

# IMPORTANCIA DEL AISLAMIENTO EN AVICULTURA: ASPECTOS ECONÓMICOS DE SU INSTALACIÓN (y II)

Serafín García Freire

serafingfreire@yahoo.es

## D) Comparativa entre las distintas soluciones constructivas; estudio económico.

El objeto de las tablas 8 y 9 es contrastar los aislantes más utilizados en avicultura, sus precios ya instalados y el ahorro que nos van aportar:

- En la primera columna se indican las distintas soluciones constructivas con los grosores correspondientes.
- En la segunda columna se indican los precios medios aproximados, en €/m<sup>2</sup> con instalación incluida, precios del año 2010, resultado de la media entre los valores obtenidos en la consulta del programa informático de mediciones y presupuestos PRES-TO -programa muy utilizado por estudios técnicos de ingeniería para calcular presupuestos- y varios presupuestos de 3 empresas de montaje.
- En la tercera columna se indica el valor R de aislamiento de cada solución constructiva (a mayor valor R, mejor aislamiento).
- En la cuarta columna se indica el coste aproximado -sin IVA- de gas utilizado por la calefacción, en el primer día de crianza, consumido exclusivamente para compensar el calor que se pierde a través de los techos -tabla 8- y de las paredes -tabla 9- con diferentes materiales aislantes.

### ◆ Datos para el cálculo en una nave de 120 m x17m:

Considerando: primer día de una crianza de broilers (con la nave ya precalentada); nave cerrada, con una pendiente de la cubierta del 22% (2.088 m<sup>2</sup> de cubierta); de 2,60 m de alto en la pared y 50 m<sup>2</sup> cada cabecero (total 724 m<sup>2</sup> de cerramientos); trampillas con el mismo poder aislante que el cerramiento; temperatura exterior media de 4°C y temperatura interior de 33°C; calefacción ambiental por cañones de gas; sin ventilación (con el objeto de anular la pérdida calorífica por ventilación); poder calorífico del propano de 13.374,5 W/kg (11.500 kcal/kg); precio del propano de 0,84 €/kg (IVA no incluido).

### ◆ Procedimiento de cálculo:

Pretendemos estimar el coste de calefacción diario de las distintas soluciones constructivas y para ello utilizamos la ecuación del balance energético de una nave avícola en situación de equilibrio térmico según ASAE Standard EP270.5 (American Society of Agricultural and Biological Engineers Collection 2001):

$$QS + QE + QSR + QB + QV + QD = 0$$

siendo:

QS: *el calor sensible generado por las aves.*

QE: *("heat equipment") las ganancias de calor debidas a los sistemas de calefacción y en mucha menor medida a los equipos de la instalación (motores, iluminación).*

QSR: *("Solar Heat Radiacion") las ganancias de calor debidas a la radiación solar.*

QB *("Heat Building") la pérdida de calor -en invierno- o la ganancia de calor -en verano- por conducción y convección a través de los cerramientos del edificio.*

QV: *la pérdida de calor debido a la ventilación*

QD: *("heat drying air") las pérdidas de calor debidas a los sistemas de refrigeración.*

Sin embargo, algunos de los valores de la ecuación anterior son de tan poco valor que se pueden despreciar. De esta forma se pueden estimar las necesidades de calefacción o de refrigeración del alojamiento mediante ecuaciones simplificadas:






QE = QB + QV + QS Cuando la temperatura exterior es menor que temperatura interior

QD = QB + QV + QS Cuando la temperatura exterior es mayor que la temperatura interior

Para seguir simplificando la ecuación, también podemos despreciar el poco calor sensible liberado por las aves de un día de vida (QS). También consideraremos que el calor evacuado por la ventilación (QV) es 0, ya que no habrá ventilación. En estas circunstancias, toda la energía calorífica que se pierde a través de los cerramientos (QB) proviene de la calefacción, neces-


