

Diseño constructivo y manejo de sistemas Ventilación natural en alojamientos ganaderos

J. Pérez Alonso*
J. J. Vallés Prada**
M^o C. Santamarina Siurana***
A. A. Peña Fernández*
D. L. Valera Martínez*

Introducción

En los alojamientos de animales se debe generar un mínimo caudal de renovación de aire para asegurar un ambiente adecuado a los mismos, en cuanto a temperatura, humedad, eliminación de gases y productos tóxicos, y ello se puede conseguir en una gran parte con un adecuado diseño del edificio, de forma que favorezca la ventilación del recinto. Los sistemas de ventilación permiten eliminar el calor, humedad y olor producidos por los animales, y además introducen aire limpio del exterior rico en oxígeno, favoreciendo el bienestar animal.

Los sistemas de ventilación que se suelen utilizar son de dos tipos: ventilación mecánica o ventilación natural. La ventilación mecánica es un sistema de ventilación que crea un flujo de aire en el alojamiento mediante sistemas mecánicos, lo cual conlleva un gasto de energía, mientras que la ventilación natural es un sistema que no utiliza medios mecánicos y por lo tanto no consume energía, sino que el movimiento del aire se produce de forma natural por la aparición de fuerzas de doble naturaleza: por un lado por la diferencia de temperatura entre el aire interior y el exterior, que crea una fuerza ascensional en el aire caliente, debido a la diferencia de densi-



dad, a este fenómeno se le suele denominar efecto estático, provocando que el aire exterior entre al alojamiento por las aberturas inferiores y salga por las superiores; y simultáneamente a esta fuerza, puede aparecer otra debida a la acción del viento exterior, que provoca una diferencia de presión entre el aire interior y el exterior, y además crea un gradiente de presiones en el interior del alojamiento, que induce que el aire circule de la zona con mayor presión a la zona con menor presión.

Son muchos los autores (Bruce, 1973; Dybward et al., 1974; Bruce, 1975; Bodman, 1976; Bruce, 1978; Hellickson *et al.*, 1983; Andersen, 1995; Pérez, 2003) que indican que en la fase de diseño, a nivel de boceto, de un alojamiento ganadero hay que integrar el diseño de los elementos de la construcción que intervienen y favorecen los dos componentes de la ventilación natural, ya que si no se realiza esta estrategia de diseño, una vez construido el alojamiento se verá mermando o imposibilitado el flujo de aire de forma natural.

* Dr. Ingeniero Agrónomo. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería

** Dr. Ingeniero Agrónomo. E.T.S.I. Agrónomos. U.P. de Valencia

*** Dra. Ingeniero Industrial. E.T.S.I Industriales. U.P. de Valencia

Fases de diseño de un alojamiento ganadero ventilado de forma natural

De acuerdo al manual CIBSE-AM10 (CIBSE, 1997) las etapas que se deben considerar en el diseño de la ventilación natural de una edificación son las tres siguientes:

- Definir el modelo de flujo de aire que se necesita que fluya desde las aberturas de entrada a las de salida a través del recinto a ventilar, el cual se ve condicionado por la forma y organización del edificio, que a su vez depende del uso al que está destinado y de la ubicación de la parcela donde se emplaza
- Identificar las fuerzas motoras del aire que permiten lograr el modelo de flujo de aire deseado. Estas fuerzas impulsoras del aire de forma natural son el viento y el efecto estático, pero en algunos casos han de ir acompañadas de fuerzas proporcionadas por equipos mecánicos porque por sí solas no pueden asegurar dicho modelo de flujo de aire
- Fijar la forma, tamaño y localización de las aberturas de entrada y salida de aire para que se asegure el flujo de aire deseado. Para desarrollar esta tercera etapa se hace necesario seguir a su vez tres fases:

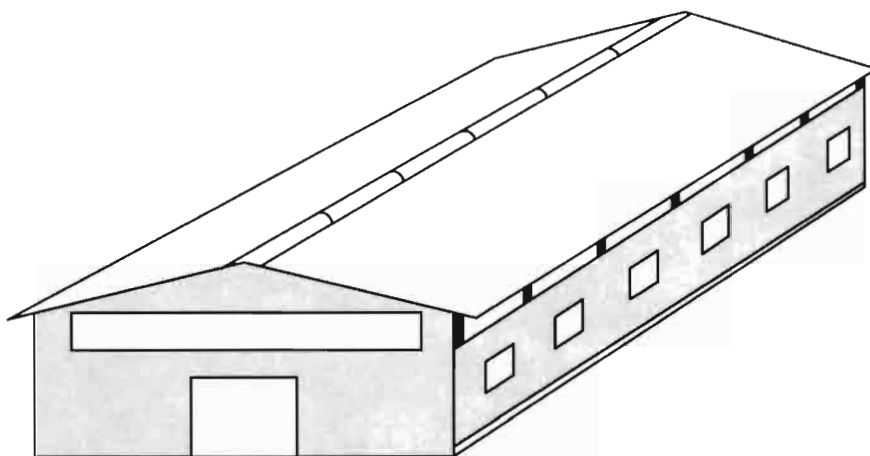
- Fijar los caudales de ventilación a partir de las necesidades de calidad de aire y los requisitos de confort térmico, para las diferentes estaciones del año. Por lo menos se deben fijar tres caudales de ventilación a lo largo del año:

- Caudal continuo de intercambio de aire que permita eliminar el exceso de humedad y la concentración de gases nocivos producidos por los animales. Este caudal es fundamental para las épocas del año de baja temperatura

- Caudal de aire que sea capaz de controlar la temperatura del recinto en condiciones de tiempo fresco y templado

- Un gran caudal de aire en época cálida que asegure la eliminación del calor en exceso alrededor de los animales

- Clasificar las aberturas de ventilación en cuanto a su forma y posición, de forma que permitan asegurar los caudales de ventilación bajo las condiciones de diseño



Diferentes tipos de aberturas de un alojamiento ventilado de forma natural

- Fijar un sistema de control que permita mantener los caudales de diseño en condiciones de tiempo y ocupación variables

Como en cualquier proceso de diseño las etapas indicadas anteriormente se retroalimentan unas de otras hasta llegar a la solución o soluciones óptimas.

Selección de las estrategias de ventilación natural

En la fase de diseño de boceto del alojamiento se debe fijar el tipo de trayectoria/s que debe seguir el caudal de aire requerido a través del edificio, por ello la forma del edificio y las particiones interiores del mismo se deben diseñar para facilitar el flujo de aire necesario bajo las presiones disponibles que hacen de fuerza impulsora del aire.

Por todo ello, para que el aire fresco que entra del exterior siga las trayectorias adecuadas y en el caudal requerido, hay que considerar los regímenes de funcionamiento en las diferentes estaciones del año, y siempre considerando las necesidades de los animales. Asimismo, hay que considerar el efecto que dichos animales ejercen sobre el sistema de ventilación. Hay que resaltar, que en los alojamientos ganaderos existe una fuente activa de calor que favorece la componente de la ventilación natural que se ha denominado efecto estático, ya que en ausencia de viento en invierno, el aporte de calor por los animales al aire interior del alojamiento, induce una fuerza por diferencia de densidad que puede asegurar un caudal mínimo de

ventilación para los mismos, es decir, que los animales pueden inducir bioventilación.

De acuerdo a lo expuesto con anterioridad, se podrían resumir en cuatro puntos los parámetros a considerar en la elección de la estrategia de diseño:

- El sistema de ventilación debe ser capaz de satisfacer las necesidades de ventilación de los animales en todo el recinto, incluso en aquellas áreas alejadas de las aberturas de ventilación
- El diseño de las particiones interiores y del equipamiento debe permitir el acceso fácil a las aberturas de ventilación, para así poder ajustar el caudal de ventilación. Las particiones interiores no deben impedir el flujo del aire a través de todo el recinto a ventilar
- Las aberturas deben disponer de un buen rango de ajuste
- Las trayectorias de ventilación no deben chocar con la compartimentación ante el fuego, y los requisitos de los sistemas de control de humo

Componentes de un sistema de ventilación natural

Para fijar una estrategia de ventilación hay que conocer los componentes de todo sistema de ventilación natural, que son:

- Aberturas de entrada, que son por las que entra el aire fresco al recinto
- Aberturas de un habitáculo, que son aquellas por las que se introduce el aire fresco a un determinado habitáculo del edificio desde otro, en el caso de encontrarse compartimentado el mismo.

