



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Evaluación ambiental en una explotación de cerdas reproductoras

Environmental evaluation in a breeding sow's farm

Autor/es

Alberto Auseré Holguín

Director/es

Fernando Forcada Miranda

Facultad de Veterinaria

2016

ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	5
4. METODOLOGÍA.....	6
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	10
5.1.- Nave de maternidad nueva.....	11
5.1.1. Sala 5.....	11
5.2. Nave de maternidad antigua.....	15
5.2.1. Sala 7.....	16
5.2.2. Sala 9.....	18
5.3. Cálculos y discusiones.....	21
5.3.1. Pérdidas de calor en cada sala.....	21
5.3.1.1. Sala 5.....	22
5.3.1.2. Sala 7.....	23
5.3.1.3. Sala 9.....	24
5.3.1.4. Discusiones sobre la pérdida de calor.....	25
5.3.2. Temperaturas en las paredes y en las cubiertas.....	26
5.3.3. Caudal de aire a renovar.....	27
5.3.3.1. Sala 5.....	27
5.3.3.2. Sala 7.....	29
5.3.3.3. Sala 9.....	29
5.3.3.4. Discusiones sobre el caudal de aire a renovar.....	30
5.3.4. Registro y discusión de los Dataloggers.....	30
5.3.4.1. Sala 5.....	31
5.3.4.2. Sala 7.....	31
5.3.4.3. Sala 9.....	32
5.3.4.4. Discusiones de los registros de los Dataloggers.....	32
6. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS.....	33
7. VALORACIÓN PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS.....	34
8. BIBLIOGRAFÍA.....	35

1. RESUMEN/ABSTRACT

Este trabajo se realiza con el objetivo de complementar los conocimientos adquiridos por el alumno en la asignatura Integración en Porcino. Y para ello, se busca que el alumno adquiera competencias en: desarrollo de instalaciones y materiales de aislamiento en granjas de producción porcina, factores a determinar y toma de datos necesarios en una evaluación ambiental, saber reconocer si hay algún problema o no y poner medidas correctoras.

La evaluación ambiental se va a realizar en tres salas de maternidad. Una de estas salas se encuentra en una nave de maternidad más moderna y las otras dos salas, se encuentran en una nave de maternidad más antigua. Gracias a esto, vamos a poder comparar los resultados obtenidos de la evaluación ambiental entre las dos naves y determinar las principales diferencias que existen entre ellas, teniendo en cuenta la diferente orientación que se encuentran ambas naves y los materiales de construcción utilizados.

Para ello se van a estudiar diferentes parámetros, como son: la temperatura, la humedad relativa, los niveles de NH_3 , las pérdidas de calor, las necesidades de renovación del aire en cada sala, el tipo de material de aislamiento usado en cada nave, la orientación que presentan las dos naves y su efecto ambiental en las mismas.

Tras las mediciones y los cálculos realizados de estos parámetros a lo largo de la evaluación ambiental, nos podemos aventurar a concluir que la nave de maternidad nueva se encuentra mejor preparada y orientada para mantener una situación ambiental más óptima dentro de la nave, independientemente de las condiciones externas. Gracias a una orientación adecuada y al uso de materiales de aislamiento más modernos y eficaces.

Abstract

This work was made with the object to complete the knowledge learned by the student in the subject "Integración en Porcino". The objective for the student was to get several skills in the following aspects: the facilities and isolation materials in the farrowing buildings, and the diagnosis of the ventilation system running in order to identify, and even to solve, possible problems in the environmental control of this part of the pig farm.

The environmental assessment was made in three farrowing rooms. One of them was in the newest farrowing building, and the two were in the oldest building. Thanks to this, we could also compare the results of the environmental evaluation between both buildings and establish the main between them. We had to take into account the different orientation and their building and insulating materials.

Different parameters were studied: surfaces and environmental temperatures, relative humidity, NH_3 levels, heat losses, air renewal necessary in each farrowing room, isolation materials used in each building to evaluate the thermal transmittance, and the building orientation and its environmental effect in the farm.

After the measuring and calculations performed for the different parameters along the environmental evaluation, we can conclude that the newest building was better suitable and orientated than the oldest one, keeping an optimal environment inside the building, regardless of the outside weather. Also, the insulating materials and the ventilation system of the modern facility contributed to maintain the environment conditions required for sows and lactating piglets.

2. INTRODUCCIÓN

La evaluación ambiental en las explotaciones de producción porcina ha sido un campo del sector porcino históricamente olvidado y donde ha habido pocos estudios, por tanto, se ha desconocido, hasta hace pocos años, cual podía ser la función de la calidad ambiental sobre la producción final del cerdo. Por esto, en los últimos años, la exigente productividad económica que domina sobre el sector porcino ha obligado a las grandes empresas y a las casas de genética a ahondar en este aspecto.

Muchos estudios han demostrado los beneficios que tiene un buen control ambiental en una sala de parto sobre el confort de los animales, la eficiencia energética y el ahorro en el uso de antibióticos.

Para lograr un buen confort animal debemos mantener la temperatura ambiente de la sala dentro de la zona termoneutral de los animales, que abarca desde la temperatura crítica inferior (TCI) hasta la temperatura crítica superior (TCS). En esta zona, el animal tiene un gasto energético mínimo y va a ser capaz de orientar toda la energía que consume, en producir leche en el caso de las cerdas, y en crecer, en el caso de los lechones. Por debajo de esta TCI, el animal deberá aumentar su producción de calor para mantener la temperatura

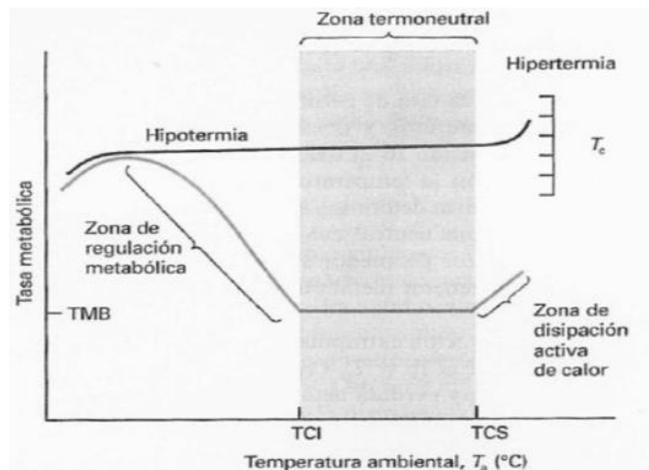


Figura 1. Gráfica de las necesidades metabólicas según la temperatura ambiental (1).

corporal, a través de la movilización de grasa o del aumento de la ingesta de alimento. En cambio, si la temperatura ambiente es superior a la TCS, el animal va a reducir su actividad, aumentará la frecuencia

cardiaca y descenderá la ingesta de pienso (Figura 1). Estas dos situaciones conllevan un gran gasto energético por parte de los animales y disminuyendo la eficiencia de energía.

Pero además, aparte de esto, se ha observado que el nivel de la calidad del aire influye notablemente en la aparición de enfermedades en el ganado porcino y cuyos factores de aparición son: la densidad de población, el volumen del edificio, las TCI, TCS, las concentraciones de gases nocivos y los niveles de microorganismos. Por esto, con el control ambiental va a regular varios de estos aspectos si se realiza correctamente. Pero esto se desequilibra cuando el sistema inmune de los animales se encuentra inmunodeprimido por el estrés que les supone estar fuera de la zona de termoneutralidad o por los altos niveles de gases irritantes, aumentando la probabilidad de que estos animales enfermen. Es por esto que un buen control ambiental permite disminuir el gasto en medicamentos, al disminuir la posibilidad de aparición de nuevas enfermedades (1).

Por tanto, desde un punto de vista productivo y económico, es muy importante lograr que la cerda y los lechones estén en su zona de termoneutralidad o confort.

El conflicto de intereses entre las temperaturas óptimas de la cerda gestante y la de los lechones supone el principal problema térmico en una sala de maternidad. Mientras que las cerdas deben estar entre 18-20°C, los lechones deben estar entre 24-26°C (Figura 2). Esta diferencia de temperaturas, a veces, es difícil de conseguir. Es lógico pensar que primero debemos priorizar al lechón durante los primeros días, que además coinciden con la menor ingestión voluntaria de pienso de la madre, y posteriormente crear dos espacios térmicos: uno más caluroso para los lechones, a través del uso de placas de calor y/o lámparas de luz infrarroja; y otro en el que se pueda mantener la temperatura de la sala acorde con los requerimientos de la cerda.

Para evitar todos estos problemas derivados de una mala situación ambiental, se está comenzando a controlar de manera mucho más precisa los diferentes parámetros ambientales, como son la temperatura, la humedad relativa, la velocidad de aire o los niveles de gases irritantes, fundamentalmente, el amoníaco. Siguiendo esto, todas las nuevas instalaciones de porcino que se están construyendo actualmente poseen herramientas capaces de evaluar y controlar estos parámetros de manera más precisa que en aquellas

Umbral del confort del ganado porcino para distintas fases del desarrollo					
Concepto	Tª Mínima °C	Tª Óptima °C	Tª Máxima °C	Humedad Relativa %	Velocidad del aire m/seg
Lechones Nacimiento (1)	—	30-35°	—	—	—
Días 0-2	—	28°	—	60-70%	0,1-0,3
Días 3-4	—	26-24°	—	—	—
Días 5-destete	—	26-24°	—	—	—
Lechones transición (2)	—	(*)	—	—	—
Destete	28°	29,5° (2)	31°	—	—
7 kg	23°	24,5°	26°	60%	0,1-0,4
10 kg	22°	24°	24°	—	—
15 kg	19°	21,5°	24°	—	—
20 kg	16°	20°	24°	—	—
30 kg	14° (18°)	19°	24° (28°)	—	—
Fase de cebo (3)	—	—	—	—	—
40 kg	13°	24°	26°	65-70%	—
60 kg	12°	24°	26°	»	0,2-0,5
80 kg	10°	18°	26°	»	—
100 kg	9° (16°)	18°	26° (28°)	70-80%	—
140 kg	9°	15°	26°	80-90%	—
Reproductores	—	—	—	—	—
Verracos	0°	16-18°	30°	65-70%	0,2-0,7
Hembras	0°	16-18°	30°	»	»
Hem. gestantes	—	16-18°	—	65-75%	0,4-2 (4)
Fase de parto	—	18-20°	—	—	—
Sala de monta	—	16-18°	—	65-75%	0,4-4 (4)

Figura 2. Temperaturas confort en el ganado porcino. (2)

explotaciones más antiguas y tradicionales, donde las condiciones en las que se encuentra el ganado son más variables y precarias, afectando de manera más notoria a la productividad **(3)**.

Por ello, las empresas de integración están comenzando a realizar evaluaciones ambientales en sus granjas de cerdas reproductoras para categorizar y cuantificar los parámetros ambientales y así determinar si estos son correctos o no.

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio es la aproximación teórica y práctica a la evaluación ambiental en una granja de cerdas reproductoras para complementar la docencia teórica implantada en la asignatura Integración en Porcino.

Así mismo, el principal objetivo de este trabajo es que el alumno alcance competencias en:

- El desarrollo de las instalaciones y materiales de aislamiento de las granjas de producción porcinas.
- Conocer cuáles son los factores a determinar en una evaluación ambiental.
- Toma de los datos necesarios para realizar una correcta evaluación ambiental.
- Saber reconocer, a partir de los resultados obtenidos, si hay algún problema o no, y si lo hubiera poner medidas correctoras para remediarlo.

A esto hay que añadir la importancia económica que atesora la situación ambiental en la producción porcina siendo todavía un marco de la producción en desarrollo, sobre todo, a nivel práctico, debido a que la mayoría de las granjas de cerdas reproductoras de España son muy antiguas y no tienen las infraestructuras más idóneas para realizar un control y seguimiento correcto de la situación ambiental en las naves.

Para ello, vamos a realizar 3 estudios independientes en 3 salas de maternidad diferentes, esta explotación al tener dos naves diferentes de maternidad, una antigua y otra más nueva, queremos comparar la situación ambiental entre ambas situaciones y determinar cuanta es la pérdida de calor y necesidades de ventilación según los materiales de aislamiento utilizados entre ambas naves. Además se van a escoger diferentes momentos de lactación en la que se encuentran los animales, es decir, se va a elegir salas donde estos lleven 1, 2 o 3 semanas de lactación.

4. METODOLOGÍA

Con el objetivo de hacer una aproximación práctica al control ambiental, en este trabajo se va a desarrollar una evaluación ambiental en tres salas de maternidad de una granja de cerdas reproductoras. La explotación escogida para la evaluación es la granja Ansó López S.C. localizada en el municipio zaragozano de Tauste situado en la Comarca de las Cinco Villas, ésta se encuentra integrada por la empresa Inga Food S.A. perteneciente al grupo Nutreco. Esta explotación, fundada en 1981, tiene una capacidad de 740 reproductoras, pero que hace tan solo 2 años el censo era de 250 cerdas. Con la entrada de la nueva legislación de Bienestar Animal se decidió ampliar el censo construyendo dos nuevas naves, una de ellas destinadas para la gestación y la otra para aumentar el número de salas de maternidad **(4)**.

La granja cuenta con 178 plazas de maternidad, donde se llevan a cabo lactaciones de 4 semanas y se necesita otra semana más para: el viciado sanitario que se realiza después del destete y para la entrada de las cerdas unos días antes de la fecha prevista de parto. Al contar con 178 plazas de maternidad y el tiempo de estancia en cada lote es de 5 semanas, podemos calcular el objetivo de partos por semana ($178/5 = 35,6$), mientras que para calcular el objetivo de cubriciones por semana hay que conocer el porcentaje de partos que tiene la granja, la media histórica de la explotación es del 90%. Por tanto, $[(35,6*100)/90 = 39,55]$ hay que realizar 39,55 cubriciones a la semana/lote.

De estas 178 plazas de maternidad que tiene la explotación, 98 de ellas se encuentran en la nave de maternidad más antigua, donde los resultados productivos en estas salas son inferiores que en las 80 salas presentes en la nave de maternidad nueva.

Esta explotación es una granja de producción de lechones destetados con un peso aproximado de 6 kg de peso vivo y no cuenta con transición, así que se trata de una granja de Fase I, estos lechones son llevados a una granja Wean to Finish situada en la provincia de Valencia.

Al tratarse de una explotación de un tamaño medio el sistema de manejo de producción es en bandas semanales, por tanto, se realizan cubriciones, destetes y partos todas las semanas.

La genética de las cerdas que hay en la explotación es Landrace x Large White y el macho finalizador es de raza Duroc. Los lechones que se producen en la granja son castrados a los 5 días de vida. La razón por la que se castran estos cerdos es la de evitar la aparición de olores desagradables en el consumidor, ya que estos animales se dejan crecer más que en aquellos cerdos en los que se usa Pietrain como raza finalizadora, pero el objetivo de la integradora con estos animales es la obtención de una carne de mayor calidad por eso se usa la raza Duroc como parte finalizadora. Para ellos, las líneas maternas que se utilizan

son líneas genéticas de la casa Hypor (Hendrix Genetics) y el verraco finalizador pertenece a la empresa DanBred.

La productividad de la granja es bastante elevada, con unos datos de prolificidad media de 13,36 nacidos totales por parto y unas medias de 12,54 lechones nacidos vivos por parto, de 0,81 nacidos muertos por parto, de 11,3 lechones destetados por parto y 2,43 partos por cerda productiva al año **(5)**.

	Granja Ansó López S. C. 2015	España. InterPig 2014	VI Jornada SIP 2015-15
Partos por cerda y año	2,43	2,34	2,35
Destetados por parto	11,3	11,0	11,3
Destetados por cerda y año	27,34	25,8	26,5

Este cuadro compara los índices técnicos de la granja con los datos de InterPig del año 2014 **(6)** y con los datos expuesto en las VI Jornadas de SIP en Noviembre del 2015 **(7)**. En él, se observa como la producción de la granja es notablemente superior a la media de producción española, tanto en los datos desarrollados por InterPig como por la empresa SIP. Destacando, claramente, en el número de partos por cerda y año; y lechones destetados por cerda y año. Confirmando los excelentes números productivos que obtuvo la granja en 2015.

En relación a la bioseguridad, se cumplen los requisitos fundamentales, pero al tratarse de una granja antigua hay un margen de mejora en alguno de los aspectos.

Respecto a la situación sanitaria de la granja, se trata de una explotación *Mycoplasma* negativa, Diarrea Epidémica Porcina (DEP) negativa y PRRS positiva estable pero que actualmente aún están sufriendo los efectos de una recirculación de PRRS de hace dos meses **(5)**.

La evaluación ambiental se realizará en una de las salas de la nave de maternidad nueva y en dos salas de la nave de maternidad antigua.

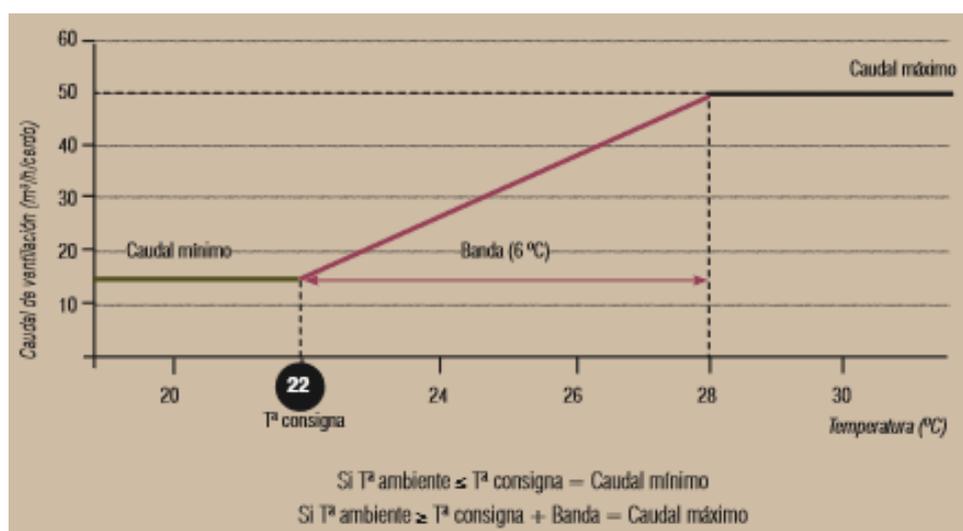
El viernes 12 de Febrero del 2016, nos desplazamos a la granja Ansó Lopez S. C., donde nos esperaba el veterinario responsable de la explotación, Pablo Magallón Verde, el cual nos resolvió cualquier tipo de duda que nos fue surgiendo a medida que se iba tomando los diferentes datos necesarios para el estudio:

La orientación y las dimensiones de los diferentes módulos, tanto en la nave antigua que está orientada de Norte a Sur, como en la nave nueva, orientada de Este a Oeste. Donde se pretende valorar la influencia del viento en las condiciones ambientales dentro de las instalaciones.

El material usado en la construcción de ambas naves para evaluar el nivel de aislamiento que tiene cada una y calcular sus pérdidas por calor.

Hay que conocer la ventilación del aire que entra y sale de cada una de las salas de maternidad para comprobar si la ventilación está bien regulada. En esta explotación, la ventilación es por presión negativa, donde el aire es extraído por el ventilador y su hueco es repuesto por el aire exterior que entra primero, por las ventanas del pasillo y luego entra a la sala por sus ventanas. El sistema informático de ventilación regula la velocidad de extracción de los ventiladores en función de la temperatura de la sala, que es medida con diferentes sondas de temperatura repartidas a lo largo del módulo, fuera del alcance de los animales (1 metro por encima de ellos) y alejadas de paredes o entradas de aire. Es muy importante jugar con los siguientes parámetros:

- Temperatura de consigna: Es aquella temperatura idónea para la especie y la edad de los animales alojados. Cuando la temperatura registrada por las sondas sea inferior a esta temperatura de consigna, los ventiladores funcionarán a una ventilación mínima, ya programada con anterioridad (caudal mínimo). Mientras que una temperatura en la sala, mayor a la temperatura de consigna, producirá un aumento del caudal de aire a evacuar que será proporcional a dicho aumento de temperatura.
- Banda de aceleración: Representa el número de grados por encima de la temperatura de consigna hasta que se consigue la ventilación máxima, con el ventilador trabajando a su mayor velocidad o a su mayor proporción. Si la temperatura de la nave está dentro de la banda de aceleración, el ventilador funciona a un régimen intermedio **(8)**.



Para llegar a conocer esos datos, necesitamos determinar el número y tamaños de las ventanas en los pasillos y en las propias salas de maternidad. Las velocidades de entrada y salida del aire fueron medidas con un anemómetro digital TESTO 425 con una resolución mínima de 0,01 m/s mientras que la depresión

creada por los ventiladores de cada sala fue medida con un manómetro digital TESTO 512 con un rango de medición de 0 a 2 hPa y con una resolución mínima de 0,1 Pa.

Determinar el número de paneles de refrigeración *cooling* por nave de maternidad.

Conociendo las diferentes temperaturas y humedades ambientales que hay en las tres salas de maternidad y en los pasillos que hay en cada nave, cuyas mediciones se realizaron con un termómetro-higrómetro electrónico modelo PTH338, con una resolución de 0,1°C y 0,1% de humedad relativa; y conociendo las temperaturas de las superficies, tanto de las paredes interiores y exteriores, de las cubiertas, del emparrillado de la solera y el emparrillado metálico del box de maternidad se pueden hacer unas estimaciones sobre la relación que existe entre la orientación de los edificios con las temperatura a la que se encuentran, estas últimas medidas fueron tomadas con un termómetro de infrarrojos HI99556, con una resolución de 0,1°C. También se tomaron fotografías con una cámara termográfica TESTO 869 **(9)**.

Otro factor importante en la evaluación medioambiental que caracteriza a los alojamientos de ganado porcino es la concentración de amoniaco en el interior de las naves. El NH₃ se produce cuando se ponen en contacto la urea de la orina con la ureasa presente en las heces y en el medio, formándose dos moléculas de NH₃ por cada molécula de urea. La legislación marca un límite máximo de 20 ppm en las explotaciones porcinas **(10)**.

Se sabe que los niveles de producción de amoniaco van a depender de la velocidad de aire sobre la solera, si esta es de superficie sólida y/o emparrillada, temperatura ambiente, pH y concentraciones de amoniaco ya presentes en el purín. De todos estos factores, quizá el más importante es el pH, ya que éste afecta notablemente a la volatilización del NH₃ desde la masa del purín, pues determina el balance entre NH₃ volátil e ion amonio no volátil, así que cuando el pH aumenta, este balance se inclina hacia la partícula volátil, favoreciendo su emisión al ambiente. Es decir, a mayor pH en el purín, mayor serán las emisiones de NH₃ al ambiente. Para cuantificar la concentración de éste en cada una de las 3 salas se ha dispuesto de un Monitor Multigas VRAE PGM-7840, este aparato tiene una resolución de 1 ppm y un rango de medición de 0 a 50 ppm **(9) (11)**.

