



# El pre-enfriamiento

## II PARTE

**La búsqueda de técnicas que mejoran la humidificación dio pie al desarrollo de los sistemas conocidos como «aire húmedo», una variante del «aire forzado» en que el enfriamiento del aire y su humectación se logran haciéndolo pasar a través de una ducha de agua helada.**

### Pre-enfriamiento por aire

El aire es el medio de enfriamiento de las cámaras frigoríficas o de almacenamiento; sin embargo, en ellas transcurre un tiempo considerable hasta que los productos alcanzan la temperatura final.

Esto ha motivado el perfeccionamiento de los sistemas utilizados, desarrollándose una serie de ellos que, aunque basados también en el aire, disminuyen el tiempo durante el cual el producto mantiene el calor de campo.

La transferencia de calor desde el producto se produce en las cámaras frigoríficas principalmente por con-

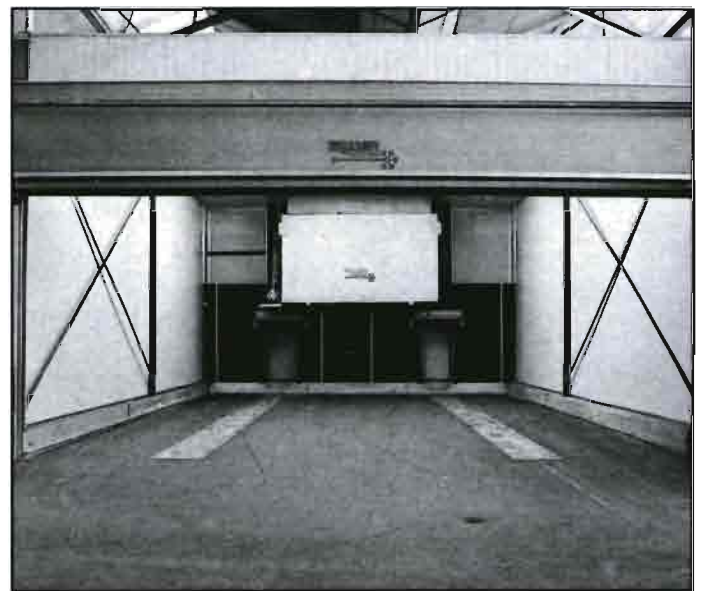
ducción hacia la superficie del envase, lo que da lugar a un enfriamiento lento. El uso creciente de palots (bins) y de cargas unitarias (palletización), sistemas ambos que reducen la superficie expuesta, agudizó esta limitante.

### *Evolución de los equipos*

Las primeras mejoras introducidas consistieron fundamentalmente en aumentar la velocidad del aire (paralelamente al empleo de equipos frigoríficos más potentes), para que la turbulencia así creada facilitara el intercambio calórico al aumentar el aire que circulaba por el costado de

los envases y facilitar que un mayor porcentaje de él se introdujera por los orificios de ventilación. Sin embargo, para maximizar la velocidad de transferencia de calor, el aire frío debía circular fundamentalmente por el interior de los envases. Este objetivo se alcanzó con los sistemas de que se conocen como «aire forzado» o «aire a presión», consistentes en enfrentar directamente los orificios de ventilación ya sea a ventiladores que expulsan aire o que lo absorben, estos últimos los más extendidos en la actualidad.

Aunque un enfriamiento más rápido permite una disminución también



Serie de celdas de refrigeración de rápido enfriamiento. Al fondo cajas de pepino empaquetadas con una temperatura de expiración controlada de 10 °C. Para una rápida entrada y salida de los productos se hace uso de puertas elevadizas a todo lo ancho de la cámara. Fotos de cámaras Filacell.

más rápida de la diferencia entre la tensiones de vapor de agua del interior del producto y del medio, la deshidratación continuaba constituyendo un problema. La búsqueda de técnicas que mejoraran la humidificación dio pie al desarrollo de los sistemas conocidos como «aire húmedo», una variante del «aire forzado» en que el enfriamiento del aire y su humectación se logran haciéndolo pasar a través de una (generalmente) ducha de agua helada. Con ellos se alcanzan contenidos de humedad en el aire cercanos al 100%, sumamente difíciles de obtener por otros medios.

Volviendo al pre-enfriamiento y luego de los comentarios anteriores, que pretenden brindar una visión panorámica de los sistemas basados en el aire, estos pueden dividirse en:

### 1 - SISTEMAS CONVENCIONALES MEJORADOS:

- Enfriamiento por chorros (*Ceiling jets*).
- Cámaras de preenfriamiento (*Room cooling*).
- Compartimientos de enfriamiento (*Cooling bays*).
- Túneles de pre-enfriamiento (*Tunnel Cooling*).

### 2 - SISTEMAS POR AIRE FORZADO O AIRE A PRESIÓN:

- (*Forced-air Cooling o Pressure Cooling*).
- Túnel de aire forzado (*Forced-air tunnel*).
  - Pared fría (*Cold wall*).
  - Enfriamiento sinuoso (*Serpentine cooling*).

### 3 - SISTEMAS MEDIANTE AIRE HÚMEDO:

- Aire forzado mediante expulsión.
  - Aire forzado mediante aspiración.
- La mayoría de estos sistemas pueden instalarse en recintos frigoríficos preexistentes mediante adaptaciones que conllevan grados diferentes de complejidad según de cuál de ellos se trate.

### Sistemas convencionales mejorados

De acuerdo a lo comentado anteriormente, en las cámaras frigoríficas el enfriamiento se produce sobre todo por conducción del calor hacia la superficie del envase, mientras el

aire circula por las vías de menor resistencia (Fig. 6).

Varios son las modificaciones mediante las que se ha logrado aumentar la velocidad de enfriamiento: dirigiendo el aire directamente hacia los espacios entre los envases (enfriamiento por chorros), aumentando su velocidad (cámaras frigoríficas capaces de realizar el preenfriamiento y cámaras de pre-enfriamiento) y canalizando el aire a través de vías de desplazamiento preferenciales unido a un aumento de su velocidad (compartimientos de enfriamiento y túneles de pre-enfriamiento).

La velocidad del aire afecta claramente el tiempo necesario para enfriar un producto. En la Fig. 7 se observan las curvas de enfriamiento para kiwis en cámara frigorífica y sometidos a velocidades superiores del aire. Mientras en la primera son necesarias unas 8 horas para que su temperatura baje de 15°C a 2-3°C, una mayor velocidad del aire permite que partiendo de 20°C esta misma temperatura final se logre en 1 a 2 horas.

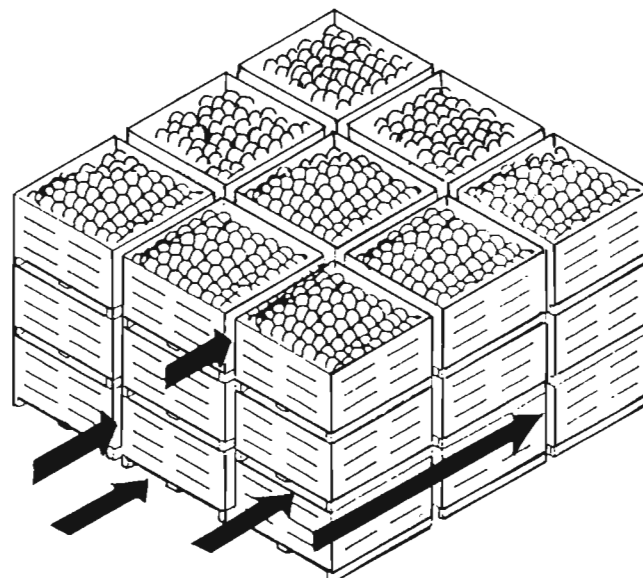
Los productos más voluminosos, en los que el enfriamiento es más dificultoso por ser menor la superficie por unidad de peso (o, lo que es

### Datos a suministrar por el usuario para dimensionar un enfriador por aire húmedo (*Humid air cooler*)

- Kilogramos de producto a enfriar por hora.
- Temperatura máxima prevista para el producto a la entrada.
- Temperatura mínima deseada para el producto a la salida.
- Presentación del producto.
- Tipo de preenvasado (cajas, platós, etc.).
- Peso de cada pallet.

Estos datos permiten calcular los metros cúbicos de aire necesarios (potencia del ventilador) y la potencia frigorífica.

**Fig.6:**  
**Vías de circulación del aire en sistemas de enfriamiento convencionales: el aire pasa fundamentalmente a través de los espacios libres adyacentes a las superficies expuestas de los recipientes.**



Fuente: Kader et al. (1985)

igual, con una relación superficie/volumen menor) resultan los más beneficiados ante cualquier sistema que acelere la transferencia de calor al medio refrigerante (Fig. 8).

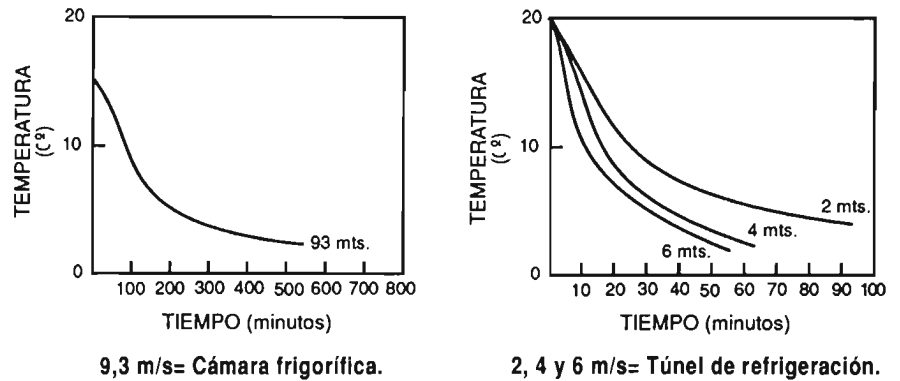
**Enfriamiento por chorros**

Se trata de un método utilizado en Estados Unidos para aumentar la eficiencia de cámaras preexistentes. El techo es dotado con un cielorraso provisto de conos (Fig. 9) por donde salen chorros de aire frío. En el piso se marcan los espacios donde deben situarse los pallets de modo que el chorro de aire se dirija a la zona dejada libre entre estos.

**Cámaras de pre-enfriamiento**

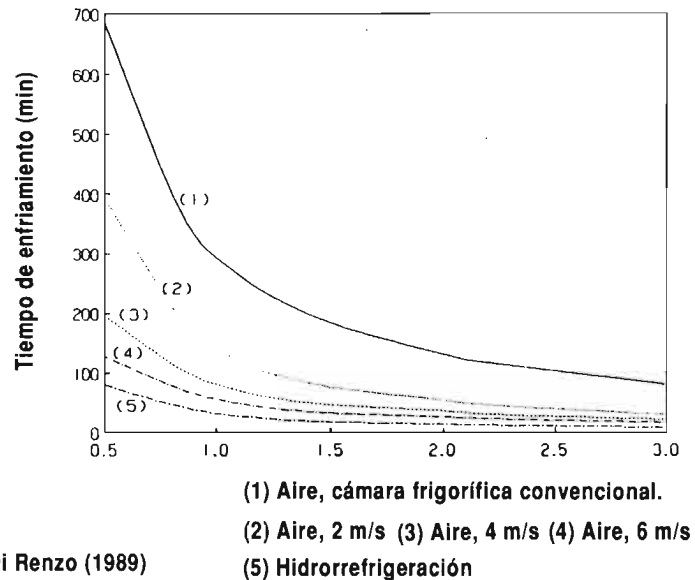
La introducción de productos calientes en las cámaras frigoríficas exige de ellas equipos que cumplan los requisitos de la fase de llenado (en que debe ser eliminada una gran cantidad de calor) y del régimen estático subsiguiente (en que solamente deberá mantenerse la temperatura). En este último bastan velocidades del aire entre 0.25 y 0.7 metros por segundo (unas 7.5 renovaciones por hora) y una potencia frigorífica de 25 a 30 W. En cambio, la fase de llenado requiere que en el lapso de 24 horas pueda enfriarse del 30 al 50% de la carga, siendo necesarias velocidades del aire de 1.5 a 2 m/s y potencias en torno a los 100 W. De ello resulta que los equipos frigoríficos de las cámaras capaces de realizar preenfriamiento estén sobredimensionados para lo que son las necesidades de la etapa de almacenamiento, objetivo principal de las cámaras frigoríficas, y se subutilicen

**Fig. 7:**  
**Curvas de enfriamiento de kiwis sometidos a diferentes velocidades del aire**



Fuente: Modificado de Amirante & Di Renzo (1989).

**Fig. 8:**  
**Curvas de tiempos de enfriamiento en función de la relación superficie/volumen (A/V) para diferentes métodos**



Fuente: Amirante & Di Renzo (1989)

**Sistemas por aire forzado**

La referencia a aire forzado o sus variantes terminológicas posee también otras connotaciones:

- En cámaras frigoríficas, «circulación forzada» hace referencia a la que se produce en las enfriadas por baterías externas o en las provistas de unidades de enfriamiento compuestas por serpentines y ventiladores, en contraposi-

ción al movimiento del aire únicamente por corrientes de convección naturales hacia placas evaporadoras situadas en el techo. - En lo que atañe al preenfriamiento, otra forma también válida de clasificación de los sistemas existentes implica diferenciar el aire forzado obtenido:

1) - Mediante el estableci-

miento de canales preferenciales de circulación.

2) - Por la creación de zonas de aspiración (o expulsión). El 1º engloba a los compartimientos de enfriamiento y a los túneles de pre-enfriamiento y de ahí que algunos autores mencionen dentro de los sistemas de aire forzado a estos últimos.

Sin embargo, y aunque

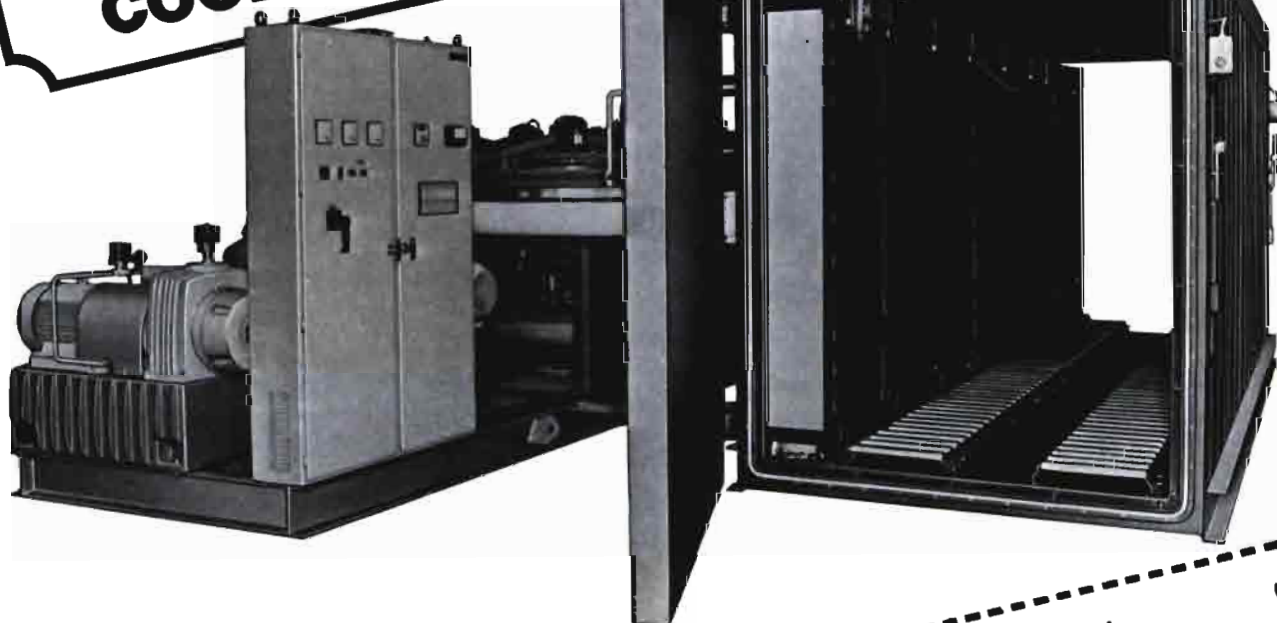
quizás un poco arbitrariamente en relación al significado estricto de las palabras, el término «aire forzado» se reserva generalmente para los del tipo (2), en que el aire debe circular obligatoriamente a través de los envases al haberse eliminado vías alternativas. Con este sentido se le emplea también aquí. ☼



**VACUUM  
COOLING**

# en 30 minutos usted gana 30 días!

NAVALES



Con el enfriamiento rápido al vacío (Vacuum Cooling) usted consigue alargar el frescor en toda clase de hortalizas de hoja.

La cosecha empieza cuando las hortalizas salen de un ENFRIADOR AL VACIO TELSTAR (VACUUM COOLING).

Somos especialistas en aplicaciones de vacío y tenemos la solución de cualquier problema relacionado con dicho proceso industrial.

Escribanos.

**PARA MAS INFORMACION**

- Solicito ser visitado
- Deseo recibir documentación

Nombre .....

Empresa .....

Dirección .....

Teléfono .....

Población .....



# telstar S

**APLICACIONES TECNICAS DEL VACIO**

José Tapiolas, 120 • Tel. 785 28 00 • Apartado 317 • 08226 TERRASSA • Télex 56101 LIOF E •  
Telefax 785 93 42 • DELEGACION: Amado Nervo, 15 • Tel. 433 72 96 • Télex 43542 LIOF E • 28007 MADRID  
**BOMBAS DE ALTO VACIO • EQUIPOS DE LIOFILIZACION • CABINAS ESTERILES**

**Fig. 9:**  
**Enfriamiento por chorros**



durante la mayor parte del tiempo.

Separando las fases de enfriamiento y de conservación mediante el uso de recintos destinados específicamente a cada una de ellas se obvia la instalación de equipos sobredimensionados en las cámaras frigoríficas.

La separación de recintos elimina

también el inconveniente de la pérdida de peso extra que supone para los productos ya fríos de la cámara estar sometidos a las velocidades de aire altas que necesitan los que se acaban de introducir.

Por otra parte, una eliminación rápida del calor de campo exige un es-

paciamiento entre los envases mayor que el suficiente durante la conservación, lo que hace necesario reacomodarlos una vez fríos para aprovechar adecuadamente el espacio de la cámara. Este hecho anula la simplificación del manejo que supondría una única acomodación de los envases.

Las cámaras de pre-enfriamiento son generalmente recintos pequeños, con una capacidad para 12 a 15 toneladas, y con equipos capaces de reducir la temperatura de 30 a 5°C en unas 16 horas. En ellas la velocidad del aire es de 2 a 3 m/s, con unas 60 a 100 recirculaciones y la potencia frigorífica de 100 a 120 W. La densidad de carga no debe ser mayor a 100-120 kilogramos por metro cúbico si el producto a enfriar son hortalizas y no mayor de 150 kg/m<sup>3</sup> si se trata de frutas.

Con este sistema pueden enfriarse la mayoría de los productos, pero provoca una alta desecación, por lo que es particularmente desaconsejable para hortalizas de hoja.

No obstante mejorar los resultados obtenidos en cámaras frigoríficas, resulta demasiado lento para muchos productos perecederos que pueden mostrar síntomas de deterioro antes de acabar de enfriarse (por ejemplo, las fresas).

#### *Compartimientos de enfriamiento*

La subdivisión de una cámara frigorífica en compartimientos dotados cada uno de ellos con canales de su-

## **El «aire húmedo» en la conservación**

Al aporte que ha supuesto la introducción de los sistemas de «aire húmedo» en el preenfriamiento de productos hortícolas se suma el considerable avance que suponen para su conservación, constituyendo la «revolución» del momento en esta faceta de la post-recolección.

En las cámaras de almacenamiento dotadas con sistemas frigoríficos convencionales la pérdida de agua de los productos constituye una limitante

de peso en la prolongación del período de conservación. Resulta difícil mantener, con los sistemas de humidificación tradicionales, un contenido de humedad relativa elevado en el aire. Los máximos son, en las mejores circunstancias, del 95% y, habitualmente en torno al 90%.

Las torres de enfriamiento -que constituyen, junto con el forzado a presión del aire, la esencia del «aire húmedo»- generan

humedades relativas del 95 a 98%. Esto permite reducir las pérdidas de agua de los productos almacenados a la mitad de los valores usuales.

El aire de la cámara ya no se enfría en placas evaporadoras sino que lo hace a través del contacto con el agua fría. Se elimina así el inconveniente de formación de hielo sobre los evaporadores y la necesidad de desescarche.

El agua, por su parte, se enfría a través del contac-

to con hielo o mediante serpentines evaporadores. En el primer caso es posible aprovechar las posibilidades que brindan los equipos acumuladores de hielo (tarifas nocturnas de electricidad, etc.)

La inexistencia de agua libre, presente en algunas formas de humidificación, deja de incidir como factor de promoción de enfermedades.

El período de conservación se extiende, en hortalizas de tejidos foliáceas

ministro de aire que pueden abrirse independientemente permite su empleo para preenfriamiento y conservación obviando someter a los productos ya fríos a un exceso de refrigeración. El compartimiento se establece mediante tabiques perpendiculares a los lados del recinto (Fig. 10), quedando abierto el extremo que da al pasillo central, por donde se produce el retorno de aire. Una vez lleno un compartimiento se abren sus canales de modo de suministrar un gran volumen de aire, que se reduce una vez frío el producto.

### Túneles de pre-enfriamiento

Se trata de recintos de forma alargada en los que el aire frío fluye con velocidades entre 3 y 6 m/s, aunque generalmente mayor que 5. El tiempo de enfriamiento varía entre 1 y 6 horas. En función de la forma de introducir el producto se distinguen dos tipos de túneles: contínuos y discontinúos. Los primeros (Fig. 11) están provistos de sistemas transportadores de rodillos que conducen los pallets de un extremo al otro al tiempo que son refrigerados mediante aire que fluye ya sea longitudinal o transversalmente. Se utilizan especialmente en Sudáfrica y Estados Unidos.

Los túneles discontinúos (Fig. 12) están divididos en varios compartimientos donde se introducen los pallets. En la separación entre cada celda existen evaporadores que son

en aproximadamente una semana más, lo que, teniendo en cuenta su habitual brevedad (1 a 3 semanas generalmente), representa una extensión interesante. En productos menos perecederos tales como raíces y tubérculos el período extra de conservación es de semanas y meses.

El pasaje del aire por el agua permite una eliminación parcial del etileno. En cámaras de conservación de manzana, donde pueden encontrarse concentraciones de hasta 1000 partes por millón, la torre

de enfriamiento mantiene el nivel en torno a las 50-60 ppm. Si bien esto no obvia el uso de sistemas de barrido de etileno más eficientes en productos con una elevada tasa de producción y sensibilidad a este gas -los kiwis, por ejemplo-, para muchos productos puede ser suficiente. El agua realiza también un lavado de productos volátiles, lo que ha permitido mejoras en la conservación y calidad de naranjas.

La condensación que se produce sobre las paredes de la cámara cuando se la

abre para introducir o sacar producto se reduce considerablemente. La torre de enfriamiento absorbe la humedad que genera el aire caliente.

La ausencia de tuberías de fluido refrigerante en el interior de la cámara elimina el peligro de eventuales fugas.

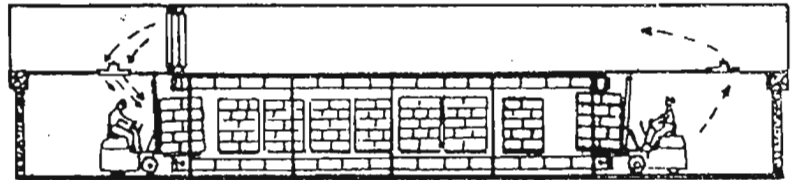
El *Sprenger Institut* de Wageningen llevaba, ya en 1987, cinco años de estudios sobre este sistema. En ese mismo año existían o se estaban montando en Holanda 600 cámaras frigoríficas dotadas de aire húmedo. Entre los usua-

rios ocupan el primer puesto sus subastas (*veiling*), que están obligadas a exportar los productos enfriados al menos a 4°C. En ellas las cámaras se proveen de múltiples compartimientos -con capacidad cada uno de ellos para 2, 4 o 6 filas de pallets, eventualmente en dos alturas- que se cierran mediante paneles móviles o persianas enrollables, permitiendo el preenfriamiento o la conservación de lotes independientes.

**Fig. 10:**  
Cámara provista de compartimentos



**Fig. 11:**  
Túnel de pre-enfriamiento continuo



Fuente: Graell (1989).

atravesados por la corriente de aire que fluye en sentido transversal. De este modo el aire vuelve a enfriarse antes de entrar en el compartimiento siguiente.

### Sistemas por aire forzado o aire a presión

Bajo la denominación de enfriamiento por aire forzado (o aire a presión) se engloban los sistemas en que la transferencia de calor se produce fundamentalmente por el contacto producto-aire, objetivo logrado

forzando al aire a atravesar el envase ya sea por aspiración o por expulsión. La diferencia de presión entre las caras opuestas del envase varía entre 60 y 750 pascales. Su principales ventajas estriban en la aceleración de la pérdida de calor -lográndose este objetivo generalmente en tiempos entre 4 y 12 horas- y el requerir inversiones modestas.

#### