

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

Estrategias para optimizar la climatización en verano

Joan Escobet Riu
Veterinario

2 de Junio del 2.022



eficacia y eficiencia energética




Asociación de Veterinarios de Porcinos de la Región de Murcia

Especialista en Control Ambiental y Energético en Granjas

1

Resumen

1. Contexto climático
2. Necesidades
3. Estrategias pasivas de diseño
4. Ventiladores eficaces y eficientes
5. Entradas eficaces y eficientes
6. Estrategias de refrigeración
7. Preguntas



eficacia y eficiencia energética

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

2

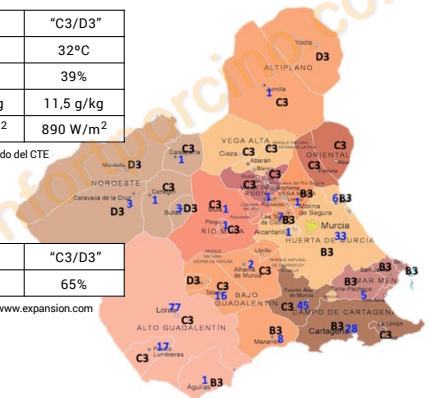
1. Contexto climático

Valores de diseño: Zonas climáticas


Zona climática ¹	"B3"	"C3/D3"
T _m max	30°C	32°C
HR _m max	43%	39%
H	11,5 g/kg	11,5 g/kg
Irradiancia	890 W/m ²	890 W/m ²

¹Adaptado del CTE

Zona climática ¹	"B3"	"C3/D3"
Empresas (total 259) ²	35%	65%



² Fuente: www.expansion.com



eficacia y eficiencia energética

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

3

1. Contexto climático

Temperatura media de las máximas en julio

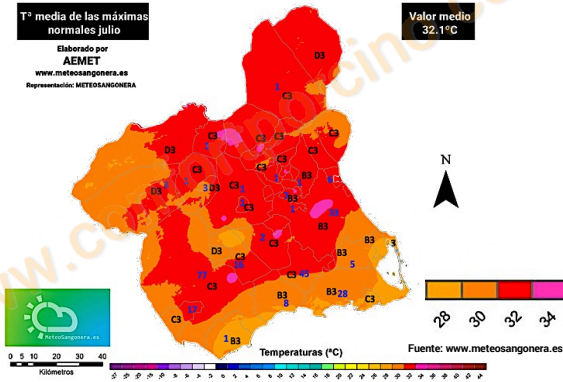
T^o media de las máximas normales julio

Elaborado por AEMET


www.meteosangonera.es

Representación: METEOSANGONERA

Valor medio 32,1°C



Fuente: www.meteosangonera.es



eficacia y eficiencia energética

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

4

1. Contexto climático

Humedad absoluta (g vapor de agua/kg aire seco) en relación a la temperatura (°C) y humedad relativa (%) del aire. "Murcia"

Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)							
	24	26	28	30	32	34	36	38
20	3,7	4,2	4,7	5,3	5,9	6,6	7,4	8,3
30	5,6	6,3	7,0	7,9	8,9	10,0	11,2	12,5
40	7,4	8,4	9,4	10,6	11,9	13,4	15,0	16,7
50	9,3	10,5	11,8	13,3	15,0	16,8	18,8	21,0
60	11,2	12,6	14,3	16,0	18,0	20,3	22,7	25,4
70	13,1	14,8	16,7	18,8	21,1	23,8	26,7	29,9
80	15,0	17,0	19,1	21,6	24,3	27,3	30,6	34,4
90	16,9	19,2	21,6	24,4	27,5	30,9	34,7	38,9
100	18,9	21,4	24,1	27,2	30,7	34,5	38,8	43,6


Fuente: Adaptado de Hahn, Gaughan, Mader, and Eigenberg (2.009)

Zona antiestrés

Zona de alerta

Zona de peligro

Zona de emergencia



Asociación de Porcineros de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

5

1. Contexto climático

El diseño importa en VERANO: Sistemas NO recomendables en Murcia








Asociación de Porcineros de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

6

1. Contexto climático

El diseño importa en VERANO: Sistemas recomendables en Murcia







Asociación de Porcineros de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

7

1. Contexto climático

OBJETIVO: "Relación positiva entre el cerdo y su entorno"

- Estrés por calor: El cerdo recibe más calor de su entorno del que elimina
- Objetivo:
 - ✓ Mínima transferencia de calor entorno → cerdo
 - ✓ Máxima transferencia de calor cerdo → entorno



Asociación de Porcineros de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

8

2. Necesidades

Condiciones climáticas, necesidades y estrategias para "Murcia"