Y por último, en cada una de las 3 salas se dejó colocado un Datalogger (TESTO 174H) durante 7 días, registrando temperatura y humedad relativa de forma continua cada 10 minutos **(8)**. Es por eso, que en la segunda y última visita, el 19 de Febrero del 2016, únicamente consistió en recoger estos aparatos y procesar su información.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se ha comentado anteriormente, se van a realizar tres controles, dos de ellos se han ejecutado en dos salas de la nave de maternidad vieja, las salas 7 y 9; y el tercer control se ha realizado en la sala 5 de la nave de maternidad nueva.

Los dos controles de la nave más antigua van a diferir en que en la sala 7, los lechones solo estaban calentados con placas de calor por electricidad, y en la sala 9, aparte de las placas de calor, se usaban lámparas de infrarrojos. En ambos módulos, los animales llevaban una semana de lactación.

El tercer control, en la sala 5 de la nave nueva de maternidad, se ha efectuado sobre animales de dos semanas de lactación y donde los lechones únicamente estaban siendo calentados con placas de calor (como en la sala 7).

Uno de los objetivos de este estudio era poder evaluar la situación ambiental en cada una de las tres semanas de lactación sobre las que se trabaja en esta granja, pero como los días en los que se inició el estudio fueron los viernes, no se encontró ninguna sala de maternidad con animales que llevaran tres semanas de lactación porque en esta explotación los destetes se realizan el día anterior, los jueves. Por tanto, únicamente podemos hacer el estudio sobre animales con una y dos semanas de lactación.

A continuación, en la figura 3 se puede ver una fotografía aérea de la explotación y la disposición de las dos naves de maternidad.



Figura 3. Esquema de la distribución de las naves de la explotación (5).

5.1. Nave de maternidad nueva

Vamos a comenzar con el análisis del módulo de la nave de maternidad nueva. La nave es de tipo vagón de tren (formada por un pasillo lateral y 5 salas de maternidad de 16 cerdas cada una), al tener una orientación de Este-Oeste es en la cara norte del edificio donde el viento sopla con mayor fuerza y es donde está situado el pasillo, que tiene una anchura de 1,20 m por 29 m de longitud (que es igual a la longitud de toda la nave). El aire exterior entra a través de las 5 ventanas de policarbonato, con un tamaño de 110 por 50 cm., y que se encontraban cerradas en el momento de la visita debido al mal tiempo que estaba haciendo esos días; también hay 5 paneles *cooling*, de 150 por 80 cm, que también estaban cerrados. Los datos obtenidos de temperatura y humedad relativa en el pasillo fueron de: 15°C y 69%. Los 5 módulos de esta nave son idénticos, pero solo nos vamos a centrar en aquel que nos interesa, animales con dos semanas de lactación (módulo 5).

5.1.1. Sala 5

Esta sala de maternidad tiene unas dimensiones de 13,6 por 5,8 m y formada por un pasillo central con 8 plazas de maternidad a cada lado, donde las cerdas se encontraban orientadas: cabeza con cabeza (Figura 4). Cada una de los boxes de maternidad tiene unas dimensiones de 1,70 m de longitud por 2,40 m de anchura (Figura 5), lo que supone un área de 4,08 m² disponibles para la cerda y la camada, los datos recomendados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente son de 4,2 +/- 0,4 m² por cerda y camada, por tanto, se observa que el tamaño del box está muy ajustado (Figura 5), y sobre todo, ante este tipo de cerdas hiperprólicas (**4**). La manta de calor es eléctrica con una dimensión de 1,20 por 0,40 m.



Figura 4. Sala 5 de la nave de maternidad nueva.



Figura 5. Box de maternidad de la sala 5

En relación a la ventilación, el módulo 5 tiene 2 ventiladores de la empresa Cavenco: uno de cubierta de 42 cm de diámetro y un caudal de 4620 m³ de aire extraído por hora (modelo 420), y otro ventilador de pared con las mismas dimensiones pero con una potencia de 7800 m³ por hora (que en invierno se encontraba parado). Al tratarse de una ventilación por presión negativa en continuo, el ventilador de la cubierta siempre estaba funcionando creando una presión negativa en la sala de maternidad al extraer el aire del interior. Este vacío era repuesto por aire exterior que entraba a través de las ventanas, primero por la ventana exterior, pasando por el pasillo, donde coge temperatura y se atempera, para finalmente entrar en la sala por las ventanas del módulo. La velocidad de entrada y salida del aire dependía de la temperatura que se configuraba en el procesador de la sala, en este caso era de 22°C y un 30% de ventilación máxima y así como 31°C en las plazas de calor de los lechones **(12)** (Figura 6).

Los datos que obtuvimos en la medición de la sala de maternidad fueron de: 22,9°C en la entrada y de 23,2°C en la parte final del módulo (zona más cercana al ventilador) y una humedad relativa de 75% y 73%, respectivamente. Al mismo tiempo, obtuvimos los datos de temperatura de las diferentes partes que forman cada box de maternidad. En uno de los boxes más próximos a la entrada de la sala obtuvimos los siguientes datos: 21,7°C en la solera de plástico de los lechones y 22,2°C en el emparrillado metálico (sobre el que se apoya la cerda), la placa de calor se encontraba a 26,6°C y 28°C en cada lado de la misma, por tanto, con una temperatura notablemente más baja de la que debería encontrarse (Figuras 7 y 8).

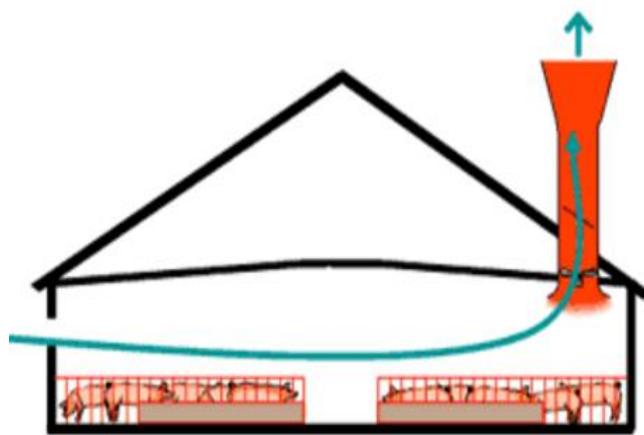


Figura 6. Esquema de la ventilación por presión negativa (13).

En la fotografía se puede observar como los lechones no se encontraban tumbados en la placa de calor porque éstas estaban demasiado frías, para comprobarlo se tomó una fotografía con una cámara termográfica, en ella se corroboró lo que se sospechaba, los lechones estaban perdiendo calor por las orejas, una de las zonas más sensibles de estos animales, debido a que la temperatura ambiental en la que se encontraban en ese momento era más baja de la que debían encontrarse; se aprecia perfectamente en la Figura 8.



Figuras 7 y 8. Fotografía natural y fotografía con cámara termográfica.

Además de poder comprobar la temperatura en la que se encontraban los animales, las instantáneas térmicas nos dan mucha información sobre la temperatura en la que se pueden llegar a encontrar los dos tipos de solera presentes en los boxes de maternidad: la solera de plástico para los lechones y la solera metálica para las cerdas. En la Figura 9 (fotografía tomada justo en el momento en el que la cerda se había levantado) se puede observar, claramente, la mayor temperatura que presentaba el metal que ha estado en contacto con la cerda (solera y dedos de la jaula) frente a la temperatura de la solera de plástico en la que se encontraban los lechones (Figura 10). La explicación a esto radica en que la conductividad térmica del metal es mayor a la del plástico, por tanto, la solera y la jaula se van a calentar con mayor rapidez y facilidad que el plástico, cuya conductividad térmica es más baja y por tanto más difícil de calentar. Del mismo modo, si se trata de que una cerda pierda calor, el emparrillado metálico permitirá que lo haga más rápidamente por conducción, mientras que el plástico es más idóneo para lechones al reducir dicha transmisión y por tanto evitar problemas de temperaturas en estos animales tan sensibles.

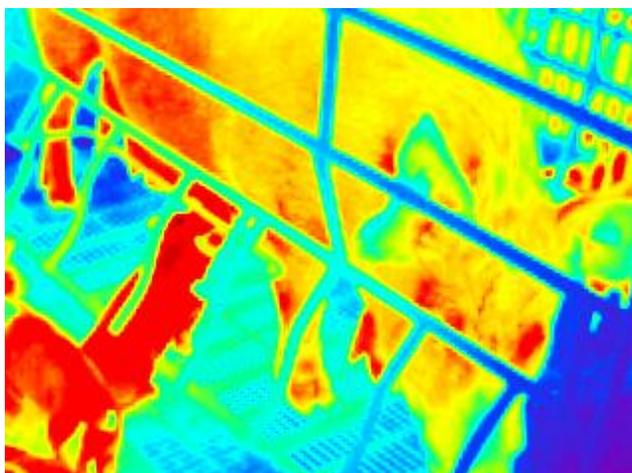


Figura 9. Fotografía térmica de la solera metálica.

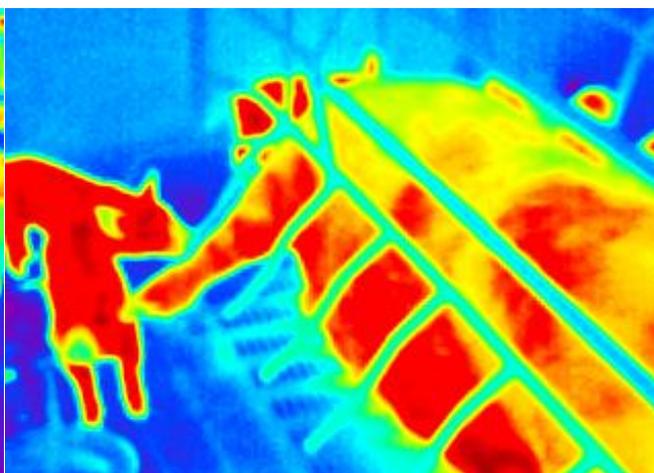


Figura 10. Fotografía de la solera de plástico.

En el otro box más próximo a la entrada del módulo, la solera de plástico se encontraba a 21,1°C, el emparrillado metálico estaba a 22,2°C y la plaza de calor de los lechones estaba a 29,5 y 30°C y en esta, sí que estaban tumbados los lechones.

En uno de los boxes situados al final de la sala pudimos medir los siguientes datos: la solera de plástico de los lechones era de 23,1°C, el emparrillado metálico era de 23,5°C, mientras que la placa de calor de los lechones era de 27,5 y 29,5°C.

Respecto a la temperatura de las paredes y techo de la sala 5 fueron de 23,6°C de la pared limitante con otra sala contigua, 20,3°C con la sala exterior, 19,5°C de la pared que daba al pasillo, la temperatura de la puerta era de 18,5°C, a 21,6°C se encontraba la cubierta (en una zona más próxima al pasillo), 22,3°C en la parte central y a 22,8°C en la cubierta de la parte final del módulo.

Los niveles de amoníaco en el aire eran bajos: 4 ppm.

