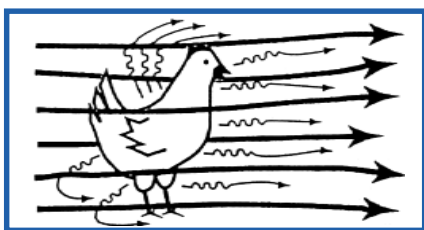




# Una aproximación al sistema de ventilación túnel aplicado a las instalaciones avícolas de puesta de huevo comercial, con aves alojadas en jaulas verticales

• H.J. Soria (\*)

Iniciábamos nuestro primer artículo sobre el tema de la ventilación túnel manifestando que «se suele tratar mucho sobre ventilación túnel con desconocimiento de sus fundamentos biofísicos. Y en tales condiciones es difícil llegar a soluciones eficaces y, sobre todo, eficientes». Añadiendo que «bueno sería recordar que cuando, en la práctica, se obtengan resultados aceptables con desprecio más o menos consciente de los principios biofísicos en que se fundamenta el sistema, suele ser siempre a costa de grandes e innecesarios dispendios en trasiego de aire y superficie de panel evaporativo».



Otro punto que nos gustaría aclarar desde el principio es que, como es lógico, la ventilación túnel se entiende únicamente como modalidad aplicable a las situaciones estivales del control ambiental avícola; y que existe la necesidad de proveer a la instalación de otros sistemas de ventilación para resolver las situaciones invernales y de transición entre ambas. Pues bien, va-

(\*) El autor es Director del Dpto. de Ingeniería del Control Ambiental Animal de GANAL. Apartado 17, 46460 Silla (Valencia). Tel 96 121 25 54. Fax 96 121 17 43.

mos a ocuparnos en primer lugar de la ventilación de invierno, después de la túnel propiamente dicha y, por último, de la tercera o de transición.

bien, en el caso que nos ocupa, en que estamos proponiendo una ventilación mixta -natural en invierno y forzada en verano-, incluso auxiliada por sistemas de enfriamiento, no hay fórmula alguna

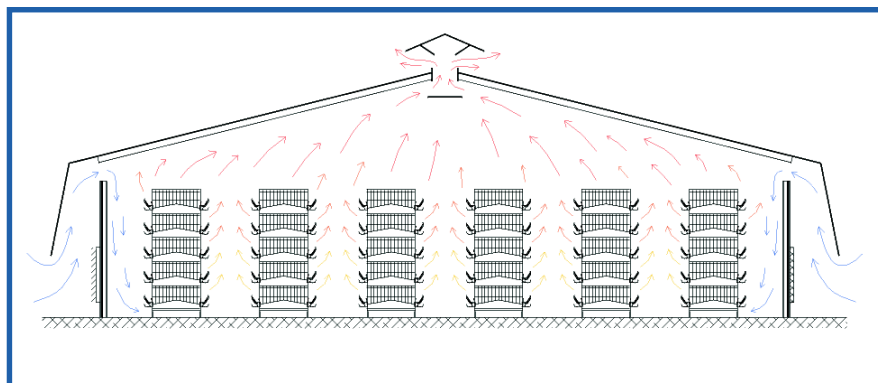


Fig. 1. Interpretación libre de la marcha de los flujos de aire en un sistema de ventilación por convección o natural.

## VENTILACION DE INVIERNO

Mientras las condiciones atmosféricas exteriores lo permitan, nada mejor que un sistema de ventilación natural, por convección -Fig. 1-, a través de caballete automático corrido en la cumbrera y entradas longitudinales laterales.

Y alguien, con buena lógica, preguntará: ¿y qué dimensiones hay que darle a la bocana del caballete?. Pues

de aplicación práctica: simplemente aconsejar que cuanto mayor, mejor. Cuanto mayores sean las dimensiones de la bocana, más largo resultará el plazo anual de utilización de la ventilación natural y mayor resultará su capacidad de defensa de la vida de las aves ante un paro de la ventilación forzada.

Si uno pudiera abrir en la cumbrera del tejado de su nave una bocana de 0,5 m de anchura, no hay que quedarse en menos; y si se pudiera alargar a 1 m,

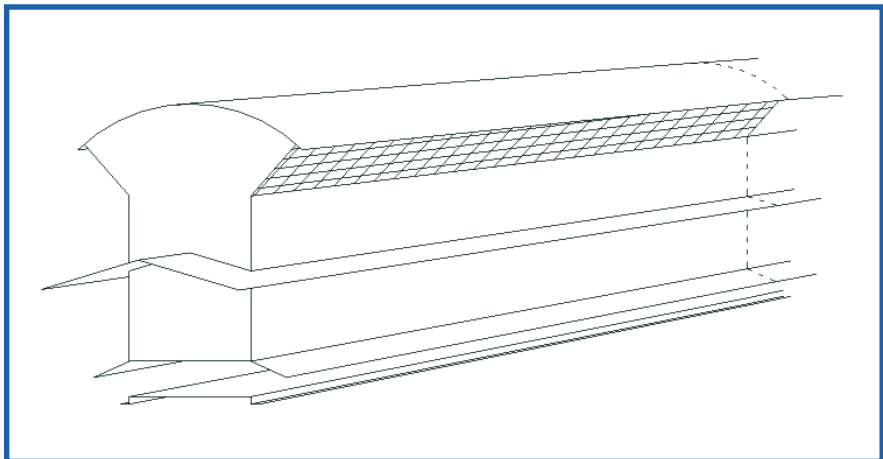


Fig. 2. Esquema de bocana en la cumbrera del tejado.

mejor. No hay otra fórmula, pero así son las cosas -Fig. 2.

No se olvide al respecto que para el uso del caballete durante la ventilación de invierno -natural, por convección- estamos intentando mover -trasegar- grandes masas de aire empujadas -o arrastradas- por fuerzas exiguas -diferencias de presión estática representadas por una pequeña fracción de milímetro en la columna de agua-, de manera que cuanto menos resistencia ofrezcamos a su paso por el caballete, tanto mejor.

