

## [ INSTALACIONES ]

# Necesidades energéticas en alojamientos ganaderos porcinos y avícolas

### M. Bigeriego

Subdirección General de Ordenación y Buenas Prácticas Ganaderas.  
Dirección General de Ganadería, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, MAPA

### C. García

### C. Montes

### A. de la Iglesia

Dirección de Estudios y Consultoría. Sanidad Animal y Servicios Ganaderos (TRAGSEGA, S.A.)

Un adecuado control ambiental mejora el bienestar y contribuye a alcanzar los objetivos productivos de las explotaciones ganaderas. En el sector avícola está muy extendida la utilización de técnicas constructivas y de climatización eficientes ya que los parámetros productivos de este sector son muy sensibles a las variaciones ambientales. En porcino, la mayor elasticidad en la respuesta de los animales ante variaciones ambientales y de temperatura permite que los aislamientos y sistemas de climatización utilizados no sean tan sofisticados.



## [ Materiales y métodos

### Metodología de cálculo de necesidades energéticas en el interior de los alojamientos ganaderos

El cálculo para determinar las necesidades energéticas (calor suministrado por el sistema de calefacción/refrigeración), se basa en el principio de equilibrio térmico en un alojamiento ganadero (Fuentes Yagüe, J. L. 1992; Buxadé, C. 1997).

La ecuación de equilibrio térmico en un alojamiento ganadero es la siguiente:

$$Q_s + Q_c = Q_v + Q_t$$

- $Q_s$  = Calor sensible aportado por los animales.
- $Q_c$  = Calor suministrado por el sistema de calefacción/refrigeración.
- $Q_v$  = Calor necesario para calentar o enfriar el aire que penetra en el alojamiento desde el exterior como consecuencia de las necesidades de ventilación.
- $Q_t$  = Calor transmitido, que se pierde o se gana a través de los elementos constructivos del alojamiento.

Un valor de  $Q_c$  positivo implica necesidad de calefacción en el interior del alojamiento; uno negativo, de refrigeración.



**El empleo de un correcto aislamiento es una buena inversión que se amortiza por el ahorro de energía que a lo largo de la vida útil de la instalación se consigue**

### Qs: Calor sensible

Es el calor que generan los animales. A mayor densidad de animales mayor generación de calor en el alojamiento. En la **Tabla 1** se muestran los valores de calor sensible en Kcal/h cabeza, según categoría animal.

**Tabla 1:**  
Calor sensible según categoría animal

CATEGORÍA ANIMAL	Qs Kcal/h cabeza	
Gallinas de puesta	9	
Pollos de engorde	6	
Gestación-cubrición	cerdas	115
	verracos	
Cerdas lactantes	200	
Lechones	45	
Cerdos de cebo	97,5	

Fuente: FUENTES YAGÜE, J. L. 1992

**Tabla 2:**  
Temperaturas óptimas recomendadas

CATEGORÍA ANIMAL	T (°C) ÓPTIMA
Gallinas de puesta	16
Pollos de engorde	24
Gestación-cubrición	15
Cerdas lactantes	17
Lechones	22
Cerdos de cebo	18

Fuente: FUENTES YAGÜE, J. L. 1992

### Qv: Calor necesario para calentar el aire de ventilación

En primer lugar, es necesario conocer las necesidades de ventilación de cada categoría animal en cada época del año. En la **Tabla 3** se muestran las necesidades de ventilación por categoría animal en función de la época del año, teniendo en cuenta las condiciones de humedad en la explotación.

**Tabla 3:**  
Necesidades de ventilación en m<sup>3</sup>/h • cabeza

CATEGORÍA ANIMAL	INVIERNO	PRIMAVERA/OTOÑO	VERANO
Aves	1,4	3,7	6
Cerdas en gestación-cubrición	50	125	200
Cerdas lactantes	75	212,5	350
Lechones	12	36	60
Cerdos de cebo	29	77	125

Fuente: FUENTES YAGÜE, J. L. 1992



Por otra parte, mediante la siguiente expresión, se puede calcular la energía (Kcal/h) necesaria para calentar el volumen del aire ventilado ( $\Delta Q_v$ ):

$$\Delta Q_v = C_e \cdot m \cdot \Delta T$$

- $\Delta Q_v$  = Calor necesario para calentar o enfriar el aire ventilado (Kcal/h).
- $C_e$  = Calor específico del aire (0,29 Kcal/m<sup>3</sup> • °C).
- $m$  = Masa de aire a calentar (un Kg aire = 0,83 m<sup>3</sup> de aire) (m<sup>3</sup>/h).
- $\Delta T$  = Diferencia entre la temperatura exterior e interior en °C.

### Qt: Calor transmitido (perdido o ganado)

Para calcular la cantidad de calor que se transmite a través de un elemento constructivo o de cerramiento, muros, cubiertas y ventanas, se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_t = K G \cdot \Delta T \cdot S$$

- $Q_t$  = Calor transmitido a través de los elementos constructivos del alojamiento (Kcal/h).
- $KG$  = Coeficiente total de transmisión térmica del edificio (Kcal/m<sup>2</sup> hora °C).

- $\Delta T$  = Diferencia entre la temperatura interior y la exterior (temperatura media de cada provincia o zona climática) en °C.
- $S$  = Superficie de cerramientos y cubiertas en m<sup>2</sup>

### Cálculo del coeficiente de transmisión térmica K

Para calcular el coeficiente de transmisión térmica (K) de cada material se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{K} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$$

- $K$  = Coeficiente de transmisión térmica (Kcal/m<sup>2</sup> h °C).
- $e_n$  = Espesor de cada material aislante (m).
- $\lambda_n$  = Coeficiente de conductividad térmica de cada material (Kcal/m hora °C).
- $h_i$  = Resistencia térmica superficial interior (en cubiertas = 0,11 Kcal/m<sup>2</sup> h °C, en muros = 0,13 Kcal/m<sup>2</sup> h °C, según NBE-CT-79).
- $h_e$  = Resistencia térmica superficial exterior (en cubiertas = 0,06 Kcal/m<sup>2</sup> h °C, en muros = 0,07 Kcal/m<sup>2</sup> h °C, según NBE-CT-79).

### Cálculo del coeficiente de transmisión térmica KG del edificio

El coeficiente total de transmisión térmica del edificio se calcula como media ponderada de los coeficientes de transmisión térmica (K) de cada tipo de cerramiento, cubierta o ventana en Kcal/m<sup>2</sup> h °C:

**Tabla 4:**  
Dimensiones de explotaciones tipo

Explotación Tipo	Plazas <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> / plaza	Long. (m)	Anch. (m)	Sup. Solera (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Sup. Paredes (m <sup>2</sup> )	Sup. Cubierta (m <sup>2</sup> )	Sup. Ventanas (m <sup>2</sup> )	Sup. Cerramiento (m <sup>2</sup> )
Gallinas de puesta (EA1)	31.200	0,05	130	12	1.560	2,80	795	1.794	80	1.874
Pollos de engorde (EA2)	20.000	0,07	115	12	1.380	2,80	711	1.587	71	1.658
Gestación-cubrición <sup>2</sup> (EP1)	200	2,36	47	10	470	2,80	319	540	32	572
Cerdas con camada (EP2)	60	5,80	35	10	350	2,80	252	402	25	654
Lechones (EP3)	400	0,33	13	10	130	2,80	128	149	13	162
Cebo <sup>3</sup> (20 a 100 Kg) (EP4)	300	1,00	30	10	300	2,80	224	345	22	367

Fuente: Elaboración propia

<sup>1</sup> Número de plazas por explotación tipo, <sup>2</sup> Cerdas reproductoras en fase de gestación y cubrición-control, <sup>3</sup> Cerdos de cebo