1. Condiciones climáticas en verano:

- Microclimas según altitud, orografía y distancia al mar
- Amplia época cálida (Junio-Octubre)
- Elevadas temperaturas
- Irradiancia solar considerable (insolación)
- Grado de humedad
- Amplitud térmica pequeña/moderada
- Vientos moderados y brisas marinas
- Pluviometría escasa (aridez)

2. Necesidades verano

Tipo de cerdo	Ventilación máxima*
Cerda gestación (250 kg)	260 m ³ /h
Cerda lactación (200 kg)	490 m ³ /h
Lechón transición (20 kg)	40 m ³ /h
Cerdo engorde (100 kg)	120 m ³ /h

*Datos propios

3. Estrategias

Minimizar ganancia solar y maximizar técnicas de ventilación y refrigeración

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

9

3. Estrategias pasivas de diseño

"Orientación, aislamiento térmico y sistemas de sombreado"

Recorrido solar en verano y orientación de la nave (21 junio)

- Región: Murcia
- Nave engorde: 60 m (L) x 14m (A) x 2,8 m (H)
- Orientación: N-S y E-W
- Día: 21 junio
- Hora: 9:00 y 19:00
- Elevación: ~25°

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

10

3. Estrategias pasivas de diseño

VERANO: Dilución de calor, pérdidas de calor por convección y ventilación

Mayor espacio disponible (m² y m³)

Tipo	Peso (kg/animal)	Volumen (m ³ /animal)
Cerda lactante	200	18,0
Lechón transición	20	1,2
Cerdo engorde	100	3,2
Cerda gestante	250	12,0

Mayor disponibilidad de aire (m/s y m³/h)

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

11

3. Estrategias pasivas de diseño

Aislamiento térmico: Reducir la ganancia solar

"Mucha influencia en el confort"

A. Térmico en cubierta Valor U (W/m ² °C)	Irradiancia solar de 890 W/m ² (Murcia)	
	Calor total introducido	Calor radiante introducido
"Bueno" (0,5)	19 W/m ²	10 W/m ²
"Sin aislar" (5,0)	117 W/m ² x 6,2	67 W/m ² x 6,7

"El calor radiante no puede eliminarse por ventilación"

¿Diagnosticar temp radiante?

TE: Promedio entre temp aire y temp media radiante

Ejemplo:

- Temp radiante: 37°C
- Temp aire: 29°C
- Temp percibida*: 33°C

* También llamada temperatura operativa

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

12

3. Estrategias pasivas de diseño

Aislamiento térmico en verano: ¿Cómo influye en Murcia?

Salto térmico +2-3 °C vs +5°C

EXTERIOR			INTERIOR			
Zona climática Murcia			"B3"		"C3/D3"	
T _{mmax} (°C)			30	32		
HR _{mmax} (%)			43	39		

Tipo de animal	Comparativa aislamiento térmico		Buena		Mala	
	Aislamiento cubierta	W/m ² °C	Buena	Mala	Buena	Mala
Transición (20 kg)	T interior (sin refrigeración)	°C	33,2	35,1	34,8	36,7
Engorde (100 kg)	T interior (sin refrigeración)	°C	32,9	34,9	34,5	36,6
Gestación (250 kg)	T interior (sin refrigeración)	°C	32,1	34,8	33,9	36,7
Maternidad (200 kg)	T interior (sin refrigeración)	°C	31,5	35,2	33,4	37,3

Asociación de Innovación de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

13

3. Estrategias pasivas de diseño

Hermeticidad: Aumentar la eficiencia de refrigeración

"Mucha influencia en el confort"

Aumento de temperatura interior y reducción de la eficiencia de refrigeración

Asociación de Innovación de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

14

3. Estrategias pasivas de diseño

Aislamiento térmico y hermeticidad: ¿Cómo influyen en verano en Murcia?

Tipo	Cerda lactación
Masa corporal	200 kg
Carga productiva	4,5 m ² /cerda
Altura nave	3,5 m
Volumen	15,75 m ³ /cerda

	Zona climática Murcia	Escenario 1 "B3"	Escenario 2 "C3/D3"
T _{mmax}	°C	30	32
HR _{mmax}	%	43	39
Humedad absoluta	g/kg	11,5	11,5
Irradiancia	W/m ²	890	890
Caudal máximo	ACH	31	31
Caudal máximo/cerda	m ³ /h	490	490

Asociación de Innovación de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

15

3. Estrategias pasivas de diseño

Aislamiento térmico y hermeticidad: ¿Cómo influyen en verano en Murcia?