En alojamientos ganaderos, estas aberturas normalmente coinciden con las aberturas de entrada indicadas anteriormente, y suelen ser ventanas

- c. Camino seguido por la trayectoria del flujo de aire desde la entrada hacia la salida
- d. Camino de salida debido al efecto estático
- e. Las aberturas de salida del aire caliente al exterior

Componentes del edificio de un alojamiento ganadero ventilado de forma natural

Una vez conocidos los componentes de un sistema de ventilación natural, hay que diseñar los elementos del edificio del alojamiento ganadero que se corresponden con cada uno de dichos componentes, y ello hay que realizarlo en la fase de boceto del diseño del edificio.

Para poder realizar un adecuado manejo del caudal de ventilación que se practica en cada época del año, es necesario disponer de diferentes tipos de aberturas con manejo diferente:

- a. Aberturas de cumbrera. Pueden ser continuas a lo largo de la misma o de tipo chimenea. Este tipo de aberturas son indispensables para que se produzca la ventilación natural basada en el efecto estático, que es una estrategia de ventilación de tipo vertical. Asimismo, si la ventilación se produce mediante una estrategia de tipo vertical por efecto de succión del viento han de existir necesariamente este tipo de aberturas. Por todo ello, este tipo de aberturas son indispensables para los días de invierno en los que no existe movimiento del aire horizontal a través del alojamiento y es necesario eliminar el exceso de humedad en el recinto. Finalmente este tipo de aberturas permiten también el movimiento del aire en el recinto en los días calurosos del verano en los que no hay viento exterior.

- b. Aberturas bajo ambos aleros o en la parte superior de ambos muros laterales. Estas aberturas suelen ser continuas y de pequeña dimensión vertical, por ello necesitan poco manejo, y son fundamentales en los días de invierno en los que por alguna circunstancia se encuentran cerradas o no existen las aberturas de cubierta, ya que permiten la renovación del aire evitando las condensaciones del aire caliente rico en humedad que se acumula en la cubierta
- c. Aberturas inferiores en ambos muros laterales y/o ambos muros hastiales. Las aberturas en muros laterales pueden ser continuas a lo largo de cada

bargo, en verano, ambos tipos de ventanas pueden generar una estrategia de ventilación parecida a la indicada anteriormente pero para ello es necesario mayor superficie de aberturas. Para poder realizar un adecuado manejo del caudal de ventilación a movilizar en cada estación del año, ambos tipos de aberturas deben disponer de sistemas de regulación tipo cortinillas, ventanas abatibles y paneles deslizables.

Recomendaciones de diseño constructivo del edificio de un alojamiento ganadero ventilado de forma natural

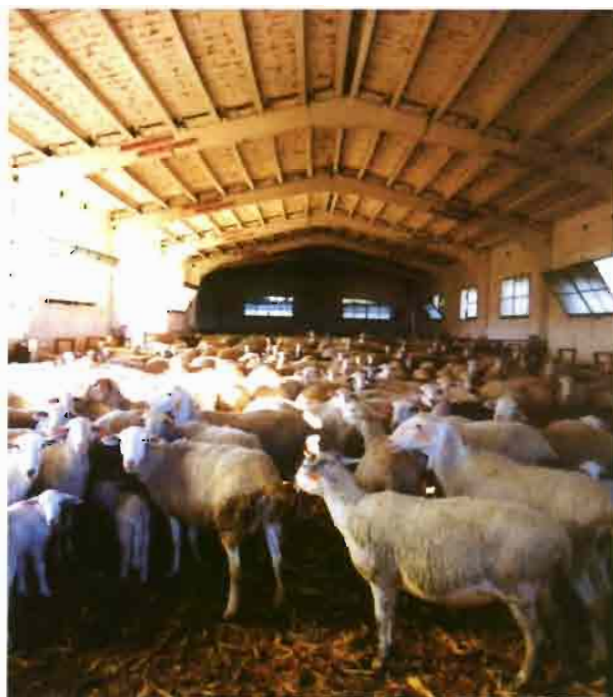
Los parámetros o variables más significativas que hay que considerar en el diseño constructivo de un alojamiento ganadero, para que este asegure una adecuada ventilación natural y con ello mejor bienestar animal, serían:

- emplazamiento del edificio
- orientación del edificio
- pendiente de la cubierta
- aberturas bajo los aleros
- aberturas cenitales
- aberturas laterales en los muros
- altura de los muros
- aislamiento térmico del edificio
- detalles estructurales

A continuación se exponen las recomendaciones generales de diseño más significativas para cada variable:

• Emplazamiento del edificio:

El emplazamiento y orientación del edificio del alojamiento son dos variables que constituyen la primera etapa en la fase de diseño del mismo, y hay que cuidarlos con esmero, puesto que como indica Fuentes (1985), si se realizan adecuadamente en las fases de construcción y de vida útil del alojamiento, se obtendrán unos resultados óptimos. El alojamiento se debe emplazar en un terreno llano con una suave pendiente, con adecuada forma y dimensiones para emplazar cuantas dependencias se necesiten,



uno de ambos muros o aisladas. Estas aberturas son indispensables para un adecuado manejo de la ventilación en inviernos templados, primavera y otoño, y necesitan de sistemas de regulación para movilizar el caudal necesario de aire en cada estación. El manejo adecuado de estas aberturas junto con las localizadas en los muros hastiales generan una estrategia de ventilación cruzada, simultáneamente efecto estático y efecto del viento, que permiten controlar la temperatura en inviernos templados, primavera y otoño. Sin em-

en un terreno que disponga de suficiente capacidad portante de las edificaciones que sea necesario construir, bien drenado, que disponga de fácil acceso, disponibilidad de agua y luz, alejado de núcleos de población, de industrias y de otras explotaciones pecuarias.

• Orientación del edificio:

La orientación del edificio se dispondrá en dirección Este-Oeste, de forma que queda una fachada principal al Norte y otra al Sur, lo cual es adecuado en zonas cálidas, ya que así se crea un gradiente térmico que favorece la ventilación natural, sobre todo en invierno, ya que el sol calienta la fachada sur, en la que en caso que se practique un sistema de explotación en estabulación libre, se puede instalar un parque de reposo para los animales, y para el verano se puede diseñar el alero del edificio, de forma que proyecte una gran sombra sobre dicha fachada, como propone Fuentes (1985), y así los animales no sufren las inclemencias poco confortables del interior del alojamiento. En zonas frías y templadas puede adoptarse cualquier orientación, y en regiones con frecuentes vientos dominantes, el eje mayor del edificio se dispondrá perpendicularmente a la dire-

cción de los mismos, aunque haya que sacrificar la orientación respecto del sol, debiéndose realizar un estudio en cada caso particular. En este sentido, la orientación del edificio es fundamental para favorecer la componente de la ventilación natural debida al viento, ya que dependiendo de la orientación del edificio respecto de los vientos dominantes de la zona, se puede aumentar o disminuir el flujo de aire a través de la granja. Son numerosos los autores, como Egan et al. (1975), Bodman (1976), Hellickson et al. (1983), etc. que proponen que el edificio ganadero se oriente con su dimensión longitudinal perpendicular a la dirección del viento dominante, o con una dirección que fluctúe en 45° a izquierda y a derecha sobre la dirección dominante del viento, ya que los estudios han demostrado que si el viento incide por los muros laterales, la variación de presión es mayor, favoreciendo el flujo de aire a través de la granja, que si incide por los muros hastiales. Asimismo, es recomendable que la granja se sitúe en una loma o meseta frente a un valle, ya que así se favorece la acción del viento; y además si hay construcciones próximas es recomendable fijar una distancia mínima hasta las mismas; Bodman (1976) indica que debe ser igual a la altura del edificio en su lado de barlovento, mientras que Hellickson et al. (1983) indican que se debe distanciar el alojamiento de árboles circundantes al menos 10 veces la altura de los mismos, y en cuanto a edificios próximos se debe distanciar al menos 0,4 veces la altura del edificio o la raíz cuadrada de la longitud del mismo.