En relación a la velocidad del aire, obtuvimos los siguientes datos: la velocidad de aire que había a nivel del ventilador de la cubierta era de 3,5-3,8 m/s, en las 4 ventanas, que no estaban plenamente abiertas sino con una sección de entrada de 2,5 por 60 cm por ventana (Figura 11), había una velocidad de 3 m/s. Y a nivel de los animales la velocidad de aire era insignificante: 0,1-0,2 m/s.

La depresión creada por los ventiladores era de 4 Pa.

Respecto al aislamiento de la sala, que se puede extrapolar al resto de la nave, hay que destacar que la cubierta está construida con placas de *Agrotherm*, como se puede observar en la Figura 12 (material prefabricado formado por una chapa exterior y 4-5 cm de poliuretano en su interior, en tipo sándwich). Y en las paredes, tanto interiores como exteriores, se observan muros de 16 cm de hormigón con 4 cm de poliestireno en su interior.



Figura 11. Sección de entrada de aire en una de las ventanas de la sala.



Figura 12. Aislamiento *Agrotherm* de la cubierta.

5.2. Nave de maternidad antigua

Respecto a las salas 7 y 9 de la nave de maternidad antigua, hay que comentar que los animales que se encontraban en ellas en el momento del estudio, son de la primera semana de lactación.

La nave tiene una orientación de Norte – Sur, el viento predominante al venir del noroeste va a impactar con mayor fuerza en la cara oeste del edificio. Esta nave guarda una estructura tipo vagón de tren con un pasillo lateral (Figura 13) tiene una capacidad para 98 cerdas divididas en 12 salas de diferente tamaño. Los módulos 7 y 9 están formados por 5 cerdas situadas de forma paralela con un pasillo lateral y los boxes están orientados con la cabeza hacia el pasillo.

A lo largo de todo el pasillo nos encontramos 11 ventanas exteriores de diferente tamaño: Dos de ellas eran ventanas muy grandes con una sección de entrada de aire de 5 cm por 180 cm de longitud (Figura 13), y las otras 9 ventanas son más pequeñas y con una abertura de 5 cm de altura por 85 cm de longitud. Hay 4 paneles *cooling* de 2 por 1 m pero están cerrados en invierno. Hay que destacar que las puertas de acceso a la nave permiten la entrada de aire desde el exterior porque el cierre de las mismas no es estanco, hay una sección de entrada de aire de 2 cm de ancho por 90 cm de largo. En el pasillo nos encontramos una temperatura de 17°C y una HR del 63%.



Figura 13. Nave tipo vagón de tren. Ventanas exteriores (izquierda) y ventanas de la sala (derecha).

Respecto a los materiales de aislamiento usados para la construcción de esta nave hay que destacar que son mucho más antiguos que en la otra nave, las 12 salas de maternidad tienen los mismos sistemas de aislamiento, así que se pueden extrapolar las condiciones de aislamiento de estas dos salas al resto de la nave: la cubierta está formada por 6 mm de uralita y 4 cm de poliuretano expandido, las paredes que dan al exterior están construidas por ladrillos huecos de 20 cm, mientras que las paredes que separan los módulos entre si, están construidas a base de ladrillos huecos de 14 cm.

Para comprobar la eficacia de aislamiento de la cubierta, se realizaron dos fotografías termográficas, Figuras 14 y 15. En ambas termografías se puede apreciar las zonas más frías de la cubierta (zonas más azuladas) indicando las zonas del techo por donde se está perdiendo calor continuamente. Incluso en la Figura 14 se puede observar como las pérdidas a través de la puerta pueden ser incluso mayores que las que hay por la cubierta.

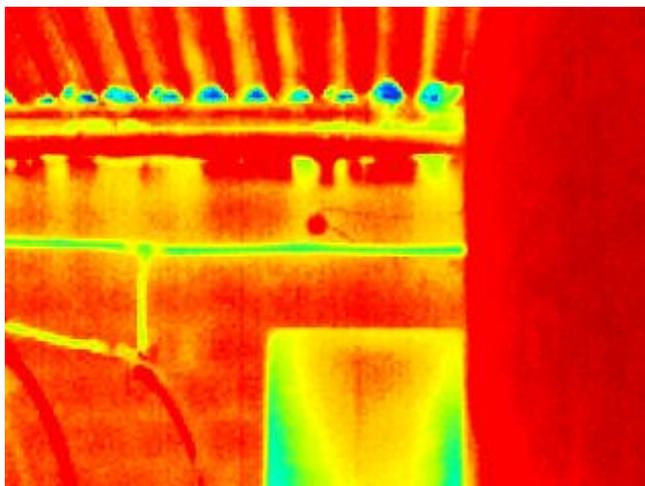


Figura 14. Termografía de la puerta y cubierta.

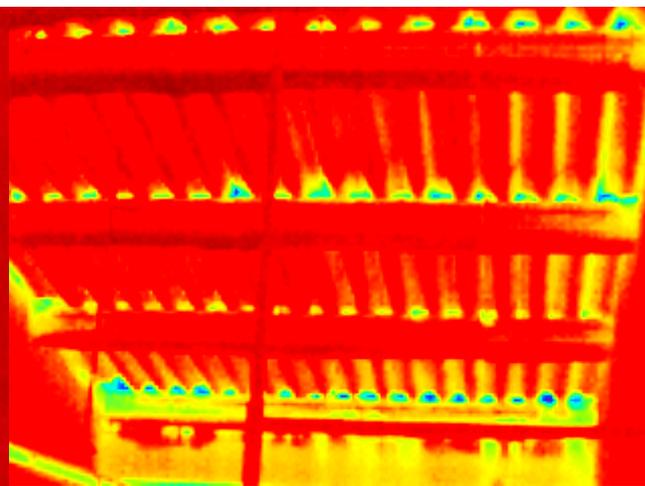


Figura 15. Termografía de la cubierta de la sala de maternidad de la nave antigua.

5.2.1. Sala 7

Esta sala de maternidad tiene unas dimensiones de 3,1 m de anchura por 8,45 m de longitud (Figura 16) donde los cuatro primeros boxes de maternidad tienen un tamaño de 2,30 por 1,65 m (Figura 17) mientras que el último box (pegado a la pared exterior) es ligeramente más ancho, 1,85 m. Cada uno de los boxes está calentado por placas de calor metálicas alimentadas por electricidad, con las mismas características y el mismo tamaño que en la nave nueva: 1,20 por 0,40 m, además en dos boxes observamos focos de infrarrojos como aporte complementario de calor. El pasillo del módulo mide 0,80 m de ancho.



Figura 16. Disposición de la sala 7.



Figura 17. Box de maternidad de la sala 7.

La ventilación corre a cargo de un ventilador de pared de 50 cm de diámetro con un caudal de 4620 m³/h (modelo 410 de Cavenco), que se puede observar en la Figura 16 situado en la parte superior de la pared exterior, al tratarse de una ventilación por presión negativa en continuo, el ventilador esta siempre en funcionamiento. El fundamento de la ventilación es el mismo que en las salas de maternidad de la nave nueva (Figura 6). Los parámetros del procesador de la entrada indicaban 22°C de temperatura y 20% de la ventilación máxima pero este procesador informático no daba la opción de indicar la temperatura a la que se deben encontrar las placas de calor de los lechones, porque se trataba de un procesador de un modelo muy anterior al que actualmente se suele utilizar en la mayoría de las granjas de porcino.

En la sala solo debería existir una única entrada de aire, y ésta debería ser por la ventana que hay en la pared interior, con una sección de entrada de 8 por 87 cm, pero el aire a parte de entrar por esta abertura, entra a su vez, por un entrada parásita que existe en la puerta de la sala, como se puede apreciar en la Figura 18. Al tratarse de una puerta corredera, existen diferentes agujeros en la pared para que el operario de la granja pueda salir desde el interior de la sala (la puerta no tiene un pomo para poder abrirse desde dentro).

La depresión creada por la ventilación negativa era de 2 Pa. Notablemente más baja de la que debería ser (en torno a los 10 Pa). Esto es debido a que entra aire por estas entradas parásitas y no se produce la suficiente depresión negativa por la falta de estanqueidad de la sala.

Las mediciones de la velocidad del aire en el módulo fueron: de 1,5 – 2 m/s en la entrada al habitáculo, de 1,5 – 1,7 m/s en la zona del ventilador, y en la zona de los animales 0,05 – 0,1 m/s en aquellos que estaban hacia el final de la sala por 0,1 – 0,2 m/s en aquellos que estaban cercanos a la puerta y la ventana de entrada de aire. Y la temperatura del ambiente era de 23,7°C en la entrada al módulo y de 24°C al final del mismo, mientras que la humedad relativa era del 67% en ambas zonas.

Como se hizo en la sala 5 de la nave de maternidad nueva, medimos los parámetros de temperaturas de los diferentes elementos de los boxes de maternidad más cercanos a la entrada de la sala y del box más alejado.

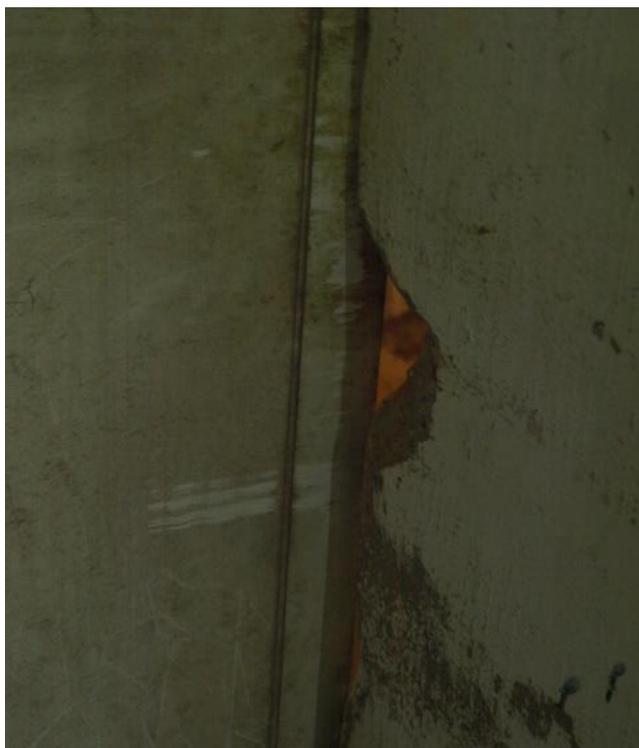


Figura 18. Entrada parásita de aire.

El primer box de la sala, las placas de calor para los lechones se encontraban a una temperatura de 27,5 y 25°C, 21°C en la solera de plástico y 20,5°C en el emparrillado metálico (donde se aloja la cerda). Además en este box había un foco de luz infrarroja pero desconectado, su presencia demuestra que el ganadero sabe que en las salas de esta nave, los lechones pasan frío durante los primeros días de vida. Pero a medida que los animales van creciendo, los desconecta porque con el calor aportado por las placas, es suficiente. Al observar la Figura 19 podemos confirmar que, de momento, el sistema de calefacción funcionaba porque no se observa que los lechones perdieran calor por ninguna región corporal.

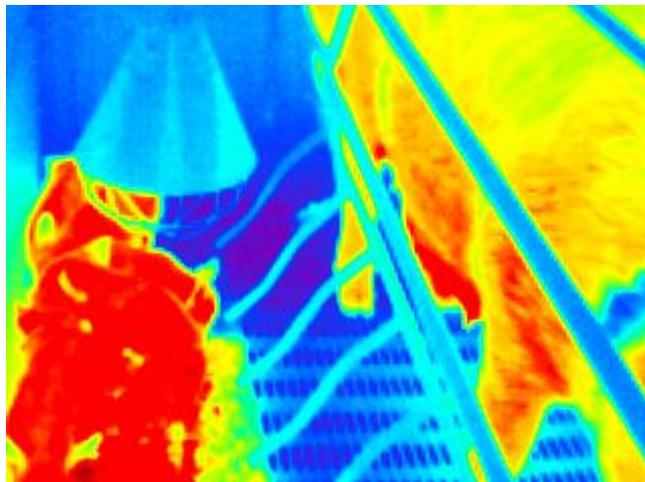


Figura 19. Termografía con foco apagado.