"Exterior"	T _{mmax} (°C)	30				32			
	HR _{mmax} (%)	43				39			

Comparativa situación (1-4)		Zona climática "B3"				Zona climática "C3/D3"			
		1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4
Aislamiento cubierta	W/m ² °C	0,5		2		0,5		2	
T interior (sin refrigeración)	°C	31,5		35,2		33,4		37,3	
HR interior	%	45,6		37,9		41,9		34,6	
Hermeticidad	Pa	60	30	60	30	60	30	60	30
Eficiencia ventilación con panel	%	70	50	70	50	70	50	70	50
HR salida de panel	%	80				80			
Eficiencia de saturación panel	%	73				76			
T salida panel (con refrigeración)	°C	25,1	26	27	29	26	27	28	29,8
T salida panel respecto T exterior	°C	-4,9	-4,0	-3,0	-1,0	-6,0	-5,0	-4,0	-2,2
T salida panel respecto T interior	°C	-6,4	-5,5	-8,2	-6,2	-7,4	-6,4	-9,3	-7,5
HR salida panel (con refrigeración)	%	71	68	64	58	71	67	62,7	57

Asociación de Innovación de la Región de Murcia
Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022


16

4. Ventiladores eficaces y eficientes

¿Conseguimos la necesidades máximas de la sala?

Las 3 funciones del ventilador

- 1) Generar la presión estática para circular el aire, Pa
- 2) Ventilación acorde a las necesidades, m³/h
- 3) Eficiencia energética (funciona siempre), m³/h/W




Mantenimiento preventivo antes del verano (Abril)

- Limpeza
- Monitorización
- Regulación
- Renovación

¿Puedo conocer la curva del ventilador de forma práctica? Si, midiendo caudal y presión en 2 puntos al 100%

CURVA CARACTERÍSTICA DEL VENTILADOR

q, m ³ /h	Δp, Pa
10.800	5
9.900	16
9.000	25
8.100	34
7.200	42
6.300	49
5.400	55
4.500	60
3.600	64
2.700	68
1.800	70

Asociación de Porcineros de la Región de Murcia

Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

17

5. Entradas eficaces y eficientes

Diseño, dimensionado y regulación: Necesidades máximas

Las 3 funciones de la entrada de aire

- 1) Regular caudal (según necesidades)
- 2) Dirigir el aire (patrón según sistema)
- 3) Regular presión estática (con el ventilador)

Adaptar el patrón de ventilación máxima


Longitud sala	Ventilación máxima (presión)
< 12 m	5 Pa - 7 Pa
12 m - 15 m	8 Pa - 10 Pa
> 15 m	Añadir 1 Pa por m superior a 15 m

Información técnica de la entrada:

Presión (Pa)	-5	-10	-20	-30	-40
Caudal (m ³ /h)	1.250	1.750	2.500	3.050	3.550
Velocidad de entrada (m/s)	2,0	2,9	4,0	5,0	5,8

Ejemplo: Sala de 13 m con 350 lechones transición hasta 20 kg

$$N^{\circ} \text{ entradas} = \frac{\text{Necesidades (m}^3/\text{h)}}{\text{Capacidad 1 entrada (m}^3/\text{h a -10 Pa)}} = \frac{40 \text{ m}^3/\text{h/lechón} \times 350 \text{ lechones}}{1.750 \text{ m}^3/\text{h/entrada}} = 8 \text{ entradas}$$

Asociación de Porcineros de la Región de Murcia

Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

18

5. Entradas eficaces y eficientes

El manejo importa: **Corrientes con refrigeración evaporativa**

"Diagnosticadas en 9 de cada 10 granjas de transición"

Estrés por frío en verano ¿Cómo diagnosticar la peligrosidad de una corriente?

Flujo turbulento $\geq 1 \text{ m/s}$

Evolución 2.015 - 2.020 del % de instalaciones con corrientes de aire diagnosticadas en verano con refrigeración respecto al total analizadas

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
%	32%	33%	68%	85%	86%	95%

Sonda de grado de turbulencia

1. Temperatura local del aire (°C)
2. Velocidad media local del aire (m/s)
3. Intensidad local de turbulencia (%)

¡Necrosis auricular + mordedura rabos!

Asociación de Porcineros de la Región de Murcia

Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

19

6. Estrategias de refrigeración

Sistemas de "refrigeración": Activación-desactivación ("jadeo")


TCE = "Activación" 30-35 resp/min
 TCS = "Estrés" >100 resp/min

Activación según tipo de animal

Tipo de animal	Temp ¹ activación con aire seco	Temp inicio refrigeración evaporativa
Transición ²	30°C	34°C
Engorde ³	27°C - 30°C	30°C - 34°C
Gestación	25°C	28°C
Maternidad	23°C	26°C

¡DEMASIADO TARDE!