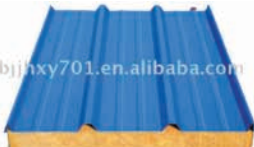



**Tabla 8. Comparativa entre distintas soluciones constructivas para techados (nave 120 x 17)**

TIPOS DE TEJADOS	€/m <sup>2</sup> instalación incluida (sin IVA)	AISLAMIENTO resistencia R = m <sup>2</sup> K/W	Coste aproximado (sin IVA) de gas (en el 1 <sup>er</sup> día de crianza) necesario para compensar el calor que se pierde a través de los techos.
Fibrocemento + poliestireno extruído 3 cm machihembrado 	-Fibrocemento ..... 13,50 € -P. extruído ..... 12,70 € Total: ..... 26,20 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Fibrocemento $R = 0,006/0,23 = \dots\dots\dots 0,02$ -C. de aire (2 cm)= $0,16/2 = \dots\dots\dots 0,08$ -P. extruído 3 cm $R = 0,03/0,033 = \dots\dots\dots 0,90$ -Rs int: ..... 0,13  Total R= ..... 1,17	78 €/día  Nota: En zonas cálidas es recomendable dejar aberturas en la cámara de aire para aprovechar las ventajas de la "cubierta ventilada".
Fibrocemento + poliuretano proyectado 3cm 	-Fibrocemento= ..... 13,50 € -Poliuretano: ..... 6,50 € Total: ..... 20,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Fibrocemento $R = 0,006/0,23 = \dots\dots\dots 0,02$ -Poliuretano 3 cm $R = 0,03/0,028 = \dots\dots\dots 1,07$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,26	72 €/día  Nota: No es "cubierta ventilada".
Sándwich = chapa + poliuretano 4 cm+ chapa 	Incluye: -Cubierta única de sandwich de chapa 4 cm poliuretano 25,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Poliuretano 4 cm $R = 0,04/0,028 = \dots\dots\dots 1,42$ - chapa 2 milímetros x 2 ..... 0 -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,59	57 €/día  Nota: no es "cubierta ventilada". Nota: disponible en el mercado con lámina interior de poliéster con aislamiento ligeramente superior.
Falso techo de poliuretano (4 cm) revestido en dos caras por complejo multicapa aluminio-Kraft 	Incluye: -Cubierta de chapa -Falso techo de paneles de 4 cm de poliuretano revestido por las 2 caras con una multicapa formada por aluminio, polietileno y papel kraft 25,50 €	- Rs ext: ..... 0,04 -C. de aire (correas)= $0,16/2 = \dots\dots\dots 0,08$ -Poliuretano 4 cm $R = 0,04/0,028 = \dots\dots\dots 1,42$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,67	54 €/día  Nota: En zonas cálidas es recomendable dejar aberturas en la cámara de aire para aprovechar las ventajas de la "cubierta ventilada".
Cubierta sandwich (poliuretano 3 cm) y falso techo de poliuretano (3 cm) revestido en dos caras por complejo multicapa aluminio-Kraft 	Incluye: -Cubierta sándwich de chapa 3 cm poliuretano -Falso techo de paneles de 3 cm de poliuretano revestido por las 2 caras con una multicapa formada por aluminio, polietileno y papel kraft 35,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Poliuretano cm $R = 0,03/0,028 = \dots\dots\dots 1,07$ -C. de aire (correas)= $0,16/2 = \dots\dots\dots 0,08$ -Poliuretano cm $R = 0,03/0,028 = \dots\dots\dots 1,07$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 2,39	38 €/día  Nota: No es "cubierta ventilada".

(Continúa...)

Continuación... **Tabla 8. Comparativa entre distintas soluciones constructivas para tejados (nave 120 x 17)**

TIPOS DE TEJADOS	€/m <sup>2</sup> instalación incluida (sin IVA)	AISLAMIENTO resistencia R = m <sup>2</sup> K/W	Coste aproximado (sin IVA) de gas (en el 1 <sup>er</sup> día de crianza) necesario para compensar el calor que se pierde a través de los techos
<p>Falso techo de poliisocianurato (5 cm) revestido por las dos caras con aluminio gofrado.</p> 	<p>Incluye: -Cubierta de chapa -Falso techo de paneles de 5 cm poliisocianurato revestido por las 2 caras con aluminio gofrado <b>27,50 €</b></p>	<p>- Rs ext: ..... 0,04 -C. de aire (correas)= 0,16/2= ..... 0,08 -Poliisocianurato 5 cm + 2 caras de aluminio gofrado R = ..... 2,15* -Rs int: ..... 0,13 <b>Total R= ..... 2,40</b></p> <p>* Documentación comercial de poliuretanos®</p>	<p><b>38 €/día</b></p> <p>Nota: En zonas cálidas es recomendable dejar aberturas en la cámara de aire para aprovechar las ventajas de la "cubierta ventilada".</p>
<p>Sándwich=chapa+lana mineral 10 cm+ chapa</p> 	<p>Incluye: -Cubierta única de sándwich de chapa 10 cm lana mineral <b>52,40 €</b></p>	<p>- Rs ext: ..... 0,04 - Lana de vidrio 10 cm R = 0,10/0,039 = ..... 2,56 - chapa 2 milímetros x 2 R = 0,004/58 = ..... 0 -Rs int: ..... 0,13 <b>Total R= ..... 2,73</b></p>	<p><b>33 €/día</b></p> <p>Nota: no es "cubierta ventilada".</p>
<p>Cubierta sandwich (poliuretano 3 cm) y falso techo de paneles de poliisocianurato (5 cm) revestida por dos caras con aluminio gofrado.</p> 	<p>Incluye: -Cubierta sándwich de chapa 3 cm poliuretano -Falso techo de paneles de 5 cm poliisocianurato revestido por las 2 caras con aluminio gofrado <b>38,00 €</b></p>	<p>- Rs ext: ..... 0,04 -Sandwich Poliuretano 3 cm R = 0,03/0,028 = .... 1,07 -C. de aire (grosor correas)= ..... 0,16 -Poliisocianurato 5 cm + 2 caras alum. gofrado R = ..... 2,15* -Rs int: ..... 0,13 <b>Total R= ..... 3,55</b></p> <p>*Documentación comercial de poliuretanos®</p>	<p><b>25 €/día</b></p> <p>Nota: no es "cubierta ventilada".</p>