En el segundo box, las placas de calor de los lechones se encontraban a 29 y 30°C, la temperatura de la solera de plástico estaba a 20,2°C y el emparrillado metálico a 20°C.

En el último box del módulo, la placa de calor estaba a 27,5 y 30°C, donde los lechones descansaban tumbados sobre la placa, la temperatura de la solera de plástico era de 21,2°C y la del emparrillado metálico era de 22°C.

Cabe destacar que en el tercer box, los lechones a parte de tener la placa de calor, tenían una lámpara de calor por infrarrojos todavía encendida y cuya temperatura era de 35°C.

A continuación, se midieron las temperaturas de las paredes y cubierta: el muro contiguo a otra sala estaba a 21°C, la pared exterior estaba a 18,8°C, la pared que daba al pasillo era de 19,7°C y las temperaturas de cubierta fueron de 20,5°C, en la zona cercana al pasillo y de 20,5°C al final del módulo.

La concentración de amoníaco que había en la sala 7 era de 4 ppm.

5.2.2. Sala 9

El módulo 9 es casi idéntico al módulo 7 ya que la principal diferencia radica en que los lechones que se encuentran en esta sala son calentados únicamente por lámparas infrarrojas sobre placas de plásticos de las mismas dimensiones que las metálicas (1,20 por 0,80 m).

La sala posee un ventilador de pared de 50 cm de diámetro y un caudal de 4620 m³/h (modelo 410 de Cavenco) con ventilación por presión negativa en continuo por lo que está funcionando siempre; creando

una depresión de 1,5 Pa, en esta sala, como ocurre en la anterior, hay entradas parásitas de aire. Usando los mismos principios que en las dos anteriores salas, los parámetros del procesador que estaban fijados eran de 21°C de temperatura y 20% de la ventilación máxima. Aquí no tiene sentido encontrar un indicador de la temperatura de las placas de calor, porque no las hay.

Como en la sala 7, el módulo consta de un pasillo lateral y una fila de cinco plazas de parto orientadas cabeza con cabeza, como se observa en la Figura 20. Cada plaza tiene unas dimensiones de 2,30 por 1,65 m, excepto la última, que tiene 1,85 m de anchura. Y el pasillo también tiene una anchura de 0,80 m; como se puede apreciar en la Figura 21, además se observan como los lechones son calentados por focos de luz ultravioleta.



Figura 20. Sala 9



Figura 21. Boxes de maternidad de la sala 9 calentados por focos de luz infrarroja.

El módulo posee una ventana pequeña con una sección de entrada de 8 por 87 cm, que se puede observar en la Figura 13; además de la entrada parasita de la puerta corredera de entrada a la sala, como ocurría en la sala 7 (Figura 18). La velocidad del aire es de 1,5 m/s a la entrada del módulo, de 1,5 - 2 m/s en la zona cercana al ventilador y a la altura de los animales os encontramos velocidades de aire de 0,1-0,2 m/s al final de la sala y de 0,15-0,3 m/s en aquellos animales más cercanos a la ventana y a la puerta. La temperatura ambiente del módulo era de 21,5°C a la entrada y de 21,4°C al final con una humedad relativa del 60 y 64% respectivamente.

En el box de maternidad más cercano a la entrada obtuvimos las siguientes mediciones: la solera de plástico estaba a 19°C, del emparrillado metálico a 19,2°C y la temperatura de la placa estaba a 24,5 y 29,5°C debajo del foco.

En el segundo box, la solera de plástico estaba a 20,1°C, el emparrillado estaba a 20°C, mientras que la placa de calor por lámpara infrarroja estaba a 27,1 y 29°C.

En el último box de la sala, la temperatura de la solera de plástico estaba a 20,3°C, la del emparrillado metálico era de 24°C, y las placas estaban a 25,5 y 30°C debajo del foco.

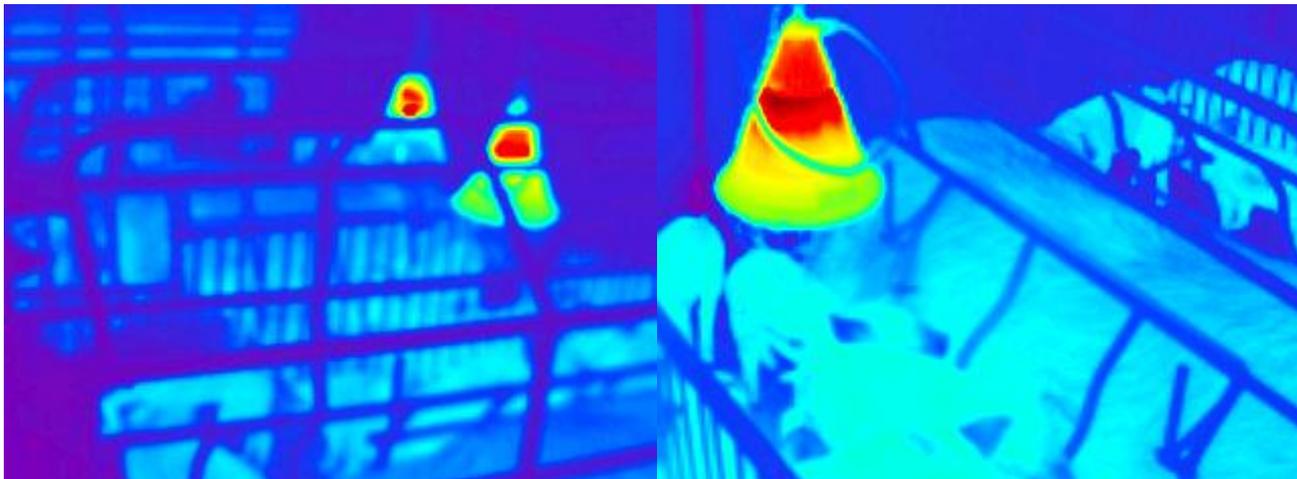


Figura 22. Termografía con dos focos de calor encendidos. Figura 23. Termografía de unos de los boxes de maternidad de la sala 9.

En ambas imágenes termográficas se puede observar la temperatura en la que se encontraban los focos de calor, en comparación, con la temperatura del resto de la sala. En este caso, la cámara se adapta a la temperatura del foco e infravalora la temperatura del resto de elementos. Pero a pesar de esto, en la Figura 23, se puede apreciar en los lechones, zonas más frías en la región del hocico y de las orejas. Por tanto, estos animales estaban perdiendo calor, esto quiere decir, que se encontraban en una temperatura inferior a la que deberían estar. Esto demuestra que en la sala 9 no se alcanzaba la temperatura óptima para estos animales.

Las temperaturas que se obtuvieron de las paredes y de la cubierta fueron las siguientes: El muro que separa las salas estaba a una temperatura de 21,3°C, la pared exterior estaba a 18,7°C, la pared que da al pasillo se encontraba a 19,2°C y la cubierta estaba a 20°C en la zona más próxima a la entrada al módulo y a 20,5°C al final del módulo.

Los niveles de amoníaco que había en la sala 9 eran de 2 ppm.

Además, aprovechando que tenemos lámparas de infrarrojos, se hace una prueba para calcular el efecto chimenea que puede originar el calentamiento del aire en un punto muy concreto. Se observó que la velocidad del aire era de 0,1-0,2 m/s en la cabeza de la cerda, donde apenas había efecto chimenea, mientras que debajo del foco, la velocidad del aire oscilaba entre 0,25 y 0,40 m/s. Se detectan por tanto ciertas fluctuaciones de velocidad debido a las diferencias de temperatura. Teniendo en cuenta que la temperatura debajo de la lámpara no era muy alta, 35°C. Tenemos que suponer que en los momentos que esa temperatura aumente, lo hará la velocidad del aire, en la zona de los lechones y suponiendo un grave defecto para su bienestar.

5.3. Cálculos y discusiones

A continuación se van a exponer los diferentes cálculos necesarios para poder realizar la evaluación ambiental de la explotación y obtenidos a partir de las diferentes mediciones de los parámetros ambientales que se han ido recopilando durante la visita.

5.3.1. Pérdidas de calor en la sala

Para poder calcular las pérdidas por calor en cada una de las salas, se necesita conocer los materiales con los que están construidas cada una de las naves de maternidad, para calcular de manera aproximada las calorías que se pierden de calor en las salas 5, 7 y 9 de ambas naves.

Para llevar a cabo estos cálculos es necesario conocer la transmitancia térmica (U), obtenida a partir de calcular la resistencia térmica (R) de cada material.

Para calcular la U de la cubierta de la sala 5, al tratarse de un material prefabricado, se ha obtenido de la ficha técnica del producto **(14)**. En cambio, las paredes de la sala 5, como toda la infraestructura de las salas 7 y 9 al estar construidos con materiales de obra, ha sido necesario hacer unas cuentas previas para obtener la U final **(15)**:

$$R = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + (...) + R_e$$

Dónde:

- R_i : Resistencia del coeficiente de convección interior determinado experimentalmente: $1/7$ Kcal/m².h.°C.
- R_e : Resistencia del coeficiente de convección exterior determinado experimentalmente: $1/20$ Kcal/m².h.°C.
- $R_1, R_2, R_3, (...)$: Son los valores de R de los diferentes materiales que formen la estructura a determinar.

Una vez obtenida R de la pared, simplemente hay que calcular su inversa para hallar U de las cubiertas como de las paredes, tanto exteriores e interiores:

$$U=1/R$$

5.3.1.1. Sala 5

Techo: *Agrotherm*.

- $U = 0,3807 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$. **(14)**

Pared exterior:

- $R = 1/7 + 0,16/1,4 + 0,04/0,028 + 1/20 = 1,74 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
- $U = 1 / R = 1 / 1,74 = 0,574 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.

Paredes interiores y pasillo: En este caso, $R_i = R_e$, porque en la pared del pasillo no está en contacto con el exterior.

- $R = 1/7 + 0,16/1,4 + 0,04/0,028 + 1/7 = 1,83 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
- $U = 1 / R = 1 / 1,83 = 0,546 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.

Unidades	Superficie (m ²)	U (Kcal/h.m ² .°C)	Ti-Te (°C)	Pérdidas por calor totales (Kcal/h)	Pérdidas de calor por superficie (Kcal /m ² .h)
Cubierta	78,88	0,3807	10	300	3,80
Pared exterior	13,34	0,574	10	76	5,69
Pared interior	31,28	0,546	0	0	0
Pasillo	13,34	0,546	8	58	4,34
TOTAL Pérdidas de calor				434	

- No se tiene en cuenta las pérdidas de calor por la solera, ventanas ni puertas.
- $T_i: 23\text{°C} / T_e: 13\text{°C}$.

En este cuadro se demuestra claramente la importancia del uso del material correcto para conseguir un buen aislamiento (notables diferencias entre el material de la cubierta *Agrotherm* con el hormigón y el poliestireno de las paredes). También queda claro que a mayor diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, mayor es la pérdida de calor en la sala, como esta diferencia es un factor que no podemos controlar, aumenta todavía más la importancia de trabajar con buenos aislantes.