**Tabla 5:**  
Tipos de aislamiento considerados en el estudio

AISLAMIENTO	CERRAMIENTO	CUBIERTA
Aves 1	Fábrica de ladrillo de 19 cm	Placa de fibrocemento
Aves 2	Fábrica de ladrillo de 19 cm + Capa de espuma proyectada de 3 cm	Panel metálico prelacado + Capa aislante de poliuretano de 3 cm
Aves 3	Chapa metálica + Placa aislante naturvex®	Panel uratherm terra®
Porcino 1	Fábrica de ladrillo de 19 cm	Placa de fibrocemento
Porcino 2	Bloque de termoarcilla de 19 cm	Placa de fibrocemento + Capa de espuma proyectada de 3 cm
Porcino 3	Fábrica de ladrillo de 19 cm + Capa de espuma proyectada de 3 cm	Placa de fibrocemento + Capa de espuma proyectada de 3 cm
Porcino 4	Fábrica de ladrillo doble de 19 cm + Capa de espuma proyectada de 5 cm + Fábrica de ladrillo doble de 19 cm	Cubierta sandwich de fibrocemento + Capa de lana de vidrio de 5 cm

Fuente: Elaboración propia

### Qc: Calor suministrado por la calefacción/refrigeración

Representa las necesidades de calefacción (signo positivo) o refrigeración (signo negativo) en la explotación.

El valor de Qc se ha calculado para cada explotación tipo, en cada provincia o zona climática y mes del año. Su valor se ha obtenido en Kcal/h por explotación tipo y en Kcal/h por plaza.

**Tabla 6:**  
Zonas en función de su temperatura media mensual

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
Asturias, País Vasco, Cantabria y Galicia (salvo Orense)	Orense, Castilla y León, Castilla La Mancha, Aragón, Extremadura, Comunidad de Madrid, Navarra, La Rioja, Norte de Andalucía y Lérida	Sur de Andalucía, Cataluña (excepto Lérida), C.Valenciana, Murcia, Islas Baleares	Islas Canarias

Fuente: Elaboración propia

Tipos de Aislamiento (Ver **Tabla 5**).

Zonas Climáticas (Ver **Tabla 6**).

Se han agrupando, del siguiente modo, las provincias con temperaturas medias mensuales análogas. (Ver **Tabla 6**).

### Metodología de cálculo de la temperatura alcanzada en el interior del alojamiento en el caso de no aplicar calefacción ni refrigeración

Se calcularon, para cada zona climática y mes del año, las temperaturas que se alcanzarían en el interior de cada alojamiento tipo si no se suministrara calefacción ni refrigeración (Qc = 0), con el objetivo de compararlas con las temperaturas críticas de producción de cada categoría animal. Ver **Tabla 7**.

$$K_G = \frac{(K_1 \times S_1) + (K_2 \times S_2) + (K_3 \times S_3)}{S_{Total}}$$

- K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> = Coeficientes de transmisión térmica de los cerramientos, cubiertas y ventanas respectivamente (Kcal/m<sup>2</sup> h °C).
- S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> = Superficies de los cerramientos, cubiertas y ventanas respectivamente (m<sup>2</sup>).
- S<sub>Total</sub> = Suma de S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>.

### Cálculo de superficies de cerramientos, ventanas y cubiertas

Se han considerado las seis explotaciones "tipo" siguientes (EA1,...,EP4): Ver **Tabla 4**.

Consideraciones generales: superficie de ventanas equivalente al 10 % de la superficie de cerramiento; altura media de paredes de 2,8 m y superficie de cubiertas equivalente a un 115 % de la superficie en planta.