ria para mantener la temperatura. Por lo que si calculamos QB, podremos estimar el coste en calefacción (QE) con los distintos aislantes.

$$QB = QE$$

QB se calcula sumando las pérdidas de calor de cada uno de los cerramientos de la nave = **paredes + puertas + ventanas + suelo + cubierta**

Pero a nosotros no nos interesa la estimación de pérdida de calor de todos los cerramientos en conjunto, sino específicamente la estimación de pérdida de calor de la cubierta y de las paredes para poder comparar los distintos tipos de ambas que hay en el mercado. Esto se consigue (1) calculando el "Intercambio de calor por conducción-convección transferido a través de un cerramiento" (Qcc), y utilizando para ello la siguiente fórmula (en unidades vatios/hora):

$$Qcc = A \cdot U \cdot (Ti - Te)$$

Siendo:

**Qcc:** Intercambio de calor por conducción-convección transferido a través un cerramiento.

A: superficie cubierta (tabla 8)= 2.088 m<sup>2</sup> de (17,4 x 120)

A: superficie cerramiento lateral (tabla 9)= 724 m<sup>2</sup> (pared de 2,60 m de alto y 240 m de longitud y 50 m<sup>2</sup> en cada cabecero).

U: transmitancia de cada elemento constructivo (U=1/R).

Ti: temperatura interior = 33° C



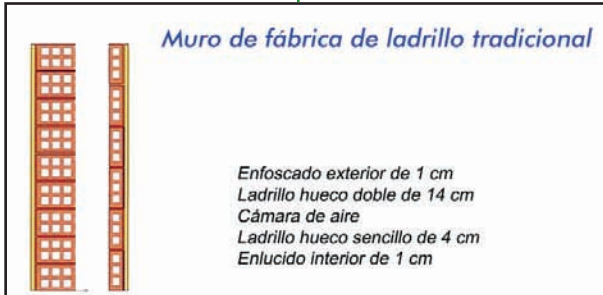


Te: temperatura exterior = 4° C

Cada Qcc -pérdida calorífica- obtenida en cada elemento constructivo se multiplica por 24 horas, se divide por el poder calorífico del propano 13.374,5 W/kg -así calculamos los kg de propano necesarios para equilibrar esa pérdida- y se multiplica por el precio de este gas, 0,84 €/kg. De esta forma calculamos el coste aproximado -sin IVA- del gas necesario, en el primer día de crianza, para compensar el calor que se pierde a través de los distintos tipos de techos (tabla 8) y de paredes (tabla 9).

(1) Luis Manuel Navas: Auditorias energéticas en instalaciones ganaderas IDAE; 2010)




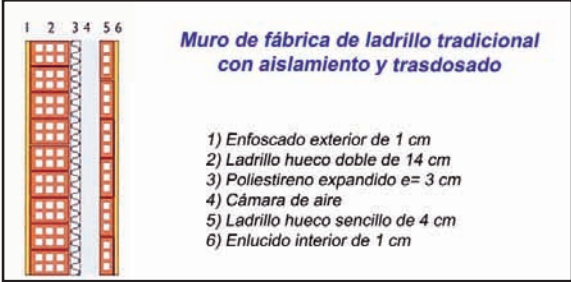



Tabla 9. Comparativa entre distintas soluciones constructivas para paredes (nave 120 x 17)