Además, se observa claramente la gran diferencia que existe entre las pérdidas por calor por superficie entre un material prefabricado y un material de obra; donde el material de la pared permite la fuga de 1,80 kcal por metro cuadrado más que por la cubierta (a misma diferencia de temperaturas).

5.3.1.2. Sala 7

Techo de uralita y poliuretano expandido **(16)**:

- $R = 1/7 + 0,006/2,65 + 0,04/0,02 + 1/20 = 2,195 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
- $U = 1/R = 0,455 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.

Paredes **(15)**:

- Externas:
 - $R = 1/7 + 0,2/0,49 + 1/20 = 0,601 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
 - $U = 1/R = 1,66 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
- Internas y pasillos:
 - $R = 1/7 + 0,14/0,49 + 1/20 = 0,479 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
 - $U = 1/R = 2,09 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.

Conocidas la R y la U del aislamiento de las paredes y de la cubierta, necesitamos conocer la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior de las naves ($T_i - T_e$). Como estos valores son diferentes entre los dos módulos, calcularemos las pérdidas de calor de manera individualizada para casa sala.

Unidades	Superficie (m ²)	U (Kcal/h.m ² .°C)	Ti-Te (°C)	Pérdidas por calor totales (Kcal/h)	Pérdidas de calor por superficie (Kcal /m ² .h)
Cubierta	28,19	0,455	11	141	5,00
Pared exterior	9,3	1,66	11	170	18,28
Pared interior	25,35	2,09	0	0	0
Pasillo	9,3	2,09	7	136	14,62
TOTAL Pérdidas de calor				447	

- No se tiene en cuenta las pérdidas de calor por la solera, ventanas ni puertas.
- Paredes y cubierta: $T_i: 24\text{°C} / T_e: 13\text{°C}$.

Se puede observar claramente la alta transmitancia térmica que tienen los ladrillos huecos y por ello, es el lugar por donde se pierde la mayor parte de las calorías de la sala; incluso estas pérdidas por superficie son más de tres veces superiores a las pérdidas de calor que se producen por la cubierta.

5.3.1.3. Sala 9

Techo de uralita y poliuretano expandido **(16)**:

- $R = 1/7 + 0,006/2,65 + 0,04/0,02 + 1/20 = 2,195 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
- $U = 1/R = 0,455 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.

Paredes **(14)**:

- Externas:
 - $R = 1/7 + 0,2/0,49 + 1/0 = 0,601 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
 - $U = 1/R = 1,66 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
- Internas y pasillos:
 - $R = 1/7 + 0,14/0,49 + 1/20 = 0,479 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.
 - $U = 1/R = 2,09 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$.

Los valores de U de los materiales y la superficie de la sala son los mismos que en la sala 7 pero lo que difiere es la temperatura interior, por tanto la diferencia con la temperatura exterior será diferente, y por tanto, las pérdidas por calor.

Unidades	Superficie (m ²)	U (Kcal/h.m ² .°C)	Ti-Te (°C)	Pérdidas por calor totales (Kcal/h)	Pérdidas de calor por superficie (Kcal /m ² .h)
Cubierta	28,19	0,455	8,5	109	3,87
Pared exterior	9,3	1,66	8,5	131	14,09
Pared interior	25,35	2,09	0	0	0
Pasillo	9,3	2,09	4,5	87	9,35
TOTAL Pérdidas de calor				327	

- No se tiene en cuenta las pérdidas de calor por la solera, ventanas ni puertas.
- Paredes y cubierta: Ti: 21,5°C /Te: 13°C.

Hay que destacar que todos estos cálculos realizados en las tres salas se han teniendo en cuenta con una temperatura media exterior de 13°C (momento en la que realizamos las diferentes mediciones), siendo la temperatura interior de la salas la variable que ha modificado Ti – Te en cada una de las salas. Pero a lo largo de toda la semana siguiente a estas mediciones, el tiempo fue a peor, descendiendo las temperaturas a niveles cercanos de los 5-6°C. Por lo tanto, en estas situaciones, las pérdidas por calor se dispararían a niveles muy superiores.

5.3.1.4. Discusiones sobre las pérdidas de calor

		Sala 5	Sala 7	Sala 9
Pérdidas por calor por superficie (Kcal /m ² .h)	Cubierta	3,80	5,00	3,87
	Pared exterior	5,69	18,28	14,09
	Pasillo	4,34	14,62	9,35
Pérdidas por calor totales (Kcal/h)		434	447	327

En relación a las pérdidas de calor que hay en cada una de las tres salas, primeramente destaca que en cada una de las salas, las cubiertas son la parte mejor aislada de cada uno de los módulos, siendo la sala 5 la que mejor retiene el calor. La explicación está en que se trata de la sala que se encuentra en la nave de maternidad nueva, donde el techo está construido con el material aislante *Agrotherm*. El aislamiento de la pared exterior y del pasillo también son notablemente mejores en esta sala más nueva que en las salas 7 y 9 de la nave de maternidad vieja. En estos dos módulos, se observan altísimos niveles de pérdida por calor en cada una de las diferentes paredes y en la cubierta. Al estar construidas con los mismos materiales, la diferencia de calorías pérdidas que existe entre ambas salas, se encuentra en la diferencia de temperatura del interior y del exterior que se midió en el momento del control ambiental. La sala 9 al estar ligeramente más fría que la sala 7, las calorías que se escapaban al exterior, fueron menores. Esto demuestra la importancia que existe en el correcto control de la temperatura interna, y el efecto que produce la temperatura externa sobre el nivel medioambiental dentro de la explotación, porque como se aprecia, a mayor diferencia de temperatura (más frío), mayor será la pérdida por calor.

La razón de que las pérdidas por calor totales entre las tres salas sea tan parecida es debido a que la sala 5 es notablemente más grande (78,88 m²) que las otras dos salas, por tanto, mayor pérdida de calor total (pero no por superficie), mientras que en las salas más antiguas, a pesar de ser módulos más pequeños (28,2 m²), la calidad del aislamiento es muy inferior a la sala nueva y por tanto registran pérdidas de calor similares a salas de mayor tamaño.

5.3.2. Temperaturas de las paredes y de la cubierta

Temperaturas (°C)		Sala 5	Sala 7	Sala 9
Ambiental en la nave		23,0	24,0	21,5
Pared interna		23,6	21,0	21,3
Pared exterior		20,3	18,8	18,7
Pared al pasillo		19,5	19,7	19,2
Cubierta	Próxima	21,6	20,5	20,0
	Central	22,3	-	-
	Final	22,8	20,5	20,5

Observando los datos obtenidos de las mediciones de temperatura de las diferentes paredes y la cubierta que forman cada una de las tres salas de la evaluación ambiental podemos reafirmar lo expuesto en el punto anterior. Se aprecia en las salas 7 y 9, como las paredes externa e interna y la cubierta se encuentran más frías que en la sala 9. Esto es debido a que los materiales por los que están formados son peor aislantes, dejando escapar el calor con mayor facilidad, por eso se encuentran a menor temperatura.

Hay que destacar que la temperatura de la pared al pasillo es similar entre las tres salas, la razón es que el pasillo actúa como una zona de termorregulación entre el aire que entra del exterior y el aire ya presente en el pasillo. Esto hace que el aire exterior aumente de temperatura antes de entrar a las salas de maternidad, y esto explica que la pared del pasillo se encuentra a mayor temperatura que la pared exterior.

Además, la temperatura de las paredes se va a ver afectada por la orientación de las naves. En las zonas cálidas, como en la que nos encontramos, se recomienda orientar la nave de Este a Oeste, como se encuentra la nave más nueva de maternidad (Figura 3), facilitando la ventilación natural al estar siempre una fachada más fría que la otra; además la superficie expuesta en la fachada oeste es la menor posible, de forma que no se producen grandes insolaciones en verano. En invierno, época en la que se realiza este control, el sol sube poco en el cenit, penetrando la luz solar por las ventanas a lo largo de toda la longitud de la nave, mientras que en verano, cuando la insolación directa sería mucho más elevada, los animales estarán protegidos por el alero de la nave.

Mientras que en la nave de maternidad vieja, al estar orientada de Norte a Sur, la ventilación natural va a ser muy escasa y la insolación menor, siendo otro de los factores que explican el porqué de la menor temperatura de sus instalaciones en comparación con la nave de maternidad más nueva. Además en esta orientación, la luz solar entra por la ventana afectando directamente a las cerdas.

5.3.3. Caudal de aire a renovar

Otro de los cálculos necesarios para poder realizar una correcta evaluación ambiental es conocer el caudal de aire que es necesario renovar para garantizar la mejor calidad ambiental a las cerdas y los lechones. Ahora en invierno, el principal objetivo de la renovación de aire de una sala de maternidad, no es tanto la disminución de temperatura (como ocurre en verano) sino en descender la humedad relativa ambiental (HR) que aumenta a causa de la respiración de los animales alojados dentro de la sala, la evaporación de orines y por las aguas de limpieza. La clave del cálculo es que el aire exterior de la granja tiene menos humedad relativa que el aire interior del alojamiento, con lo que este exceso de humedad interior deberá ser absorbido por el aire que entra desde el exterior.

A través de la fórmula, se puede conocer el caudal de aire necesario a renovar por cerda y hora **(17)**:

$$C = P / (P_i - P_e)$$

Dónde:

- C: Caudal de aire a renovar en invierno (m^3/h).
- P: Cantidad de vapor de agua a extraer (g/h). este dato se obtiene a partir del vapor de agua producido por un animal y multiplicado por el número de animales en el alojamiento.
- P_i : Humedad absoluta del aire interior (g/m^3) a la temperatura y humedad relativa óptimas dentro del alojamiento. Va a variar según la sala.
- P_e : Humedad absoluta del aire exterior (g/m^3) a la temperatura y humedad relativa del aire exterior. La temperatura es la media de las medias del mes más frío, por tanto tomamos los datos de $9^\circ C$ para todas las salas.

5.3.3.1. Sala 5

- $P = 400 g/h$ **(2)**.
- $P_i = 21,11 * 0,74 = 15,62 g/m^3$. (a $23^\circ C$ y 74% HR)
- $P_e = 8,55 * 0,71 = 6,07 g/m^3$. (a $9^\circ C$ y 71%).

$C = 400 / (15,62 - 6,07) = 41,88 \text{ m}^3/\text{h}$ volumen de aire hay que renovar en la sala 5 por cerda y hora. El valor de renovación de aire por cerda lactante y hora es muy similar con el calculado por los expertos en diferentes estudios, que establecen que las necesidades de renovación del aire en invierno para estos animales deben ser alrededor de los $50 \text{ m}^3/\text{h}$ por animal (Ciudad, 2005).

Una vez conocido el volumen de aire a renovar hay que comprobar si la ventilación con la que nos encontramos al llegar a la granja era suficiente. Como en la sala 5, hay 16 cerdas: $41,9 \text{ m}^3 * 16 = \mathbf{670 \text{ m}^3}$ de aire hay que desalojar por hora de la sala 5.

Hay dos formas de calcular el volumen de aire que se está desalojando:

El primero, es necesario recordar que solo funcionaba el ventilador de la cubierta (capacidad máxima de $4620 \text{ m}^3 / \text{h}$) y está programado para ventilar como máximo a un 30%: $4620 \text{ m}^3 * 0,3 = \mathbf{1386 \text{ m}^3}$ se renuevan por hora.

