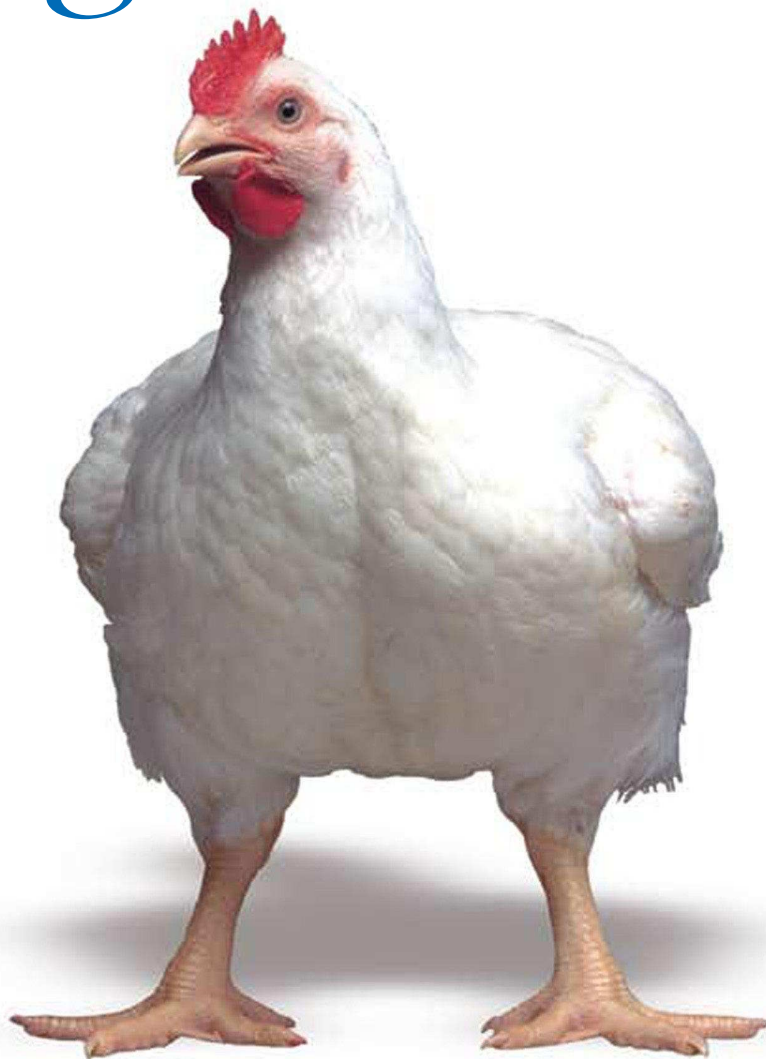


 Aviagen™



**Manejo del Ambiente**  
**En el Galpón de Pollo de Engorde**



# Manejo del Ambiente

## En el Galpón de Pollo de Engorde

### **Agradecimientos**

El autor del contenido principal de esta publicación es el Profesor James O. Donald, de la Universidad de Auburn, Alabama, EE.UU., ingeniero agropecuario ampliamente reconocido como autoridad en alojamientos avícolas y manejo ambiental. Le expresamos nuestro agradecimiento por el permiso que nos ha dado de utilizar estos materiales.

*Derechos de Autor 2009, Aviagen, Inc.,  
todos los derechos reservados.*

# ÍNDICE

<b>Introducción: Valor Económico del Manejo Correcto del Ambiente.....</b>	<b>1</b>
Generalidades: Objetivo y Métodos del Manejo Ambiental.....	1
Beneficios Económicos del Control Ambiental .....	3
<b>Los Factores Climáticos y las Decisiones sobre Galpones y Ventilación .....</b>	<b>4</b>
Clima Extremadamente Frío .....	4
Clima Frío .....	5
Clima Moderado .....	5
Clima Caluroso .....	5
<b>Cómo Funcionan las Aves y qué Necesitan.....</b>	<b>6</b>
Las Aves Producen Calor y Humedad .....	6
Efectos de la Temperatura y la Humedad Relativa sobre las Aves .....	6
Cómo Funciona la Humedad Relativa .....	9
<b>Fundamentos de Ventilación .....</b>	<b>10</b>
Ventilación Natural.....	10
Ventilación Forzada con Extractores.....	11
Necesidad de un Galpón Herméticamente Sellado.....	12
Tipos de Operación de la Ventilación con Presión Negativa.....	12
Cómo Funciona la Ventilación Mínima.....	13
Cómo Funciona la Ventilación de Transición.....	14
Cómo Funciona la Ventilación de Túnel .....	15
Cómo Funciona el Enfriamiento Evaporativo .....	16
<b>Cómo Tomar Buenas Decisiones sobre la Ventilación .....</b>	<b>18</b>
Selección de los Extractores.....	20
Factores para las Decisiones sobre el Sistema de Control Integral.....	22
Consideraciones sobre el Diseño de las Entradas de Aire .....	23
Beneficios de Usar Ventiladores de Mezclado .....	23
Enfriamiento Evaporativo: ¿Nebulizadores o Tableros Húmedos?.....	24
Evaporamiento con Tableros Evaporativos: ¿Cuántos Tableros se Necesitan? .....	24
Necesidad de Sistemas de Respaldo, en Caso de Falla.....	25
Orientación del Galpón.....	25
Requerimiento de Aislamiento Térmico .....	26
<b>Claves para Manejar Galpones Modernos con Ventilación de Túnel.....</b>	<b>26</b>
¿Cuál Modo de Ventilación se Necesita?.....	27
Importancia de Permanecer en la Temperatura Objetivo .....	28
Claves para Manejar la Ventilación Mínima.....	28
Claves para Manejar la Ventilación de Transición.....	30
Claves para Manejar las Entradas de Aire Perimetrales .....	30
Claves para Manejar la Ventilación de Túnel .....	32
Claves para Manejar la Ventilación de Túnel + el Enfriamiento Evaporativo.....	34
El Manejo Incluye Monitoreo.....	35
<b>Cuadro de Conversión de Unidades de Medida .....</b>	<b>37</b>

## **INTRODUCCIÓN: VALOR ECONÓMICO DEL MANEJO CORRECTO DEL AMBIENTE**

Independientemente de que produzcamos carne, huevos, leche u otros productos de origen animal, está bien establecido que el manejo efectivo de las condiciones ambientales reduce el costo total de producción. En el negocio de la carne de pollo, todos los componentes del proceso –desde las reproductoras pesadas hasta la progenie de engorde– se benefician del control efectivo del ambiente, por lo que es imperativo que tanto los administradores como los técnicos comprendan los conceptos básicos de este tema. La presente publicación tiene tres propósitos:

1. Identificar los criterios y las condiciones ambientales necesarias para lograr que el pollo moderno exprese todo su potencial genético.
2. Describir los factores más importantes del diseño actual de las naves avícolas para lograr condiciones ambientales óptimas.
3. Proporcionar los lineamientos operativos básicos para estos albergues.

### **Generalidades: Objetivo y Métodos del Manejo Ambiental**

El objetivo es proporcionar a la parvada un medio ambiente que le permita lograr el máximo rendimiento, velocidad de crecimiento óptima y uniforme, y buena eficiencia alimenticia con rendimiento en carne, asegurándonos de no afectar adversamente la salud ni el bienestar de las aves.

Los sistemas generadores de calor suplementario desempeñan un papel importante en el manejo del ambiente, sobre todo durante la fase de crianza; no obstante, en muchos lugares tal vez no sea necesario el calor suplementario durante una porción de la etapa de crecimiento. Por otra parte se requiere una buena ventilación durante el desarrollo, incluso cuando se esté proporcionando calor suplementario, para controlar la calidad del aire, que no para enfriamiento. La ventilación, es por ende, la herramienta más importante de manejo del ambiente del galpón (caseta o nave) para obtener el mejor rendimiento de las aves.

Las maneras de proporcionar calor suplementario en las naves avícolas varían en el mundo, más que los sistemas de ventilación, dependiendo de una amplia variedad de combustibles y métodos de aporte de calor, incluyendo sistemas radiantes y de aire caliente, combustión directa dentro del edificio, recambio indirecto de calor, etc. El examen de los detalles de cada uno de estos sistemas de calefacción queda fuera del alcance de esta publicación, que se enfoca mayormente a los principios más ampliamente aplicables del manejo del ambiente dentro del galpón.

Excepto cuando las aves son muy jóvenes y/o en clima muy frío, el control de la temperatura es el principal objetivo de la ventilación. En cada etapa del desarrollo existe una cierta zona de temperatura en la que un aumento en la energía de la ración, por encima de las necesidades de mantenimiento corporal, permite a las aves aumentar de peso, según se muestra en la Figura 1 que aparece en la siguiente página. Dentro de esta amplia “zona de confort térmico” existe un estrecho rango de temperaturas (dentro de 1 a 1.5°C [2 - 3°F]) en la que el ave utiliza mejor la energía del alimento para crecer, por lo que se le denomina la zona de óptimo rendimiento. El hecho de proporcionar a los animales esta temperatura óptima –junto con el agua y el alimento adecuados– asegura que las aves lograrán el nivel máximo de bienestar y rendimiento económico.

Nota: Aun cuando existe un rango de temperatura más amplia en el cual las aves estarán más o menos cómodas (la citada “zona de confort térmico”), en esta publicación al igual de lo que ocurre comúnmente en la industria, utilizaremos el término “zona de confort” para denominar a ese rango más estrecho de confort máximo en que la temperatura es ideal para lograr el objetivo de rendimiento.

Si la temperatura es demasiado baja, las aves tienen que consumir más alimento y tienen que utilizar más de la energía de la ración para mantener su cuerpo caliente. Si la temperatura es demasiado alta, reducen el consumo para limitar la producción de calor. La ventilación adecuada impide que se acumule el calor y mantiene a las aves dentro de su zona de rendimiento óptimo, primero eliminando

Está bien establecido que el manejo efectivo de las condiciones ambientales reduce el costo de producción.

La ventilación es la herramienta más importante de manejo del ambiente del galpón para obtener el máximo rendimiento de las aves.

En cada etapa del desarrollo de las aves existe una zona óptima de temperatura y rendimiento, en la que el ave hace el mejor uso de la energía del alimento para crecer.

La temperatura objetivo para el mejor rendimiento del pollo cambia diariamente durante el engorde por lo que es necesario ajustar acordemente la ventilación.

el aire caliente de la nave y sustituyéndolo por el aire más fresco del exterior y, en los galpones más modernos y bien equipados, se utiliza la ventilación de túnel mediante un efectivo enfriamiento por viento

(N. del T.: que en inglés denominan “wind-chill”) y reduciendo la temperatura real del aire mediante enfriamiento evaporativo.

El objetivo de temperatura para el mejor rendimiento del pollo productor de carne cambia durante el período de crecimiento, por lo general de aproximadamente 30°C (86°F) el Día 1, a aproximadamente 20°C (68°F) o menos al momento de enviar la parvada al mercado (asumiendo una humedad relativa ideal de 60 a 70%), dependiendo del tamaño de las aves y de otros factores. La temperatura que realmente siente el ave depende de la temperatura de bulbo seco y de la humedad relativa. Si ésta está fuera del rango ideal de 60 al 70%, se deberá ajustar la temperatura de la nave al nivel de los pollos. Por ejemplo, si la humedad relativa es cercana al 50%, la temperatura de bulbo seco el primer día tal vez se deba incrementar a 33.3°C (92°F). Por lo tanto, debemos ajustar acordemente la ventilación para mantener la temperatura óptima. En todas las etapas, es necesario supervisar y registrar (“monitorear”) el comportamiento de las aves para asegurar que perciban las temperaturas adecuadas.

La ventilación es la única manera práctica de reducir la humedad cuando ésta es demasiado elevada, lo cual casi siempre representa problema en invierno y puede afectar la salud de las aves. Aun cuando no haga falta la ventilación para eliminar calor, debemos mantener cuando menos una tasa de ventilación mínima para prevenir problemas de cama húmeda y apelmazada, y de amoníaco en el ambiente.

Al respirar, las aves toman oxígeno del aire y eliminan bióxido de carbono, de tal manera que hay que introducir aire al galpón para aportar nuevo oxígeno y sacar el exceso de bióxido de carbono. La ventilación para proporcionar aire fresco es necesaria en todas las épocas del año, tanto en clima caluroso como frío.

Sin embargo, el problema más común de calidad del aire es el amoníaco procedente

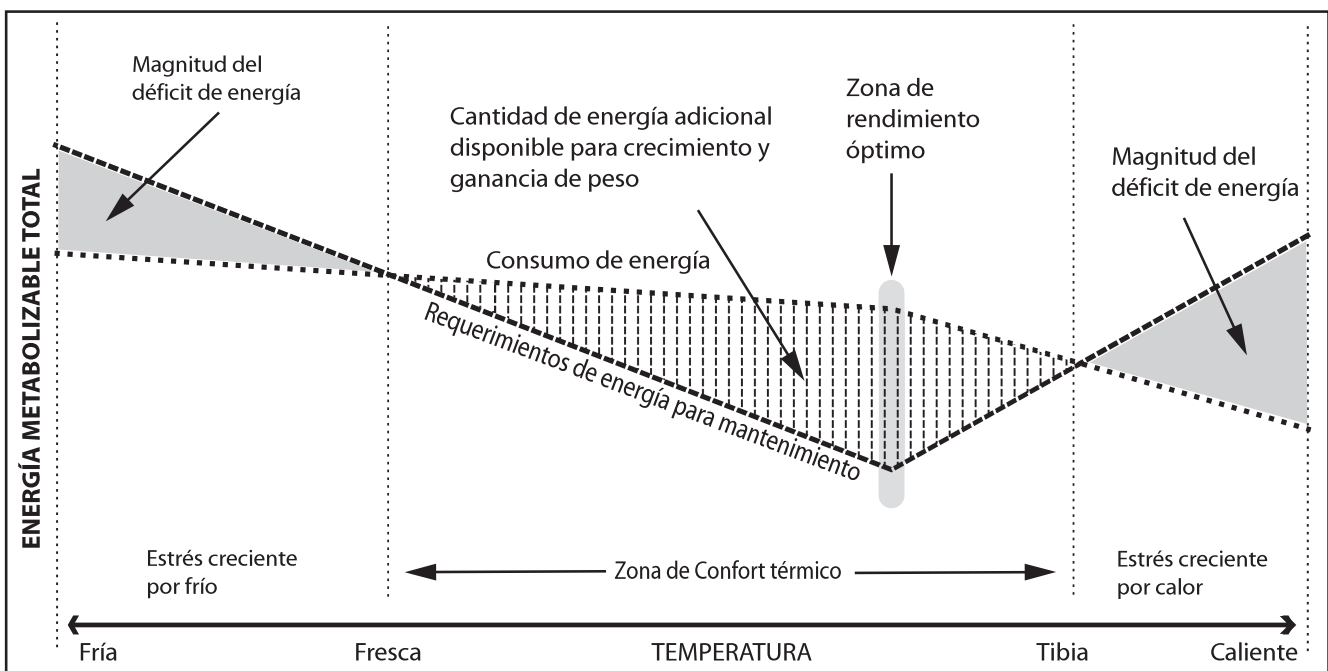


Figura 1. Zona de Temperatura para Rendimiento Óptimo. En cada etapa del desarrollo de las aves existe un estrecho rango de temperatura en la que los requerimientos de energía para mantenimiento son los más bajos y el ave puede usar al máximo la energía del alimento para crecer. Si la temperatura se sale sólo unos cuantos grados de la zona de rendimiento óptimo, enfriándose o calentándose, las aves tendrán que utilizar una mayor proporción de la energía de la ración para mantenimiento y menos para crecimiento.

de la cama demasiado húmeda, que desencadena problemas de salud y reduce el rendimiento. La ventilación adecuada impide que se acumule el amoníaco al controlar la humedad relativa.

Todos los factores citados anteriormente son importantes. Afortunadamente, en la mayoría de las situaciones la introducción de aire fresco y la eliminación de gases tóxicos se logra mediante la ventilación, dedicada principalmente a controlar la temperatura y la humedad. Importante: el ambiente correcto se debe distribuir homogéneamente por todo el interior de la nave, pues la presencia de zonas de aire muerto (N. del T.: estático, sin movimiento), corrientes de aire, puntos fríos o calientes, puede reducir el desempeño de la parvada e incluso causar mortalidad.

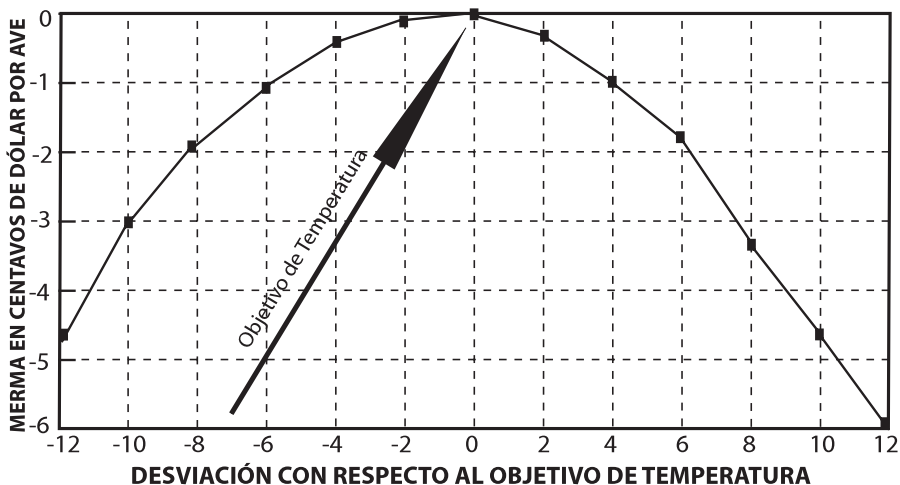
El ambiente en el interior de la nave debe ser uniforme: zonas de aire sin movimiento, corrientes de aire, y áreas frías o calientes pueden reducir el rendimiento de la parvada.

### Beneficios Económicos del Control Ambiental

Las aves alcanzan la mayor eficiencia para convertir el alimento en carne cuando se les proporcionan las condiciones ambientales óptimas, de manera consistente, siendo la temperatura el factor más crítico. Pequeñas diferencias de temperatura pueden tener un efecto significativo sobre las ganancias para el avicultor. Esto ha sido confirmado por la investigación y la experiencia en todo el mundo. La Figura 2 muestra las diferencias, en centavos de dólar enteros por ave, resultantes del desarrollo a temperaturas dentro o fuera del objetivo, con base en un estudio computarizado de los efectos de la temperatura sobre el rendimiento de las aves. Este estudio se basó en el período de crecimiento posterior a la crianza. Nivelando la temperatura objetivo a aproximadamente 22.2°C (72°F). Los números que se proporcionan corresponden también solamente a este período. Bajo estas condiciones, una diferencia de tan sólo 2°C (4°F) continuamente en el límite superior de temperatura, representa una merma de un centavo de dólar en el valor por ave.

Durante la fase de crianza, incluso un enfriamiento breve puede dañar seriamente el rendimiento de la parvada. Por ejemplo, la investigación universitaria en Estados Unidos ha demostrado que la exposición de los pollos de un día a aire con temperatura de 12.8°C (55°F) durante sólo 45 minutos reduce el peso corporal a 35 días en aproximadamente 110 g (1/4 de libra). Después de la fase de crianza, el rendimiento de las aves se daña más rápido por el calor que por el frío. Por ejemplo, la gráfica muestra el costo de someter a las aves continuamente

Durante la fase de crianza, un enfriamiento aunque sea breve puede dañar seriamente el rendimiento de la parvada.



El mantenimiento continuo de la temperatura objetivo rinde retornos económicos significativos.

Figura 2. Costo de una Temperatura "Equivocada". El efecto de tan solo unos cuantos grados fuera de la temperatura objetivo durante la fase de crecimiento puede dañar significativamente los ingresos del avicultor. La gráfica muestra (en centavos de dólar por ave) las diferencias en las utilidades totales resultantes de mantener a las aves consistentemente en la temperatura objetivo vs. fuera de ella, después de concluido el período de crianza. Condiciones: Los pollos se desarrollaron hasta los 49 días de edad; la carne se vendió a US\$0.40/lb; sin castigo por falta de uniformidad; costo de los alimentos: US\$278/Ton de iniciador, US\$270/Ton de alimento de crecimiento, US\$258/Ton de finalizador. Fuente: Veng, ventilación en clima cálido.

a un exceso de temperatura de 4°C (8°F), que es aproximadamente la mitad del costo que resultaría de mantener a las aves continuamente a una temperatura demasiado baja, en el mismo número de grados. Dado que el mantenimiento de la temperatura óptima es más crítico durante la fase de crianza, el beneficio de mantenerlos consistentemente en la temperatura objetivo sería todavía mayor para toda la fase de crecimiento.

Dado que los costos y precios de venta varían, el beneficio económico exacto de controlar la temperatura dentro del objetivo (o el costo de no hacerlo) también variará. Lo que demuestra la investigación y la experiencia de campo es el principio de que el hecho de mantener consistentemente el objetivo de temperatura brinda dividendos significativos.

## **LOS FACTORES CLIMÁTICOS Y LAS DECISIONES SOBRE GALPONES Y VENTILACIÓN**

El principal factor que influencia el tipo y el estilo de las naves es el clima, pues las diferentes condiciones de éste determinan las distintas estrategias de ventilación y calefacción, y afectan la densidad de población posible o deseable. En términos generales, las condiciones extremas requieren equipo cada vez más sofisticado para controlar el ambiente interno y esto es válido también para las prácticas de manejo. Cuando existen variaciones estacionales pronunciadas en el clima, es posible que las naves necesiten sistemas de ventilación tanto para clima caluroso como para clima frío.

**En climas extremos se requiere equipo y manejo más sofisticado para controlar el ambiente dentro de las naves.**

En una situación dada, las decisiones sobre el tipo de nave y ventilación se deben basar en el cálculo de los beneficios de utilizar tecnología, de acuerdo con:

1. El clima dominante o el clima estacional dominante. En otras palabras, las condiciones generales que hayan persistido durante los últimos meses y, nuevamente:
2. Los extremos climáticos que probablemente se presenten.

A continuación presentamos una descripción de las condiciones climáticas típicas y sus efectos sobre las decisiones referentes a la ventilación. Dadas las limitaciones de espacio de la presente publicación, resulta imposible presentar consejos regionales específicos, por lo que estas recomendaciones son sumamente generales. En algunas explotaciones avícolas particulares, tal vez sea necesario contar con elementos para más de un clima.

### **Clima Extremadamente Frío**

**En climas extremadamente fríos, las condiciones muy secas pueden hacer que las aves pierdan más calor, por lo que puede ser necesario aumentar los puntos de ajuste de temperatura, pero siempre manteniendo la ventilación mínima**

En los lugares de producción de pollo de engorde donde puedan existir situaciones de frío extremo durante algunos períodos del ciclo de producción, deberán tomarse ciertas precauciones particulares con respecto al diseño y la operación de las naves avícolas.

En lo que se refiere a los efectos directos sobre la salud y el rendimiento de las aves, el aire con una temperatura extremadamente baja también lo es en su contenido de humedad, de tal manera que cuando este aire se calienta y se mezcla con el interior del galpón, con frecuencia es posible tener condiciones sumamente secas que pueden afectar la salud de los animales. La humedad relativa baja en extremo durante la producción en invierno significa que las aves respirarán más calor que las desarrolladas en ambientes con mayor humedad relativa, por lo que su pérdida de calor también será mayor y, para compensar esta pérdida, es frecuente que tengamos que incrementar los puntos de ajuste de temperatura. Al mismo tiempo, por lo general los encargados se ven tentados a reducir el tiempo de ventilación con el objeto de bajar los costos del combustible, pero esto puede constituir un error grave, pues las mermas del rendimiento causadas por una ventilación inadecuada en tiempo frío pueden ser mayores que los costos adicionales de combustible.

**Las condiciones de frío extremo pueden obligarnos a usar una antesala o plenum de precalentamiento, para acondicionar el aire de nuevo ingreso antes de que pase al galpón.**

En condiciones de frío extremo también debemos tomar en cuenta problemas con la estructura que no son comunes en los climas más templados. Cuando la temperatura externa está muy por debajo del punto de congelación es más importante y más difícil evitar introducir el aire de afuera directamente sobre las aves, por lo que se puede necesitar un plenum de precalentamiento (o antesala de calefacción) para acondicionar el aire antes de que entre al galpón. Por si fuera

poco, el aire externo sumamente frío, además de su nivel relativamente bajo de humedad, puede causar serios problemas de condensación, haciendo incluso que se congelen las puertas de entrada del aire. La prevención de estos problemas requiere especial atención en lo que se refiere al aislamiento y el sellado hermético, para impedir que el aire de afuera se infiltre hacia el interior de la nave. Además, habrá de considerarse la posibilidad de instalar un plenum de precalentamiento para el aire de nuevo ingreso.

### Clima Frío

En las granjas ubicadas a grandes alturas o en grandes latitudes al norte o al sur, con temperaturas de invierno prolongadas consistentemente por debajo de 10°C (50°F) y con temperaturas moderadas de verano, por lo general no se requiere ventilación de túnel ni enfriamiento evaporativo para manejar el calor que generan las aves.

Se necesita ventilación forzada con presión negativa para mantener a las aves confortables y con un rendimiento óptimo, especialmente impidiendo que se acumule un exceso de humedad dentro del galpón. Los galpones suelen requerir un aumento en el punto de ajuste con “ventilación mínima”, contando con capacidad adicional de extractores (y entradas de aire) para sacar el calor de las aves durante el clima cálido. También se pueden requerir sistemas adicionales de calefacción suplementaria y mejor material aislante, para manejar los efectos del frío extremo.

◀ En climas fríos se requiere ventilación para ayudar a impedir que se acumule el exceso de humedad en el galpón.

### Clima Moderado

Cuando las temperaturas rebasan consistentemente el rango de los 24°C (75°F), se requiere la ventilación forzada para todas las densidades de población, excepto para la más baja, en galpones pequeños y con ventilación natural. Cuando las temperaturas consistentemente son del rango de 24 a 30°C (75-86°F) o más, por lo general se recomienda la ventilación de túnel, la cual proporciona un intercambio de aire rápido y de gran volumen, además de enfriamiento por viento a alta velocidad, lo que hace que las aves perciban una temperatura efectiva más baja (véase la Figura 16, en la página 16). Conforme las temperaturas exceden los 35°C (95°F), comienza a desaparecer el efecto de enfriamiento por viento, por lo que es necesario proporcionar enfriamiento evaporativo para reducir realmente la temperatura

◀ Incluso en climas moderados, generalmente se recomienda ventilación de túnel si las temperaturas consistentemente se elevan al rango de 24 a 30°C (de 75 a 86°F) o más.

### Clima Caluroso

Por lo general, el clima más cálido hace que sea más difícil aumentar el tamaño de las naves y la densidad de población. Por sí solo, el intercambio de aire únicamente puede evitar que la temperatura del aire dentro del galpón se eleve unos cuantos grados por encima de la temperatura exterior; no obstante, si la humedad relativa es demasiado alta, por lo general se puede mantener elevada la densidad de las aves de manera confiable incluso en climas muy calurosos, si se les somete a ventilación de túnel aunada a enfriamiento evaporativo.

En las áreas tropicales y subtropicales donde las temperaturas se encuentran consistentemente en el rango de 35 a 37.8°C (de 95 a 100°F) suele ser imposible manejar altas densidades de aves en galpones abiertos y provistos de ventilación natural. En los climas cálidos con humedad baja (como ocurre en las instalaciones de zonas desérticas) a grandes alturas, la humedad baja contribuye a que se presente ascitis y reduce la tasa de crecimiento. La combinación de humedad y temperatura elevadas es particularmente difícil para las aves debido a que su principal forma de expulsar el calor corporal excesivo es mediante la respiración (o jadeo), que evapora la humedad a través de los pulmones y los pasajes aéreos. Mientras más alta sea la humedad del aire, menos posibilidades tienen las aves de enfriarse por sí solas; sin embargo, en los galpones con ventilación de túnel bien diseñada, los efectos de la humedad se minimizan, sobre todo al compararlos con los sistemas de ventilación natural.

◀ Por lo general se pueden mantener densidades elevadas de aves de manera confiable, incluso en climas muy calurosos, si se les proporciona ventilación de túnel con enfriamiento evaporativo.

## CÓMO FUNCIONAN LAS AVES Y QUÉ NECESITAN

Los pollos muy jóvenes tienen poca capacidad de regular su temperatura interna y necesitan calor, con aire a una temperatura de aproximadamente 30°C (86°F), asumiendo que la humedad relativa sea de 60 a 70%. Conforme las aves crecen, su rango de temperatura en la “zona de confort” se amplía un poco pero va bajando de nivel, de tal manera que llegado el momento de capturarlas para enviarlas al mercado se sentirán más cómodas alrededor de los 20°C (68°F), siempre y cuando la humedad relativa sea de 60 a 70%. Esto significa que al principio de la parvada nuestra principal preocupación suele ser asegurarnos de mantenerlas suficientemente calientes pero, conforme crecen, el problema más común es el exceso de calor, lo que puede ocurrir incluso en invierno. La ventilación tiene como objetivo mantener la temperatura interna de la nave dentro de la zona de confort de las aves, sin dejar que se calienten ni se enfríen demasiado, en todo momento durante el engorde. Para lograrlo, debemos comprender cómo interactúan las aves, el calor y la humedad.

Al principio del crecimiento, la principal preocupación suele ser mantener a las aves suficientemente calientes, pero conforme crecen, el principal problema es el exceso de calor.

### Las Aves Producen Calor y Humedad

Los pollos transforman el alimento y el agua en la energía que utilizan para el mantenimiento de su organismo (el funcionamiento de sus órganos y músculos y para mantenerse caliente) y para crecer, generando ganancia de peso. Más aún, no son 100% eficientes pues generan demasiado calor excesivo y demasiada humedad (en la materia fecal y al respirar).

Por lo general las aves producen aproximadamente 5 Unidades Térmicas Británicas (BTU) de calor por libra (11 BTU's por Kg) lo cual significa que mientras más crezcan más calor generarán. Por ejemplo, si tenemos 20,000 aves de 1.8 Kg (4 lb) agregarán aproximadamente 400,000 BTU's por hora, o sea el equivalente a tener encendidos de dos a tres hornos de aire forzado continuamente. Si tenemos 20,000 aves de 3.6 Kg (8 lb) producirán 800,000 BTU's por hora. En todo el mundo la tendencia es a producir aves más grandes. La cantidad de humedad producida también varía con la edad. La misma parvada de pollos de 1.8 Kg (4 lb) puede producir casi 3,800 litros (1,000 galones) de agua al día, dependiendo de la temperatura. Si mantenemos todos los demás aspectos iguales, la temperatura

20,000 aves de 1.8 Kg (4 lb) agregan aproximadamente 400,000 BTU's hora de calor al galpón.

20,000 aves de 1.8 Kg (4lb) agregan aproximadamente 1,000 galones de agua al galpón/día.

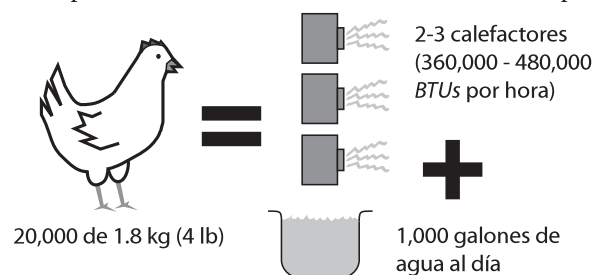


Figura 3. Los números elevados de aves contribuyen a producir grandes cantidades de calor y humedad en el galpón, donde la temperatura y la humedad del aire se elevan conforme avanza el período de engorde.

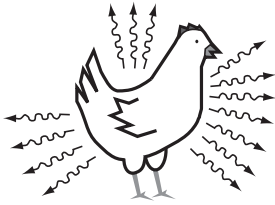
y la humedad del aire dentro del galpón tenderán a elevarse conforme avanza el engorde.

Durante la fase de crianza, los pollos jóvenes necesitan calor suplementario; sin embargo, conforme avanza el engorde, especialmente en clima fresco, las aves se ayudan a conservar el calor corporal y del galpón mediante la temperatura que generan. En la medida que aumentan de tamaño, sobre todo en clima caluroso, es esencial la ventilación para eliminar el calor e impedir que la temperatura interna de la nave alcance un punto en que las aves ya no puedan continuar eliminando el exceso de calor, con lo que subiría demasiado su temperatura interna

### Efectos de la Temperatura y Humedad Relativa sobre las Aves

La temperatura y la humedad funcionan juntas para determinar el confort de las aves pero, para simplificar el estudio, en los siguientes párrafos estudiaremos primero la temperatura y luego la humedad, para posteriormente explicar cómo esta interacción afecta a las aves.

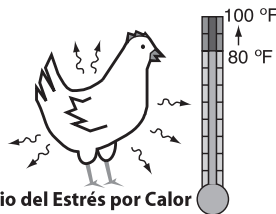
Las aves no sudan sino que disipan el exceso de calor corporal principalmente hacia el aire que circula alrededor de su cuerpo.



**Figura 4. Las aves no sudan, por lo que no se pueden enfriar de esta manera. Disipan casi todo el exceso de calor corporal mediante transferencia directa de su cuerpo al aire. En tiempos de estrés por calor comienzan a jadear para eliminar más calor corporal.**

Las aves se enfrían básicamente a través del aire, o sea que al moverse éste sobre los animales recoge su calor corporal y lo transfiere al ambiente. Las aves no sudan, por lo que no disfrutan de este tipo de sistema de enfriamiento evaporativo interconstruido en su organismo, pero sí obtienen cierto efecto de enfriamiento evaporativo a través de la respiración y el jadeo (que explicaremos más adelante). Sin embargo, dependen principalmente para enfriarse de la transferencia directa del calor de su cuerpo al aire. Si usted ve que los pollos levantan las alas esto indica que tienen calor y están exponiendo una mayor superficie del cuerpo al aire con el fin de eliminar el exceso de calor.

En el caso de las aves que ya han desarrollado completamente el plumaje, para que estén confortables, tiene que haber una diferencia sustancial entre la temperatura del aire del galpón y su propia temperatura interna, que por lo general es superior

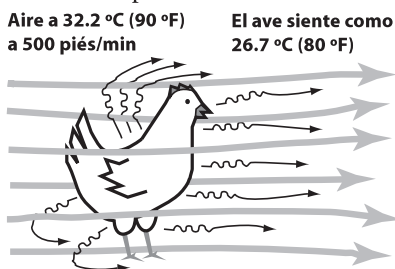


**Figura 5. En las aves completamente emplumadas, conforme la temperatura del aire rebasa los 26.7°C (80°F), su capacidad de disipación de calor es menos efectiva. Conforme comienzan a experimentar estrés por calor consumen menos alimento o dejan de comer. Si no se frena la acumulación de calor corporal, eventualmente morirán.**

a los 37.8°C (100°F). Conforme se eleva la temperatura interna de la nave, los mecanismos de disipación de calor del ave se tornan mucho menos efectivos. La temperatura interna de los animales comienza a elevarse, reducen el consumo de alimento o de plano dejan de comer y, por ende, dejan de crecer. Si no se controla la situación, eventualmente morirán.

Bajo la mayoría de las condiciones, conforme las aves ceden calor, es posible impedir que la temperatura del galpón se eleve demasiado sacando el aire caliente y reemplazándolo por aire del exterior, más fresco. Dado que las aves eliminan el exceso de calor principalmente calentando el aire que las rodea, mientras más rápido se sustituya este aire más calor excesivo perderán. En la mayoría de las granjas avícolas donde la temperatura externa del aire es hasta de 26.7°C (80°F), el sistema de ventilación se puede manejar de tal manera que el aire caliente de la nave se elimine a la velocidad adecuada para mantener la temperatura general del galpón dentro del rango de confort de las aves

Además de simplemente cambiar el aire del galpón, el hecho de hacer correr viento sobre las aves las puede ayudar a mantenerse mejor en temperaturas elevadas. El efecto del enfriamiento por viento que resulta de la movilización del aire crea una temperatura efectiva inferior en los animales. Por ejemplo, si el aire del galpón está a 32.2°C (90°F) (con humedad promedio) pero lo movilizamos a 500 pies por minuto (aproximadamente 5.7 mph), las aves completamente emplumadas sentirían este aire a 26.7°C (80°F). Este efecto es todavía mayor en las aves más jóvenes, que pueden incluso sufrir estrés por frío. La ventilación de túnel crea el enfriamiento por viento más efectivo. Si no se cuenta con ventilación de túnel, el



**Figura 6. El aire moviéndose rápido sobre las aves crea un efecto de enfriamiento por viento, que puede ser muy benéfico, especialmente en aves grandes. Sin embargo, las aves más jóvenes son más sensibles a los efectos del enfriamiento por viento y pueden sufrir estrés por frío.**

◀ Si usted ve que las aves levantan las alas, están tratando de exponer más superficie corporal al aire, a fin de eliminar el exceso de calor.

◀ Para aire a temperaturas alrededor de 26.7°C (80°F), la ventilación suele poder eliminar el aire caliente de la nave a la velocidad adecuada, para mantener a las aves dentro de su rango de confort.

**El efecto del enfriamiento por viento causado por el aire en movimiento puede mantener a las aves confortables en condiciones de calor. La evaporación de agua hacia el aire proporciona enfriamiento adicional.**

hecho de agitar el aire o usar ventiladores de circulación puede ser de ayuda. En clima muy caluroso, la evaporación de agua hacia el aire puede proporcionar enfriamiento adicional. Se asperjan gotas de agua sumamente finas hacia el aire, o bien se evapora haciendo pasar aire a través de un panel tablero humedecido. Conforme se evapora el agua, la temperatura del aire se reduce. El enfriamiento evaporativo depende de que los extractores proporcionen un flujo de aire suficiente en el galpón y funciona mejor si la humedad relativa no es demasiado alta.



**Figura 7. Las aves pueden tolerar temperaturas superiores durante el día si pueden enfriarse durante la noche. Este efecto es más pronunciado cuando las temperaturas nocturnas caen 12.5 °C (25°F) más allá de la temperatura máxima diurna. La práctica de poner en marcha los extractores durante la noche para movilizar el aire sobre las aves puede ayudar, reduciendo la temperatura “efectiva” nocturna.**

**Mantener a las aves frescas durante la noche les ayuda a resistir el calor diurno.**

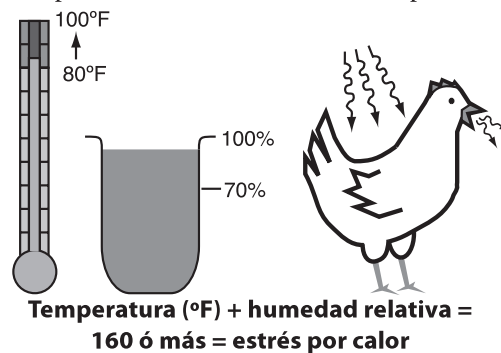
Las aves pueden tolerar temperaturas superiores durante el día, si éstas por la noche caen 12.5°C (25°F) o más en comparación con los niveles diurnos máximos. Durante el frío de la noche, las aves pueden eliminar el exceso de calor corporal acumulado durante el día. El hecho de poner en marcha los extractores para movilizar el aire por encima de las aves durante la noche puede ayudar a reducir la temperatura nocturna “efectiva”. Así, los animales pueden iniciar el siguiente día más frescos y esto les ayuda a mantener un rendimiento alto y reduce el riesgo de posible mortalidad si la temperatura se eleva demasiado en el día.

**El jadeo indica que las aves están sobrecalentadas y están tratando de disipar el calor corporal adicional.**

Las aves también pueden perder calor corporal respirando. Es por ello que usted verá que comienzan a jadear cuando tienen mucho calor. Es como un sistema de refuerzo del enfriamiento que por lo general comienza a funcionar cuando las temperaturas se elevan aproximadamente de 3.5 a 5°C (de 7 a 10°F) más allá de su “zona de confort” actual. Lo que está ocurriendo es que las aves intentan elevar al máximo el efecto de enfriamiento evaporativo que reciben del aire que pasa sobre el epitelio húmedo que recubre sus vías aéreas y sus pulmones. Este método de enfriamiento funciona mejor cuando el aire está relativamente seco, porque si ya está cargando una gran cantidad de humedad, no le será posible evaporar con facilidad la humedad de las aves y el efecto de enfriamiento evaporativo no funcionará tan bien.

**La temperatura y la humedad relativa funcionan juntas. La humedad relativa alta puede causar problemas incluso cuando la temperatura del aire es relativamente baja.**

Una vieja regla -basada en grados Fahrenheit- que utilizan muchos avicultores y gerentes de granjas es que en los galpones convencionales donde no existe ventilación de túnel, si la temperatura interna está alrededor de los 80°F o más, mientras que los números de temperatura y humedad relativa suman 160 ó más las aves comienzan a tener problemas para disipar el exceso de calor corporal. En otras palabras, la suma de la temperatura y la humedad nos da un índice de estrés por calor. (N. del T.: Es importante insistir que estos cálculos están basados en grados Fahrenheit). Por ejemplo, si la temperatura del aire es 85°F y la humedad relativa es del 70% (85 + 70 = 155), las aves estarán razonablemente cómodas. Pero si la humedad relativa se sube al 80% (85 + 80 = 165), probablemente usted esté perdiendo eficiencia alimenticia por exceso de calor.



**Figura 8. Una guía somera para saber si la combinación de temperatura y humedad relativa puede estresar a las aves, consiste en sumar los números utilizando grados Fahrenheit. Si la temperatura es superior a 26.7°C (80°F) y la temperatura sumada a la humedad relativa dan 160 ó más, probablemente las aves estén estresadas.**

Nótese que esta regla funciona solamente en ventilación convencional con galpones abiertos o bien en ventilación forzada para clima frío, cuando no se esté movilizándolo el aire sobre las aves. No es aplicable para la ventilación de túnel debido al efecto de enfriamiento por viento.

En clima frío, cuando se utilizan calefactores de combustión directa, no son sólo las aves, sino también los calefactores los que agregan humedad al aire del galpón, toda vez que el vapor de agua es uno de los productos de la utilización de la mayoría de los combustibles. Ésta es una pequeña cantidad en comparación con la humedad procedente de las aves, pero combinada con ella, puede elevar demasiado la humedad del galpón si la velocidad de la ventilación es demasiado baja. Esto significa que sus aves pueden tener un problema de estrés por calor cuando menos se lo espera, si el índice de temperatura y humedad rebasa el número de 160. El exceso de humedad contribuye a crear problemas de apelmazamiento de la cama y generación de amoníaco. (Nota: Si el sistema de intercambio de calor utilizado permite que los productos de la combustión no se liberen hacia adentro de la nave, la calefacción no agregará humedad al aire del interior).

Demasiada humedad en el galpón contribuye al apelmazamiento de la cama y a problemas de amoníaco

En clima cálido, la humedad con frecuencia no representa problema, excepto en caso de tormenta o en días calurosos. Por ejemplo, después de una tormenta vespertina durante un verano caluroso, la temperatura del aire puede ascender a 32.2°C (90°F) con una humedad relativa superior al 90%. Bajo estas condiciones usted deberá proporcionar el máximo de recambio de aire y movilización de viento

### Cómo Funciona la Humedad Relativa

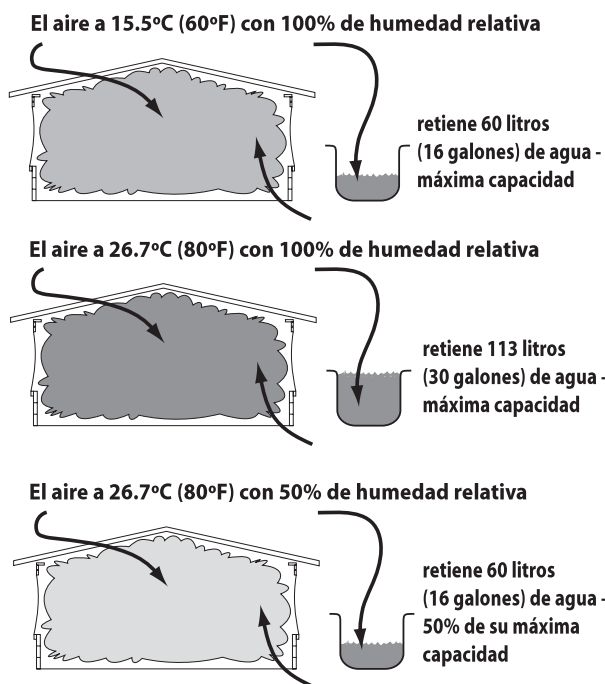
Cuando el agua se evapora se integra en el aire como vapor de agua. Usted no la puede ver, pero son muchos los litros de agua que flotan en el aire todo el tiempo. En el galpón avícola, lo que importa más no es simplemente el número de litros de agua presentes en el aire, sino qué tan cerca está el aire de retener toda el agua que pueda – en otras palabras, de estar saturado con vapor de agua. La idea de “qué tan cerca está el aire de la saturación”, indicada en términos porcentuales, es lo que significa el término humedad relativa.

Si el aire está reteniendo la mitad de su máxima capacidad de vapor de agua, entonces la humedad relativa será del 50%. Si el aire está reteniendo tres cuartas partes de su capacidad, se trata de una humedad relativa del 75%. Cuando el aire está totalmente saturado con vapor de agua, o sea que está reteniendo toda el agua que puede, esto significa una humedad relativa del 100%.

La humedad relativa indica que tan cerca está el aire de retener toda la humedad que pueda antes de que ocurra condensación.

La clave es darnos cuenta del nivel de saturación (en litros o en galones de agua

Figura 9. Conforme se eleva la temperatura del aire, aumenta la cantidad de agua que una determinada cantidad de aire es capaz de retener. Una regla aproximada es que una elevación de 10°C (20°F) de aumento en la temperatura del aire reduce a la mitad la humedad relativa. En otras palabras, elevar la temperatura del aire incrementa su absorbencia. A 26.7°C (80°F) el aire es más absorbente y puede retener casi el doble de vapor de agua que la misma cantidad de aire a 15.5°C (60°F).



El aire caliente retiene mucha más humedad. Un cambio de 10°C (20°F) en la temperatura puede duplicar (o cortar por mitad) la humedad relativa del aire.

para una determinada cantidad de pies o metros cúbicos de aire) y que esto cambia dependiendo de la temperatura del aire. Es por ello que utilizamos el término “humedad relativa”. El aire caliente puede retener una cantidad de humedad mucho mayor que el aire frío. Esto significa que el aire caliente puede absorber mucho más humedad de las aves y de la cama sin acercarse a su punto de saturación, que si se tratara de aire frío. De la misma manera, si usted tiene aire frío con elevada humedad relativa, el simple hecho de calentar el aire automáticamente baja la humedad relativa. Esto es lo que hace posible la ventilación en invierno. Cuando su sistema de ventilación mete el aire frío del invierno al galpón, este aire se calienta después de haber ingresado a la nave y esto significa que cae la humedad relativa, lo que a su vez quiere decir que aumenta su capacidad de retener agua, por lo que es capaz de recoger la humedad de la cama y sacarla del galpón.

## FUNDAMENTOS DE VENTILACIÓN

Debido a que la ventilación es tan importante para proporcionar un ambiente óptimo dentro del galpón de desarrollo de las aves de engorde, es esencial entender los principios básicos de la ventilación para diseñar y manejar correctamente la nave. Existen dos tipos básicos de ventilación: ventilación de túnel y ventilación forzada con extractores.

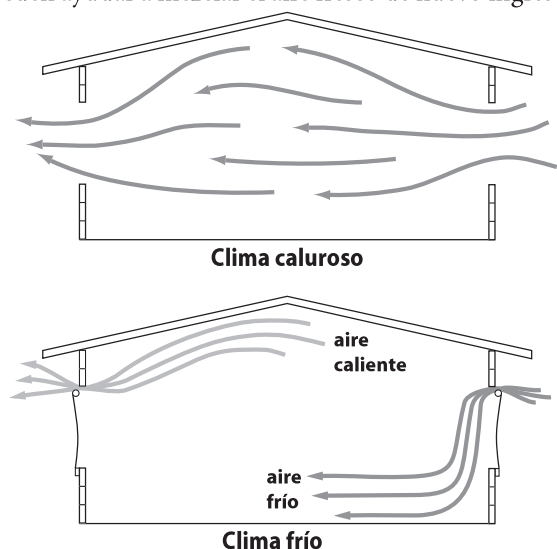
### Ventilación Natural

La ventilación natural depende de abrir la nave en la magnitud correcta para permitir que la brisa del exterior y las corrientes internas de convección hagan que el aire fluya hacia el interior de la nave y a todo lo largo de ella. Esto se logra con frecuencia bajando (o elevando) las cortinas laterales, aleros o puertas. Lo más común es que los galpones de este tipo tengan cortinas laterales, por lo que la ventilación natural a menudo se denomina “ventilación con cortinas.”

En este tipo de ventilación las cortinas se abren para permitir que entre el aire de afuera si hace calor. Cuando hace frío, se cierran para restringir el flujo de aire. El hecho de abrir las cortinas permite que ingrese a la nave un gran volumen de aire del exterior, igualando las condiciones internas con las externas. La ventilación a base de cortinas es ideal sólo cuando la temperatura externa se asemeja al objetivo de temperatura de la nave. La tasa de recambio de aire depende de los vientos de afuera. En los días cálidos o muy cálidos con poco viento, se pueden utilizar ventiladores de circulación para proporcionar a las aves un cierto efecto de enfriamiento por viento. Se pueden emplear aspersores o nebulizadores con los ventiladores de circulación, para agregar un segundo nivel de enfriamiento.

Si se utiliza ventilación con cortinas en clima frío, es esencial que las cortinas estén automatizadas con máquinas que operen con relojes arrancadores o “timers” de encendido y apagado frecuente y con termostatos de seguridad colocados al nivel de las aves que hagan que las cortinas bajen (seguro a prueba de fallas) en caso de que la temperatura se eleve demasiado o en caso de apagón (falla de corriente). Los ventiladores de circulación pueden ayudar a mezclar el aire fresco de nuevo ingreso con el aire caliente que existe dentro del galpón. A falta de ventiladores de mezcla o circulación, pequeñas aberturas en las cortinas permiten la

**Figura 10. La ventilación natural (con cortinas) funciona bien sólo cuando las condiciones de afuera son parecidas a las que se requieren dentro del galpón. En clima caluroso se necesitan vientos fuertes para lograr una tasa aceptable de recambio de aire. En clima frío, el aire de afuera puede entrar y caer directamente sobre las aves.**



La ventilación natural (con cortinas) funciona bien sólo cuando las condiciones del exterior se asemejan a las condiciones deseadas dentro del galpón.

La ventilación con cortinas requiere de un manejo constante, 24 horas al día.

La tasa de intercambio de aire del galpón con ventilación a base de cortinas depende de los vientos del exterior. En clima frío es probable que el aire frío de afuera ingrese y caiga directamente sobre las aves.

entrada del aire pesado de afuera a baja velocidad, que cae inmediatamente sobre la parvada, enfriándola y creando cama húmeda. Al mismo tiempo, el aire caliente escapa de la nave dando como resultado grandes altibajos de temperatura. Sin embargo, incluso en clima moderado las fluctuaciones normales en la temperatura del aire y los vientos durante el día o la noche, pueden exigir que hagamos ajustes frecuentes en las cortinas. *La ventilación natural o con cortinas requiere manejo constante, 24 horas al día.*

Como sistema, la ventilación natural no permite lograr mucho control sobre las condiciones internas de la nave. Se utilizó durante los primeros días de desarrollo de la industria, especialmente en climas templados y los galpones estaban diseñados específicamente para facilitar las corrientes naturales de aire para convección, con propósitos de ventilación. En épocas más recientes, los encargados de manejar los galpones más modernos con cortinas laterales los tienen equipados con ventilación forzada usando extractores y utilizan la ventilación natural como opción intermedia, cuando la temperatura del aire exterior se asemeja a la temperatura deseada dentro de la nave y no se requiere calefacción, ventilación mínima ni enfriamiento.

No obstante, la ventilación de tiempo completo forzada con extractores ha demostrado en todo el mundo permitir un mejor rendimiento de las parvadas y mejores retornos en la mayoría de los casos, incluso en galpones que continúan equipados con cortinas en las paredes laterales. Es por ello que en esta publicación ya no hablaremos más de la ventilación natural.

NOTA: En los galpones con ventilación a base de cortinas con frecuencia se utilizan ventiladores internos de circulación que pueden ayudar a mezclar el aire de nuevo ingreso con el que ya existe adentro, previniendo así la estratificación de la temperatura en clima frío y, hasta cierto punto, enfriar a las aves utilizando directamente la brisa. Sin embargo, este tipo de configuración no moviliza el aire de afuera hacia el interior de la nave, por lo que cuando ésta tiene ventilación con cortinas y ventiladores de circulación, no se la considera como una nave con ventilación forzada.

◀ Los ventiladores de mezclado pueden ayudar a mejorar las condiciones de los galpones ventilados con cortinas.

### Ventilación Forzada con Extractores

En este tipo de ventilación se utilizan extractores para llevar el aire hacia el interior y a todo lo largo del galpón. La ventilación forzada generalmente permite lograr un control mucho mejor tanto de la tasa de recambio de aire como del patrón de flujo de aire a lo largo de la nave, dependiendo de la configuración de los extractores, de las entradas de aire y del tipo de control que se utilice.

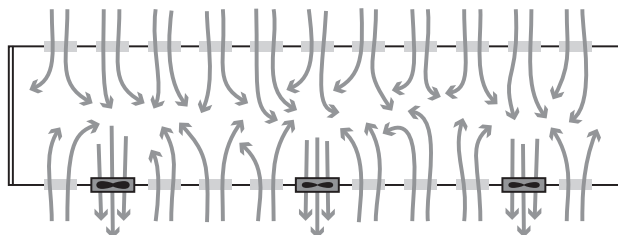
Los sistemas de ventilación forzada con extractores pueden utilizar presión positiva o negativa. Los sistemas de presión positiva con ventiladores montados en las paredes empujan el aire hacia adentro de la nave y son los más frecuentes en clima frío. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de ventilación forzada con extractores utiliza ventilación con presión negativa. Esto significa que los extractores jalan el aire hacia afuera de la construcción, lo cual crea un vacío parcial o presión negativa dentro del galpón por lo que el aire de afuera es llevado hacia el interior de la nave a través de lo que se conoce como entradas (inlets) de aire colocadas en las paredes del galpón o bajo los aleros.

El logro de un vacío parcial dentro del galpón durante la ventilación permite obtener un control mucho mejor del patrón de flujo de aire a través de la nave y condiciones más uniformes a todo lo largo de la misma. Con ello, se minimiza la presencia de áreas de aire muerto o estático así como zonas frías o calientes.

◀ La ventilación con presión negativa a base de extractores crea un vacío parcial en la nave, lo que permite controlar el patrón de flujo del aire.

### Necesidad de un Galpón Herméticamente Sellado

Figura 11. La ventilación con presión negativa crea un vacío parcial que lleva el aire hacia adentro del galpón en forma pareja a través de todas las entradas de aire, creando condiciones más uniformes en la nave.



**Tener el galpón herméticamente sellado es crítico para controlar con éxito las condiciones del interior en la ventilación con presión negativa.**

Los galpones modernos con ventilación de presión negativa deben estar herméticamente sellados. En los galpones con ventilación natural, el hermetismo no es crítico en lo absoluto, pero cuando se utiliza la ventilación con presión negativa, la clave es tener un control total de cómo y dónde ingresa el aire al galpón, de tal manera que debe estar herméticamente sellado y esto tiene una importancia suprema. Durante la operación en clima frío, el aire que ingrese por los cimientos, alrededor de las puertas o a través de cuarteaduras sólo sirve para enfriar demasiado e incomodar a las aves, crear problemas de humedad y alterar adversamente la temperatura óptima para el desarrollo de las aves. Las infiltraciones de aire durante la ventilación de túnel destruyen la ruta única del aire, tan necesaria en este sistema, de un extremo al otro del galpón, reduciendo la velocidad del aire y el enfriamiento por viento.

Una prueba del hermetismo que se ha utilizado durante muchos años en la industria avícola en los galpones de ~12 x 120 m (40 x 400 pies), o de ~12 x 150 m (40 x 500 pies) consiste en encender dos extractores de 36 pulgadas de alta calidad o uno de 48 pulgadas de alta calidad, teniendo todas las entradas de aire y las puertas completamente selladas. El diferencial en la lectura de presión estática entre el interior de la nave y el exterior dará una indicación del nivel de presión negativa logrado por los ventiladores. Mientras mayor sea la presión negativa lograda más hermética estará la nave. El objetivo debería ser un mínimo de 0.15 pulgadas de columna de agua de presión negativa, aunque en los galpones más nuevos, la presión estática deberá rebasar, con mucho, las 0.20 pulgadas de columna de agua.

### **Tipos de Operación de la Ventilación con Presión Negativa**

La ventilación de los galpones avícolas con presión negativa y extractores puede operar, con diferentes configuraciones de extractores y entradas de aire, bajo tres modos distintos, de acuerdo con las necesidades de ventilación que haya que resolver.

**En los sistemas de ventilación con presión negativa se utilizan diferentes configuraciones de extractores y entradas de aire para lograr diferentes propósitos, de acuerdo con las condiciones prevalentes.**

1. Ventilación mínima (denominada también “ventilación forzada” o incluso “ventilas forzadas”), operada por un reloj de encendido y apagado. Se le utiliza en clima frío y/o con aves pequeñas.
2. Ventilación de transición. Que funciona con un termostato o sensor de temperatura y se utiliza para eliminar el calor cuando no se necesita o no es deseable el enfriamiento por viento (ventilación de túnel).
3. Ventilación de túnel. Se utiliza en clima caluroso y/o con aves grandes. Funciona con un termostato o sensor de temperatura.

Estos tres modos de operación de la ventilación utilizan el principio de la presión negativa pero operan a diferentes presiones estáticas. En las áreas donde se utiliza el sistema inglés donde la presión estática se mide en pulgadas de columna de agua, ésta indica la diferencia entre las presiones del aire dentro y fuera de la nave, o sea el grado de vacío parcial logrado en el galpón. La ventilación mínima opera con mayor presión estática (mayor vacío), por lo general entre 0.07 y 0.12 pulgadas. La ventilación de túnel puede producir presiones estáticas del rango de 0.04 a 0.10 pulgadas, dependiendo del tipo de tablero húmedo para enfriamiento evaporativo que se haya instalado y del tipo de sistema de enfriamiento evaporativo que se utilice.

**Los diferentes modos de ventilación con presión negativa funcionan con ciertos rangos de presión estática.**

Con frecuencia olvidamos distinciones importantes cuando hablamos sobre los galpones. Por ejemplo, nos referimos a una “caseta de túnel,” como si sólo se utilizara un tipo o modo de ventilación. La ventilación de túnel se utiliza sólo en clima cálido a muy cálido, mientras que un “galpón, caseta o nave de túnel” para clima frío o para aves pequeñas, probablemente está equipado para cambiar entre ventilación mínima o ventilación de transición, según lo exija el clima y el tamaño de las aves. Las necesidades cambiantes de las aves conforme crecen y la variabilidad del clima, especialmente en otoño y primavera, requieren que los encargados estén listos para cambiar el sistema de ventilación de un modo o configuración a otra, según sea necesario.

**Las necesidades cambiantes de las aves y las variaciones climáticas requieren que los gerentes estén listos para cambiar de un modo de ventilación a otro, según sea necesario.**

A continuación presentamos algunas descripciones breves de la manera como funcionan estos sistemas básicos de ventilación forzada con extractores. Para obtener información más detallada sobre los sistemas y sus consideraciones de manejo, véanse las secciones que comienzan en la página 26.

## Cómo Funciona la Ventilación Mínima

El propósito del sistema de ventilación mínima es introducir justamente la cantidad suficiente de aire fresco para sacar el exceso de humedad y los vapores de amoníaco durante las condiciones de clima frío y/o cuando las aves están muy pequeñas, pero lográndolo sin enfriarlas. Por lo general se utilizan de dos a seis extractores de 36 pulgadas, colocando tanto estos extractores como las entradas de aire en diferentes lugares, según describimos más adelante.

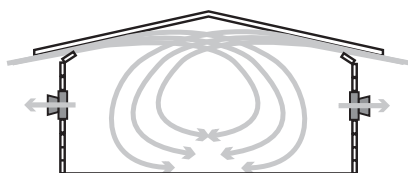
La clave para el éxito con la ventilación mínima es crear el vacío parcial adecuado para que el aire ingrese con velocidad suficiente pero a la misma velocidad por todas las entradas. Teniendo las entradas de aire distribuidas homogéneamente a todo lo largo de la nave, el flujo del aire será uniforme por todo el galpón. Es igualmente importante que el aire fresco del exterior ingrese a la nave a una velocidad suficientemente alta como para que se mezcle con el aire caliente de adentro por encima de la parvada en vez de caer directamente sobre las aves, enfriándolas.

Nota: Existen algunas variaciones de configuración en los sistemas de ventilación con presión negativa, que se utilizan para ventilación mínima en diferentes regiones, y para la eliminación del calor en sistemas que no son de túnel para la ventilación de transición, según describiremos más adelante. Las configuraciones más comunes se ilustran en la Figura 12.

En esta presentación utilizaremos la configuración #1 (extractores en las paredes laterales y entradas de aire perimetrales), por facilidad y por su popularidad en todo el mundo. Los lectores deberán comprender que mientras que las configuraciones de los sistemas de ventilación con presión negativa varían ampliamente en el mundo en cuanto a sus detalles, los mismos principios básicos aplican para todos los tipos indicados anteriormente, siendo necesario que todos ellos funcionen correctamente en el modo de ventilación mínima.

El propósito de la ventilación mínima es introducir justamente la cantidad suficiente de aire fresco para eliminar el exceso de humedad y el amoníaco en clima frío o durante la crianza.

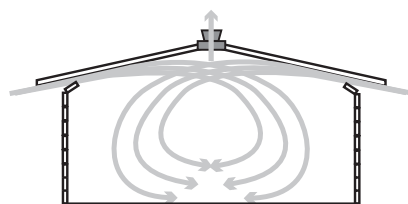
Figura 12. Cuatro variaciones comunes en la distribución de extractores y entradas de aire para ventilación mínima.



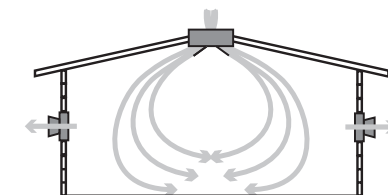
1. Extractores en las paredes laterales y entradas de aire alrededor del perímetro (altas en las paredes o en el techo). Esta configuración funciona bien en clima frío y en galpones con ventilación de túnel operando en modo de transición.



2. Extractores en una pared lateral del edificio y entradas de aire en la otra. Se denomina comúnmente "ventilación cruzada". Esta configuración es más popular en las áreas donde no se necesita ventilación de túnel.



3. Extractores en el techo y entradas de aire en las paredes laterales. Se denomina frecuentemente "extracción por el vértice" y se utiliza más en clima frío.



4. Extractores en las paredes laterales y entradas de aire en el ápice del techo. También se denomina ventilación de "flujo inverso". Esta configuración es similar a la #1 que antecede, excepto por la ubicación de las entradas de aire.

Las configuraciones de extractores y entradas de aire para presión negativa en el mundo varían ampliamente, pero todas se rigen por los mismos principios básicos.

Todas las configuraciones de ventilación mínima introducen el aire del exterior en una posición alta del galpón para evitar que el aire frío caiga directamente sobre la parvada.

El uso de entradas de aire perimetrales ajustables para clima frío, operadas por un controlador de presión estática brinda el mejor flujo del aire para ventilación mínima.

La ventilación mínima está controlada por un reloj de encendido y apagado, y no está dirigida por la temperatura.

Para obtener el patrón de flujo del aire necesario para ventilación mínima, es necesario que el área de las entradas de aire se ajuste a la capacidad de los extractores que se estén utilizando.

La ventilación de transición opera en función de la temperatura, cuando se requiere eliminar calor pero sin colocar aire frío sobre las aves.

El patrón del flujo del aire creado se ilustra en la Figura 13. Para lograr este patrón necesario del flujo del aire es necesario que el área total de las entradas de aire sea equivalente a la capacidad de los extractores que se estén utilizando. Si el área de las entradas de aire es demasiado pequeña con respecto al número de extractores en funcionamiento, será necesario que los extractores trabajen contra una presión estática demasiado alta y no proporcionen el intercambio de aire necesario. Si las entradas de aire están abiertas generando un área demasiado grande, la presión estática caerá en exceso y el aire ingresará, principal o solamente, a través de las entradas de aire que estén más cercanas a los extractores, creando un flujo desuniforme del aire y condiciones deficientes para las aves. El uso de entradas de aire con perímetro ajustable para clima frío operadas por un controlador de la presión estática ajusta automáticamente el área de dichas entradas. La presencia de desgarres en las cortinas y de entradas de aire fijas en los tableros tienen probabilidades de permitir aberturas demasiado grandes, haciendo que el aire frío recién ingresado caiga sobre las aves. La ventilación mínima también requiere que el galpón esté herméticamente sellado, pues las infiltraciones de aire echan a perder el flujo de aire deseado a todo lo largo del galpón.

La ventilación mínima está controlada por un reloj (“timer”) de encendido y apagado, que se puede ajustar para operar tan solo medio minuto de cada cinco al principio de la parvada o en clima sumamente frío. Conforme crecen las aves y/o conforme aumenta la temperatura ambiental, los termostatos prevalecen sobre el reloj arrancador para proporcionar la tasa de ventilación adecuada. Importante: En clima frío la necesidad de eliminar la humedad del galpón significa que es necesario mantener cierta tasa de ventilación mínima aun cuando el termostato no exija ventilación e incluso es sólo una pequeña cantidad de calor el que hay que eliminar en el proceso.

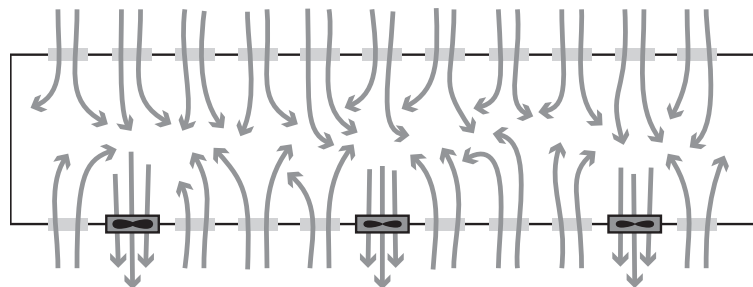


Figura 13. El propósito de la ventilación mínima es introducir aire al galpón a una velocidad alta y homogénea a través de las entradas de aire espaciadas alrededor de la nave por encima del nivel de los pollos, de tal suerte que el aire frío de nuevo ingreso se mezcle con el que ya existe dentro del edificio, según se muestra en este diagrama. Este patrón de flujo del aire impide que el aire frío que entra, caiga directamente sobre las aves.

### Cómo Funciona la Ventilación de Transición

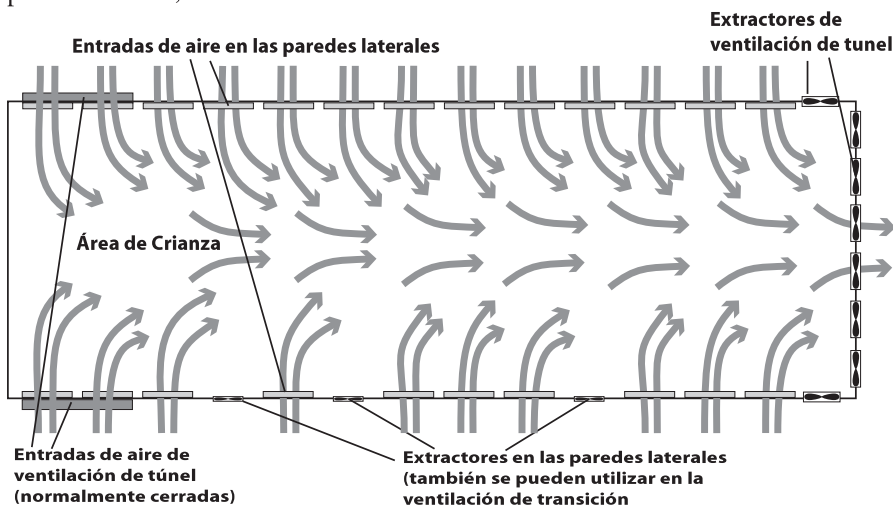
El cambio de la ventilación mínima a la de transición consiste básicamente en utilizar una ventilación dependiente de la temperatura en vez de funcionar con el reloj. Esto es válido independientemente de la configuración particular de extractores y entradas de aire de que se trate. Esto significa que siempre que los sensores de temperatura o termostatos prevalezcan sobre el reloj de ventilación mínima para mantener en marcha los extractores, estará funcionando el sistema de ventilación mínima en el modo de ventilación de transición. Se pueden agregar extractores adicionales en las paredes laterales o de otro tipo (y entradas de aire) conforme aumenta la temperatura exterior.

Una etapa adicional en la ventilación de transición es un sistema “híbrido”, según se ilustra en la Figura 14, (Pág. Sgte.) en el que se utilizan algunos extractores grandes para ventilación de túnel con el fin de introducir aire al galpón a través de las entradas perimetrales en vez de hacerlo por las entradas de aire de la ventilación de túnel, que permanecen cerradas. El aire de afuera ingresa y se mezcla con el que ya existe en el interior de manera muy parecida a lo que ocurre con la ventilación mínima bajo un sistema de presión negativa, utilizando ventiladores instalados en las paredes laterales.

La gran diferencia sobre el sistema de ventilación mínima es que la mayor capacidad de los extractores brinda un mayor volumen de recambio de aire. Por ejemplo, el hecho de poner a funcionar cuatro extractores de túnel en la configuración de transición, da la misma tasa de ventilación de cuatro extractores de ventilación de túnel, pero sin colocar viento en lo absoluto directamente sobre las aves. En algunos lugares no se utilizan los extractores de ventilación de túnel para la ventilación de transición por preocupaciones de uniformidad. El uso de los extractores de túnel para la ventilación de transición se basa en el clima y en la capacidad de mezclar y agitar el aire entrante.

Como ocurre con la ventilación mínima, el área de las entradas de aire durante la ventilación de transición se debe ajustar a la capacidad de los extractores utilizados. Se deberá proporcionar suficiente pared de entradas laterales para operar a cuando menos la mitad de los extractores instalados para ventilación de túnel en el modo híbrido de transición, sin crear una presión estática excesiva. Para la operación más eficiente, las entradas de aire están controladas por máquinas operadas por la presión estática, tal como ocurre con la ventilación mínima

Al igual que con la ventilación mínima, el área de las entradas de aire para ventilación de transición se debe ajustar a la capacidad de los extractores, ajustando automáticamente la abertura de las entradas utilizando un controlador operado con presión estática.



Cuando la necesidad de eliminación de calor requiere de una mayor tasa de cambio de aire de la que puede manejar el sistema de ventilación mínima, se pueden usar los extractores de la ventilación de túnel para introducir grandes cantidades de aire a través de las entradas perimetrales.

Figura 14. El modo de ventilación de transición arranca siempre que los sensores de temperatura prevalezcan sobre el reloj de ventilación mínima. Cuando la necesidad de eliminación de calor requiera un mayor recambio de aire del que puede proporcionar el sistema de extractores y entradas de aire de la ventilación mínima, se pueden utilizar algunos de los extractores de la ventilación de túnel para introducir grandes cantidades de aire a través de las entradas perimetrales, según de muestra en el diagrama del modo "híbrido" de transición, sin movilizar el aire directamente sobre las aves.

### Cómo Funciona la Ventilación de Túnel

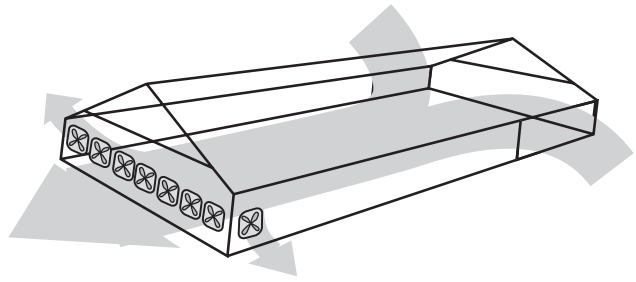
El objetivo de la ventilación de túnel es mantener a las aves confortables en clima cálido a muy cálido utilizando el efecto de enfriamiento del flujo del aire a alta velocidad. Este sistema es especialmente apropiado para las áreas donde hace calor y donde se desarrollan los pollos para lograr pesos superiores (de 1.8 a 3.6 Kg [de 4 a 8 lb]). Los sistemas de túnel están diseñados primero para manejar la necesidad de eliminar el calor, proporcionando la tasa de intercambio de aire necesaria para sacar el exceso de calor del galpón en clima caluroso. En su modo de operación total, la ventilación de túnel con todos los extractores funcionando puede producir un cambio de aire completo de la nave en menos de un minuto.

El sistema de túnel también proporciona enfriamiento por viento, movilizándolo el aire como si se tratara de un túnel de viento, a todo lo largo del galpón. Para el enfriamiento con viento más efectivo se requiere una velocidad de cuando menos 500 pies por minuto.

El efecto de enfriamiento por viento creado por el aire a gran velocidad puede reducir la temperatura efectiva que sienten las aves totalmente emplumadas hasta en ~5 a 6°C (10 a 12°F). La gráfica que aparece a continuación (Figura 16) muestra las temperaturas estimadas resultantes de diferentes velocidades del aire, para aves de 4 y de 7 semanas de edad.

El propósito de la ventilación de túnel es lograr la máxima reducción de la temperatura mediante el efecto de enfriamiento por viento que da el aire a alta velocidad.

Figura 15. La ventilación de túnel está diseñada para mover grandes cantidades de aire a alta velocidad sobre las aves, logrando la máxima eliminación del calor además del efecto del enfriamiento por viento



Como muestra la ilustración, hay que tener precaución con la ventilación de túnel para aves jóvenes, pues éstas sienten un mayor enfriamiento por viento ante una velocidad de aire dada. Nótese que la temperatura “efectiva” sólo se puede estimar, siendo imposible leerla en un termómetro o calcularla con precisión. El comportamiento de las aves debe ser la guía para juzgar el número correcto de extractores a poner en marcha para crear la velocidad y el intercambio de aire necesarios para mantener a las aves confortables.

El efecto de enfriamiento por viento se torna menos pronunciado conforme la temperatura del aire rebasa los 32.2°C (90°F). Por encima de los 37.8°C (100°F) el aire comienza a calentar a las aves en vez de enfriarlas.

El flujo del aire a gran velocidad en los sistemas de ventilación de túnel los hace ideales para agregarles un sistema de enfriamiento evaporativo, lo cual se puede lograr ya sea con nebulizadores dentro del galpón o con tableros (paneles, muros o “cortinas”) húmedos, colocados por fuera de las entradas de aire. Este enfriamiento real para el aire de nuevo ingreso, además del enfriamiento “efectivo” que produce el aire en movimiento, puede mantener el buen rendimiento de las aves incluso en clima sumamente caluroso. Si se usa solo, el efecto de enfriamiento por viento de la ventilación de túnel es menos pronunciado cuando las temperaturas se elevan demasiado, por encima de los 32.2°C (90°F). Después de los 37.8°C (100°F) el aire comienza a calentar a las aves en lugar de enfriarlas.

Es esencial contar con un área adecuada de entradas de aire para la ventilación de túnel. Cuando se utilizan los paneles de enfriamiento evaporativo se requiere todavía mayor área, como explicaremos más adelante. También es necesario que los galpones de túnel estén sellados herméticamente, pues cualquier fuga de aire estropeará el patrón deseado del flujo del aire.

La temperatura “efectiva” que crea el efecto de enfriamiento por viento se debe estimar y varía de acuerdo con la edad y el tamaño de las aves, y con la temperatura real del aire.

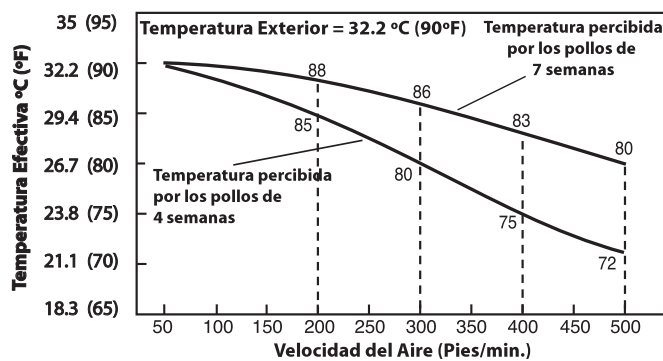


Figura 16. El efecto del enfriamiento por viento creado por el aire a gran velocidad, es mucho mayor en las aves jóvenes.

### Cómo Funciona el Enfriamiento Evaporativo

Cuando el agua se evapora enfría cualquier cosa que tenga contacto con ella. El hecho de evaporar sólo 3.8 l (un galón) de agua hacia el aire, elimina de éste 8,700 BTU's, por lo que el enfriamiento evaporativo es una herramienta efectiva para la producción avícola en clima caluroso.

La evaporación de sólo 3.8 l (un gal.) de agua al aire remueve de éste 8,700 BTU's de calor.

La aplicación más simple que existe de enfriamiento evaporativo para el pollo de engorde consiste en usar boquillas nebulizadoras montadas en una posición alta, en los galpones ventilados con cortinas. Sin embargo, los sistemas modernos más eficientes y efectivos están diseñados para complementar y trabajar en conjunto con la ventilación de túnel. Al agregar cierta reducción real a la temperatura al efecto de enfriamiento por viento de la ventilación de túnel, los sistemas de enfriamiento evaporativo bien diseñados y manejados en los galpones de túnel pueden mantener el buen rendimiento de las aves incluso en clima muy caluroso.

Las dos principales alternativas para el enfriamiento evaporativo en los galpones de túnel son los nebulizadores interconstruidos y los tableros húmedos (con aspersión o recirculación) montados por encima de las entradas de aire de la ventilación de túnel. Cualquiera de estas configuraciones puede funcionar bien, aunque están predominando ahora los sistemas de tablero húmedo con recirculación de agua. Estos sistemas de alta eficiencia requieren menos atención en el manejo y no corren el riesgo de humedecer las aves o la cama.

Qué tan bien funcione el enfriamiento evaporativo –en otras palabras, cuánto enfriamiento produce– depende de tres factores:

1. La temperatura inicial del aire exterior: mientras más alta sea ésta más grados de enfriamiento se lograrán, si todo lo demás permanece igual.
2. La humedad relativa del aire exterior. Mientras más baja mejor.
3. Qué tan eficiente es el sistema para evaporar el agua. Los sistemas típicos tienen una eficiencia de 50 a 75%.

El cuadro que aparece a continuación (Figura 17) muestra las temperaturas del aire dentro del galpón que resultan de una temperatura inicial del aire más alta o más baja, de sistemas con diferentes eficiencias y de la humedad relativa. Por ejemplo, si fuera del galpón la temperatura es de 35°C (95°F) y la humedad relativa es del 50%, un sistema de enfriamiento evaporativo con 75% de eficiencia proporcionará 12 grados de enfriamiento, para lograr 28.3°C (83°F). Si el enfriamiento por viento de la ventilación de túnel genera otros 5.6 a 6.7°C (10 a 12°F) de enfriamiento efectivo, las aves completamente emplumadas sentirán como si el aire que las rodea estuviese a 21.6 - 22.7°C (71-73°F).

◀ Qué tan bien funcione el enfriamiento evaporativo depende de la temperatura del aire, la humedad relativa y la eficiencia del sistema de enfriamiento.

**Figura 17. Enfriamiento evaporativo posible bajo diferentes condiciones.**

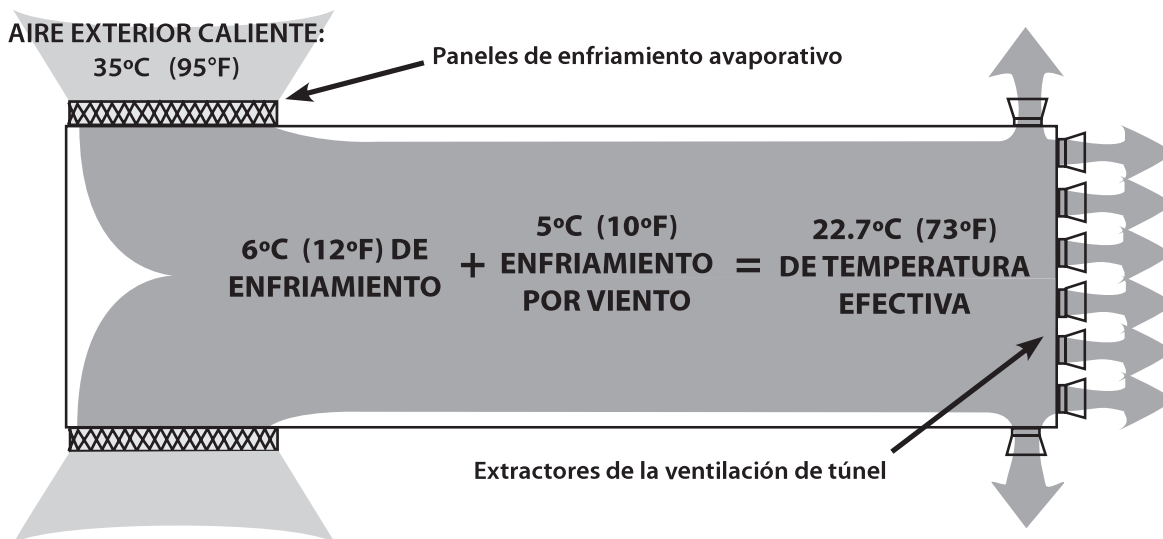
Temperatura inicial del aire, °C (°F)	Eficiencia del sistema	Temperatura resultante del aire en °C (°F) ante diferentes niveles de humedad relativa		
		40%HR	50% HR	60%HR
37.8 (100)	50%	32.2 (90)	33.3 (92)	34.4 (94)
	75%	28.9 (84)	30.5 (87)	32.2 (90)
35 (95)	50%	29.4 (85)	30.5 (87)	31.6 (89)
	75%	26.7 (80)	28.3 (83)	29.4 (85)
32.2 (90)	50%	27.2 (81)	28.3 (83)	28.9 (84)
	75%	24.4 (76)	26.1 (79)	27.2 (81)

El sistema evaporativo puede proporcionar enfriamiento útil incluso en áreas que por lo general se consideran como muy húmedas. Por ejemplo, en muchas áreas del mundo la humedad relativa puede llegar al 90% durante una noche de verano, pero por lo general cae al 50% o menos hacia el medio día. Esto se debe a que durante la noche la temperatura del aire se encuentra alrededor de 21.1°C (70°F), de tal manera que una elevación de 11.1°C (20°F) puede llegar alrededor de 32.2°C (90°F) reduciendo la humedad relativa a la mitad (véase la página 9). Como regla general, el enfriamiento evaporativo es muy práctico si existe cuando menos en promedio una diferencia de ~11°C (20°F) entre las temperaturas diurnas y nocturnas.

◀ El enfriamiento evaporativo es muy práctico si existe cuando menos en promedio una diferencia de ~11°C (20°F) entre las temperaturas del día y la noche.

La Figura 18 (Pág. Sgte.) ilustra los principios básicos del enfriamiento en galpones de túnel al reducir la temperatura efectiva mediante el viento a alta velocidad, además de la menor temperatura real derivada del enfriamiento evaporativo.

Figura 18. Mostramos aquí los principios básicos de la ventilación de túnel más enfriamiento evaporativo, lo que representa los resultados típicos posibles de un sistema bien diseñado y de alta eficiencia de enfriamiento evaporativo y ventilación de túnel, con viento a velocidad de 15 m (500 pies) por minuto o más.



## CÓMO TOMAR BUENAS DECISIONES SOBRE LA VENTILACIÓN

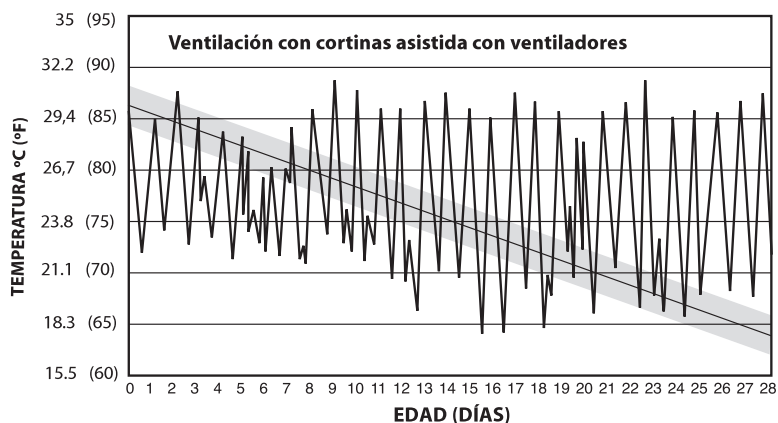
A la hora de tomar decisiones sobre cómo diseñar y equipar un galpón de producción para pollos de engorde, es importante comprender las capacidades y los tipos de beneficios que podemos esperar de la tecnología moderna del control ambiental.

Las gráficas que aparecen en la Figura 19 muestran las variaciones reales de temperatura registradas por monitores graficadores de datos en galpones con cortinas de ventilación, comparados con galpones con control ambiental en el Sureste de EE.UU., en otoño. Mientras que el galpón convencional ventilado con cortinas permite, acaso, muy poco control de la temperatura, la nave con ambiente controlado sigue muy de cerca la línea de la temperatura objetivo.

Figura 19. Gráfica real que demuestra que el galpón con ambiente controlado mantiene la temperatura cerca del objetivo. El galpón ventilado con cortinas permite altibajos de temperatura más amplios. Las líneas sombreadas muestran la zona de la temperatura objetivo

La investigación y la experiencia de la industria muestran que las tecnologías modernas de control ambiental pueden proporcionar una ventaja significativa en el rendimiento.

Gráficas reales de galpones avícolas comerciales que documentan la capacidad del equipo de control ambiental para mantener la temperatura cerca del objetivo.



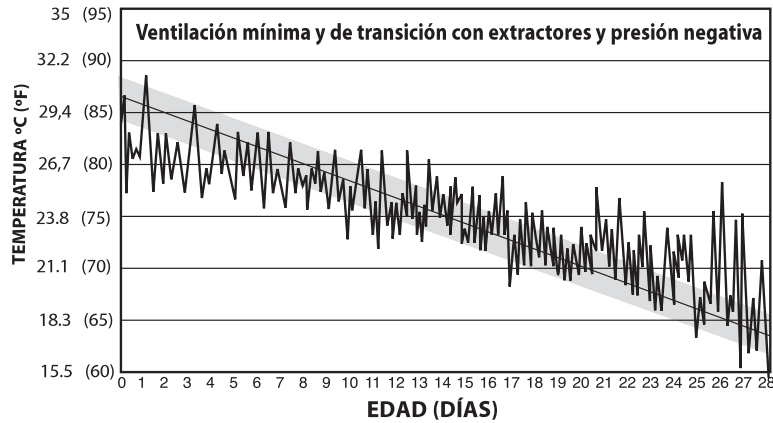


Figura 20. Factores de rendimiento registrados en un galpón con ventilación de túnel más enfriamiento evaporativo (EE) vs. un galpón convencional con ventilación a base de cortinas en el Sureste de EE.UU., en verano

Pollos de 58 días	Peso del pollo Kg (lb)	Conversión alimenticia	Viabilidad	Decomisos %	Costo en vivo Cent. de dólar (lb)
Túnel + EE	3.26 (7.2)	2.18	92.4	1.71	21.8
Convencional	3.1 (6.85)	2.24	88.1	1.90	22.5

En el Sureste de EE.UU., en verano, la ventilación de túnel con enfriamiento evaporativo mejoró el rendimiento en todos los parámetros de importancia.

Figura 21. Investigaciones del Departamento de Agricultura de EE.UU.: efectos de diferentes velocidades de viento sobre el peso de las aves y la conversión alimenticia en condiciones de calor.

Velocidad del aire m (pies) por minuto	Peso de las aves (lb)	Ganancia en la semana precedente (lbs)	Conversión alimenticia para esa semana
<b>Después de la semana 4:</b>			
18 (600)	2.826	1.276	1.495
12 (400)	2.803	1.252	1.482
Aire estático	2.720	1.167	1.521
<b>Después de la semana 5:</b>			
18 (600)	4.284	1.458	1.712
12 (400)	4.235	1.432	1.698
Aire estático	3.936	1.216	1.804
<b>Después de la semana 6:</b>			
18 (600)	5.737	1.453	1.966
12 (400)	5.559	1.324	2.080
Aire estático	4.847	0.911	2.469
<b>Después de la semana 7:</b>			
18 (600)	7.065	1.328	2.277
12 (400)	6.654	1.096	2.610
Aire estático	5.588	0.721	3.026

La investigación bajo condiciones controladas ha demostrado que el viento a alta velocidad es especialmente benéfico para el rendimiento de las aves más grandes.

Resulta significativo el hecho de que estos resultados se registraron durante los primeros 28 días del crecimiento de la parvada.

Se ha demostrado que, en etapas posteriores del engorde y en clima más caluroso, especialmente cuando las aves se desarrollan a mayores pesos de mercado (de 1.8 a 3.6 Kg [de 4 a 8 lb]) la ventilación de túnel con enfriamiento evaporativo brinda una ventaja definitiva en cuanto al rendimiento. El cuadro de la página anterior (Figura 20) muestra los datos reales de campo registrados en una operación comercial de pollo de engorde durante ciclos de producción en verano en la región Sureste de EE.UU., comparando galpones convencionales con cortinas y galpones con ventilación de túnel y enfriamiento evaporativo.

Los investigadores del Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA) realizaron otro estudio que demuestra el potencial de los galpones modernos con ventilación de túnel de lograr mejor rendimiento en las aves. Compararon los efectos de diferentes velocidades del viento en los galpones de túnel bajo condiciones de calor, sobre el peso de las aves y su eficiencia alimenticia (Figura 21) en página anterior.

Debemos insistir en que los réditos potenciales de invertir en tecnología de ventilación sólo se logran si los sistemas están diseñados correctamente para el propósito que deben cumplir, prestando especial atención a la selección de los componentes. Es igualmente importante manejar el sistema correctamente.

En las siguientes secciones describiremos los factores clave para tomar decisiones sobre los componentes más importantes del sistema de ventilación.

### Selección de los Extractores

Es esencial tener buenos extractores para lograr un programa exitoso de ventilación. La consideración más importante es su capacidad de hacer fluir el aire o sea la cantidad de pies cúbicos por minuto (*cfm*) que mueva el extractor. Los extractores son el músculo que mueve al sistema de ventilación, por lo que es indispensable asegurarnos que los que se instalen muevan la cantidad de *cfm* que se necesite.

El factor clave del rendimiento de un extractor es su capacidad de flujo del aire ante una carga de presión estática.

#### Factores del Rendimiento de un Extractor

La capacidad de un extractor (*cfm's*) varía de acuerdo con la presión estática contra la cual esté funcionando el aparato. Cuando se trata de aire libre (como ocurre con un ventilador de agitación), con cero presión estática, el ventilador mueve la mayor cantidad de aire. En el caso de la presión negativa, los extractores deben traer el aire desde las entradas, a todo lo largo de la nave y sacarlo al exterior, por lo que tienen que trabajar contra una determinada cantidad de resistencia, que denominamos presión estática. Conforme ésta aumenta, disminuye la capacidad de movilización del aire. La proporción de flujo de aire de un ventilador (*cfm* a 0.20 pulgadas ÷ *cfm* a 0.05 pulgadas) indica qué tan bien mantiene su capacidad de flujo del aire ante una presión estática mayor. Las proporciones de flujo del aire varían de aproximadamente 0.65 a 0.90. Mientras más alta, mejor.

“La proporción de flujo de aire” indica qué tan bien un ventilador mantiene su capacidad de impulsar aire a una mayor presión estática. Mientras más alta sea la proporción, mejor.

La eficacia de los extractores (*cfm* por vatio), aunada al costo de la electricidad por kilovatio-hora, nos indica cuánto cuesta tener funcionando un ventilador para obtener un flujo dado del aire en *cfm*. Habitualmente, la eficiencia del extractor también se reduce conforme aumenta la presión estática.

Las curvas de rendimiento de los ventiladores son muy útiles para compararlos y juzgar cuál será el mejor para una situación dada. Estas curvas muestran ya sea la capacidad o la eficiencia del aparato, pues representan gráficamente cómo se modifica la capacidad del ventilador en *cfm* conforme se incrementa la presión estática, o bien nos indican cuál será la eficiencia en *cfm/vatio* a diferentes presiones estáticas. Las curvas que se presentan como ejemplos en las Figuras 22 y 23 (Pág. Sgte.) muestran las diferencias del rendimiento entre extractores típicos de baja eficiencia con tracción directa y los de alta eficiencia de 48 pulgadas accionados con bandas o correas.

Lo habitual es que los ventiladores se clasifiquen y su publicidad exprese su emisión de aire en *cfm* a una presión estática de 0.05 pulgadas. Esta es la norma estándar que suele utilizarse para los propósitos del diseño de la ventilación y es una presión estática operativa típica. Si la presión estática de un galpón se

eleva demasiado, más allá del rango operativo diseñado, lo cual puede ocurrir si las persianas o los tableros evaporativos se dejan ensuciar o si el área de las entradas de aire para la ventilación de túnel es insuficiente, los extractores no sacarán el volumen deseado de aire. Por ejemplo, el ventilador de alta eficiencia que se muestra en la Figura 22 moviliza 23,000 *cfm* a 0.05 pulgadas de presión estática, pero si a causa de un diseño deficiente, mal manejo o mal mantenimiento del galpón permitimos que la presión estática se eleve a 0.15 pulgadas, el flujo del aire cae a sólo 19,400 *cfm*, o sea una reducción del 16%.

La eficiencia del ventilador se mide en *cfm*/vatio. Un ventilador más eficiente, con mayor proporción de flujo del aire cuesta más pero tiene mejor rendimiento y ahorra en costos de electricidad a largo plazo.

Figura 22. Comparación de la capacidad de flujo de aire de los ventiladores (*cfm*)

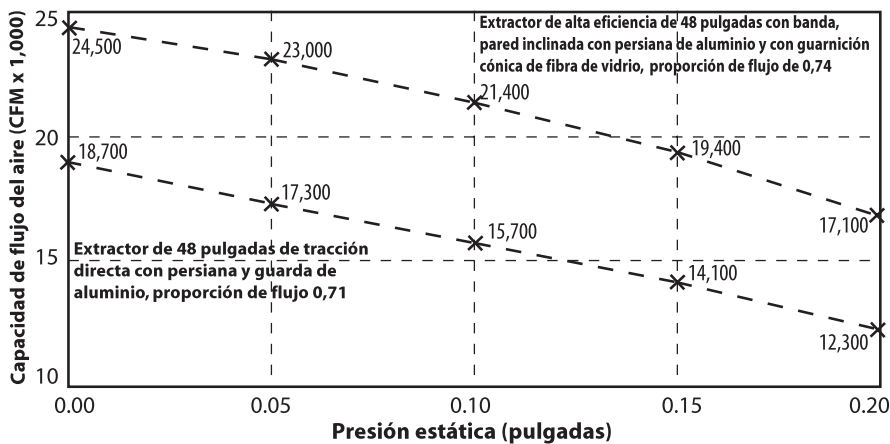
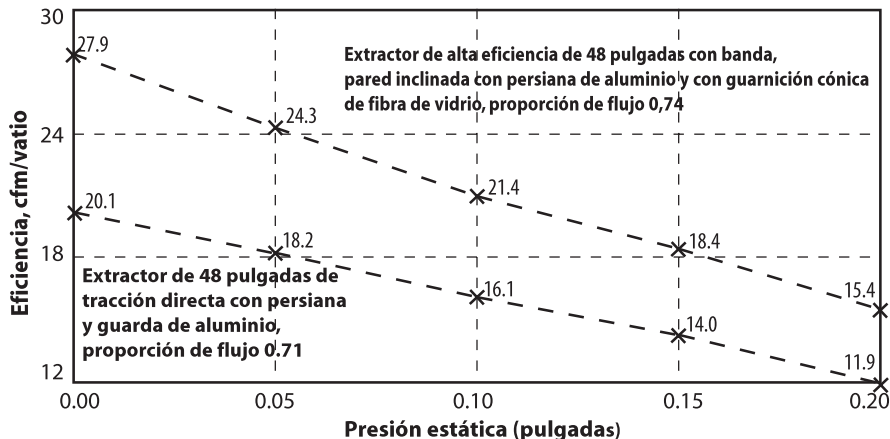


Figura 23. Comparación de la Eficiencia de los Ventiladores (*cfm*)/vatios.



Es necesario consultar las curvas de capacidad de flujo de aire y de eficiencia de los ventiladores para juzgar su rendimiento ante la gama de presiones estáticas en que se utilizará, y para calcular sus costos de operación.

### Factores de las Persianas de los Ventiladores

Cuando estén abiertas las persianas no deberán presentar resistencia al flujo de aire, o bien ésta deberá ser mínima, pero deben ser capaces de bloquear el paso del aire cuando estén cerradas. Pruebas recientes han demostrado que incluso las persianas de alta calidad, nuevas y limpias, colocadas frente a ventiladores de 48 pulgadas en sistema de ventilación de túnel, no logran cerrar herméticamente. Estas persianas supuestamente cerradas permitieron el paso de suficiente aire como para causar pérdidas de varios cientos de dólares por escape de calor en cada galpón durante la ventilación mínima en clima frío. Todavía más importante fue el hecho de que este paso involuntario del aire también altera el patrón necesario de flujo de aire y esto puede dañar el rendimiento de las aves.

Las persianas de los extractores deben cerrar herméticamente para evitar fugas de aire. Es necesario mantenerlas limpias para que funcionen a su capacidad teórica.

Si se utilizan persianas, se deberá tener siempre el cometido de mantenerlas limpias, pues en tan sólo una semana se puede acumular suficiente suciedad sobre ellas para reducir el paso del aire en 25%. Una razón para considerar el uso de extractores de cono o de pared inclinada, es que las persianas se monten dentro del galpón, donde resulta mucho más fácil limpiarlas.

## Factores para las Decisiones sobre el Sistema de Control Integral

Los controladores electrónicos modernos pueden ahorrar mucho tiempo y manejo, como ocurría al tener que reajustar los termostatos.

Un sistema de control electrónico integral proporciona un control siempre igual del ambiente interno del galpón 24 horas al día, 7 días por semana. Estos sistemas aumentan el costo significativamente pero esto se compensa gracias al mejor rendimiento de las aves, pues limita los altibajos de temperatura, reduciéndolos a un rango mucho más estrecho, acercándose al objetivo óptimo. Según se muestra en la Figura 24, un controlador electrónico es capaz de controlar estas oscilaciones en más o menos 1°C (2°F), mientras que los termostatos mecánicos típicos tienen un margen mucho más amplio, de más o menos 3 a 3.5°C (de 6 a 7°F). Los controladores integrados también eliminan el trabajo de cambiar individualmente los puntos de ajuste en controles separados, como ocurría con termostatos; no obstante, se sigue necesitando un ser humano calificado que supervise y opere el sistema de control integral.

Un buen controlador debe tener diversas capacidades, siendo indispensable que sean fáciles de manejar.

Todo buen sistema es fácil de aprender, lo cual significa que debe contar con una buena pantalla de despliegue para manejarlo mediante un menú. Debe ser capaz de mantener los sistemas de calefacción y ventilación de tal manera que no compitan entre sí y cambiar al galpón automáticamente de calefacción a ventilación mínima, de ésta a ventilación de transición y a ventilación de túnel con enfriamiento evaporativo (y viceversa). También debe contar con suficientes canales de datos para que usted no tenga que agregar contactos extra. Una parte importante de todo buen controlador integrado es una protección interconstruida contra altibajos y descargas abruptas de corriente.

Un controlador con recolección y despliegue de datos puede ser de gran ayuda para solucionar problemas y para mejorar las prácticas de manejo.

Un buen sistema de control debe incluir también la capacidad de separación por zonas, lo cual permite al encargado colocar sensores de temperatura en varias partes del galpón y fijar el controlador para utilizar diferentes conjuntos de sensores para distintas condiciones. Por ejemplo, si se practica la crianza en la mitad del galpón, el controlador trabajará sólo con los sensores del área de criadoras para operar la ventilación mínima durante esta etapa, pero para la ventilación de túnel en clima caluroso trabajará solamente considerando los sensores colocados en el extremo del galpón donde se encuentran los extractores.

Un buen controlador es capaz de mantener la temperatura del galpón en su nivel objetivo, +1°C (+2°F).

Los mejores controladores incorporan la característica de recolectar y desplegar los datos de tal manera que el encargado puede, por ejemplo, ver las temperaturas del galpón a diferentes intervalos durante las últimas 24 horas, o durante todo el engorde. Esta capacidad es extremadamente útil para solucionar problemas. Otra opción deseable en los controladores es que puedan ser monitoreados y controlados desde una posición remota, generalmente a través de una red de computadora personal; esto permite al gerente o al dueño revisar las condiciones del galpón desde su oficina o residencia, resolviendo los problemas conforme surjan.

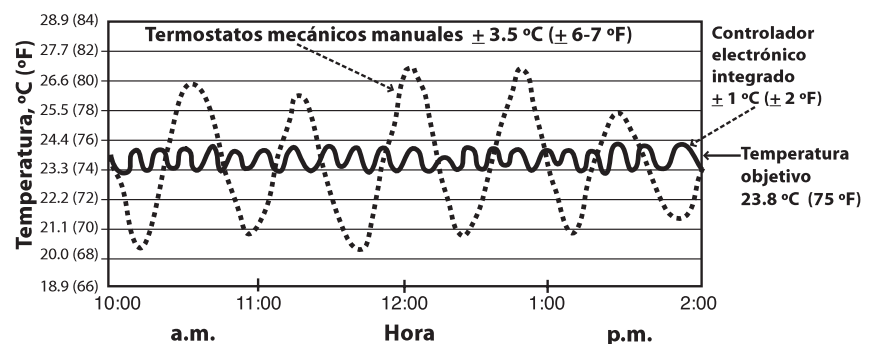
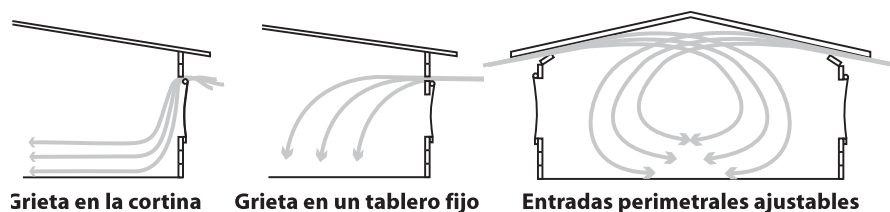


Figura 24. Como indica esta gráfica de temperaturas registradas, los controladores electrónicos integrados logran un mejor control de la temperatura dentro del galpón que los sistemas operados con termostatos. Por lo general el costo del controlador se justifica plenamente gracias al mejor rendimiento de la parvada

## Consideraciones sobre el Diseño de las Entradas de Aire

El diseño de las entradas de aire que se utilizan para la ventilación mínima y de transición es de gran importancia para lograr una buena mezcla del aire fresco de nuevo ingreso con el aire caliente dentro del galpón, sin permitir que el aire frío del exterior fluya directamente sobre las aves. Como ya indicamos, existen diversas variaciones en la colocación de los ventiladores y las entradas de aire capaces de lograr estos objetivos. El principio fundamental es introducir aire por entradas elevadas y a alta velocidad. Se ha descubierto que las entradas de aire ajustables con puerta de bisagras y montadas en una posición elevada alrededor del perímetro del galpón (en las paredes laterales o en aberturas en el techo) son superiores, pues producen el patrón necesario de flujo del aire. La Figura 25 muestra el patrón deseable de flujo del aire que se obtiene con entradas perimetrales ajustables, en contraposición al diseño de ventilación con entrada de aire en las cortinas.

El tamaño de la abertura es crítico y varía dependiendo del número de extractores que estén funcionando y de cambios en la presión estática. No obstante, el ajuste manual de estas entradas para mantener siempre el flujo del aire, es casi imposible. Las entradas de aire para clima frío que funcionan a base de sensores de la presión estática hacen los ajustes adecuados automáticamente, proporcionando mucho mejores condiciones para las aves de lo que se lograría sin ellas. Para obtener mayor información sobre el manejo de las entradas de aire, véase la página 31.



**Figura 25.** Durante la ventilación mínima o de transición, es importante evitar que el aire frío del exterior caiga directamente sobre la parvada. Las entradas de aire ajustables, ubicadas en puntos elevados alrededor del perímetro de la nave logran este objetivo, dirigiendo el aire hacia el interior de la construcción, por encima del nivel de las aves, de tal manera que se mezcla con el aire caliente que ya existe adentro antes de tener contacto con los animales.

## Beneficios de Usar Ventiladores de Mezclado

Incluso con el mejor manejo de las entradas de aire ajustables para proporcionar un buen mezclado del aire durante la ventilación mínima, los extractores de este tipo de sistema funcionan solamente una fracción del tiempo. Cuando se apagan los extractores, la mezcla del aire caliente en la parte superior de la nave con el aire frío que se dirige hacia el piso, se detiene. Los extractores de agitación, mezcla o circulación montados dentro del galpón pueden ayudar a impedir esta estratificación de las temperaturas, manteniendo a los pollos jóvenes más calientes y ayudando a eliminar más humedad de la cama.

Otro efecto cada vez más importante de usar ventiladores de mezclado es reducir los costos de combustible para calefacción. Los galpones bien aislados y bien manejados, provistos de entradas de aire ajustables, se ha visto que logran ahorros por combustible del 15 al 20%. Los galpones más antiguos con frecuencia logran mayores ahorros en combustible, aun cuando el costo total por este concepto probablemente sea más alto que el que se obtiene en un galpón moderno bien manejado y con buen aislamiento. Un galpón con calefacción por convección y/o techo elevado probablemente logre los mayores ahorros en combustible, en ocasiones hasta del 40%.

Se ha observado que tanto los ventiladores de paletas (tipo Casablanca) como los de aspas axiales son de utilidad. Los ventiladores de paletas por lo general funcionan mejor cuando se colocan horizontales para aventar el aire hacia arriba, mientras que los axiales se montan a lo largo del eje central del galpón y soplan horizontalmente. Los patrones de circulación del aire y los detalles de instalación

Se ha observado que las entradas de aire perimetrales ajustables, con puertas de bisagra son superiores pues producen el patrón necesario de flujo del aire para ventilación mínima y de transición.

Los ventiladores de circulación o mezclado del aire dentro del galpón pueden ayudar a reducir la estratificación de las temperaturas y economizar en combustible durante la ventilación mínima.

(típicos para la región Sureste de EE.UU.) se muestran en las Figuras 26 y 27.

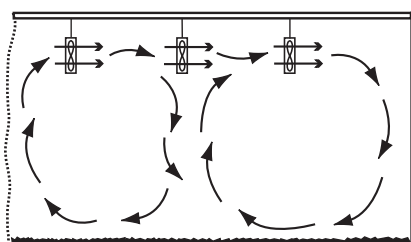


Figura 26. Detalles de una instalación típica (abajo) y patrón de circulación del aire (izquierda) logrado por los ventiladores de agitación con aspas axiales en un galpón de 12 x 150 m (40 x 500 pies).

Tanto los ventiladores de agitación con aspas axiales como los de paletas (tipo Casablanca) han demostrado ser útiles para mezclar los diferentes estratos de aire dentro del galpón. Los de paleta funcionan mejor cuando se colocan de tal manera que succionen el aire hacia arriba.

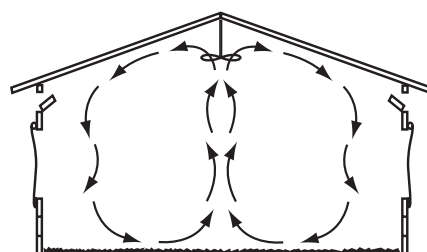
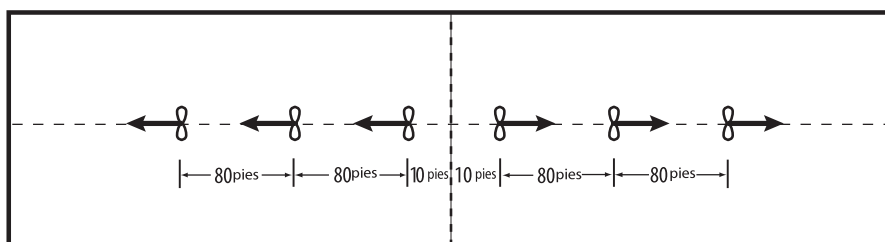
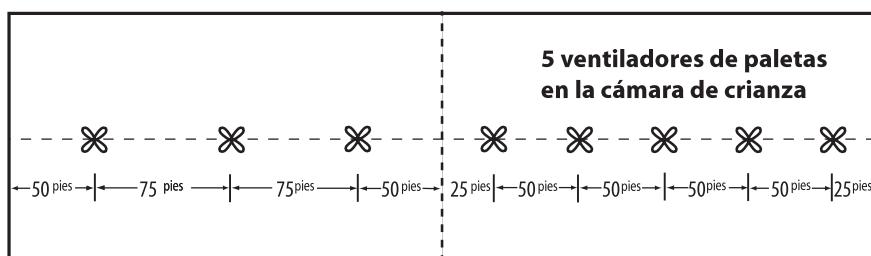


Figura 27. Detalles de una instalación típica (abajo) y del patrón de circulación del aire logrado por ventiladores de agitación con paletas (izquierda) en un galpón de 12 x 150 m (40 x 500 pies)



Los sistemas de enfriamiento evaporativo de tableros húmedos con agua recirculante proporcionan más enfriamiento que los nebulizadores, son más fáciles de mantener y no corren el riesgo de humedecer el galpón.

### Enfriamiento Evaporativo: ¿Nebulizadores o Tableros Húmedos?

El enfriamiento a base de tableros, cortinas o paneles húmedos se ha popularizado mucho más que los nebulizadores dentro del galpón, principalmente porque son más fáciles de manejar y no presentan el riesgo de humedecer la nave. También tienen mayor capacidad de enfriamiento. Sin embargo, un sistema bien diseñado de nebulizadores dentro del galpón, con o sin ventilación de túnel, puede ser muy eficiente y efectivo en los climas apropiados, si se maneja bien.

La dificultad con los nebulizadores es que si se lanza más agua de la que el aire puede absorber, habrá goteo sobre las aves y la cama. El sistema de nebulizadores se debe someter a buen mantenimiento para lanzar justamente la cantidad de agua correcta al aire y obtener el máximo enfriamiento, en su límite máximo, pero sin humedecer el galpón. Esto puede ser muy difícil de lograr y requiere de un encargado vigilante y activo. También es común que se tapen las boquillas, por lo que se requiere revisarlas con frecuencia. Para no tener problemas con la calidad del agua, ésta se deberá filtrar antes de ingresar al sistema.

### Enfriamiento con Tableros Evaporativos: ¿Cuántos Tableros se Necesitan?

Una meta razonable es lograr la eficiencia deseada con el enfriamiento utilizando el mínimo posible de panel húmedo, pero al mismo tiempo impedir que la presión

estática del galpón se eleve a más de 0.10 pulgadas. El error que se comete más comúnmente con los sistemas de enfriamiento evaporativo a base de tableros es no contar con suficiente área instalada de tablero, lo cual eleva demasiado la presión estática y esto reduce el flujo de aire que son capaces de lograr los extractores, a niveles inferiores de cfm de los que esperamos. El hecho de no contar con suficiente área de tablero húmedo también significa menor eficiencia de enfriamiento porque la velocidad del aire a través del tablero sería demasiado alta. Mientras menor sea la velocidad del aire al atravesar el panel o tablero húmedo, mayor será su eficiencia de enfriamiento

Nótese que la velocidad del aire a través de los paneles húmedos no es la misma que la velocidad del aire a lo largo del galpón ni la que pasa por las entradas de aire para la ventilación de túnel. El área del corte transversal del galpón es el factor que determina la velocidad del aire después de que ha entrado a la nave. Casi siempre, el área de los tableros húmedos tiene que ser mayor al corte transversal del galpón, toda vez que se necesita que el aire atraviese los tableros húmedos a baja velocidad para lograr una eficiencia adecuada del enfriamiento. La fórmula para determinar el área de tableros húmedos, asumiendo que conocemos la capacidad instalada de los extractores y la velocidad del aire necesaria para el diseño a través de los tableros húmedos, es la siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad instalada de} \\ \text{extractores de túnel} \\ \text{(cfm)} \end{array} \div \begin{array}{l} \text{Velocidad del aire} \\ \text{recomendada a través de los} \\ \text{tableros (pies/min)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Área total} \\ \text{requerida de} \\ \text{tableros (pies}^2\text{)} \end{array}$$

Los fabricantes recomiendan hacer pruebas para determinar la velocidad óptima del aire a través de los tableros húmedos.

### Necesidad de Sistemas de Respaldo, en Caso de Falla

Mientras más control ambiental tenga un galpón más necesidad tendrá de sistemas de respaldo o bien mecanismos que se pongan en marcha en caso de falla, para prevenir pérdidas catastróficas que resultarían si los controles dejasen de funcionar. En un galpón provisto de ventilación con cortinas debe existir un termostato conectado eléctricamente a un dispositivo que baje las cortinas si la temperatura se eleva demasiado. En los galpones con ventiladores, también se deberá contar con un sistema que abra las cortinas en caso de falla de corriente. En los galpones modernos es esencial tener un generador de emergencia, que no sólo prevendrá catástrofes sino que también permitirá que todo el sistema siga funcionando y las aves mantengan su rendimiento durante un apagón. Los sistemas de control integrados también deben tener el respaldo de un controlador independiente que permita que el sistema principal opere solamente dentro de una "ventana" de condiciones aceptables, por lo general de más o menos 5°C (10°F). Es necesario que los controles de respaldo cuenten con su propio sensor independiente, que generalmente se coloca a la mitad del galpón.

Es necesario tener alarmas que avisen si surgen problemas con varias funciones como temperatura, corriente eléctrica, activación de las bombas de agua, etc. Además de una alarma local, resulta de gran valor tener alarmas remotas con conexión a teléfonos y localizadores personales. Una alarma de gran utilidad estaría conectada a los controladores de las entradas de aire que se active dependiendo de la presión estática, con un sensor de las variaciones de presión y, dado que sería independiente del controlador principal, puede actuar para poner en marcha al sistema primario. Es necesario que todos los sistemas de respaldo y emergencia en caso de falla sean tan independientes cuanto sea posible; en otras palabras, que no estén sujetos a fallas si otro sistema dejase de funcionar.

### Orientación del Galpón

Es importante la manera como un galpón avícola se oriente en el terreno con respecto al ángulo del sol. La mejor orientación para lograr condiciones óptimas dentro de la nave es colocando el eje largo del techo corriendo cuando menos aproximadamente de este a oeste. En invierno esto permite que los rayos bajos del sol choquen con la pared lateral correspondiente a la mitad del día, contribuyendo

◀ **Un factor crítico para lograr el enfriamiento evaporativo efectivo sin cargar demasiado el trabajo de los extractores es contar con suficiente área instalada de tableros húmedos.**

◀ **Mientras más control ambiental tenga un galpón, más necesitará sistemas de respaldo y de emergencia para prevenir pérdidas catastróficas resultantes de falla en los controles**

◀ **Todos los sistemas de respaldo y emergencia deben ser tan independientes cuanto sea posible; en otras palabras, que no puedan fallar a causa de que otro sistema deje de funcionar.**

◀ **La mejor orientación del galpón para lograr condiciones óptimas en su interior es colocando el eje longitudinal del techo corriendo cuando menos aproximadamente de este a oeste.**

a calentar el galpón, pero en verano, cuando se desea minimizar la acumulación del calor, el sol del mediodía se encuentra en una posición mucho más alta en el cielo, de tal manera que el alero del techo impide que los rayos solares choquen con la pared lateral durante la mayor parte del día. El sol del mediodía sólo incide sobre el techo, que por lo general es la parte mejor aislada del galpón. Cuando las naves se ubican con una desviación de más de 10 a 15 grados con respecto al eje este-oeste, tienen posibilidades de usar más combustible en invierno y necesitan más ventilación en verano, además de un manejo más esmerado de la ventilación.

Es esencial contar con aislamiento térmico para ahorrar en combustible para calefacción. Los mejores materiales son la borra laminada, las láminas de material aislante y los rellenos laxos.

### Requerimientos del Aislamiento Térmico

Está ampliamente reconocido el valor del aislamiento para economizar en combustible para calefacción, en climas moderados y fríos. Los galpones provistos de un espacio de ático por encima del plafón deben tener un valor mínimo de aislamiento de R-19 sobre dicho plafón. Los galpones que tienen desnuda la estructura del techo (sin ático) deben tener un material aislante de cuando menos R-8 por debajo del techo, lo cual se puede lograr con láminas de espuma de poliuretano de 1.5 pulgadas, o bien con un tablero de esferas de poliestireno de 2 pulgadas. Los materiales que no han resultado adecuados para los galpones avícolas son las hojas reflejantes tipo metálico y los recubrimientos reflejantes para el techo, sobre todo si se utilizan solos, sin otros materiales aislantes como láminas de borra, tableros o rellenos laxos. Todo material aislante expuesto debe ser suficientemente resistente como para poder limpiarlo y que los pájaros no le causen daño. Se debe prestar especial atención para impedir que los materiales aislantes absorban humedad.

En clima caluroso es esencial contar con material aislante debajo del techo o encima del plafón para impedir que el calor radiante del sol incida hacia abajo, sobre la parvada.

En ocasiones, los gerentes de granjas ubicadas en áreas cálidas piensan que el material aislante es innecesario y antieconómico, pero debemos darnos cuenta de que independientemente de dónde se encuentre la explotación, las aves deben estar protegidas durante la temporada de calor contra los rayos solares que generan radiación térmica hacia abajo si el techo no está aislado. Este hecho se ha confirmado mediante estudios realizados en el Sureste de la Unión Americana, en galpones de pollo de engorde provistos de ventiladores y techo con estructura desnuda, idénticos en todos sus aspectos excepto por contar o no con material aislante debajo del techo. Cuando la temperatura exterior era de 32.8°C (91°F), la temperatura dentro del galpón aislado era de alrededor de 33.3°C (92°F) y la mortalidad fue muy baja, mientras que en el galpón que no contaba con material aislante la temperatura interna llegó hasta 37.2°C (99°F) y la mortalidad ascendió a 14%.

El calor irradiado a través de un techo o un plafón sin material aislante puede agregar más calor del que produce toda una parvada de 6 semanas de edad. No podemos esperar que los sistemas de ventilación –incluso con enfriamiento evaporativo– puedan manejar tal carga adicional de calor. El calor radiante es especialmente peligroso porque cae directamente sobre las aves sin calentar por sí solo el aire del interior. Es solamente después de que las aves han absorbido este calor extra que la temperatura del aire dentro de la nave comienza a elevarse y el problema se hace evidente. De no ser posible utilizar otras alternativas de material aislante, las hojas metálicas reflejantes o los recubrimientos reflejantes para el techo pueden proporcionar cierto alivio contra el calor radiante.

## CLAVES PARA MANEJAR GALPONES MODERNOS CON VENTILACIÓN DE TÚNEL

Véanse los principios básicos del funcionamiento de los modos de ventilación en las páginas 12 a 16.

La ventilación de túnel se inventó para dar a los avicultores una herramienta para mantener a sus pollos comiendo y aumentando de peso en clima caluroso o muy caluroso. Este método se ha popularizado tanto y es tan especial que las naves que funcionan con este sistema por lo general se denominan “casetas o galpones con ventilación de túnel”, aun cuando sólo funcionen bajo el modo de túnel una parte del año. La ventilación de túnel no es necesaria en todos los climas, pero se utiliza ampliamente en muchas regiones avícolas.

En la mayoría de las naves de “túnel” existen realmente tres modos básicos de ventilación y la terminología para describirlos es variable, pero para fines prácticos en esta publicación las denominaremos así: **modo de ventilación mínima para clima frío y aves pequeñas (crianza)**, **modo de ventilación de transición para**

## **clima moderado y aves medianas cuando es necesario eliminar calor y modo de ventilación de túnel para enfriamiento adicional en clima caluroso.**

Antes que nada, el manejo de un galpón moderno tipo túnel durante todo el año para obtener el máximo rendimiento de las aves (y un buen retorno sobre la inversión), requiere que podamos juzgar cuál es el mejor modo de ventilación para las aves en cualquier momento dado, para luego hacer los ajustes finos con el fin de mantener la temperatura y los demás factores de calidad del aire lo más cerca posible del óptimo. Actualmente los sistemas integrados de control electrónico facilitan mucho este trabajo, pues pueden cambiar de un modo a otro automáticamente, ajustando las tasas de ventilación conforme cambian las condiciones. No obstante, ni siquiera los controladores más inteligentes son infalibles, por lo que debemos monitorearlos. Todavía es más importante el hecho de que los ajustes o puntos de operación de los controladores deben ser determinados por un ser humano que tenga los conocimientos necesarios. **Sencillamente no hay sustituto para un buen encargado avícola que esté presente en el galpón con frecuencia, observando a las aves y haciendo los ajustes necesarios de control para obtener el mejor rendimiento y bienestar de los animales.**

Los controles modernos reducen el tiempo y el trabajo para manejarlos, pero no eliminan la necesidad de un buen encargado.

### **¿Cuál Modo de Ventilación se Necesita?**

La clave para tomar la decisión correcta sobre el modo de ventilación es conocer, en su caso, cuánto calor se debe eliminar del galpón y si se debe permitir que el aire del exterior fluya directamente sobre las aves. He aquí los principios básicos:

Mantener la ventilación mínima hasta que no sea necesario sacar calor del galpón.

#### **VENTILACIÓN MÍNIMA**

- No es necesario sacar calor de la nave; además, no es deseable que el aire de afuera tenga contacto directo con las aves. Esto se debe a que los pollos están demasiado pequeños y/o el aire del exterior está muy frío.
- Un reloj (y no un termostato) está controlando a los ventiladores, con el propósito de prevenir que se acumule la humedad, al tiempo de proporcionar aire fresco.
- Lo mejor es continuar con la ventilación mínima lo más posible para mantener a las aves cómodas de esta manera.

El modo de transición elimina el exceso de calor pero impide que el aire frío tenga contacto con las aves.

#### **VENTILACIÓN DE TRANSICIÓN**

Comienza cuando las aves alcanzan un cierto tamaño y/o cuando el aire de afuera está más caliente, de tal manera que se eleva la temperatura del aire dentro del galpón y comenzamos a necesitar echar fuera el calor excesivo. Se necesita un mayor recambio de aire, pero todavía no hace falta que el aire del exterior tenga contacto directo con las aves.

- La primera etapa de la ventilación de transición frecuentemente comienza cuando un sensor de temperatura prevalece sobre el reloj o “*timer*” para poner en marcha los extractores de ventilación mínima y, en algunos sistemas, poner en marcha algunos extractores adicionales (no de túnel) y las entradas de aire.
- Para eliminar todavía más el calor, se pueden utilizar alguno de los extractores de la ventilación de túnel para introducir aire a través de las entradas colocadas en las paredes laterales (modo de transición híbrido).
- El modo de transición se debe mantener siempre y cuando sea posible, eliminar adecuadamente el exceso de calor de esta manera.

Nota: Una alternativa que se utiliza comúnmente mezcla los conceptos de ventilación mínima y ventilación de transición bajo el término “ventilación forzada”. **Las distinciones entre ventilación regida por un reloj y ventilación regida por la temperatura, por una parte, y por la otra entre eliminación de calor sin enfriamiento por viento y el verdadero enfriamiento por viento son muy importantes y estos conceptos quedan claros con la terminología que empleamos aquí.**

Iniciar la ventilación de túnel cuando las aves necesitan enfriamiento. El intercambio de aire no podrá ya impedir que se eleve la temperatura del galpón más allá de la zona de confort de las aves.

#### **VENTILACIÓN DE TÚNEL**

- Cambiamos el modo de túnel solamente cuando ya no es posible mantener a las aves confortables bajo el sistema de transición. En otras palabras, cuando

necesitamos bajar la temperatura de las aves mediante el efecto de enfriamiento por viento que brinda la ventilación de túnel.

- Debemos tener mucho cuidado al cambiar del modo de transición a la ventilación de túnel si las aves tienen menos de cuatro semanas de edad, pues todavía experimentan un mayor enfriamiento por viento y se pueden estresar por la rápida caída de la temperatura efectiva.
- Lo deseable es comenzar y continuar con la ventilación de túnel sólo cuando las aves necesitan el enfriamiento por viento para mantenerse dentro de su zona de confort.

Todo buen encargado conoce la temperatura objetivo óptima para cada día del crecimiento de los pollos.

### Importancia de Permanecer en la Temperatura Objetivo

Es necesario que, cada día durante el período de engorde, el operador sepa cuál debe ser el objetivo de temperatura para dicho día, manejando el sistema de ventilación para mantenerla. El mantenimiento de la temperatura óptima es más crítico durante las primeras etapas del crecimiento. Las mermas del rendimiento de las aves jóvenes no se pueden compensar después. Una buena idea consiste en pegar en la pared la temperatura objetivo todos los días, cerca del controlador. En el caso del pollo de engorde, la temperatura óptima por lo general comienza cerca de los 32.2°C (90°F) el día 1, para ir bajando gradualmente hasta cerca de 21.1°C (70°F) la sexta semana (véase la Figura 28). Una persona se deberá encargar de comparar las temperaturas reales contra el objetivo a intervalos regulares a lo largo de cada día del engorde, haciendo los ajustes necesarios.

Durante la ventilación de túnel, el propósito es mantener la temperatura efectiva en el nivel objetivo óptimo. Ésta es la que las aves perciben y no la que leemos en el termómetro

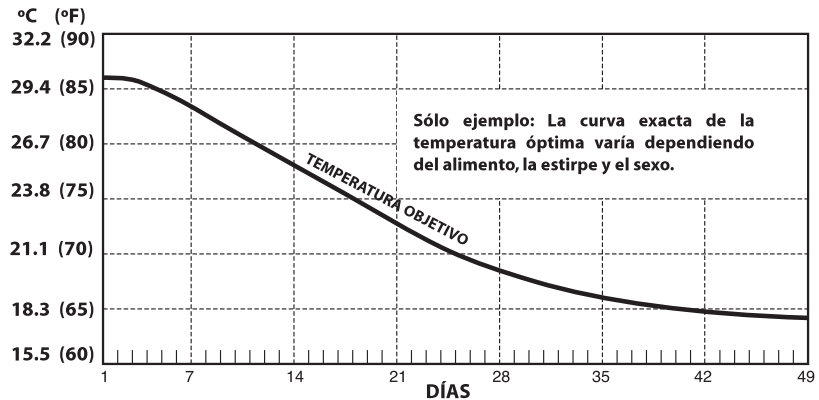


Figura 28: La temperatura a que las aves utilizan mejor el alimento para aumentar de peso comienza cerca de los 32.2°C (90°F) el primer día y se reduce a aproximadamente 21.1°C (70°F) hacia el final de la séptima semana. El permanecer cerca de la temperatura objetivo es de la mayor importancia durante la primera parte del engorde, pero para obtener el mejor rendimiento de la parvada los encargados deben hacer todo lo posible por mantener las temperaturas reales en el galpón dentro de 0.5 a 1°C (1-2°F) del objetivo, hasta iniciar la ventilación de túnel, cuando lo más importante es la temperatura efectiva que brinda el enfriamiento por viento.

No es deseable reducir la temperatura del termómetro al nivel objetivo si las aves están sometidas a enfriamiento por viento.

Lo que importa es lo que las aves están sintiendo y no lo que percibe el encargado, ni siquiera lo que indica un termómetro, sobre todo si está colocado a más de un metro del nivel de las aves. Es necesario que todos los termómetros, sensores y termostatos registren la temperatura a la altura de los pollos. Más aún, cuando un galpón se cambia al modo de ventilación de túnel, la temperatura que experimentan las aves NO es la misma que la que indica el termómetro. En el modo de túnel, el objetivo de manejo es mantener la temperatura equivalente al nivel objetivo. No es necesario ni deseable bajar la temperatura del termómetro al objetivo si las aves están experimentando el enfriamiento por viento. Debemos recordar esto particularmente durante las primeras etapas del engorde, pues puede ser desastroso someter a estos animales al enfriamiento por viento, pues requieren sentir temperaturas más altas que los pollos completamente emplumados.

Aun cuando no sea necesario eliminar calor, la ventilación es esencial para mantener la calidad del aire.

### Claves para Manejar la Ventilación Mínima

El propósito de la ventilación mínima es mantener la calidad del aire en cualquier momento cuando no es necesario extraer calor de la construcción. Esto significa

introducir sólo el aire fresco necesario para proporcionar el oxígeno adecuado y para impedir problemas de acumulación de humedad y generación de amoníaco.

**CLAVE #1 – Siempre que haya aves presentes es imperativo ventilar cuando menos durante un tiempo mínimo, sin importar cuál sea el clima exterior, ni siquiera cuando no sea necesario eliminar calor del interior.**

La cantidad de pérdida de calor durante la ventilación mínima adecuada es insignificante en comparación con los beneficios que se obtienen en el rendimiento de las aves. Aunque el amoníaco no represente problemas (como ocurre con la cama nueva) si no proporcionamos suficiente aire fresco y no impedimos la estratificación del aire a diferentes temperaturas dentro de la nave el costo puede ser muy alto en lo que se refiere a la salud y el rendimiento de los pollos. Por ejemplo, en un estudio realizado en EE.UU. se encontró que tan solo doce horas de deficiencia de oxígeno leve a moderada el primer día causaban un incremento significativo en la incidencia de ascitis (“agua en el abdomen”) y reducía la ganancia de peso al final del ciclo de engorde.

También es importante darnos cuenta de que no debemos preocuparnos por la humedad que ingrese al galpón durante la ventilación mínima. Para empezar, el aire frío no puede retener mucha humedad y, al calentarse mientras se mezcla con el aire del interior de la nave, su humedad relativa cae drásticamente. Esto permite que el flujo de aire de la ventilación a lo largo del edificio absorba y eche fuera el exceso de humedad. Podemos y debemos operar con ventilación mínima aunque afuera esté lloviendo y haga frío todo el día.

**CLAVE #2 – Aun cuando no debemos sacrificar la calidad del aire para economizar en combustible para calefacción, es extremadamente importante impedir que los pollos jóvenes se enfríen.**

Incluso un enfriamiento leve durante los días de la crianza reduce el peso corporal y aumenta tanto la conversión alimenticia como las reacciones posvacunales y la mortalidad. Los termómetros y termostatos se deben colocar al nivel de las aves y se debe impedir que el aire frío del exterior fluya directamente sobre los animales.

**CLAVE #3 – Antes de que lleguen los pollos es crítico precalentar la nave y la cama.**

La instalación de los pollos sobre cama fría daña su rendimiento. Una buena regla general es que la cama esté a 29.4°C (85°F) al momento en que llega la parvada nueva. Esto solamente se puede lograr si encendemos las criadoras 24 horas antes del arribo de los animales. Si sólo se cuenta con calefactores de convección como única fuente de calor, se deben encender 48 horas antes de la llegada. El estudio realizado en una empresa avícola ilustra los costos de no precalentar la nave pues se encontró que las mejores diez parvadas en términos de la menor mortalidad a siete días (0.7%) fueron las que se iniciaron con la cama a las temperaturas recomendadas, mientras que este parámetro fue del 4.0% en las diez peores parvadas cuyo promedio de temperatura en la cama a la recepción fue de 22.5°C (72.5°F).

**CLAVE #4 – La ventilación mínima debe estar gobernada por un reloj ajustado a cinco minutos de operación. Conforme las aves crecen y generan más humedad y calor será necesario aumentar el tiempo en que el sistema permanezca en marcha y/o incrementar el número de ventiladores.**

El uso de un reloj o “timer” ajustado a cinco minutos proporciona ciclos cortos y frecuentes de encendido y apagado, lo cual brinda más uniformidad y consistencia en las condiciones del galpón. Si el ciclo del reloj se ajusta a diez minutos o más, las condiciones de temperatura y calidad del aire presentarán amplias oscilaciones entre los extremos. Aun cuando las condiciones promedio puedan ser las mismas que con un ciclo de cinco minutos, las aves no tendrán en todo momento las condiciones óptimas. Una buena regla para determinar los puntos de ajuste del reloj de encendido y apagado es que la tasa de ventilación mínima que se requiere para iniciar la parvada es aproximadamente de 0.10 a 0.20 cfm/ave, dependiendo de la temperatura del aire exterior. La humedad relativa dentro de la nave y el contenido de agua de la cama, junto con el comportamiento de los animales, sirven como guía para establecer la tasa de ventilación mínima.

◀ El calor del galpón que se pierde durante la ventilación mínima es insignificante, comparada con los beneficios que se obtienen.

◀ Debemos mantener calientes especialmente a los pollos jóvenes. Precalentar el galpón y la cama antes de que llegue la nueva parvada, monitoreando la temperatura al nivel de las aves.

◀ La práctica de operar la ventilación mínima con el reloj ajustado a ciclos de 5 minutos minimiza los extremos de temperatura y humedad relativa, y proporciona un mejor ambiente para el crecimiento de los pollos.

Cambiar al modo de transición sólo cuando se necesite eliminar calor y la ventilación mínima no sea capaz de mantener confortables a las aves.

**CLAVE #5** – Un factor crítico para el éxito de la ventilación mínima es asegurarnos de que el aire frío de nuevo ingreso se mezcle uniformemente y se caliente con el aire del interior de la nave, antes de entrar en contacto con las aves .

Las entradas de aire perimetrales ajustables, operadas por controladores sensores de la presión estática son, con mucho, la mejor manera de lograr este propósito de manera consistente y continua. Si no se ajusta correctamente el área de las entradas de aire en coordinación con el movimiento del aire (cfm) que generen los ventiladores que se estén utilizando, el resultado será que la tasa de ventilación se reduce drásticamente por debajo de la necesaria o, por el contrario, el aire frío entrante puede caer directamente sobre las aves, causándoles estrés por baja temperatura (véase la Figura 29 en la página 32).

**CLAVE #6** – El cambio de modo de ventilación de transición ocurre cuando las aves están produciendo demasiado calor como para que la ventilación mínima pueda manejarlo.

Mientras más baja sea la temperatura externa y más jóvenes sean los pollos, más tiempo se requerirá para llegar al punto en que sea necesario cambiar del modo de ventilación mínima al de transición. Mientras más calor haga afuera y más grandes sean las aves, más pronto será necesario hacer el cambio.

### Claves para Manejar la Ventilación de Transición

El objetivo de la ventilación de transición es sacar suficiente calor para mantener la temperatura del galpón dentro de la zona de confort de las aves, pero al mismo tiempo no permitir que el aire de afuera fluya directamente sobre los animales.

**CLAVE #1** – Para tener éxito con la ventilación de transición, es esencial colocar entradas de aire en las paredes laterales, funcionando a través de un controlador sensor de la presión estática.

Es sumamente difícil o imposible ajustar manualmente el tamaño de la abertura de las entradas de aire para mantener la presión estática correcta conforme se modifica el número de extractores en marcha.

**Clave #2** – Nunca es deseable cambiar a la ventilación de túnel mientras siga siendo posible mantener el confort de las aves bajo el modo de transición.

Conforme aumenta la edad de los pollos y generan más calor por Kg de peso corporal, o conforme aumenta la temperatura externa, es necesario que saquemos cada vez más calor de la nave. En el caso de aves grandes en un galpón bien diseñado, si la temperatura externa está más de 5°C (10°F) por debajo del objetivo dentro de la nave, debe ser posible que mantengamos la temperatura objetivo utilizando la ventilación de transición. En este caso, no se debe utilizar la ventilación de túnel. Si las aves son pequeñas, debemos ser capaces de mantener la temperatura objetivo con la ventilación de transición aun cuando el diferencial de temperaturas adentro y afuera de la nave sea inferior a 5°C (10°F). El cambio demasiado pronto al modo de túnel también puede producir grandes diferencias de temperatura entre un extremo del galpón y otro, dañando el rendimiento de la parvada.

**CLAVE #3** – No hay problema si se cambia de un modo de ventilación a otro: mínimo, de transición o de túnel, conforme se modifiquen las condiciones.

Tal vez una parvada necesite ventilación de transición durante la noche y las primeras horas de la mañana, pero alguna forma de ventilación de túnel en las horas de calor del día. La cuestión es, con cuál de ellas se obtiene el mejor rendimiento de las aves.

**CLAVE #4** – Al juzgar el momento y la necesidad de cambiar a la ventilación de túnel, debemos recordar el efecto de enfriamiento por viento.

Si estamos utilizando al máximo la capacidad de la ventilación de transición, digamos que tenemos en operación cuatro extractores de la ventilación de túnel, y cambiamos al modo de esta última, las aves experimentarán una caída en la temperatura “equivalente” o “efectiva” que puede ser bastante inferior a la que indique el termómetro. Cuando las aves están más jóvenes y, por ende, son más sensibles al enfriamiento por viento, les puede resultar difícil adaptarse a la caída en la temperatura efectiva.

El hecho de cambiar de la ventilación de transición a la de túnel demasiado pronto puede dañar severamente el rendimiento de los animales.

## Claves para Manejar las Entradas de Aire Perimetrales

Tanto en la ventilación mínima como en la de transición, es esencial lograr el flujo correcto del aire a través de las entradas perimetrales, las cuales controlan la dirección en que se mueve el aire y afectan su velocidad al entrar a la nave, por lo que también controlan su mezcla. En clima frío, las entradas de aire constituyen la herramienta para ayudar a mezclar el aire frío de afuera con el aire caliente que está adentro del galpón para ahorrar combustible y mantener las temperaturas al nivel preciso. El buen manejo de las entradas impide que todo el aire caliente se concentre en la parte superior de la nave. Si no se manejan bien las entradas de aire se pueden observar diferenciales de temperatura hasta de 7.5 a 10°C (de 15 a 20°F) entre las temperaturas del piso y del techo. Por el contrario, el buen manejo puede mantener esta diferencia en 2.5°C (5°F).

Al manejar correctamente las entradas de aire también ahorramos combustible. En los galpones donde no se mezcla bien el aire se utiliza de 20 a 25% más combustible. Además, la combinación de temperatura y calidad del aire a partir del primer día probablemente sea el factor más significativo que afecta el rendimiento de la parvada. Los extremos de temperatura pueden ser devastadores durante el período de crianza, especialmente. El exceso de frío impacta dramáticamente la capacidad de las aves jóvenes de comer y beber adecuadamente y si el crecimiento temprano se hace lento, no será posible compensar estas mermas del rendimiento durante el resto de la vida de la parvada. El manejo correcto de las entradas de aire para proporcionar a las aves la temperatura y la calidad de aire que requieren es absolutamente esencial.

**CLAVE #1 – El manejo de las entradas de aire comienza al asegurarnos de que el galpón esté herméticamente sellado, sin fugas de aire alrededor de puertas, cortinas, a través de desgarres del material aislante, etc., pues esto reduce la fuerza del aire al entrar.**

**CLAVE #2 – El siguiente paso es asegurarnos de que las entradas de aire estén abriendo correctamente. Las dimensiones de la abertura de las entradas de aire se deben ajustar para lograr tanto la presión estática deseada como el flujo del aire por todo el galpón. Véase la figura 29 en la siguiente página.**

Para que las entradas de aire perimetrales permitan el flujo del aire correcto es necesario que abran como mínimo de 2 a 3 pulgadas, tratándose de las instaladas en las paredes laterales o de 1 a 1.5 pulgadas si están colocadas en el techo. Si las entradas se abren más de su posición “completamente abierta” (abertura en la punta del tablero igual a la abertura de la garganta de la entrada) esto no aumenta el flujo del aire. Esta abertura excesiva de las entradas de aire tiende a dirigir el aire hacia abajo, directamente sobre las aves. Sólo se logra el flujo correcto del aire cuando las entradas tienen la abertura correcta.

**CLAVE #3 – Utilizar un controlador operado en función de la presión estática para modificar la abertura de las entradas de aire.**

Es casi imposible operar manualmente las entradas de aire, porque sería necesario hacer ajustes cada vez que un extractor encienda o apague. El control de la presión estática es capaz de sentirla y así abre o cierra las entradas para permitir el paso exacto del aire que producirá la presión estática deseada y, con ello, el patrón de flujo del aire correcto. Estas máquinas funcionan muy bien y han beneficiado mucho a nuestra industria.

**CLAVE #4 – El número de entradas de aire que se permita que funcionen, se debe ajustar a la capacidad total de los extractores que se estén utilizando.**

El decidir cuántas de las entradas de aire instaladas se utilizarán realmente es un aspecto de su manejo que debemos controlar manualmente. Un galpón típico de pollo de engorde tendrá suficientes entradas instaladas para manejar la mitad de la capacidad total instalada de extractores, pero cuando sólo se estén utilizando uno o dos de ellos, como ocurre durante la crianza, necesitamos reducir el número de entradas que deberán abrir. La razón de ello es que si la cantidad de entradas de aire en operación es excesiva para el número de extractores en funcionamiento, la máquina de la presión estática deberá cerrar demasiado la abertura de las entradas de aire para mantener dicha presión y, por ello, será imposible lograr el flujo del aire correcto por toda la nave.

En clima frío, las entradas de aire perimetrales son la herramienta que nos ayuda a mezclar el aire frío del exterior con el aire caliente que se encuentra dentro del galpón.

El manejo correcto de las entradas de aire perimetrales puede reducir los costos del combustible para calefacción hasta en un 20%.

Las entradas de aire colocadas en las paredes laterales deben abrir cuando menos de 2 a 3 pulgadas, mientras que las instaladas en el techo deben abrir de 1 a 1.5 pulgadas, para proporcionar un buen flujo de aire.

El número de entradas de aire que se permita que trabajen deberá ser acorde a la capacidad total de los extractores que se estén utilizando.

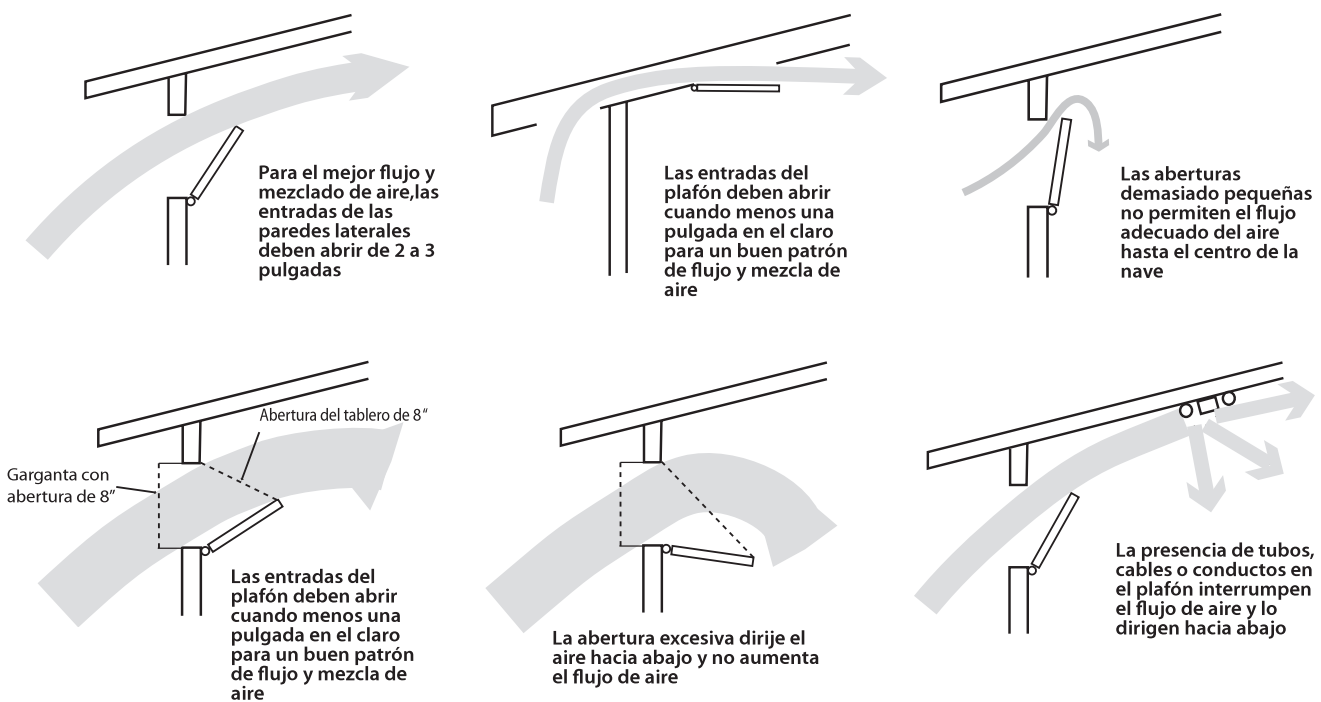
Una regla general es tener aproximadamente 15 entradas de aire perimetrales en operación por cada extractor de 48 pulgadas que se esté usando.

Cuando se estén utilizando todas las entradas de aire, si se pone en marcha sólo un extractor de 48 pulgadas, la máquina de la presión estática abrirá las entradas sólo aproximadamente de un cuarto a media pulgada, por lo que el aire ingresará con muy poca fuerza al galpón cayendo al piso inmediatamente después de pasar por las entradas. Bajo estas circunstancias el aire no se puede mezclar bien porque no existe una verdadera corriente de aire y no tiene velocidad. Esto hace que se moje la cama, que aumente la humedad relativa, el nivel de amoníaco y el uso de combustible, generando aire de mala calidad. La clave consiste en acoplar el número de entradas de aire en uso con la capacidad de los extractores en operación durante un día o un periodo dado del engorde.

Para lograr buen flujo del aire durante los primeros días de vida de la parvada, cuando se utilice sólo un extractor de 48 pulgadas (o dos de 36 pulgadas) bajo el sistema de crianza en medio galpón, por lo general es necesario cerrar y asegurar una entrada de aire sí y otra no en la cámara de crianza, manteniendo todas las entradas cerradas en la otra mitad que se utilizará durante el resto del engorde. Esto permitirá que 15 entradas de aire distribuidas homogéneamente en la cámara de crianza respondan a la máquina que las maneja. Solamente habría que quitar el seguro de más entradas de la cámara de crianza en caso de necesitar poner en marcha más extractores. Una vez liberada la parvada hay que abrir más entradas de aire en la otra mitad del galpón, conforme se utilicen más extractores.

Una buena regla en los galpones de túnel consiste en tener aproximadamente 15 entradas operativas por cada extractor de 48 pulgadas que habrá de funcionar durante la fase de crecimiento, dependiendo también del clima prevalente.

Figura 29. Aberturas correctas e incorrectas de las entradas de aire



**CLAVE #5 – Evitar colocar cualquier cosa que obstruya el flujo del aire en dirección hacia adentro, a partir de las entradas de aire.**

Es frecuente que las líneas de agua y electricidad se fijen al techo exactamente en la ruta de paso del aire a partir de las entradas, por lo que cuando el chorro de aire choca con ellas se rompe y se desvía hacia abajo, dando al traste con el objetivo de introducir aire a alta velocidad en forma de corriente que fluya libremente paralelo al techo, hasta el centro de la nave.

**Claves para Manejar la Ventilación de Túnel**

El propósito de la ventilación de túnel es el enfriamiento, por lo que ponemos en marcha este modo sólo cuando ya no es posible mantener a las aves confortables

eliminando el calor de la nave y necesitan el efecto del enfriamiento por viento; además, en clima demasiado caluroso también se requiere la reducción real de la temperatura que brinda el enfriamiento evaporativo.

**CLAVE #1 – El éxito en el manejo de la ventilación de túnel depende de comprender la temperatura efectiva o equivalente que produce el efecto del enfriamiento por viento.**

Para determinar la temperatura efectiva de las aves, usted deberá tomar la lectura del termómetro dentro del galpón y restarle el número de grados de enfriamiento por viento que estime que las aves están sintiendo. La determinación de la temperatura equivalente no es una ciencia exacta, toda vez que la temperatura que sienten los animales depende muchísimo de su edad (en otras palabras, de su nivel de emplume y su tamaño corporal) así como de la velocidad del aire. Conservando todos los demás factores iguales, la caída en la temperatura será:

- Mayor para aves jóvenes y menor para aves de mayor edad;
- Mayor cuando la temperatura es más baja y menor ante temperaturas elevadas.

El efecto del enfriamiento por viento disminuye conforme nos acercamos a los 35°C (95°F) y desaparece completamente al aproximarnos a los 37.8°C (100°F).

**CLAVE #2 – Se debe tener extrema precaución cuando las aves se sometan a la ventilación de túnel.**

El efecto del enfriamiento por viento en pollos de 4 semanas puede ser el doble del que sienten las aves de 7 semanas de edad. Es frecuente que los productores tengan problemas al tratar de aplicar la ventilación de túnel a aves jóvenes cuando el clima está demasiado frío. Sin embargo, bajo condiciones de calor extremo puede ser necesario ventilar a los pollos de un día de edad utilizando dos o tres extractores del sistema de túnel.

**CLAVE #3 – Para determinar el efecto del enfriamiento por viento en una situación dada, usted deberá observar el comportamiento de las aves para detectar cualquier signo que indique que tienen demasiado calor o demasiado frío.**

No hay manera de predecir ni calcular exactamente cuál será el nivel del enfriamiento por viento. Los signos más importantes que debemos buscar para detectar si las aves están incómodas son:

- Cuando los pollos tienen demasiado calor emigran hacia áreas más frescas o con mayor flujo de aire, mantienen las plumas más cerca del cuerpo, bajan o elevan las alas para que el aire circule mejor y las enfríe, beben más agua y consumen menos alimento. Si dejan de comer y comienzan a jadear y, particularmente si las áreas de la piel normalmente rosadas adquieren un color rojo oscuro, definitivamente se están sobrecalentando.
- Cuando las aves tienen demasiado frío, tienden a echarse sobre el piso en un intento de evitar las corrientes de aire frío, se alejan de la dirección del viento en movimiento y se aglomeran, esponjando las plumas para incrementar su valor aislante

**CLAVE #4 – Puede ser de gran ayuda desarrollar lineamientos para utilizar la ventilación de túnel con base a su situación y a su experiencia.**

A continuación presentamos ejemplos de algunos lineamientos para juzgar si usted debe accionar la ventilación en modo de túnel o de transición. Precaución: estos son sólo lineamientos generales, por lo que se deberán coordinar con la conducta de las aves.

- Si la temperatura exterior es inferior a 21.1°C (70°F), y los pollos tienen 4 semanas de edad, hay que permanecer en el modo de transición.
- Si la temperatura exterior es de 18.3°C (65°F) y las aves tienen de 5 a 8 semanas de edad, hay que permanecer en el modo de transición.
- Si la temperatura exterior es de 15.5°C (60°F) o menos y las aves tienen 8 semanas de edad, hay que permanecer en el modo de transición. De hecho, si la temperatura fuera de la nave está demasiado baja, la ventilación de túnel daña a las aves más que ayudarlas.
- Bajo condiciones normales y con pollos completamente emplumados, nunca utilice el modo de túnel con menos de la mitad de los extractores instalados para este tipo de ventilación, pues esto tendría más perjuicios que beneficios,

El efecto del enfriamiento por viento depende más que nada de la edad de las aves y de la velocidad del aire.

El enfriamiento por viento en pollos de 4 semanas de edad puede ser el doble del que experimentan a las 7 semanas.

Si hace demasiado frío afuera, la ventilación de túnel puede dañar a las aves más que beneficiarlas. La edad de los pollos es el factor crítico.

especialmente en lo que se refiere a la uniformidad de la temperatura. Si usted puede lograr su objetivo con menos de la mitad de los extractores, mejor permanezca en el modo de ventilación de transición.

**CLAVE #5 – Supervise la diferencia de temperatura interna entre el extremo de entradas de aire y el extremo de los extractores del galpón. Este dato le puede indicar dos cosas distintas, dependiendo de la situación:**

- Durante el modo de túnel en clima caluroso, una diferencia de temperaturas muy superior a 2.5°C (5°F) (normal) puede indicar que el flujo del aire es insuficiente o bien que existen infiltraciones que dejan pasar aire caliente a la nave. En esta situación, verifique la velocidad del aire y revise si existe suciedad en los extractores, las persianas y/o los tableros húmedos, si hay puertas abiertas u otros puntos por donde se esté colando el aire indebidamente.
- En clima frío y con aves pequeñas, una diferencia superior a 2.5°C (5°F) de elevación de la temperatura entre un extremo y otro del galpón durante la ventilación de túnel puede indicar que sería mejor pasar a la ventilación de transición y no utilizar la de túnel. Bajo estas condiciones, la elevación de la temperatura de un extremo a otro de la nave le puede estar diciendo que el aire de nuevo ingreso está demasiado frío y conforme atraviesa la construcción está recogiendo más calor de lo deseable. Esto no ocurre con la ventilación de transición pues el aire ingresa uniformemente por todas las entradas perimetrales que se encuentran alrededor del galpón.

La diferencia de temperatura entre un extremo y otro del galpón puede indicar deficiencias en el flujo del aire o la necesidad de regresar a la ventilación de transición y no utilizar ya la de túnel.

**CLAVE #6 – Es necesario instalar cercas tan pronto se cambie de la fase de crianza a la ventilación en todo el galpón.**

Cuando se esté utilizando la ventilación de túnel para enfriamiento, las aves tenderán a moverse hacia adelante, aglomerándose en el extremo de las entradas de aire del galpón, que es el más fresco. Las cercas antimigratorias mantendrán a los pollos bien distribuidos y el hecho de tenerlos así asegura que las condiciones para el crecimiento son iguales en toda la nave. Las cercas bien instaladas son vitales para el buen funcionamiento de los galpones de túnel. Su altura debe ser de 45 a 60 cm (18 a 24 pulgadas) y deben permitir que el aire las atraviese para que circule bien alrededor de los animales.

El uso de cercas antimigratorias mantiene a los pollos bien distribuidos y asegura que las condiciones para su crecimiento sean uniformes en toda la nave.

**CLAVE #7 – Si usted nota cualquier signo que indique que las aves están demasiado calientes durante la ventilación de túnel mientras el sistema está funcionando correctamente, llegó la hora de encender el enfriamiento evaporativo. No obstante, cualquier día en que usted espere que la temperatura llegue a la franja de los 32.2°C (90°F), tal vez lo mejor sería encender el enfriamiento evaporativo antes de llegar al punto en que estén en marcha todos los extractores de la ventilación de túnel.**

Hay que encender el enfriamiento evaporativo antes que las aves comiencen a sentir estrés por calor y antes de que se pongan en marcha todos los extractores de la ventilación de túnel.

Véanse más explicaciones al respecto en la siguiente sección.

### Claves para Manejar la Ventilación de Túnel + El Enfriamiento Evaporativo

El objetivo del enfriamiento evaporativo en todo galpón moderno con ventilación de túnel es trabajar en combinación con el enfriamiento por viento para mantener a las aves cerca de su zona de temperatura de confort. El enfriamiento evaporativo amplía la gama de condiciones bajo las cuales las aves pueden alcanzar su máximo rendimiento. No es necesario que el sistema de enfriamiento evaporativo reduzca la temperatura del aire a la lectura real del termómetro, sino que sólo debe hacerlo al rango en que la reducción adicional de la temperatura efectiva producida por el movimiento del aire de la ventilación de túnel permita lograr el objetivo.

El enfriamiento evaporativo sólo debe bajar la lectura del termómetro a la banda en que el enfriamiento por viento pueda mantener a los pollos confortables.

Por ejemplo, si la temperatura exterior es de 35°C (95°F) y nuestro sistema puede generar un enfriamiento evaporativo de 6.7°C (12°F), la temperatura real del aire que ingrese al galpón será de 28.3°C (83°F). Si el efecto del enfriamiento por viento que da una velocidad del aire de 150 m (500 pies)/minuto es de otros 5.6°C (10°F), la temperatura efectiva que sentirán las aves será 22.7°C (73°F), la cual es muy cercana a la óptima para aves completamente emplumadas.

**CLAVE #1 – El enfriamiento evaporativo se debe encender o se debe programar para que encienda antes de que las aves comiencen a sentirse incómodas por el exceso de calor.**

Para pollos totalmente emplumados esto puede ser de 26.7 a 29.4°C (de 80 a 85°F) como rango de temperatura del aire. Es más fácil y mejor impedir que ocurra la acumulación de calor en un galpón que reducir la carga de calor luego de que ésta ha alcanzado niveles muy altos.

**CLAVE #2 – No debemos retrasar el enfriamiento evaporativo hasta que la ventilación de túnel esté trabajando al máximo y todos los extractores estén en marcha.**

La práctica de tener en marcha digamos seis de ocho extractores además del enfriamiento evaporativo puede ser particularmente benéfico, sobre todo con pollos jóvenes, que son más sensibles al enfriamiento por viento. El uso de menos extractores reduce la velocidad del viento y el enfriamiento evaporativo es más eficiente cuando funciona con menor velocidad de viento, de tal manera que usted puede obtener el mismo enfriamiento efectivo pero a un costo menor.

**CLAVE #3 – Una buena regla general es que los sistemas de enfriamiento evaporativo no se deben utilizar cuando la humedad relativa sea superior al 80%, lo que en muchos lugares ocurre después del ocaso o antes de las 9 A.M.**

Por lo general, las temperaturas nocturnas bajan significativamente y, en muchas áreas, la humedad durante las horas de la noche puede ser tan elevada en verano que las aves casi no experimentan enfriamiento alguno. Por otra parte, rara vez existe suficiente humedad relativa durante los días calurosos de verano en la mayoría de las regiones como para tener que apagar los aspersores, nebulizadores o tableros húmedos si su secuencia de operación está bien programada. El enfriamiento evaporativo brinda pocos beneficios si la humedad relativa es muy superior al 80%; sin embargo, conforme avanza un día caluroso y aumenta la temperatura del aire, el efecto benéfico que podemos obtener del enfriamiento evaporativo también se incrementa.

**CLAVE #4 –** Los sistemas provistos de paneles húmedos funcionan bien solamente cuando el aire entrante atraviesa dichos paneles estando completamente humedecidos y limpios, lo que significa que es particularmente importante el buen mantenimiento y la supervisión del sistema y del galpón. Ninguna puerta deberá estar abierta ni habrá de permitirse que existan fugas de aire, debiendo tener las cortinas herméticamente selladas contra el galpón. Es necesario que la velocidad de bombeo del agua sea correcta, además de impedir que se tapen los tableros húmedos. El hecho de reducir el número de ciclos de encendido y apagado es siempre benéfico y permite que los tableros se sequen completamente durante la noche, apagando el bombeo del agua pero manteniendo encendidos los ventiladores.

### El Manejo Incluye Monitoreo

(N. del T.: monitoreo = supervisión del sistema y registro de los datos por escrito). Probablemente la parte más difícil de una ventilación correcta es que por lo general no se puede ver el movimiento del aire. Lo primero y lo más importante que debemos monitorear es el comportamiento de los pollos, pues si están comiendo y bebiendo normalmente, y están distribuidos parejos por toda la nave, significa que están bien... de lo contrario, existe un problema que usted deberá investigar.

También es importante vigilar otros indicadores clave como la temperatura, el movimiento del aire, la humedad relativa y la presión estática, lo que le puede indicar problemas costosos de los que no estaba advertido, ayudándole a solucionarlos antes de que ocurran. He aquí algunas formas de monitoreo:

#### Temperatura

- Los grandes termómetros de disco que observamos en la mayoría de los galpones son prácticos y fáciles de operar, pero son inexactos. Los termómetros de mercurio con registro de temperaturas alta y baja son más precisos y le permiten ver los altibajos de temperatura, pudiendo llevar una bitácora de ellos. Los termómetros y humidistatos que cuentan con capacidad de registro imprimen los datos de temperatura o humedad con sus variaciones dentro de la nave, lo cual puede ser extremadamente valioso.

◀ El hecho de encender el enfriamiento evaporativo sin que todos los extractores estén funcionando resulta económico y puede ser benéfico para las aves jóvenes.

◀ Regla general: No encienda el enfriamiento evaporativo después del ocaso ni antes de las 9 A.M.

◀ El buen mantenimiento es especialmente importante para el éxito con el enfriamiento evaporativo.

◀ Trabajo de monitoreo #1: Observar la conducta de los pollos.

◀ La temperatura es extremadamente importante: Invierta en buenos termómetros y colóquelos en los lugares adecuados.

Un termómetro infrarrojo nos ayuda a detectar diferentes tipos de problemas.

- Coloque termómetros en puntos altos y bajos de la nave para ver cuánta estratificación del aire y la temperatura tiene. La lectura más crítica es la temperatura al nivel de las aves. Se necesitan cuando menos tres termómetros a la altura de los pollos, a saber: en frente, a la mitad y en la parte posterior del galpón.
- Las combinaciones manuales de termómetro y humidistato digitales no son demasiado caras, reaccionan con rapidez y se pueden utilizar para calibrar los termómetros de mercurio.
- Un termómetro infrarrojo le muestra la temperatura de cualquier superficie que usted señale con él y no la temperatura del aire. Aunque son más costosos, le pueden mostrar problemas graves que de otra manera usted no podría detectar como rupturas en el material aislante del techo, pisos fríos, calentamiento excesivo de motores o de interruptores de circuito, etc.

#### Movimiento del Aire

Los medidores de la velocidad del aire y los listones ondulantes evitan mucha especulación sobre el manejo de la ventilación.

- Actualmente existen medidores de la velocidad del aire que son fáciles de usar, precisos y económicos. Estos dispositivos económicos no cuestan mucho y son suficientemente exactos como para sernos de utilidad. Un modelo manual que incluye un termómetro es especialmente útil y práctico para supervisar las condiciones de la nave.
- La colocación estratégica de listones livianos de la longitud adecuada es un buen indicador del flujo del aire, pues actúan como banderas flotantes. Le conviene colocarlos a lo largo del techo pero también al nivel de las aves. Un indicador ondulante no le dice que el movimiento del aire en ese lugar sea perfecto, sino sólo que hay un cierto viento. Si dicho indicador está colgando sin moverse cuando debiera estar ondulando, definitivamente le indica que existe un problema.

#### Humedad Relativa

- El monitoreo de la humedad relativa también requiere de algunos instrumentos, pues es imposible que usted “sienta” diferencias en la humedad relativa que le indiquen pérdida del rendimiento de las aves, si continúan. Para revisar fácilmente las tendencias de la humedad hacia arriba o hacia abajo, utilice un medidor de humedad relativa (humidistato) digital que no sea caro, pero que tenga una precisión de aproximadamente  $\pm 5\%$ . Un aparato digital de estos, pero de alta precisión, cuesta más pero su exactitud es de aproximadamente  $\pm 2\%$ . Una vez más, usted desea saber lo que está ocurriendo al nivel de las aves, por lo que deberá descender a donde éstas se encuentran para realizar las verificaciones.

Un medidor de la presión estática le ayudará a detectar infiltraciones de aire, problemas con las persianas, extractores defectuosos, etc.

#### Presión Estática

- El monitoreo de la presión estática con el paso del tiempo y ante las condiciones dadas es especialmente útil para detectar problemas como infiltraciones de aire, abertura incompleta de las persianas, reducción del rendimiento de los extractores, etc. Existen en el mercado manómetros manuales o de pared que son económicos y fáciles de usar. Los medidores tipo Magnehelic son un poco más caros pero también son más exactos.

NOTA: Consiga la ayuda de expertos siempre que pueda. El personal de servicio de la compañía, los asesores y los especialistas de las universidades (si los puede conseguir) tienen buen equipo de monitoreo o tal vez puedan conseguirlo. Le pueden dar consejos, ayudarlo a verificar sus galpones periódicamente y enseñarle cómo hacerlo usted mismo.

## FACTORES DE CONVERSIÓN ÚTILES

A continuación presentamos algunos factores de conversión aproximados del sistema inglés al métrico decimal y viceversa, para las mediciones y unidades que se utilizan comúnmente para el manejo ambiental de los galpones avícolas comerciales.

Velocidad del aire	en pies por minuto $\div 197 =$ metros por segundo en metros por segundo $\times 197 =$ pies por minuto
Área	en pies cuadrados $\div 10.76 =$ metros cuadrados en metros cuadrados $\times 10.76 =$ pie cuadrado
Flujo de aire	en pies cúbicos por minuto $\div 2,119 =$ metros cúbicos por segundo en metros cúbicos por segundo $\times 2,119 =$ pies cúbicos por minuto
Presión estática	en pulgadas de agua $\times 249 =$ Pascales en Pascales $\div 249 =$ pulgadas de agua
Volumen	en galones $\times 3.785 =$ litros en litros $\div 3.785 =$ galones
Calor	en BTUs $\times 1.055 =$ kilojoules en kilojoules $\div 1.055 =$ BTUs
Pérdida de calor	in BTUs por hora por libra $\times 2.323 =$ kilojoules por hora por Kg en kilojoules por hora por Kg $\div 2.323 =$ BTUs por hora por libra
Longitud	en pulgadas $\times 2.54 =$ centímetros en centímetros $\div 2.54 =$ pulgadas en pies $\times 0.305 =$ metros en metros $\div 0.305 =$ pies
Peso	en libras $\div 2.2 =$ Kg en Kg $\times 2.2 =$ libras
Intensidad de la luz	en lux $\div 0.093 =$ pies vela en pies vela $\times 10.764 =$ lux

<b>Cuadro de Conversión de Temperaturas</b>			
Fahrenheit a Celsius (°F-32) $\div$ 1.8		Celsius a Fahrenheit 1.8°C + 32	
°F	°C	°C	°F
105	40.56	40	104
100	37.78	35	95
95	35.00	30	86
90	32.22	25	77
85	29.44	20	68
80	26.67	15	59
75	23.89	10	50
70	21.11	5	41
65	18.33	0	32
60	15.56	-5	23
55	12.78	-10	14
50	10.00		
45	7.22		
40	4.44		
35	1.67		
30	-1.12		
25	-3.90		
20	-6.68		

Nota: Para convertir diferencias o intervalos de temperatura, la constante  $\pm 32^\circ$  no se utiliza. Por ejemplo, un intervalo de  $15^\circ\text{F}$  es igual a un intervalo de  $8.3^\circ\text{C}$ :  $15 (\text{F}) \div 1.8 = 8.333 (\text{C})$







Aviagen Incorporated  
Cummings Research Park  
5015 Bradford Drive  
Huntsville, AL 35805 USA  
Telephone +1 256 890-3800  
Facsimile +1 256 890-3919  
E-mail [info@aviagen.com](mailto:info@aviagen.com)

Aviagen Limited  
Newbridge  
Midlothian EH28 8SZ  
Scotland UK  
Telephone +44 (0) 131 333 1056  
Facsimile +44 (0) 131 333 3296  
E-mail [infoworldwide@aviagen.com](mailto:infoworldwide@aviagen.com)