

# Ahorro y eficiencia energética en explotaciones ganaderas



JOSÉ ANDRÉS IÑIGO  
(Técnico de Estructuras. ITG Ganadero)

**C**ada vez estamos más concienciados, todos, sobre la importancia de incorporar sistemas de ahorro de energía en nuestros hogares y entendemos que eso supone un ahorro económico para nuestros bolsillos, además de otras mejoras. Pero al leer el título de este artículo, seguramente muchos se preguntarán: ¿Por qué en las instalaciones ganaderas?

Los sectores de la ganadería intensiva, principalmente porcino y avicultura, están inmersos en una continua evolución motivada, por un lado, por la aplicación de nuevas normativas sanitarias y de protección del medio ambiente, y por otro, por la propia reestructuración del sector para adaptarse a niveles de competencia que les permita participar en el mercado actual.

Además, en estos últimos años ha aparecido un nuevo problema: el mercado laboral disponible. Es un hecho patente, la dificultad que tiene el sector para encontrar personal, con o sin

experiencia, que quiera trabajar en las explotaciones ganaderas y que ofrezca continuidad.

Hacer más competitivas las explotaciones, ofertar a la sociedad un trabajo en condiciones laborales equiparables a otros sectores y suplir la carencia de mano de obra disponible, está obligando a las explotaciones a dotarse de **mayores niveles de mecanización y automatización.**

En este contexto, y teniendo en cuenta que esta reconversión tiene una tendencia a concentrar más la producción en explotaciones de mayor dimensión y más automatizadas, **se espera que durante los próximos años se produzca un aumento del consumo energético en el sector de la ganadería intensiva.** Por lo tanto, es un buen momento para reflexionar y proponer medidas técnicas de diseño, así como recomendaciones prácticas de manejo de las naves, que susciten a la utilización racional de la energía, al ahorro y a la mejora de la eficiencia energética.

# Medidas a desarrollar para mejorar la eficiencia energética

Para contribuir a la mejora de la eficiencia energética, deberán considerarse una serie de factores directamente implicados:

- las condiciones climáticas de la región,
- las particularidades de la zona,
- las necesidades de ambiente según especie, edad y estado fisiológico,
- la relación coste-eficacia de las inversiones en máquinas y equipos.

En este artículo vamos a ofrecer una visión general sobre las medidas que pueden tomarse en las granjas para mejorar la eficiencia energética.

Las recomendaciones estarán basadas en una combinación de normas de construcción y equipamiento de las granjas: materiales de construcción,

aislamientos, ventilación, calefacción e iluminación principalmente, que puedan garantizar un funcionamiento integrado de los diferentes sistemas sin que el funcionamiento de alguno de ellos suponga un derroche de energía.

Los **aspectos básicos** sobre los que incidiremos y que consideramos más importantes **para contribuir al ahorro y eficiencia de la energía**, son los siguientes:

- Aislamiento de los edificios.
- Regulación correcta de los equipos de climatización de las naves.
- Tipos de iluminación.
- Estanqueidad de la nave.
- Revisión y mantenimiento de los equipos.
- Barreras vegetales y cortavientos.

## 1. AISLAMIENTO

El aislamiento de los edificios ganaderos es una necesidad que está justificada por las siguientes razones:

### A. AHORRO DE ENERGÍA.

Para contribuir eficazmente al ahorro de energía en las naves ganaderas, es imprescindible comenzar por aislar correctamente todos los elementos que forman parte de estas naves.

Una nave bien aislada contribuirá principalmente a lograr:

- reducir las pérdidas de calor en tiempo frío;
- reducir las ganancias de calor en época calurosa;
- optimizar el rendimiento de las instalaciones de climatización: calefacción, refrigeración y ventilación. Un buen aislamiento mejora la calidad del ambiente interior, esto permitirá a los sistemas de climatización funcionar a un régimen moderado: ventilación a caudal mínimo de renovación, calefacción en niveles de mantenimiento, etc, lo que reducirá el gasto energético de esos aparatos y alargará su vida útil.