Con independencia de lo que otras firmas propongan para resolver la ventilación de invierno -hay todavía mucha gente adicta a la ventilación forzada en todo tiempo-, nosotros aconsejamos aprovechar la termo-energía metabólica sobrante de las aves, que nos viene dada gratis, para ventilar gran parte del año mientras las condiciones meteorológicas lo permitan; y recurrir sólo a la forzada cuando la anterior devenga impracticable.

La ventilación forzada durante la estación invernal adolece de muchos inconvenientes. Dejando a un lado su costo de mantenimiento -energía eléctrica consumida-, del que nos ocupare-

mos en otro artículo, la rebeldía de los flujos interiores a seguir los esquemas adecuados para conseguir una homogeneidad ambiental aceptable nos obliga a la aplicación de técnicas de ventilación un tanto sofisticadas y de dudoso resultado práctico.

que nos ocupa en esta ocasión -ventilación túnel en alojamientos de puesta, con aves alojadas en jaulas verticales-, y suponiendo que se acepta la ventilación natural de invierno a través de caballete automatizado corrido, cenital, nuestra opinión personal sería situar las entradas a todo a lo largo de ambas paredes longitudinales, lo más bajo posible, protegidas por sendos deflectores interiores fijos -para evitar la proyección de aire frío sobre las aves situadas enfrente cuando se produzcan vientos fríos invernales-. Deben hallarse protegidas contra el sol y la lluvia por reducidas capotas exteriores y controladas por sencillos DAMPERS automáticos de guillotina, tal como se refleja esquemáticamente en la Fig. 3.

Por supuesto, en el caso concreto que estamos tratando, esas entradas de aire sólo se usarían durante la ventilación natural de invierno, cerrándose automáticamente al pasar a la ventila-

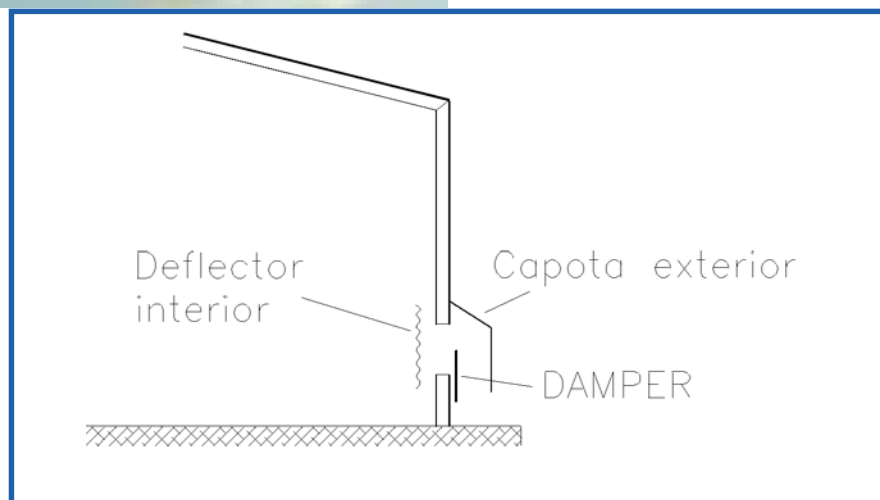


Fig. 3. Detalle de las entradas de aire (explicación en el texto).

### Acerca de las entradas de aire

Las entradas de aire en las instalaciones avícolas han sido siempre motivo de gran preocupación por todos los científicos y técnicos que se han ocupado de la ventilación en el mundo, y, cómo no, por nuestra parte.

Ahora bien, para el caso concreto

ción túnel; o lo que es lo mismo, al arranque del primer grupo de extractores.

### SISTEMA DE VENTILACION TUNEL

Como es sabido, la ventilación túnel implica entradas de aire por un extremo de la nave y salida por el opuesto.

(\*) N. del A.: Disponemos de dos estudios monográficos sobre el tema -para criaderos y para locales de puesta-, donde se analiza esto con rigor, brindándonos a facilitarlos a los interesados.





Como ya se insinuó, cualquier modificación al respecto inválida los principios bio-físicos en que se apoya el sistema -para documentarse sobre este punto, recomendamos la lectura de nuestro primer artículo sobre el tema. Sin olvidar nunca que cuando no se respetan tales principios, si se llegan a obtener resultados finales aceptables suele ser siempre a costa de grandes e innecesarios dispendios en trasiego de aire y superficie de panel evaporativo.

También es frecuente que la ventilación túnel se entienda siempre asociada a algún sistema de enfriamiento -generalmente de paneles evaporativos-, a no ser que se piense aplicar en alguna privilegiada zona geográfica donde la climatología local garantice que nunca se van a sobrepasar los 35 °C atmosféricos. Esto se debe a que la efectividad de la ventilación túnel no sólo desaparece sino que cambia de signo -se torna negativa- si la temperatura ambiental pasa de dicho valor.

### Principios fundamentales bio-físicos del sistema túnel

Los beneficios de la ventilación túnel, que, en resumen, se traducen en conseguir para las aves una «temperatura efectiva» (\*) dentro de su zona termo neutra -ztn-, se deben al llamado «wind-chill» -enfriamiento por el viento-, cuyos valores se hallan reflejados en las gráficas de Timmons.

Experimentalmente, se ha llegado a conocer que no tiene objeto hacer que la velocidad de los flujos sobrepase los 2,5 m/s; porque ya no se obtiene mejora alguna con respecto a la «temperatura efectiva». Lo mismo que, como hemos dicho antes, si la temperatura ambiental se halla por encima de los 35° C.

(\*) N. del A.: Ver glosario de tecnicismos al final del primer artículo sobre ventilación túnel (Selecciones Avícolas, Abril 2001).

Conviene recordar también que los valores del efecto «wind-chill» reflejados en las gráficas de Timmons se dan en el supuesto de que los flujos de aire «laman» literalmente el cuerpo de las aves. Y ello es muy difícil de conseguir en la práctica, porque las citadas curvas se obtuvieron sobre una sola gallina en situación de experiencias de laboratorio.

Es por ello que, en general, se suele aconsejar que, para aplicaciones prácticas, se dividan por dos los valores que ofrece el cuadro de gráficas de referencia. Y ello considerando su aplicación sobre aves criadas en superficie -broilers y reproductoras, por ejemplo-, porque si se trata de aves enjauladas, en que las condiciones resultan aún más adversas, habrá que extremar las precauciones si pretendemos que el efecto «wind-chill» colabore activamente con nosotros para conseguir una «temperatura efectiva», mantenida, dentro de la «ztn» de las aves cuando las atmosféricas exteriores se disparen.

### Recursos más frecuentes utilizados para conseguir que el fenómeno «wind-chill» resulte efectivo.

En general, la aplicación práctica de la ventilación túnel en las granjas avícolas presenta algunas dificultades, y más aún, concretamente, en las instalaciones de puesta de huevo comercial con aves alojadas en jaulas verticales.

La principal dificultad con que se tropieza de inmediato es la de conseguir que el efecto «wind-chill» se manifieste de manera activa sobre el cuerpo de las aves. Y así observamos que en infinidad de ocasiones se aceptan soluciones cómodas -quizás, también, más económicas-, pero que no respetan los principios bio-físicos del sistema, tal como instalar, total o parcialmente, los paneles evaporativos en los muros laterales de la nave, como veremos a continuación.

En las instalaciones de jaulas no resulta nada fácil conseguir que el efecto «wind-chill» se manifieste efectivo en la totalidad de la manada -una buena homogeneidad ambiental en todo el alojamiento-, por lo que hay que buscar soluciones ingeniosas que de manera económica resuelvan aceptablemente la situación.

Un problema inicial suele presentarse en cuanto pretendemos conseguir que los flujos avancen por el interior del alojamiento a una velocidad alta -de 2,5 a 3 m/s-, para lo cual conviene limitar la sección transversal de la nave al fin de reducir lo más posible los caudales de aire a trasegar, y con ello la inversión económica inicial, y los gastos de mantenimiento -consumo de energía eléctrica por los ventiladores-, después. Así, el único recurso práctico que, hasta ahora, se ha encontrado es el de limitar todo lo posible los espacios infratecho -la distancia entre la parte superior de las jaulas y el techo de la nave-, incluso cegar dicho espacio con cortinas de plástico cada 20 - 25 m si fuera necesario. A tal respecto, la configuración de la planta de nave -la relación longitud-anchura- podría facilitar, en parte, la solución del problema. Para una misma manada, un alojamiento largo y estrecho nos permitiría alcanzar velocidades altas de los flujos de aire en su interior con bajos caudales de trasiego; si bien ello plantearía, a su vez, problemas de superficie para ubicar los paneles evaporativos. Cuando sea posible elegir dicha relación -en las naves de nueva planta-, sería muy conveniente tenerlo en cuenta.

Una vez conseguido que la velocidad  $Q/S$  - $Q$  = caudales de aire, y  $S$  = sección transversal del alojamiento- alcance los valores citados -de 2,5 a 3 m/s- al menor costo posible, se plantea cómo hacer que el avance de los flujos resulte uniforme en la total sección y todo a lo largo del alojamiento.

Pues bien, como la totalidad de los flujos debe partir de un extremo de la nave para ser descargados al exterior por el opuesto, el problema que ello

plantea suele ser la falta superficie mural para instalar los metros cuadrados de panel evaporativo que exige el sistema para que aquéllos lo atraviesen con la mayor lentitud posible -a fin de que ofrezcan una alta eficacia evaporativa, Fig. 4 y 5- y, sin embargo, caminen a velocidad alta a lo largo del alojamiento.

Frecuentemente, ante la falta de superficie en el muro piñón para instalar tan alto número de metros cuadrados como exige el sistema, se recurre a ubicarlos, total o parcialmente, en la gran superficie que ofrecen los muros laterales. Tal práctica proviene de experiencias americanas en instalaciones de aves criadas en superficie -que, además, no suelen sobrepasar los 12 m de luz interior, con broilers y reproductoras, por ejemplo-, en las que los flujos entrantes a través de los paneles evaporativos a muy bajas velocidades -de 1 a 2 m/s como máximo- no encuentran obstáculo alguno para dispersarse por todas las áreas del alojamiento y alcanzar sus zonas centrales.

Pero en el caso que nos ocupa -las jaulas verticales en naves de gran anchura- la tal solución resulta inaceptable. Obsérvese en el dibujo -Fig.6- que la totalidad de la superficie del panel requerido se ha instalado en los muros laterales. El resultado final sería: flujos de enfriamiento mal canalizados, pésima homogeneidad térmica ambiental, y dificultades para el cerramiento invernal de superficies tan grandes con esa ubicación.

Por contra, la solución que nosotros proponemos, Fig. 7- goza de todas las ventajas técnicas exigibles: marcha de la totalidad de los flujos de enfriamiento a través de la entera sección de la instalación; como consecuencia de lo anterior, homogeneidad termo-ambiental inmejorable; y fácil cerramiento invernal de la cámara de vaporización, incluso con procedimiento automático si se desea.

Pero si mala es la solución de la Fig. 6 aplicada a las instalaciones de jaulas verticales, peor todavía resulta la

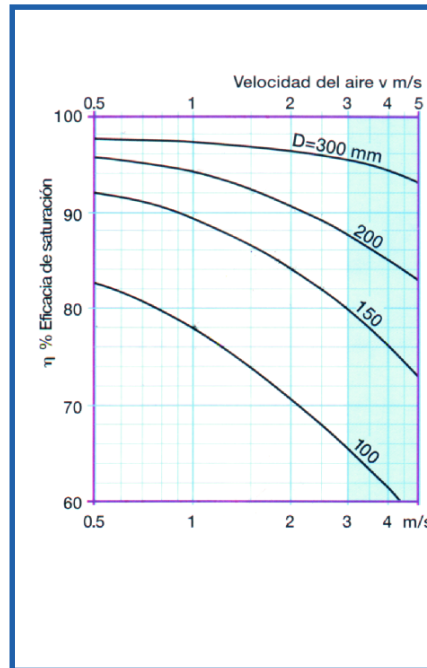


Fig. 4. Rendimiento de los paneles evaporativos en función de la velocidad del aire. (Munters).

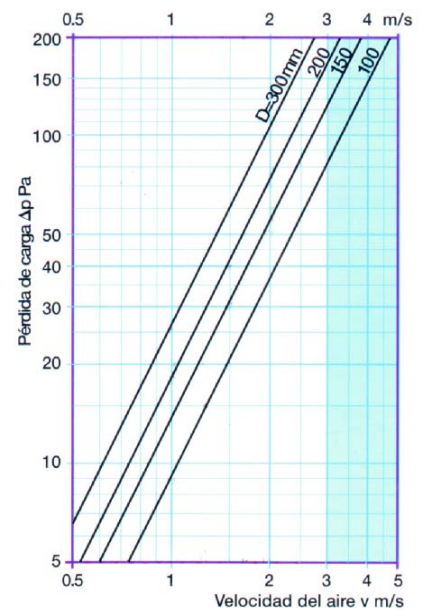


Fig. 5. Pérdida de carga de los paneles en función de la velocidad del aire. (Munters).

llamada «túnel modificado» que se representa en las figuras 8 y 9.

Y da igual que las posiciones se inviertan, es decir, que los paneles se

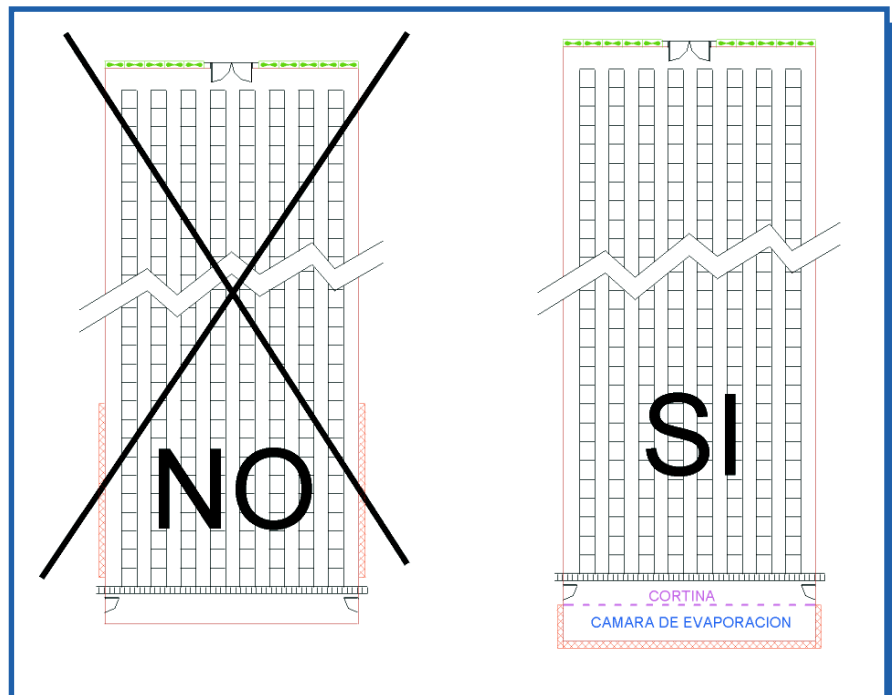


Fig. 6. Manera desaconsejable de instalar paneles evaporativos en instalaciones de jaulas con ventilación túnel.

Fig. 7. Correcta instalación de los paneles evaporativos en instalación de jaulas con ventilación túnel.

instalen en los extremos y las salidas en el centro de la nave: el resultado final sigue siendo tan malo o peor que el que se obtiene con la disposición de la Fig. 6.

Porque, además de resultar técnicamente inaceptable tal estructura del sistema de ventilación en instalaciones de jaulas, los valores del efecto «wind-chill» se reducen a la mitad, empeorando, en gran medida, los resultados finales.

Como ya se ha insinuado antes, otro recurso que suele usarse para conseguir que los flujos se canalicen más bien a través de los pasillos y las baterías de las jaulas, en vez de que se nos marchen por la zona del infratecho -recuérdese que cualquier fluido en movimiento busca siempre las vías que menor resistencia ofrecen a su avance-, es el de instalar cortinas que cierren dicho paso. Algo así como se representa en la figura 10.

Como puede verse, la ventilación

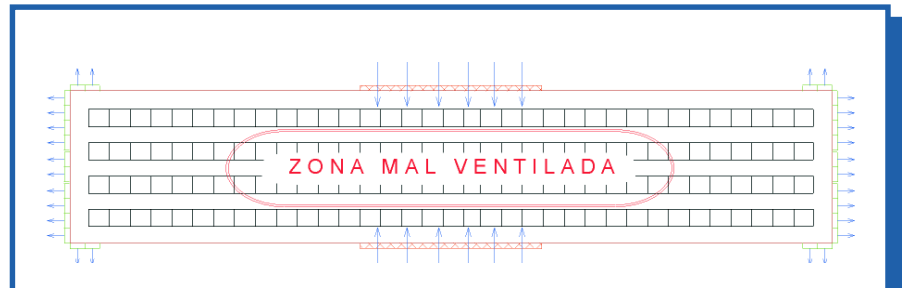
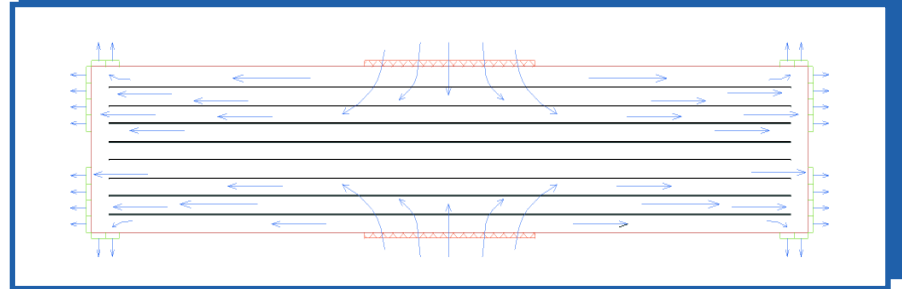


Fig. 8 y 9. «Túnel modificado» en nave de 8 filas de jaulas verticales. Obsérvese la zona central mal ventilada.



dad -polvo, plumas, etc.- en una zona tan reducida como es el muro piñón donde se concentra la ubicación de la totalidad de los extractores. Este fenó-

mente diseñada, en este caso -instalación de jaulas verticales en naves anchas-, vamos a presentar a continuación una instalación hipotética, correspondiente a un alojamiento de 21 m de luz interior, con ocho filas de jaulas de seis pisos y 134.400 ponedoras, ubicada en la meseta central de España.

## CONSIDERACIONES PREVIAS A LAS HIPOTESIS DE CALCULO

En nuestros artículos anteriores publicados en esta misma revista, cuando nos ocupábamos de los principios bio-físicos de la ventilación túnel y de su aplicación en las instalaciones de broilers, dejamos claro que todos los investigadores que se habían ocupado del tema estaban de acuerdo en que los resultados de la tabla de Timmons debían reducirse al 50% si se quería ser realista en la práctica avícola; y ello, como decimos, tratándose de crianzas en superficie, como se ha generalizado la de los broilers. Porque el problema se complica con las baterías de jaulas y más aún si son verticales.

Y es que lo único que realmente sabemos -nos lo dicen las gráficas de

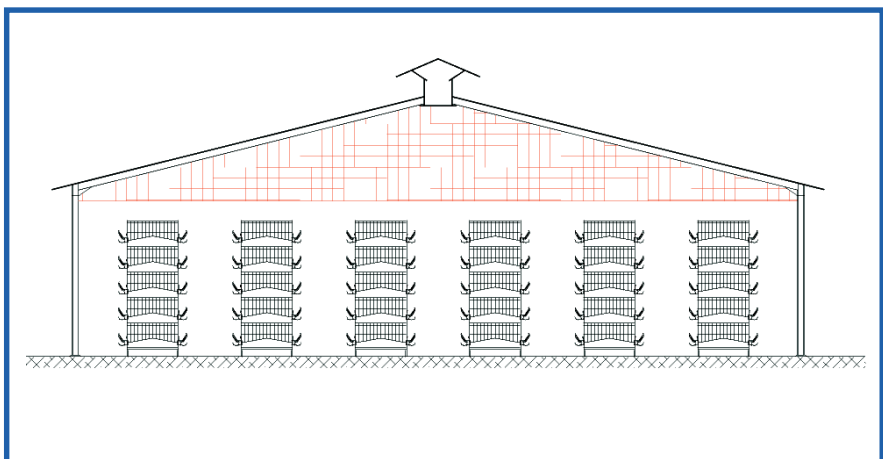


Fig. 10. Ejemplo de una instalación túnel con 6 hileras de jaulas y cortinas en el infratecho.

túnel, si se desea obtener de ella los mejores resultados al menor costo posible, no resulta nada fácil, y menos aún aplicada a instalaciones de jaulas verticales.

Otro inconveniente de la ventilación túnel, con el que habrá que contar siempre, es la acumulación de sucie-

meno se modera bastante cuando se trata de crianzas en superficie -broilers, reproductoras, etc-, porque la cama del piso enmascara mucho los resultados del mismo.

Ahora, para que el lector se haga una idea de los resultados que puede ofrecer la ventilación túnel, correcta-

Timmons- es lo que ocurre cuando los flujos de aire “laman” literalmente el cuerpo del ave a una temperatura y velocidad dada; y, desafortunadamente, también sabemos que tales condiciones son imposibles de conseguir en la práctica avícola. Y por si todo lo anterior fuera poco, no es menos cierto que, por el momento, no contamos con ningún medio técnico para medir a pie de granja los valores, siquiera aproximados, del efecto “wind-chill”, o, lo que es lo mismo, la “temperatura efectiva” de las aves.

En los broilers, como hemos visto, para acercarnos a la realidad, si hemos puesto todos los medios para lograr el mayor encuentro de los flujos con el cuerpo de los animales, bastaría con aceptar una reducción del 50% de los valores que ofrecen las susodichas curvas; pero ¿qué ocurrirá en el caso de las jaulas verticales, en que acercar los flujos de la ventilación al cuerpo de las aves enceldadas resulta todavía mucho más difícil que en los broilers?. Porque a tal respecto, los investigadores avícolas de todo el mundo no se han manifestado concretamente todavía, que nosotros sepamos.

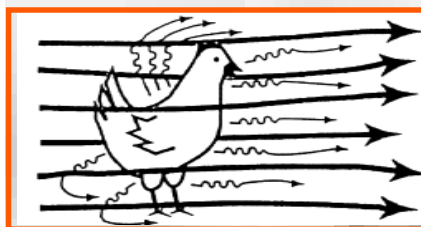
Mientras que la investigación avícola no se centre más intensamente en el estudio y análisis de la aplicación de la ventilación túnel en las baterías verticales de puesta, y consiga ofrecer alguna luz sobre el tema, nos hallamos en tinieblas y todo lo que hasta ahora se ha hecho al respecto se apoya en las arenas movedizas del puro empirismo.

Miren ustedes, en la práctica avícola y a pie de granja, hoy por hoy no disponemos más que de un signo indicador, relativo, de cómo andan los valores de la “temperatura efectiva” que están sintiendo las aves: la disnea o jadeo; del que pensamos ocuparnos en un próximo estudio específico.

Pero, por el momento, vamos a continuar con lo que íbamos: cómo podemos valorar de antemano el efecto “wind-chill” con jaulas verticales en una instalación avícola dada. Y para poder avanzar y llegar a alguna conclu-

sión aceptable en este campo lleno de incertidumbres, no hay más remedio que comenzar por admitir algunas hipótesis básicas:

1. Si no tratamos de impedirlo de algún modo, un elevado porcentaje de los flujos creados por el sistema de ventilación se nos van a marchar por la zona infratecho, en virtud del principio físico de que todo fluido en movimiento busca, siempre, la vía que menos resistencia ofrece a su avance.
2. Como consecuencia de la hipótesis anterior, la velocidad de los flujos en la zona de las jaulas puede no responder a la prevista en los cálculos.
3. Aunque ceguemos de alguna manera -¿cortinas?- la zona infratecho del alojamiento como vía de escape fácil para los flujos de la ventilación, éstos difícilmente van a aceptar avanzar por el interior de las jaulas -que es lo que a nosotros nos gustaría-, porque van a encontrar, de nuevo, otra vía más fácil: los pasillos interfilas de las baterías.
4. En la situación anterior, para explicar el efecto “wind-chill” sobre el cuerpo de las aves no nos cabe más que admitir que los grandes caudales de aire avanzando por los pasillos a velocidad alta -no



menos de 3 m/s- generan unas turbulencias inducidas en el interior de las celdas de las jaulas, cuyo valor se nos antoja que podría ser equivalente al de unos flujos direc-

tos de 1 m/s o menos. Pero, claro, todo esto, como hemos dicho, es pura hipótesis; con lo que hemos de contar necesariamente si queremos obtener alguna base para los cálculos que vamos a ofrecer a continuación.

Así, por ejemplo -quizás pecando de prudentes-, equiparando el valor de las turbulencias inducidas a flujos directos de 1 m/s sobre el cuerpo de las aves, cuando la temperatura atmosférica exterior se halle por los 32°C, en el interior del alojamiento, sin ningún sistema de enfriamiento auxiliar, tendremos la siguiente situación -ver curvas de Timmons-:

- las aves que se hallen en las zonas próximas a las entradas de aire -muro piñón de cabecera- disfrutando de una “temperatura efectiva” de unos 23°C, y las que se encuentren en el extremo opuesto -muro piñón de los extractores-, a 24°C. Esto viene de 32°C de temperatura exterior más 3°C correspondientes al “g.t.a.” calculado, lo que nos da 35°C, cuya “temperatura efectiva” sería, exactamente, de 24°C en la curva correspondiente.

-el valor unificado de los 15°C para la “temperatura efectiva” que dan las curvas sea cual fuere la temperatura atmosférica exterior -siempre entre los 21 y los 35°C-, ignorando el “g.t.a.”, sólo es válido para flujos incidentes sobre el cuerpo de las aves a 2,5 m/s, pero no con velocidades más bajas. Es decir, parece lógico que en cualquier otro caso habría que considerar siempre el “g.t.a.”, tal como hemos hecho nosotros.

Ahora, pues, admitidas todas estas hipótesis, vamos a entrar en los cálculos de la termo-capacidad real de un sistema de ventilación túnel, auxiliado







DESCRIPCION	OPERACION	RESULTADO
Dimensiones de la manada		134.000 aves
Hipotéticas condiciones climáticas exteriores		40 °C y 30 %HR
Caudal de trasiego de aire necesario para obtener un "g.t.a." de 3 °C.	$(134.400 \times 7,5) : (0,3 \times 3)$	1.120.000 m <sup>3</sup> /h
Sección transversal útil de la nave	21 x 4,5 m	94,5 m <sup>2</sup>
Caudal necesario para obtener una velocidad mínima de los flujos de 3m/s,	$3 \times 94,5 = 283,5 \text{ m}^3/\text{s}$	1.020.600 m <sup>3</sup> /h
Caudal de trasiego de aire finalmente aceptado		1.120.000 m <sup>3</sup> /h
Velocidad resultante de los flujos por el interior del alojamiento.	$311,11 : 94,5$	3,29 m/s
Superficie de panel evaporativo ("7060" de MUNTERS) de 200 mm, a 2,5 m/s.	$311,11 : 2,5$	124,44 m <sup>2</sup>
Superficie útil en el muro piñón,	4 x 21	84 m <sup>2</sup>
Superficie adicional en laterales,	$124,44 - 84$	40,44
Longitud de la cámara de evaporación, (lo anterior equivale, aproximadamente, a usar la superficie de un módulo de la nave para la cámara de evaporación)	$40,44 : 4 = 10,11$ $10,11 : 2$	5,05 m
Número de extractores de unos 30.000 m <sup>3</sup> /h, considerando una pérdida de carga de 50 Pa.	$1.120.000 : 25.000$	44,8 unidades
Temperatura resultante del aire tratado, considerando una eficacia evaporativa del panel del 80 % (ver curvas de rendimiento de MUNTERS, Fig.4 y 5)	$(T_1 - T_2) : (T_1 - T_w)$ $(40 - X) : (40 - 25) = 0,8$ $X = 40 - 12$	28 °
Temperatura efectiva (sentida por las aves) en la cabecera de la nave, de acuerdo con las gráficas de Timmons, pero tomando los valores correspondientes a solamente una velocidad de los flujos de 0,75 m/s		22,5 °C
Temperatura efectiva en la zona de descarga	$(28+3 = 31)$ , equivalente a	25 °C

por un sistema de enfriamiento, aplicado en una instalación de jaulas verticales de puesta.

A todo esto, es posible que algún lector piense que los cálculos que siguen no van a ser muy fiables porque se basan en un conjunto de hipótesis de una credibilidad discutible. Y tiene todo el derecho del mundo a planteárselo en tales términos. Pero ¿qué quiere que hagamos, establecer cifras a boleo?, ¿no hacer cálculo alguno y diseñar el sistema a ojo de buen cubero?

Generalmente, cuando se desconocen con certeza los valores concretos de cualquier parámetro, se recurre a la hipótesis más razonables, que es lo que estamos intentando nosotros; aunque bien es cierto que en este caso se desconoce tanto, que bien pudiera parecer un poco temerario lo que esta-

mos haciendo; pero no existe otra solución, o, al menos, nosotros no la conocemos.

### ■ Hipótesis de cálculo

Para establecer las hipótesis de cálculo, si queremos asegurar el éxito final de la ventilación túnel, debemos conjugar varios parámetros entre sí, de modo que sus valores medios coincidan lo más posible con las condiciones técnicas que exige esta modalidad de ventilación en su conjunto, tal como la velocidad de los flujos en el interior del alojamiento, el gradiente térmico entre los puntos de entrada y descarga del trasiego de aire, la velocidad límite de su paso a través de los paneles evaporativos, etc. Y todo esto sin

olvidar la estrategia de la ubicación de los actuadores del sistema -entradas de aire, extractores, paneles, cortinas, etc...- para que todo el conjunto resulte eficaz y eficiente -temperaturas siempre dentro de la "z.t.n." de las aves, a un costo lo más bajo posible-. Y si no se es riguroso con todo esto, volvemos siempre a lo mismo: grandes dispendios de trasiego de aire y paneles evaporativos para alcanzar las condiciones ambientales que se pueden conseguir con más sencillez y economía si se aplican con rigor los principios biofísicos de que hablamos antes.

Como puede verse, si todas las hipótesis de cálculo consideradas al respecto resultaran más o menos aceptables, las ventajas termo-efectivas de la ventilación túnel sobre cualquier sistema convencional -por ejemplo, la

**Tabla 1. Temperatura efectiva resultante -sentida por las aves- por los efectos combinados de la temperatura y la HR ambientales, con atmósfera en calma ( $V < 0,3$  m/s) (Nilipour, 1996).**

HR, %	Temperatura ambiental, °C								
	21,11	23,88	26,66	29,44	32,22	35,00	37,77	40,55	43,33
0	17,77	20,55	22,77	24,55	28,33	30,55	32,77	35,00	37,22
10	18,33	21,11	23,88	26,66	29,44	32,22	35,55	37,77	40,55
20	18,88	22,22	25,00	27,77	30,55	33,55	*37,22	*40,55	*44,44
30	19,44	22,77	25,55	*28,88	*32,22	*35,55	40,00	45,00	50,55
40	20,00	23,33	*26,11	*30,00	33,88	38,33	43,33	50,00	58,33
50	20,55	*23,88	*27,22	31,11	35,55	41,66	48,88	57,77	65,55
60	*21,11	24,44	27,77	32,22	37,77	45,55	55,55	65,00	---
70	*21,11	25,00	29,44	33,88	41,11	51,11	62,22	---	---
80	21,66	25,55	31,11	36,11	45,00	58,88	69,44	---	---
90	21,66	26,11	31,11	38,88	50,00	65,55	76,66	---	---
100	22,22	26,66	32,77	42,22	56,11	74,44	---	---	---

➤ La línea de trazo grueso marca la frontera entre el confort de las aves («ztn») y el estrés hiper-térmico por razones termo-higrométricas.  
➤ Los asteriscos indican a qué HR la «temp. efec.» equivale a la ambiental.

cruzada-, dotadas ambas, prácticamente, de los mismos recursos -número de extractores y metros cúbicos de panel evaporativo-, aparentemente serían las siguientes:

#### -Ventilación

convencional ..... 28-31 °C

-Ventilación túnel ..... 22,5-25 °C

Y decimos “aparentemente” por lo siguiente:

En ambos casos, para conseguir rebajar significativamente la temperatura del aire con los medios adiabáticos -tanto daría paneles evaporativos como niebla artificial-, nos hemos visto obligados del mismo modo -significativamente- a elevar la HR de manera que roce la saturación (80-90 %).

Pues bien, extrapolando ahora dichos valores en la tabla 1, vemos que para una ventilación cruzada -atmósfera en calma-, los 28°C resultantes del aire tratado, unidos al 80 % de HR dan una «temperatura efectiva» de 33,5°C a la entrada de los flujos, y no menos de 40°C en la zona de descarga. Y eso no ocurre con la ventilación túnel, sencillamente porque aquí aparece un pode-

roso nuevo factor, el viento, capaz de conformar la «temperatura efectiva» con una capacidad que desborda a los componentes convencionales de temperatura y HR ambientales que estábamos acostumbrados a manejar antes de considerar el efecto «wind-chill».

Para concluir este aspecto, sólo añadir que a temperaturas bajas y humedades altas, incluso de saturación -el 100 %-, la «temperatura efectiva» prácticamente se identifica con la ambiental. Y si no, vean lo que les ocurre a las aves en estado salvaje los días de niebla: que no se sofocan, en absoluto, por tales situaciones atmosféricas de saturación higrométricas. Y si recurrimos a la tabla de Nilipour, veremos que a 21°C de temperatura ambiental con el 100 % HR le corresponde una «temperatura efectiva» de 22°C, que encaja perfectamente dentro de su «ztn».