**Tabla 7:**  
**Temperaturas críticas por categoría animal**

CATEGORÍA ANIMAL	T CRÍTICA (°C)	CATEGORÍA ANIMAL	T CRÍTICA (°C)
Gallinas de puesta	Mín. 5	Cerdas lactantes	Mín. 2
	Máx. 25		Máx. 30
Pollos de engorde	Mín. 5	Lechones	Mín. 8
	Máx. 30		Máx. 30
Cerdas en gestación - cubrición	Mín. 2	Cerdos de cebo	Mín. 5
	Máx. 30		Máx. 30

Fuente: BUXADÉ, C. 1997; FUENTES YAGÜE, J. L. 1992.

## Resultados y discusión

### Necesidades energéticas en el interior de los alojamientos ganaderos

Como resultado del estudio, se presentan las necesidades de calefacción o refrigeración (Kcal / h.plaza) de las distintas categorías animales estudiadas para cada época del año y zona climática, en función de cada uno de los tipos de aislamiento propuestos. Ver **Gráfico 1**.

### Temperaturas alcanzadas en el interior del alojamiento cuando Qc = 0

Temperatura teórica que se alcanzaría en el interior de los alojamientos, por categoría animal, zona climática, con Qc = 0 (sin utilizar sistemas de calefacción / refrigeración) y para distintos tipos de aislamiento. Ver **Gráfico 2**.

### Análisis y discusión de resultados

#### Aislamiento

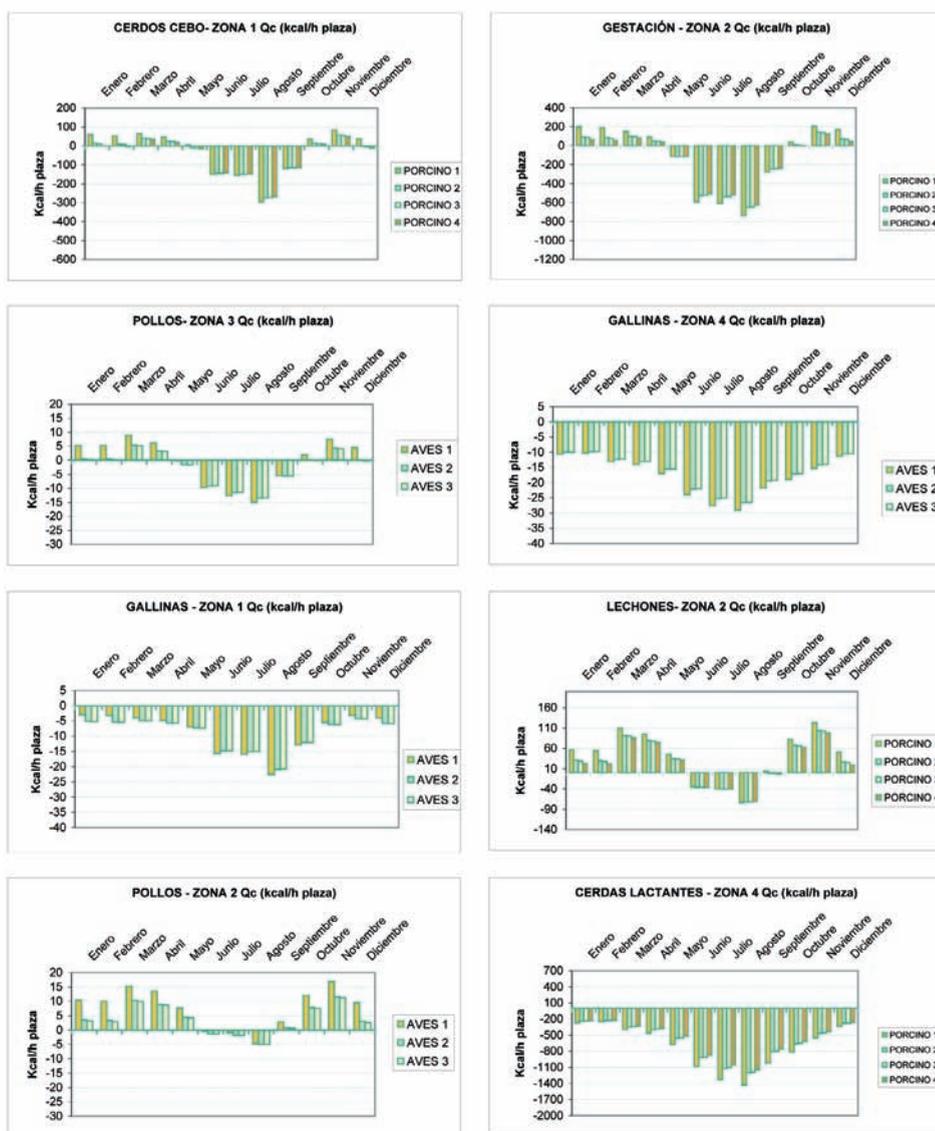
En el sector avícola (pollos engorde y gallinas ponedoras) de los tres aislamientos: “Aves 1”, “Aves 2” y “Aves 3”, los dos últimos son los que más se aproximan a la realidad del sector. “Aves 1”, representa una instalación con sistemas de aislamiento deficientes. En el sector porcino los tipos de aislamiento dos y tres poseen unas características aislantes aceptables. El tipo “Porcino 1” representa sistemas de aislamiento deficientes. El tipo “Porcino 4” representa el mejor aislamiento. Debido a su alto coste de inversión no es común su uso en la mayoría de las explotaciones.

### Temperaturas

Los alojamientos con un adecuado sistema de aislamiento pueden reducir las oscilaciones térmicas diarias

que afectan a la productividad, sobre todo en aves, más sensibles a los cambios de temperatura. En los meses con temperatura media exterior superior a la temperatura óptima de producción, en los alojamientos construidos con materiales con mayor capacidad aislante, las necesidades energéticas de refrigeración son menores. Por el contrario, durante los meses en los que la temperatura exterior es inferior a la temperatura óptima de producción, las necesidades de refrigeración, cuando la temperatura alcanzada en el interior del alojamiento es superior a la óptima, son mayores en alojamientos con mayor capacidad aislante. Esto no implica necesariamente un mayor coste energético, puesto que se

**Gráfico 1:**  
**Necesidades de calefacción o refrigeración (Qc) en Kcal por hora y plaza**



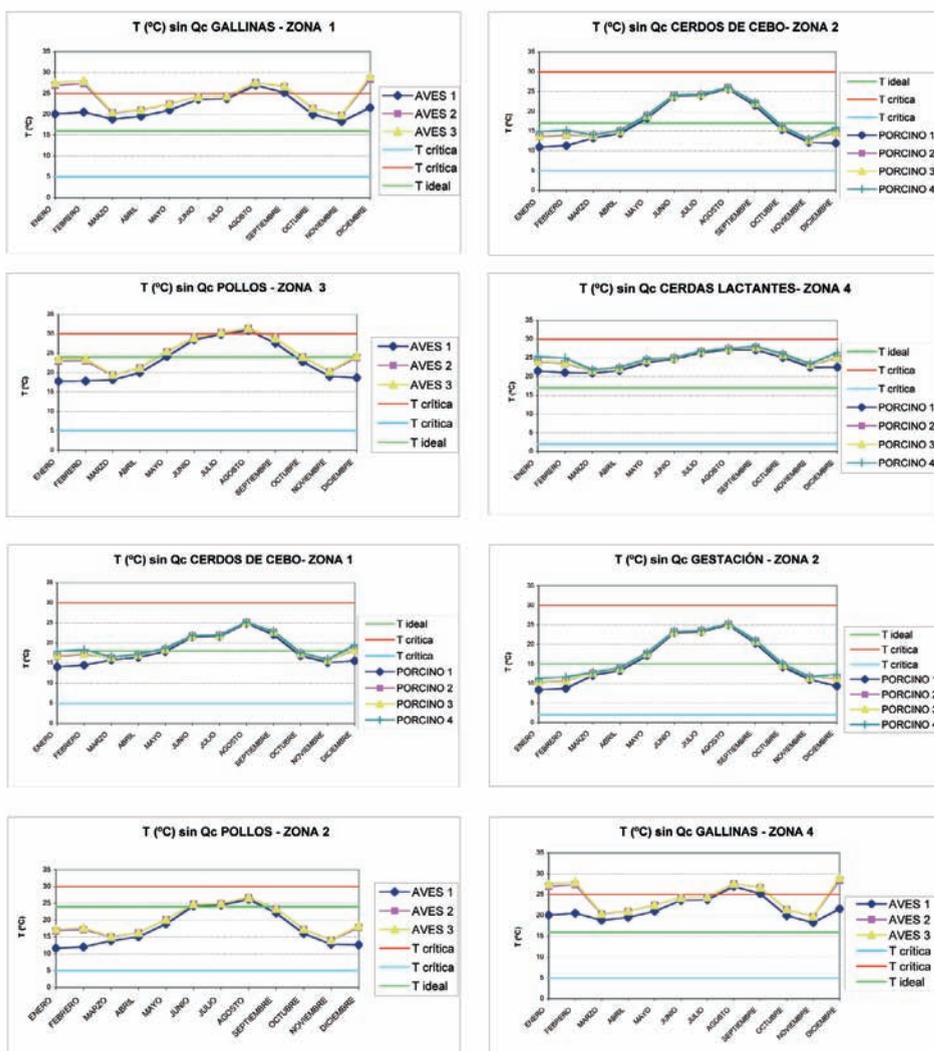
Fuente: Elaboración propia

puede disminuir la temperatura en el interior del alojamiento a través de una mayor entrada de aire del exterior (ventilación). Por otro lado, la temperatura alcanzada en el interior del alojamiento cuando no se utiliza ningún sistema de calefacción o refrigeración en invierno, es mayor en los alojamientos en los que se emplean materiales con mayor capacidad aislante puesto que retienen en su interior, en mayor medida, el calor generado por los animales ( $Q_s$ ). Cabe destacar que cuando no se emplea ningún sistema de refrigeración o calefacción, para las categorías porcinas estudiadas, en ningún caso las temperaturas alcanzadas en el interior quedan fuera del rango de temperaturas críticas de producción. Por el contrario, en las algu-



## Gráfico 2:

Temperaturas alcanzadas en el interior del alojamiento en el caso de no utilizar calefacción ni refrigeración ( $Q_c=0$ )



Fuente: Elaboración propia

nas instalaciones avícolas, en función de la zona climática y en determinadas épocas del año, las temperaturas que se alcanzarían en el interior superarían la temperatura crítica superior.

## Necesidades Energéticas

La calefacción se utiliza en las explotaciones de porcino y aves principalmente para animales de temprana edad. Se emplea de modo puntual y localizado, y es imprescindible. La utilización de un adecuado sistema de aislamiento no implicaría una reducción significativa de éstas necesidades de calefacción. En base a los resultados obtenidos, la refrigeración en el sector porcino, sería una práctica recomendable en cerdas durante la gestación o en cerdos de cebo, en los meses calurosos, para acercarse a la temperatura óptima de producción. Debido a la elasticidad de este tipo de animales no es una práctica habitual. En el caso de emplear sistemas de refrigeración, el coste energético corresponderá al de los ventiladores/extractores de aire. Generalmente están constituidos por equipos de nebulización o paneles humectantes con circuitos cerrados de agua y con un reducido coste asociado. En el sector avícola, es necesaria la refrigeración, y puesto que la mayoría de las explotaciones poseen tecnologías de aislamiento adecuadas, el posible ahorro energético por una posible mejora en los aislamientos es reducido. •