### B. MEJORA DEL CONFORT DE LOS ANIMALES.

Los elementos que conforman los edificios ganaderos: paredes, cubierta, suelos y carpinterías, tienen como función principal la protección de los animales alojados en su interior frente a las inclemencias meteorológicas del exterior. Unas buenas ca-

racterísticas de estos elementos permitirán mantener en su interior las condiciones más favorables de confort, que aporten al ganado un nivel de bienestar suficiente para permitir la expresión de su máximo potencial productivo.

Los alojamientos realizados a partir de estos elementos deberán favorecer el establecimiento de las condiciones suficientes con el mínimo aporte de energía a través de los sistemas de climatización: calefacción, refrigeración y ventilación.

## C. MEJORA DE LA CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS.

Los edificios ganaderos mal aislados y con sistemas de climatización deficientes, favorecen la presencia de altas concentraciones de diferentes gases producidos por el ganado y sus deyecciones, proporcionando un ambiente agresivo para los elementos que forman parte del edificio y un medio de vida nocivo para el ganadero y el ganado.

Los gases más frecuentes en las explotaciones son: el amoníaco, el vapor de agua, el dióxido de carbono, el sulfídrico, etc, gases que en altas concentraciones producen irritación en las mucosas: Ojos y vías respiratorias. Algunos pueden ser detectados visualmente, como en el caso del vapor de agua, con la aparición de fenómenos de condensación en paredes y techo. Las condensaciones se producen sobre las superficies más frías, por lo tanto, constituye un marcador de los puentes térmicos y los ele-



Es importante emplear buenos productos aislantes



Importante aislar bien la cubierta, es por donde se pierde más energía.

mentos peor aislados. En estos casos, son frecuentes los goteos y chorreos de agua por las paredes.

La aparición de condensaciones contribuye a la degradación de los materiales que forman parte de la nave, principalmente hormigón y metales, que a largo plazo pueden provocar la ruina de la construcción. Este fenómeno puede ser atenuado, incluso evitado, dotando a estas naves de un buen nivel de aislamiento.

## EJEMPLO de las pérdidas energéticas en naves con diferente aislamiento:

Ejemplo nave de: 14 x 50 m. h=2,50 m.		Nave I "Mal aislada"	Nave II "Bien aislada"
Cerramiento	m <sup>2</sup>	K <sub>G</sub>	K <sub>G</sub>
Cubierta	730	1,04	0,45
Paredes	335		
Ventanas	15		

KG = coeficiente de aislamiento de todo el edificio.

### PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

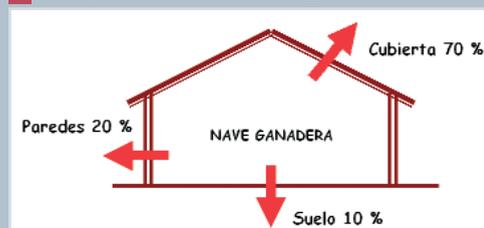
#### CONDICIONES DEL EJEMPLO:

Temperatura interior nave ..... 22°C  
 Temperatura exterior nave ..... 5°C  
 Salto térmico ..... 17°C  
 Superficie total cerramientos nave ... 1.080 m<sup>2</sup>

Nave I "Mal aislada"		Nave II "Bien aislada"	
Pérdidas		Pérdidas	
Kcal/hora	Kcal/día	Kcal/hora	Kcal/día
19.095	458.280	8.260	198.240

➔ Por cada Kcal perdida en la nave bien aislada se pierden 2,3 en la nave mal aislada del ejemplo.

### Dónde y en qué porcentaje se pierde la energía



# Recomendaciones para un buen aislamiento

- Para mejorar la eficacia energética de las naves ganaderas es importante no escatimar en la dotación de un buen nivel de aislamiento general.
- Atender a las normas de aislamiento determinadas para cada tipo de especie.
- En las naves donde es necesario el empleo de calefacción o refrigeración para atender las necesidades de temperatura de los animales, se debe poner una especial atención en el aislamiento de la nave. Con ello, se mejora el rendimiento de los equipos y se ahorra energía.
- Aislar bien la cubierta. A través de ella se producen las mayores pérdidas de energía (espesor mínimo aislante 5 cm).
- Una nave bien aislada permitirá con más facilidad conseguir los parámetros de confort recomendados: Temperatura, humedad,...., y por lo tanto, mejorar el rendimiento de los equipos de climatización para alcanzar dichos parámetros.
- Emplear buenos aislamientos: impermeables al vapor de agua, que no retengan la humedad, resistentes a los golpes y con protección hacia los rayos ultravioleta.



## ■ COEFICIENTE K (KCAL/M<sup>2</sup>H°C) RECOMENDADO EN NAVES DE GANADO PORCINO:

TIPO DE SUELO	LOCAL	TECHOS		PAREDES	
		Clima templado -5 °C	Clima frío -15 °C	Clima templado -5 °C	Clima frío -15 °C
Cama de paja	Paritorios	0,85	0,55	1,00-1,30	0,70
	Transición				
	Cebo Reproductoras				
Emparrillado parcial	Paritorios	0,45	0,30	0,65	0,55
	Transición				
	Engorde Reproductores				
Emparrillado total	Paritorios	0,35	0,30	0,50	0,40
	Transición				
	Engorde Reproductores				

## ■ COEFICIENTE K (KCAL/M<sup>2</sup>H°C) RECOMENDADO EN NAVES AVÍCOLAS:

Suelo	Paredes	Cubierta
0,52	0,52	0,30



Los técnicos de ITG Ganadero especializados en Proyectos asesoran a los ganaderos sobre los materiales idóneos.

## 2. REGULACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

Para lograr un buen control de la ventilación en las diferentes salas de una explotación y atendiendo a las necesidades de los animales a lo largo de su crecimiento, es necesario instalar buenas cajas electrónicas de programación y conocer su funcionamiento. Estas cajas se conocen comúnmente como "reguladores".



El valor de los caudales de ventilación disminuye con la tensión aplicada sobre los bornes del ventilador. Evitar el derroche de energía a través de la ventilación, sobre todo en las instalaciones que necesitan calefacción, pasa obligatoriamente por ajustar correctamente los caudales mínimos de renovación. La tensión correspondiente

a los caudales mínimos de los reguladores debe ajustarse a valores superiores a 70 voltios. De esta forma se evita el recalentamiento del motor y se mejora la eficiencia de la energía consumida.

Los ventiladores utilizados en las naves de porcino son generalmente del tipo helicoidal y mono-fásicos. Esto permite variar la velocidad de giro de sus aspas empleando reguladores digitales a un precio muy asequible.

En porcino se instalan caudales de ventilación muy bajos con relación a la avicultura de engorde (broilers) y, en la mayoría de los casos, un único ventilador debe atender las necesidades mínimas y máximas de cada lote. Esto obliga a utilizar reguladores digitales, que varían el caudal linealmente, con muy buenos resultados. Además, las naves de mater-



nidad y posdestete se diseñan en habitaciones o salas, para alojar pequeños lotes homogé-

neos de animales, lo que contribuye a una demanda de caudales totales muy bajos.

	Plazas/sala	Caudal máximo(m <sup>3</sup> /h)
Maternidad	16	3.200
Postdetete	350	8.750

#### Por ejemplo:

Salvo en instalaciones muy grandes de cerdas reproductoras y cerdos de engorde, no es recomendable la instalación de ventiladores trifásicos de gran caudal, dado que funcionan "todo o nada" y no es posible su regulación salvo con variadores de frecuencia, que no se instalan por su alto precio. Sin embargo, desde el punto de vista del consumo son muy interesantes, ya que, para mover el mismo caudal de aire, consumen un 40-45% menos de energía, como se puede ver en el cuadro de la derecha.

Para limitar las pérdidas térmicas en invierno a través de la ventilación, es muy importante respetar los caudales de instala-

ción recomendados. Dado que existe un importante desfase entre necesidades y lo que los ventiladores pueden ofrecer, va a ser necesario frenar el caudal de ventilación para no producir una sobre-ventilación.

#### Por ejemplo:

En el caso concreto del porcino, en posdestete y cebo, donde las necesidades varían de 1 a 10, entre las mínimas de los animales recién entrados y las máximas en el momento de la salida, va a dar lugar en invierno a un exceso de ventilación, que puede ocasionar:

- Una temperatura muy baja en cebo.
- Un gasto excesivo de calefacción en posdestete.

Por ello, es necesario utilizar en invierno sistemas de freno de la salida de aire en las chimeneas de extracción (tajaderas).

TIPO DE EXTRACTOR	Nº	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Caudal Instalado (m <sup>3</sup> /h)	Consumo/Ud	Total Consumo
Trifásico (gran caudal)	1	48.000	48.000	1,5 Kw	1,5 Kw
Monofásico	6	8.000	48.000	0,36 Kw	2,16 Kw

## RECOMENDACIONES:

- Un buen sistema de regulación debe ser capaz de atender las necesidades ambientales de los animales en cada uno de sus estadios.
- Con el fin de asegurar el buen funcionamiento del ventilador, ajustar en los reguladores el caudal mínimo a 75 voltios.
- En general, a 75 voltios el ventilador da aproximadamente una quinta parte de su caudal máximo (220 voltios). Por ejemplo: ventilador de Qmax.=3.000 m<sup>3</sup>/h, Qmin.=600 m<sup>3</sup>/hora.
- Para limitar las pérdidas térmicas en invierno a través de la ventilación y mejorar el rendimiento de la calefacción, es muy importante a la hora de comprar los ventiladores respetar los caudales de instalación recomendados por los técnicos.

- Si es posible, emplear ventiladores trifásicos de gran caudal: consumen menos energía que los monofásicos y la energía consumida es proporcional a los caudales extraídos.
- Los sistemas de calefacción localizados, tipo pantallas empleados en naves de pollos, tienen un menor consumo y son sistemas de producción de calor más eficientes.
- Las pantallas infrarrojas de gas, con termostato independiente, producen un importante ahorro de energía.
- Siempre que sea posible, equipar las naves con sistemas automáticos de regulación, reguladores y ordenadores. Facilitan la consecución de los parámetros de ambiente deseados y contribuyen a una gestión más eficaz de la energía.

# 3. ILUMINACIÓN

Las condiciones de instalación y manejo de las explotaciones, acordes con las normas mínimas para la protección de los animales, establecen, en lo referente a la iluminación, los niveles de intensidad lumínica y los periodos mínimos diarios de exposición a la luz.

La aplicación de la normativa en las explotaciones supondrá una revisión de los sistemas de iluminación, que serán susceptibles de acometer inversiones en luminarias, automatismos y programadores. Éste debiera ser el momento apropiado para estudiar la aplicación de sistemas de iluminación que permitan cubrir las necesidades, en tiempo y en nivel de iluminación, y aumentar la eficiencia de la instalación.

## TIPO DE ILUMINACIÓN

Dado que es necesario instalar una importante fuerza luminosa en las instalaciones, la instalación de sistemas de iluminación de alta eficacia energética permite reducir considerablemente el consumo de energía.

## INSTALACIÓN

Se recomienda por tanto la instalación de estos sistemas de alta eficacia energética, lo cual supone:

- Desechar si es posible las lámparas incandescentes.
- Utilizar fluorescentes de barra y fluorescentes compactas.

## TIPOS DE LÁMPARAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

En explotaciones ganaderas con una cierta antigüedad, incluso de ta-

## GESTIÓN DE LA ILUMINACIÓN



Luminaria fluorescente estanca en una nave ganadera.

maño importante, es muy corriente ver instaladas lámparas incandescentes, esto es, bombillas. Sin embargo, si las naves se han construido en la última década, veremos ya instaladas, de manera generalizada, luminarias estancas con barras fluorescentes de 36 ó 58 W. La aplicación doméstica e industrial de las luminarias fluorescentes también se ha extendido a la ganadería en general.

Hoy día, existe la conciencia generalizada de que las fluorescentes consumen menos electricidad que las lámparas incandescentes, y que su instalación supone un ahorro económico.

Cada día son más conocidas las condiciones de iluminación requeridas en las diversas actividades productivas. En estos últimos años, los sistemas de iluminación han conocido una importante evolución. Existen sistemas en el mercado que ofrecen similares niveles de iluminación pero con unos costes de explotación variables.

Un sistema de iluminación bien diseñado permitirá reducir el consumo de electricidad, manteniendo el nivel de iluminación actual e incluso mejorándolo.

### Propuestas para mejorar la gestión de la iluminación:

- Examinar y evaluar el sistema de iluminación que existe en la explotación.
- Modificar la concepción y los automatismos.
- Garantizar un nivel de iluminación en los lugares que sea necesaria.

- Instalar reguladores de luz, que varían la intensidad lumínica.

- Instalar grupos de luminarias con interruptores diferenciados.

- Instalar relojes y programadores de la iluminación.
- Instalar detectores de movimiento para iluminar accesos a las naves y lugares que no requieran una iluminación permanente.



Interesa conectar a las luminarias relojes programadores y detectores de movimiento.

## Recomendaciones

- Sustituir las lámparas incandescentes (bombillas) por fluorescentes.
- En los alojamientos que requieren un mayor nivel de iluminación y donde los periodos con la luz encendida son más largos, es aconsejable instalar lámparas de bajo consumo: fluorescentes compactas.
- Utilizar pinturas blancas o en tonos claros, así como mantener las superficies limpias, aumenta el rendimiento de los sistemas de iluminación.
- Revisar periódicamente la instalación, sin olvidar la limpieza de lámparas y luminarias.

### ■ ILUMINACIÓN: LA NORMA ESTABLECE LOS SIGUIENTES PROGRAMAS PARA DIFERENTES ESPECIES:

Especie		Fotoperiodo (horas/día)	Nivel de iluminación (Lux)
Porcino		8	40
Avicultura	Puesta	Sin regular Recomendado: 16	Sin regular -----
	Pollos	Sin regular Recomendado 16 a 23	Sin regular Recomendado 5-6
Cunicultura	Conejas	Sin regular Recomendado 16	Sin regular Recomendado 30-40

■ Es posible ahorrar en la factura eléctrica si, aprovechando que se van a realizar reformas o se construye una nueva nave, se instalan "lámparas fluorescentes compactas".

Las lámparas fluorescentes compactas son elementos de iluminación de bajo consumo y una mayor eficacia que las lámparas incandescentes y los tubos fluorescentes, que ofrecen un ahorro de electricidad de hasta un 80% respecto de las incandescentes convencionales. Además, tienen una vida media útil de 6 a 10 veces superior.

### ■ TIPOS DE LÁMPARAS Y SUS CARACTERÍSTICAS:

TIPO DE LAMPARA	FLUJO LUMINOSO (lm)	POTENCIA (w)	EFICACIA (lum/w)
Bombilla incandescente 	715	60	11,90
	1.350	100	13,50
Tubo fluorescente 	1.100	18	61,00
	2.600	36	72,00
	4.100	58	71,00
Fluorescente compacta 	575	11	52,00
	855	15	57,00
	855	20	57,00
	1.450	23	63,00

## 4. LA ESTANQUEIDAD DE LA NAVE

Con los actuales sistemas para la construcción de naves ganaderas, basados en elementos prefabricados que se colocan y ensamblan en obra: paneles de hormigón, sandwich de chapa y fibrocemento, paneles de políester, pvc, etc, son imprescindibles los trabajos de acabado: Sellado de juntas, impermeabilizaciones, remates, etc.

Para eliminar el sobreconsumo de energía en calefacción, refrigeración y ventilación, se deben evitar todas las entradas de aire parásitas de la nave. Además, son muy peligrosas para el confort térmico de los animales: producen corrientes de aire e impiden alcanzar la temperatura suficiente en los periodos de arranque del ganado.

### RECOMENDACIONES para obtener una correcta estanqueidad:

- Utilizar juntas elásticas en las uniones
- Sellar con látex o espumas las juntas de ventanas, puertas y elementos de la ventilación: Entradas de aire, rejillas, conductos,....
- Instalar persianas aisladas para proteger los ventiladores parados.
- Seguimiento minucioso de la colocación de los materiales de construcción.
- Supervisar especialmente:
  - Uniones entre cerramientos verticales y soleras.
  - Uniones entre piezas de las paredes verticales.
  - Uniones de las placas que impermeabilizan la cubierta.
  - Uniones entre las placas que forman el aislamiento.
  - Cortes de materiales, juntas y uniones en general.

### Atención

- ➔ Las entradas de aire parásitas aumentan el consumo en calefacción, produciendo un importante derroche de energía.
- ➔ Las entradas de aire parásitas afectan a la ventilación, producen distorsión en los circuitos de aire proyectados y crean zonas mal ventiladas, que se corrigen generalmente aumentando los caudales. Esto produce mayores pérdidas energéticas.



Detalles de sellados: en chimenea y en deflector para entrada de aire. Estas sencillas acciones evitan corrientes perjudiciales y gastos innecesarios.

## 5. REVISION Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

La revisión periódica, por los trabajadores de la explotación o por personal cualificado del exterior, de los motores, máquinas y otros elementos mecánicos o no que forman parte, principalmente, de los sistemas de ventilación y calefacción: reguladores, aerotermos, pequeños motores eléctricos, electroválvulas, ventiladores, entradas de aire, aperturas de seguridad, etc, son tareas que de forma generalizada quedan relegadas a un segundo plano o sencillamente olvidadas.

Se trata de acciones que parecen poco rentables y no ausentes de una sensación de pérdida de tiempo, pero cuando los equipos comienzan a dar problemas, generan siempre una interrupción de la producción y reparaciones mucho más costosas.

Una planificación de los trabajos de mantenimiento en las naves permitirá tener los aparatos siempre a punto, conforme a las recomendaciones de los técnicos y fabricantes, lo que garantizará un rendimiento óptimo en el plan de seguridad y consumo energético: fiabilidad y eficacia.

### Consejos:

Si se quieren evitar dichos problemas, es necesario la puesta en marcha de un programa de mantenimiento de los equipos que requiere:

- Seguimiento del calendario de inspección recomendado por el fabricante.

- Leer el modo de empleo y las recomendaciones de uso.
- Calendario de lubricación y sustitución de piezas.
- Limpieza de polvo y pelos que se acumulan en los elementos: motor, hélices, etc.
- Proteger los motores cuando no se emplean durante largos periodos.



Las labores de mantenimiento de las instalaciones y aparatos de la granja deben programarse como un trabajo más de la explotación.

**IMPORTANTE PROGRAMAR** la revisión y mantenimiento de los equipos de la explotación como un trabajo más, integrado en la planificación del manejo general de los animales. De ello dependerá el buen funcionamiento de las máquinas, el ajuste de los consumos de energía y la prevención de averías importantes.

## AHI VA EL AGUA, S.L.

● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ●

**PREMIO DEL CLUB DE INVENTORES ESPAÑOLES** al “Mejor sistema para instalación enterrada de tuberías”

*¡ Atención agricultores !*



- Nuevo sistema más rápido y económico
- Guiado por láser
- Mejora las fincas y el medio ambiente
- Imprescindible para la preparación de VIÑAS, ENDRINAS, OLIVOS y OTROS FRUTALES.