## VENTILACION DE TRANSICION

Hasta ahora, hemos tratado de la ventilación de invierno -natural, por convección- y de la de verano -túnel-, considerando a esta última asociada

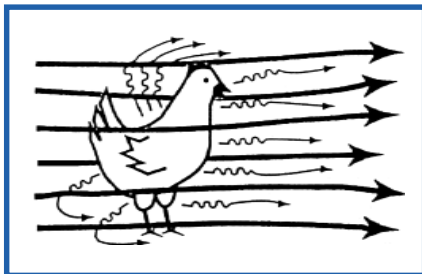
siempre a algún sistema de enfriamiento. Pero no se olvide que existe un lapso de tiempo de transición entre ambas en que la natural resulta insuficiente, sin que llegue a hacerse necesario el enfriamiento evaporativo.

No existe una norma definida con respecto a la manera de resolver la que pudiéramos llamar ventilación transicional. Lo que sí tenemos bastante claro es que desde que se interrumpe la ventilación natural hasta que arrancan las bombas de agua del sistema de enfriamiento -periodo de tiempo ocupado por la ventilación transicional-, los flujos de aire entrante no deberían pasar a través de los paneles evaporativos, al fin de no contribuir a su ensuciamiento -polvo, hojas vegetales, pajas, etc-, porque, como es sabido, los paneles se ciegan con el tiempo, y su reposición es costosa económicamente. Y no solo por eso, sino que a medida que se ensucian van perdiendo eficacia evaporativa -poder de enfriamiento-, y originando una progresiva pérdida de carga al sistema neumático de todo el conjunto, que reduce la capacidad de trasiego de aire de los extractores y su rendimiento.

Pues bien, dependiendo, especial-

mente, de las dimensiones de la bocana del caballete y de la densidad animal, si nuestra temperatura ideal interior fuera, por ejemplo, de unos 25°C, cuando las temperaturas atmosféricas exteriores rondan los 15°C ocurrirá que, más o menos, se igualan los caudales máximos de aire que es capaz de trasegar el caballete con los que hacen falta para eliminar el calor metabólico sensible generado por las aves, considerando, en ambos casos, los 10°C de gradiente entre los 25°C interiores y los 15°C del exterior. Y ese sería el instante en que deberíamos «apagar» la ventilación túnel y «encender» la forzada; para lo cual, en el caso que nos ocupa, nos haría falta iniciarla con el arranque de 14-15 extractores de los 45 que calculamos antes.

A medida que las temperaturas exteriores se vayan elevando, se tendrán que activar nuevos extractores pero llegará un momento en que, a pesar de hallarse en marcha los 45, ya no logra-



mos que la «temperatura efectiva» se mantenga dentro de la «ztn» de las aves, en cuyo instante es necesario que arranque el sistema de enfriamiento. Lo cual en buena ley, debería ocurrir -si continuamos admitiendo en este caso un efecto «wind-chill» equivalente a una velocidad de los flujos de aire de 0,75 m/s sobre el cuerpo de las aves- cuando las temperaturas exteriores hayan alcanzado los 35°C; porque ya sabemos que a partir de ese punto el efecto «wind-chill» desaparece -peor aún, se torna de signo negativo-, de modo que se pierde el control de la «temperatura efectiva».

Lo anterior quiere decir, más o

menos, que hasta que las temperaturas exteriores no alcancen los 15°C podemos estar usando la ventilación natural; que desde los 15°C hasta los 35°C hay que recurrir a la ventilación forzada sin enfriamiento y que a partir de los 35°C exteriores, si no queremos que la «temperatura efectiva» se nos salga de madre, no tenemos más remedio que poner en marcha el sistema de enfriamiento.

Pues bien, en términos generales podemos decir que -si el sistema de control ambiental ha sido bien calculado y diseñado- durante el tiempo que tardan las temperaturas exteriores de pasar de los 15°C a los 35°C se está practicando un constante y voluminoso trasiego de aire que no debería pasar a través de los paneles evaporativos, a fin, como se ha dicho, de evitar su progresivo ensuciamiento y, consecuentemente, prematura reposición.

Por todo lo anterior, nuestra propuesta sería que la ventilación transicional continuara usando parcialmente el caballete -esta vez como entrada de aire en lugar de como escape-; todo ello progresivamente calibrado al fin de obligar a que los flujos de entrada se equilibren por toda la sección del alojamiento y no se acumulen en las entradas próximas a los extractores, como podría ocurrir si no se toman precauciones al respecto.

Cuando arranquen las bombas del sistema de enfriamiento, automáticamente se cierra el caballete y se abre la cortina del muro piñón que protege a los paneles evaporativos; comenzando así, a su través, el trasiego de aire correspondiente a la propia ventilación túnel con enfriamiento.

Para terminar, nos parece oportuno insistir en la inconveniencia técnica de instalar un porcentaje alto de la superficie de panel evaporativo en las paredes laterales de la nave, porque resultaría dudoso aceptar que los flujos iban a atravesar las jaulas para alcanzar las zonas centrales del alojamiento, especialmente en naves de mucha luz interior, como es el caso que nos ocupa. ■



**OVO CONCEPT**

**OVO CONCEPT**  
está especializada  
en la realización de  
proyectos para  
plantas de  
pasteurización de  
huevos líquidos  
desde 7.000 a  
100.000 huevos/h  
– pasteurizadores  
– tecnología  
aséptica  
- larga conservación  
(hasta + 6 meses)

Líneas automáticas  
para cocer y pelar  
huevos

Secadoras de  
cáscaras - Venta de  
material avícola de  
ocasión

**OVO CONCEPT**  
-  
**FRANCIA**

TEL: +33-2-96.79.39.14  
FAX: +33-2-96-79.39.11  
E-mail:  
ovoconcept@club-internet.fr