• Pendiente de la cubierta:

El valor de la pendiente de la cubierta es determinante en el flujo de aire que circulará por la granja, ya que cuanto mayor sea la pendiente más se favorece el efecto estático, sin embargo la pendiente no puede ser excesiva por motivos económicos y porque se ha demostrado en campo que con pendientes grandes el flujo de aire frío que entra está

poco tiempo en contacto con los animales, y por ello se pierde el poder de disminución de temperatura que se desea en el interior del alojamiento a la altura de los mismos. Sin embargo, pendientes muy bajas, en concreto inferiores a 4:12 provocan condensación en el aire a la altura de la cubierta, y el flujo de aire disminuye. Por todo ello son recomendables pendientes de la cubierta del orden del valor indicado o un poco superiores.

• Aberturas bajo los aleros:

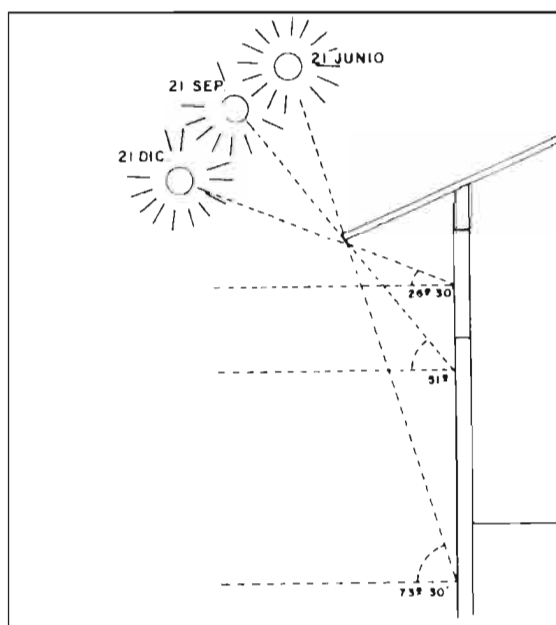
Para asegurar un flujo de aire continuo que arrastre el exceso de humedad hacia el exterior y evite las condensaciones, se deben instalar bajo ambos aleros aberturas continuas. Las dimensiones de las mismas dependerán de la zona de emplazamiento y de la especie animal a alojar.

• Aberturas cenitales:

Las aberturas cenitales son fundamentales en los alojamientos ganaderos para asegurar el efecto estático, por ello se deben utilizar aberturas continuas abiertas en cumbre, aunque tienen el inconveniente de que puede entrar el agua de lluvia, la nieve y el granizo. Sin embargo, para evitar este problema se puede instalar sobre la abertura de la cubierta un parapeto, de forma que diste verticalmente de la cubierta una determinada distancia en función del ancho del edificio, y que forme un ángulo entre 45° a 60° la línea que une el punto más alto de la cubierta con el punto más bajo del parapeto, para así asegurar un flujo de aire adecuado entre la abertura cenital y el hueco del parapeto. Evidentemente, este tipo de aberturas también pueden practicarse con chimeneas que dispongan de sistemas de regulación.

• Aberturas laterales en los muros:

Además de las aberturas cenitales y las aberturas bajo los aleros que aseguran un flujo de aire continuo, es necesario instalar aberturas grandes en los muros laterales para que faciliten la ventilación en verano. Estas aberturas pueden ser continuas provistas con tableros basculantes que permitan su cierre o bien ventanas aisladas.



Sombra que proyecta un alero sobre la fachada sur para diferentes épocas del año (Fuentes, 1985)



• Altura de los muros laterales:

La altura de los muros laterales influye en la ventilación natural, sobre todo en la componente debida a efecto estático, sin embargo el aumentar por que sí la altura de los muros no es necesaria ni económica. Dicha altura se debe fijar atendiendo al coste económico que conlleva, el tipo de maquinaria que se manejará en el interior del edificio, y la actividad que desarrolla el animal, además de la altura estática efectiva necesaria para favorecer el efecto estático.

• Aislamiento:

El aislamiento térmico de algunos de los cerramientos, normalmente la cubierta, es necesario para prevenir condensaciones y para asegurar un adecuado régimen térmico en el edificio. Pero, sin embargo, en granjas ventiladas de forma natural, granjas frías, no es recomendable el aislamiento térmico, porque no mejora mucho la ventilación si paralelamente no se diseñan adecuadamente la posición, forma y tamaño de las aberturas de entrada y salida del aire.

• Detalles estructurales:

Son varios los detalles constructivos y estructurales que pueden favorecer la ventilación natural: la separación de las correas de la cubierta de la edificación, ya que si se separan mucho entonces presentan mayor canto, y ello favorece que se acumulen bolsas de aire muerto entre cada dos correas, provocando condensación y menos poder de disminución de la temperatura del aire interior.

Manejo a realizar en un alojamiento ganadero con ventilación natural

El manejo de las aberturas de entrada y salida de aire del alojamiento es fundamental para mantener unas condiciones de bienestar óptimas para los animales, si se practica alguna o todas las estrategias de ventilación natural en invierno, verano y en primavera/otoño. Seguidamente se exponen las condiciones de manejo más interesantes para diferentes épocas del año:

a. Invierno:

- Aberturas en cumbrera y bajo los aleros abiertas
- En inviernos muy fríos se deben cerrar parcialmente, pero nunca del todo
- Aberturas inferiores en muros laterales y hastiales cerradas

b. Inviernos templados, primavera y otoño:

- Aberturas en cumbrera y bajo los aleros totalmente abiertas
- Aberturas superiores de los muros laterales y aberturas de los muros hastiales se deben ajustar para asegurar el confort animal en cada momento

c. Verano:

- Aberturas en cumbrera y bajo los aleros abiertas
- Aberturas de los muros laterales y hastiales totalmente abiertas para favorecer el flujo de aire a la altura de los animales

Bibliografía

- ANDERSEN, K.T. 1995. Theoretical considerations on natural ventilation by thermal buoyancy. En ASHRAE Transactions: Symposia, SD-95-14-1, Atlanta, USA. pp: 1103-1117.
- BODMAN, G. R. 1976. Non-mechanical ventilation of animal housing facilities. ASAE Paper No. 76-4041. ASAE, St. Joseph, Mich., USA.
- BRUCE, J.M. 1973. Natural ventilation by stack effect. Farm Building Progress, 32: 23-27.
- BRUCE, J.M. 1975. Natural ventilation of cattle buildings by thermal buoyancy. Farm Building Progress, 42: 17-20.
- BRUCE, J.M. 1978. Natural convection through openings and its application to cattle building ventilation. Journal of Agricultural Engineering Research, 23: 151-167.
- CIBSE. 1997. Natural ventilation in non-domestic buildings. CIBSE Applications Manual AM10. The Chartered Institution of Building Services Engineers. London, United Kingdom. 102 pp.
- DYBWAD, I. R.; HELICKSON, M.; JOHNSON, C.E.; MOE, D.L. 1974. Ridge Vent Effects on Model Building Ventilation Characteristics. Transactions of the ASAE, 17(2): 366-370.
- EGAN, R.; HELICKSON, M. 1975. Ridge Vent and Wind Direction Effects on Ventilation Characteristics of a Model Open-Front Livestock Building. American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 75-4523. St. Joseph, Michigan, USA.
- FUENTES, J.L. 1985. Climatización de alojamientos ganaderos. MAPA. Madrid, España. 137 pp.
- HELLICKSON, M.A.; WALKER, J.N. 1983. Ventilation of agricultural structures. ASAE, St. Joseph, Michigan. USA. 372 pp.
- PÉREZ, J. 2003. Caracterización y diseño de los alojamientos ganaderos de caprino de leche de la provincia de Almería mediante técnicas de optimización de distribución en planta y de sistemas de ventilación natural. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Por una Tecnología al Servicio del Desarrollo Humano

En **Ingeniería Sin Fronteras (ISF)**, ONG de Cooperación para el Desarrollo, sabemos que es técnicamente posible poner al alcance de cada comunidad los medios necesarios para cubrir sus necesidades de alimentación, salud, vivienda y educación. Apostamos por otro modelo de desarrollo que respete el medio ambiente y ponga en primer lugar a las personas y a las comunidades. **Si compartes nuestra forma de pensar y actuar, Hazte Socio.**



**Ingeniería
Sin Fronteras**



Para más
información
visítanos en:

www.isf.es

Ingeniería Sin Fronteras:

C/ José Gutiérrez Abascal, 2 • 28006 Madrid
Tfno y Fax 91 561 92 19 • info@isf.es