright L.D. (1990). *Environmental control for animals and plants*. ASAE, Michigan, USA
 ASHRAE (1997). *Handbook Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, USA
 Pinazo J.M. (1995). Manual de climatización. Tomo II: Cargas térmicas. Editorial UPV, Valencia
 Villagrà A., Blanes V., Torres A. (2004). Fisiología ambiental y bioclimatología del conejo. Boletín de cunicultura nº132.

Ventilación mínima: es la requerida para proporcionar el oxígeno necesario para la respiración de los animales, así como para extraer los gases nocivos (CO₂, NH₃, etc) producidos en la nave, emitidos por los animales o por las deyecciones.

Balance térmico o *balance de calor sensible*: es el método que permite cuantificar y comparar los aportes de calor con las pérdidas, y determinar de este modo la situación térmica en la que se encuentra la nave en cuestión en un momento dado.

$$Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{radiación solar}} + Q_{\text{radiación interior}} + Q_{\text{respiración}} + Q_{\text{deyecciones}} + Q_{\text{calentamiento}} - Q_{\text{refrigeración}} = 0$$

Definiciones

Barrera de vapor es la parte del elemento constructivo que impide (o permite en pequeña cantidad) que el vapor de agua pase a su través y lleve a la capa aislante

Calor latente: el calor absorbido o cedido por un cuerpo para evaporar o condensar cierta cantidad de agua o por una masa de aire al variar su contenido de humedad.

Calor sensible: el calor absorbido o cedido por un cuerpo para experimentar un cambio de temperatura. Este es el causante del aumento o disminución de la temperatura del aire en el interior de la nave

Calor sensible total ganado o perdido por transmisión en una nave es la suma del calor sensible que atraviesa los cerramientos (paredes, cubierta, puertas,...) y el calor sensible que se pierde a través del suelo.

$$Q_{\text{transmisión}} = U \cdot S \cdot (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$$

Coefficiente de conductividad es una característica de cada material y su valor depende, entre otros factores, de la humedad, de forma que la conductividad aumenta con la humedad

Coefficiente global de transmisión de calor (U) es una característica propia del cerramiento, depende principalmente del material de cada una de las capas que lo componen y del espesor de dichas capas

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots \right) + \frac{1}{h_2}$$

Puente térmico es aquella parte de un cerramiento que tiene un coeficiente de transmisión de calor mayor al resto del cerramiento.

Materiales aislantes: son aquellos que reducen de forma importante la transferencia de calor entre un lado y otro del cerramiento. Se consideran tales aquellos cuya conductividad térmica es inferior a **0,04 kcal/h·m·°C**.

Desde el punto de vista de la temperatura, la **ventilación** de una nave consiste en la introducción de aire exterior al interior de la nave, cuyo ambiente estará a distinta temperatura, aumentando o disminuyendo la temperatura interior en función de las condiciones ambientales.

APLICACIONES DEL BALANCE DE ENERGÍA

- para calcular la calefacción o la refrigeración que son necesarias para mantener una determinada temperatura interior,
- para calcular el caudal de ventilación requerido para mantener unas condiciones de temperatura interiores sin que sea necesario poner en funcionamiento otros sistemas de climatización
- para conocer la temperatura interior que se alcanza en una situación dada
- para determinar el nivel de aislamiento de los cerramientos que sería necesario para reducir o prescindir del uso de la calefacción.

Es muy conveniente conseguir un buen aislamiento de los cerramientos de la nave, ya que de esta forma se limitan las entradas o salidas de calor por transmisión, y éstas se pueden compensar más fácilmente mediante los sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración, con lo que se consiguen unas condiciones ambientales interiores relativamente independientes de las condiciones exteriores.