TIPOS DE PAREDES	€/m <sup>2</sup> instalación incluida (sin IVA)	AISLAMIENTO resistencia R = m <sup>2</sup> K/W	Coste aproximado (sin IVA) de gas (en el 1 <sup>er</sup> día de crianza) necesario para compensar el calor que se pierde a través de las paredes-+
Bloque normal 50x25x15 (15 cm de ancho) 	26,30 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Pared bloque 15 cm R = 0,15/1,18 = ..... 0,12 -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 0,29	109 €/día
Ladrillo doble hueco (8 cm grosor) 	16,80 €	- Rs ext ..... 0,04 -Pared ladrillo 8 cm R = 0,08/0,48 = ..... 0,16 -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 0,33	95 €/día
Doble pared con cámara y sin aislante 	37,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Enlucido R = 0,01/1,39 = ..... 0 -Ladrillo 14cm R = 0,14/0,48 = ..... 0,29 -Cámara de aire R = ..... 0,17 -Ladrillo 4 cm R = 0,04/0,48 = ..... 0,08 - Enlucido R = 0,01/1,39 = ..... 0 -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 0,71	44 €/día
Bloques de termoarcilla 30x19x19 (19 cm ancho) 	36,70 €	Total R= ..... 0,88* *Fuente: Documentación comercial de Consorcio Termoarcilla®  Nota: resistencias superficiales y de enlucidos incluidas.	38 €/día
Bloque arlita macizo 50x20x15 (15 cm ancho) 	33,40 €	Total R= ..... 0,86* *Fuente: Documentación comercial de Arliblock®  Nota: resistencias de enlucidos y superficiales incluidas	36 €/día

(Continúa...)

Continuación... Tabla 9. Comparativa entre distintas soluciones constructivas para paredes (nave 120 x 17)

TIPOS DE PAREDES	€/m <sup>2</sup> instalación incluida (sin IVA)	AISLAMIENTO resistencia $R = m^2K/W$	Coste aproximado (sin IVA) de gas (en el 1 <sup>er</sup> día de crianza) necesario para compensar el calor que se pierde a través de las paredes
Bloque Arlita macizo 50x20x25 (25 cm ancho) 	41,00 €	Total R= ..... 1,16* *Fuente: Documentación comercial de Arliblock®  Nota: resistencias de enlucidos y superficiales incluidas  Nota: Sólo se realizan junta horizontal (2 bandas separadas 4 cm). La junta vertical no es necesaria por ser machihembrado.	27 €/día
Sandwich= chapa + lana mineral 4 cm + chapa 	65,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 - Lana de vidrio 10 cm $R = 0,04/0,039 = \dots\dots\dots 1,02$ - chapa 2 milímetros x 2 $R = 0,004/58 = \dots\dots\dots 0$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,19	26 €/día
Pared con poliestireno en el exterior +enlucido 	31,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Enlucido $R = 0,01/1,39 = \dots\dots\dots 0$ -Ladrillo 14cm $R = 0,14/0,48 = \dots\dots\dots 0,29$ -P. extr 3 cm $R = 0,03/0,033 = \dots\dots\dots 0,90$ -Enlucido $R = 0,01/1,39 = \dots\dots\dots 0$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,36	23,2 €/día  Ejemplo de la foto: nave de ladrillo a la que se le ha adosado poliestireno machihembrado por el exterior y se ha protegido con un enlucido de cemento cola (con malla reticular de fibra de vidrio para sostener el enlucido).
Doble pared con cámara y aislante 	47,00 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Enlucido $R = 0,01/1,39 = \dots\dots\dots 0$ -Ladrillo 14cm $R = 0,14/0,48 = \dots\dots\dots 0,29$ -Cámara de aire $R = \dots\dots\dots 0,17$ -P. extr 3 cm $R = 0,03/0,033 = \dots\dots\dots 0,90$ -Ladrillo 4 cm $R = 0,04/0,48 = \dots\dots\dots 0,08$ -Enlucido $R = 0,01/1,39 = \dots\dots\dots 0$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,61	19,60 €/día
Sandwich = chapa + poliuretano 5 cm + chapa 	32,20 €	- Rs ext: ..... 0,04 -Poliuretano 5 cm $R = 0,05/0,028 = \dots\dots\dots 1,78$ - chapa 2 milímetros x 2 $R = 0,004/58 = \dots\dots\dots 0$ -Rs int: ..... 0,13 Total R= ..... 1,95	16,00 €/día