¹ Temperatura efectiva (TCE; inicio jadeo) ² Lechones >16 kg ³ Según peso final

Asociación de Porcineros de la Región de Murcia

Confort Porcino eficacia y eficiencia energética
 I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

20

6. Estrategias de refrigeración

Sistemas de "refrigeración": Manejo /Activación

- Activación "refrigeración" (TCE)
 
- "Enfriamiento" por convección: >30°C y ~1 m/s (TE: reducción 4-8°C)
 
- Enfriamiento indirecto (r. evaporativa): >34°C y ~0 m/s (reducción temp del aire)
 
- ¡Humedad, temp y aislamiento térmico!
 - Conexión/desconexión progresiva
 - 1º pulsos a baja frecuencia
 - 2º de 0-100% en unos 3°C
 - Desconectar refrigeración
 - Noche (entre 10 pm y 10 am)
 - HR>85%
 - Activar antiasfixia HR>90%

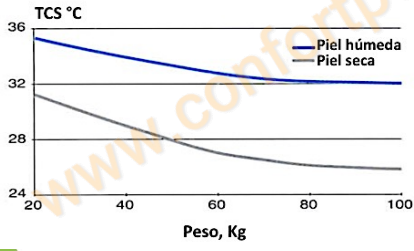

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

21

6. Estrategias de refrigeración

Enfriamiento directo (mojado): Pérdidas de calor latente por evaporación

Dif. Temp aire y objetivo	Aspersión (min)	Intervalo aspersión (min)
0,5°C	1	45
3°C	2	20

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

22

6. Estrategias de refrigeración

Temperatura del aire a la salida del panel suponiendo un aire húmedo al 80% HR en función de la temperatura y humedad relativa del aire introducido en el panel

Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)							
	24	26	28	30	32	34	36	38
20	13,7	15,1	16,4	17,8	19,1	20,5	21,8	23,1
30	15,7	17,2	18,7	20,2	21,7	23,2	24,7	26,2
40	17,6	19,2	20,8	22,5	24,1	25,7	27,4	29,0
50	19,3	21,1	22,8	24,5	26,3	28,1	29,8	31,6
60	21,0	22,8	24,6	26,5	28,3	30,2	32,0	33,9
70	22,5	24,4	26,4	28,3	30,2	32,2	34,1	36,0

Según valores de diseño "Zona climática Murcia"	Temp media máximas	
	Zona "B3"	Zona "C3/D3"
HR media máximas	30 °C	32 °C
Zona "B3"	43 %	23,1 °C
Zona "C3/D3"	39 %	23,9 °C

Dif temperatura entrada-salida panel	
Zona "B3"	Zona C3/D3
-6,9 °C	-8,1 °C

¡CUIDADO!, NO SE TRATA DE TEMPERATURA DE LA SALA

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

23

6. Estrategias de refrigeración

Dimensionado panel "Murcia"

Panel de 100 mm CELdek® 5090-15 o equivalente (por hermeticidad)

	Engorde		Transición		Gestación		Maternidad	
Caudal (m ³ /h/animal)	120	120	40	40	260	260	490	490
Nivel de hermeticidad (Pa)	30	60	30	60	30	60	30	60
Velocidad aire (m/s)	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5
Superficie panel (m ² /100 animales)	3,4	2,3	1,2	0,8	7,3	4,8	13,6	9,1

- ✓ ¿Compensar la eficacia de saturación debido al factor hermeticidad con mayor cantidad de panel?
- ✓ La velocidad del aire no puede ser muy reducida (↓caudal) o muy elevada (↑goteo), entre 1m/s y 1,5 m/s
- ✓ La caída de presión con el panel húmedo respecto al panel seco debe ser reducida (<10%) para no disminuir el caudal

I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

24

6. Estrategias de refrigeración

Mantenimiento del panel

2 limpiezas + descalcificación/año

- ✓ Antes del calor (Abril)
- ✓ Después del calor (octubre) + protección (octubre-abril)
- ✓ ¿Cambio de panel en abril?



1 limpieza + descalcificación/año

- ✓ Quitar paneles en octubre limpiarlos y guardarlos hasta abril
- ✓ ¿Cambio de panel en abril?

Calidad del agua



- ✓ Agua lo más blanda posible (descalcificador), máximo 178 ppm CaCO₃ y pH 6-7
- ✓ Vaciar tanque de recirculación y sistemas de distribución periódicamente (agua limpia)
- ✓ Secar paneles 1 vez/24 h, protegerlos del sol y desinfectarlos (biocida) cada 3 meses (algas, hongos y bacterias)




I JORNADA TÉCNICA AVEPOMUR 2022

25



eficacia y eficiencia energética

Confort Porcino

¡Muchas gracias!

¿Preguntas?



www.confortporcino.com

Joan Escobet Riu | +34 616 472 273 | jescobet@confortporcino.com

26