Otra forma de calcular el caudal de aire que se renueva en la sala, es a través de conocer la velocidad de extracción que hay a la altura del ventilador y su superficie. Y del mismo modo, se puede averiguar el caudal de aire que entra a la sala a través de las ventanas, para ello hay que seguir la siguiente fórmula (16):

$$C = S \times V$$

Dónde:

- C = Caudal de aire por m^3/h .
- S = Superficie por donde el aire pasa. En esta caso, la superficie del ventilador y la superficie de entrada de aire por las ventanas.
- V = Velocidad del aire en m/s.

Para realizar estos cálculos se necesitan los datos expuestos de la sala en el apartado 6.1.1.

Por tanto, $C = (0,21^2 * 3,14) * 3,5 * 3600 = \mathbf{1744,8 \text{ m}^3/\text{h}}$ de aire se desalojan en la sala. Se puede observar como el dato obtenido con el resultado de la otra forma de cálculo de aire que se renueva, son muy parecidos.

Ahora, para averiguar la estanqueidad del módulo se va a calcular el caudal de entrada de aire que hay en la sala a través de las cuatro ventanas. Si el módulo estuviera bien aislado y hermético, el caudal de aire de entrada tendría que ser similar al caudal de aire que se extrae.

En la sala hay cuatro ventanas con una apertura de 2,5x60 cm: por tanto, $4 \cdot (2,5 \cdot 60) = 600 \text{ cm}^2$ de superficie de entrada de aire hay en la sala, si estos datos se trasladan a la fórmula anterior: $C = 0,06 (\text{m}^2) \cdot 3 \cdot 3600 = 648 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire entran en la sala por las ventanas.

Como podemos observar, hay una gran diferencia entre el caudal de aire de entrada ($648 \text{ m}^3/\text{h}$) con el caudal de aire de salida (1386 y $1744 \text{ m}^3/\text{h}$). Esto demuestra claramente, que hay entradas parásitas de aire en el módulo y que no se están contralando.

5.3.3.2. Sala 7

- $P = 400 \text{ g/h}$.
- $P_i = 22,40 \cdot 0,67 = 15,0 \text{ g/m}^3$. (a 24°C y 67% HR).
- $P_e = 8,55 \cdot 0,71 = 6,07 \text{ g/m}^3$. (a 9°C y 71%).

$C = 400 / (15,0 - 6,07) = 44,8 \text{ m}^3/\text{h}$ volumen de aire hay que renovar en la sala 7 por cerda y hora.

En la sala 5, hay cinco cerdas: $44,8 \cdot 5 = 224 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire hay que desalojar en la sala 7. Vamos a comprobar el volumen que extrae el ventilador de las dos formas que se ha explicado anteriormente, los datos necesarios para ello, se encuentran en el apartado 6.2.1.

El primero, como solo funciona en ventilador de cubierta cuya potencia es de $4620 \text{ m}^3/\text{h}$ y funciona a un 20% de la potencia máxima: $C = 4620 \cdot 0,20 = 924 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire es renovado por hora en el módulo.

Y el segundo, $C = (0,25^2 \cdot 3,14) \cdot 1,5 \cdot 3600 = 1059,7 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire es desalojado de la sala.

Para la entrada de aire al módulo, está destinada una ventana con una sección de apertura de $8 \times 87 \text{ cm}$ (= 696 cm^2). $C = 0,0696 \cdot 2 \cdot 3600 = 501,12 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire entra por las ventanas. Como ocurre en la sala anterior, con estos resultados se entiende que hay entradas parásitas en la sala, y como se comprobó en la visita quedando reflejado en la Figura 18.

5.3.3.3. Sala 9

- $P = 400 \text{ g/h}$.
- $P_i = 19,37 \cdot 0,62 = 12,0 \text{ g/m}^3$. (a $21,5^\circ\text{C}$ y 62% HR).
- $P_e = 8,55 \cdot 0,71 = 6,07 \text{ g/m}^3$. (a 9°C y 71%).

$C = 400 / (12,0 - 6,07) = 67,5 \text{ m}^3/\text{h}$ volumen de aire hay que renovar por cerda y hora.

En la sala 5, hay cinco cerdas: $67,5 \cdot 5 = 337 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire hay que renovar en la sala 9. Y el volumen extraído por el ventilador:

Esta sala tiene el mismo tipo de ventilador que la sala 7, por tanto: $C = 4620 \cdot 0,20 = 924 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire es extraído por hora en el módulo.

De la otra forma: $C = (0,25^2 \cdot 3,14) \cdot 2 \cdot 3600 = 1413 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire es renovado por hora.

Para la entrada de aire, como ocurre en la sala anterior, solo se dispone de una ventana con la misma sección de apertura: $C = 0,0696 \cdot 1,5 \cdot 3600 = 375,84 \text{ m}^3/\text{h}$ entra en la sala por la ventana.

5.3.3.4. Discusiones sobre el caudal de aire a renovar

	Sala 5	Sala 7	Sala 9
Volumen de aire a renovar (m^3/h)	670	224	337
Extracción de aire por potencia (m^3/h)	1386	924	924
Extracción de aire por velocidad (m^3/h)	1744,8	1059,7	1413
Entrada de aire a la sala (m^3/h)	648	501,1	375,8

En las tres salas se observa como el volumen que se extrae es mayor al volumen mínimo de aire a renovar. Esto es debido a que la regulación de la ventilación en la salas de maternidad está basada en la temperatura y no en el nivel de humedad relativa del ambiente. Se ha demostrado que el uso de la temperatura como base de la regulación ambiental funciona bastante bien. Aunque, como en esta tabla se puede confirmar, hay algún desajuste a nivel de ventilación.

Pero lo más importante a destacar es la diferencia que existe en las tres salas entre el caudal de entrada y el caudal de salida de aire. Al existir estas grandes diferencias, queda patente la presencia de entradas parásitas de aire por los recovecos de las salas. Impresiona más que esto suceda en la sala 5, porque es una nave mucho más moderna y equipada que las otras dos, donde ya se observaba claramente la apertura parásita junto a la puerta de entrada a la sala.

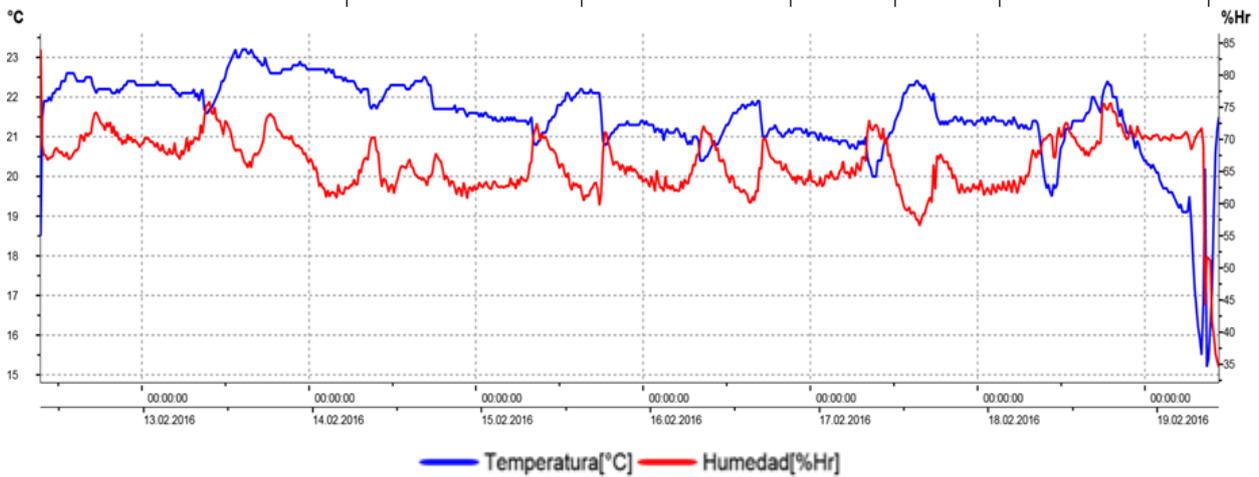
5.3.4. Registro de los dataloggers

Por último, comentar que el día de la visita a la granja se dejaron colocados un datalogger en cada una de las tres salas para registrar la temperatura y la humedad relativa de manera continua durante una semana. Para poder interpretar luego los datos de los dataloggers hay que tener en cuenta las temperaturas

exteriores del 12 al 17 de febrero para ver si modifican las temperaturas interiores o no. Estas se obtienen en cualquier página meteorológica (Meteomanz.com). Y estos fueron los resultados:

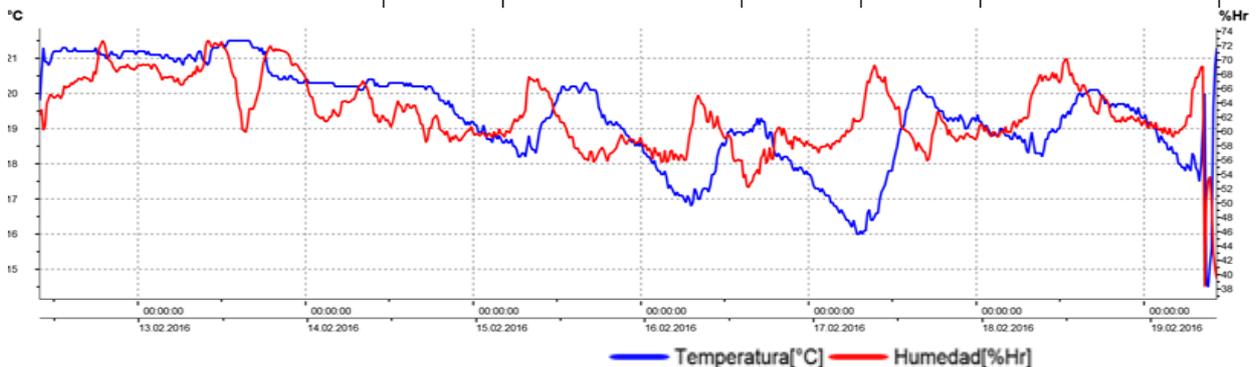
5.3.4.1. Sala 5

Nombre del instrumento:	19/02/2016 10:48:03			Página	1/1
Hora de inicio: 12/02/2016 9:25:00		Mínimo	Máximo	Promedio	Valores límite
Hora de fin: 19/02/2016 10:40:00	Temperatura [°C]	15,2	23,2	21,51	0,1/45,0
Canales de medición: 2	Humedad relativa [%Hr]	34,6	84	66,28	10,0/100,0
Vista med.: 678					
36935043					



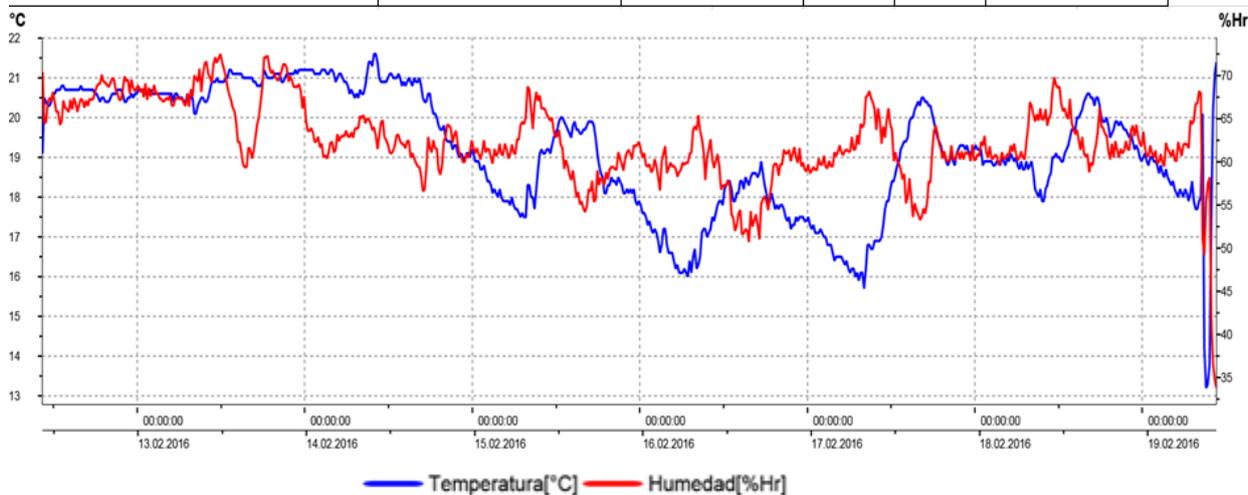
5.3.4.2. Sala 7

Nombre del instrumento: GGP-3	19/02/2016 10:52:11			Página	1/1
Hora de inicio: 12/02/2016 9:57:00		Mínimo	Máximo	Promedio	Valores límite
Hora de fin: 19/02/2016 10:27:00	Temperatura [°C]	14,5	21,5	19,38	-10,0/70,0
Canales de medición: 2	Humedad [%Hr]	38,3	72,7	62,47	0,0/100,0
Vista med.: 675					
36614188					



5.3.4.3. Sala 9

Nombre del instrumento:	19/02/2016 10:51:32			Página	1/1
Hora de inicio: 12/02/2016 10:22:00		Mínimo	Máximo	Promedio	Valores límite
Hora de fin: 19/02/2016 10:37:00	temperatura [°C]	13,2	21,6	19,2	0,0/40,0
Canales de medición: 2	Humedad relativa [%Hr]	33,8	72,5	62,43	10,0/100,0
Vista med.: 674					
36935038					



5.3.4.4. Discusiones de los resultados de los Dataloggers

El análisis de los resultados de los dataloggers es revelador. Los dos primeros días, tras dejar los dispositivos en cada una de las salas, comenzaron con buen tiempo y temperaturas bastante suaves, pero a partir del tercer día eso cambió, comenzaron días con mucho frío y mucho viento. Debido a esto, se observa claramente que la nave nueva, la sala 5, se defiende mucho mejor a estos días duros de invierno en el Valle del Ebro que las naves viejas, donde las fluctuaciones diarias de temperatura antes estos días frías y ventosos son mucho mayores. Donde en las gráficas de las salas 7 y 9, se observan esos picos de bajas temperaturas cada una de las noches. Mientras que en la gráfica de la sala 5, estos picos son mucho menos acusados y durante los primeros días, casi inexistentes.

En cada una de las tres gráficas se observa claramente como la temperatura empieza a bajar al final de la tarde alcanzado el mínimo sobre las 6-7 de la mañana. Es a partir de ese momento, cuando la temperatura empieza a subir nuevamente como consecuencia de la salida del sol.

Es en estos momentos cuando los rayos de sol pegan de lleno en la fachada Este de la nave de maternidad vieja, entrando la luz solar de lleno en la sala, creando un ambiente agradable hasta las 5 de la tarde, momento en el que la temperatura vuelve a bajar de nuevo. Es gracias a esta entrada de calor, debida a

esta orientación, la que permite salvar la situación ambiental, en esta nave con tantas fugas de aire y el comprobado deficiente aislamiento.

6. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS

A lo largo de este trabajo se ha podido valorar los principales parámetros ambientales necesarios para realizar una correcta evaluación ambiental en tres de las salas de maternidad de esta explotación zaragozana. En la evaluación se ha podido cuantificar y determinar las diferencias medioambientales que existen entre una nave de maternidad moderna y en la nave más antigua y tradicional.

Observando los diferentes parámetros ambientales, se llega a la conclusión de que las salas de maternidad de la nave nueva amortiguan mucho mejor las condiciones ambientales externas que la nave de maternidad antigua permitiendo que la nave más moderna pueda mantener temperaturas más óptimas para los animales, ya que se evita la pérdida de gran cantidad de calorías. Esto se logra, principalmente, con un mejor aislamiento de cubiertas y paredes, como se ha detallado anteriormente.

Otro aspecto a destacar es el nivel de ventilación que existe en las tres salas de maternidad estudiadas. Y es que, se ha comprobado que a pesar de que los ventiladores se encuentren a la mínima potencia posible, evacuan mucho más volumen de aire del necesario. Esto es debido a dos factores: las necesidades de renovación del aire por animal en invierno son muy bajas respecto al verano; y el segundo factor, es que los ventiladores deben tener potencia para extraer el suficiente volumen de aire en verano, donde estas necesidades de renovación son muchísimo más elevadas **(18)**. Y por eso, su mínima potencia es demasiada alta para estas situaciones invernales.

Por tanto, conociendo todos los detalles y los datos expuestos en los apartados anteriores hay que reconocer que la situación medio ambiental en las granjas de cerdas reproductoras va a estar sujeto a dos grandes pilares: el aislamiento y la orientación de las naves. El primero, para evitar grandes pérdidas de calor; y el segundo, para lograr un número determinado de luz solar sobre la instalación. Estas condiciones de eficiencia son cumplidas por la nave de maternidad nueva, mientras que, la nave de maternidad más antigua debería ser modificada para lograr, al menos, un aislamiento más eficiente.

Conclusions

Different environmental parameters have been calculated to perform an evaluation of the environmental control in three farrowing rooms of a sow's farm. Some important differences were found between the newest building and the oldest or traditional one.

After checking the environmental parameters, we can conclude that the new farrowing facility was able to provide better and more stable environmental conditions to the sows and piglets independently of the external conditions, whereas the other two farrowing rooms in the older and more traditional building had more problems to maintain the recommended environmental conditions to the animals, especially when the external climate conditions are worse. This is due mainly to use better insulating materials in walls and roofs and to a better ventilations design in the new building.

In fact, one important aspect to take into account is the ventilation level and design in the three farrowing rooms studied. In a winter situation, that was the case of the present study, despite of the fans were working below the 30% of the maximum, the air that they extract is excessive in comparison with the necessary. Probably, the regulation of the ventilation would be re-scheduled in order to the air renovation in winter, avoiding extra heat losses.

To conclude, the analysis of the data recovered shows that the environmental situation in the farrowing facility of the breeding sow's farms is based on two big pillars: the isolation and the building orientation in order to avoid heat losses and to achieve a fixed sunlight hours over the building and to be protected from the dominant winds. Meanwhile, the older farrowing facility should be improved to attain, at least, better insulating properties.

7. VALORACIÓN PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo me ha resultado muy gratificante y amena. He podido indagar sobre un aspecto de la producción porcina, hasta el momento, desconocido para mí. He podido valorar y determinar la importancia que pueden tener el diseño de las instalaciones y los materiales de construcción utilizados en una granja de cerdas reproductoras en la situación ambiental.

Además, la realización de esta evaluación me ha permitido descubrir un nuevo horizonte profesional para el estudio y perfeccionamiento de las situaciones ambientales en las diferentes explotaciones porcinas, tanto en granjas de cerdas reproductoras como en granjas de engorde.

Para acabar, me gustaría agradecer la ayuda prestada al veterinario Pablo Magallón Verde, primero por habernos resuelto cualquier tipo de duda durante la visita a la explotación, y segundo por permitir tener acceso a su Trabajo Final de Master, documento utilizado para la obtención y uso de diferentes datos específicos de la explotación. Dar gracias a la empresa integradora Inga Food S. A. por permitirnos poder realizar el estudio con sus animales, a los ganaderos por abrirnos las puertas de la explotación y estar al

tanto de cualquier necesidad que tuviéramos. Y por último, a Fernando Forcada, mi tutor, por ayudarme en todo lo necesario para poder realizar el trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Forcada, F. Alojamientos para ganado porcino. Integración en Porcino. Moodle 2.0. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. 2015.
2. Garcimartin Molina, M.Á. La ventilación en los alojamientos para ganado porcino (I). Mundo Ganadero 1993; 6 (Mayo):57-67.
3. Forcada F. Alojamientos para ganado porcino. . Mira Editores ed.; 1997. p. 303.
4. BOE. Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos. «BOE» Número 278, de 20 de noviembre de 2002, páginas 40830 a 40833 (4 páginas).
5. Magallón Verde, P. Gestión de la producción, Granja Ansó López S. C. Noviembre 2015.
6. InterPig. Informe SIP - InterPig 2014. 2015; Available at: http://www.sipconsultors.com/fitxers/arxiu/interpig/SIP_InterPIG_2014.pdf. Accessed Mayo 19, 2016.
7. SIP Consultors. Tendencias y alternativas en la producción de lechones. Noviembre 2015; Available at: http://www.sipconsultors.com/fitxers/arxiu/jornades/2015/produccion_lechones.pdf. Accessed Mayo, 2016.
8. Forcada, F. Ventilación forzada, cálculos y recomendaciones. Revista SUI: Control ambiental en alojamientos para ganado porcino. Octubre 2014 (Número 111):28-36.
9. Forcada, F., Guillen, R., Babot, D., & Álvarez-Rodríguez, J. Condiciones ambientales en el interior de un cebadero porcino en el Valle del Ebro. Influencia de la orientación frente a los vientos dominantes. Revista ITEA 2014; 110-3:236-250.
10. Mora, J. Gases tóxicos en granjas porcinas. 2003; Available at: https://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/gases-toxicos-en-granjas-porcinas_611/. Accessed Mayo, 2016.
11. Babot, D., Revuelta, M. Necesidades funcionales. En: Ganado porcino: diseño de alojamientos e instalaciones. : Servet; 2009. p. 38-70.
12. J. Bahamonde, F. Control ambiental en la sala de partos. 11 de enero de 2013; Available at: <https://francisco47.wordpress.com/2013/01/11/control-ambiental-en-la-sala-de-partos/>. Accessed Mayo, 2016.
13. Collel, M. Diseño de granjas para minimizar el efecto del calor: ventilación forzada. 2008; Available at: https://www.3tres3.com/manejo_en_calor/diseno-de-granjas-para-minimizar-el-efecto-del-calor-ventilacion_4274/. Accessed Mayo, 2016.

14. Euronit. Cálculo teórico de la transmitancia térmica a través de una cubierta Agrotherm. 3 de julio de 2014.; Available at: http://www.euronit.es/descargas/Transmitancia-Termica-Agrotherm_635670145758192613.pdf. Accessed Mayo, 2016.
15. Forcada, F. Aislamiento térmico, pérdidas por calor y aplicaciones prácticas. Revista SUIIS: Control ambiental en alojamientos para ganado porcino. Julio/Agosto 2014(Número 109):28-35.
16. La casa de la construcción. Placa granonda uralita Euronit Ref. 060301001. Available at: <http://www.lacasadelaconstruccion.es/materiales-construccion.php?producto=20831>. Accessed Mayo, 2016.
17. Forcada, F. Refrigeración evaporativa, ventilación tipo túnel y cálculos prácticos. Revista SUIIS: Control ambiental en alojamientos para ganado porcino. Noviembre 2014(Número 112):28-35.
18. Forcada, F., Babot, D., Vidal, A., Buxadé, C. Ganado porcino. Diseño de alojamientos e instalaciones. Zaragoza: Servet; 2009. p. 4-25.