Se consigue un drenaje perfecto evitando las obstrucciones en el tubo, al introducir éste y la grava pretensando la tierra y mantener una inclinación constante controlada por láser. Además, el sistema utilizado por “AHI VA

EL AGUA” logra purificar la tierra de la acumulación de herbicidas y abonos que han sido depositados a lo largo de los años. En las tierras salitrosas de regadío, se elimina la sal. El drenaje sirve tanto para las aguas superficiales como para las subterráneas.



Calle Alfonso el Batallador, 12 - 3º D. Tel. y Fax: 948 256 608. Móvil: 608 977 302. 31007 PAMPLONA

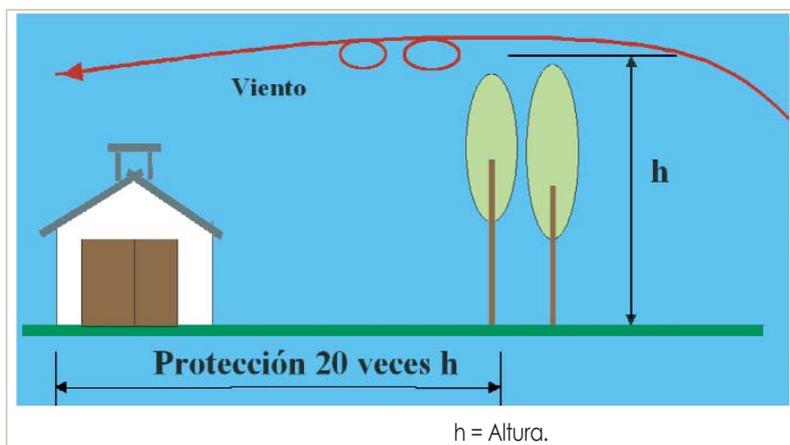
# 6. BARRERAS VEGETALES CORTAVIENTOS

La elección de la ubicación de una explotación ganadera está sometida a una serie de condicionantes de orden: normativo, infraestructuras (accesos, agua y luz), eliminación de residuos, etc.

En general, se buscan terrenos sanos, protegidos de los vientos fuertes, pero aireados, secos y bien drenados, que permitan de partida la instalación de la granja sin problemas añadidos. **Se evitarán:**

- Los obstáculos excesivamente próximos que puedan interferir en la ventilación.
- Colinas muy expuestas al viento que puedan producir un exceso de entrada de aire.
- Lugares encajonados, con insuficiente ventilación, húmedos y muy calurosos.

■ FIGURA: PROTECCIÓN MEDIANTE BARRERAS VEGETALES CORTAVIENTOS.



En este contexto, resultan interesante contar con barreras cortavientos naturales que o bien existen de antemano o conviene implantar. Las barreras cortavientos vegetales, además de ser un elemento ornamental y de mimetización que facilita la integración de las naves ganaderas en el medio natural, tienen otras ventajas añadidas:

- Facilitan la gestión de la ventilación en naves con ventilación natural.
- Las naves están menos expuestas a los vientos, reduciendo las pérdidas energéticas por ventilación y daños por la propia acción del viento sobre las superficies exteriores.

**Hay dos tipos de barrera cortavientos: las creadas con especies perennes y con especies caducas.**

Calcular una protección cortavientos resulta una tarea compleja, pues depende de muchos factores y es una práctica muy imprecisa. Para la protección de naves con sistemas de ventilación natural, **la recomendación es la siguiente: una plantación vegetal donde la permeabilidad al aire estimada es del 50%**, ofrece una protección a los vientos en una distancia aproximadamente igual a 20 veces su altura (ver figura).



Barrera cortavientos creada con especies perennes de coníferas.



Barrera cortavientos creada con especies caducas.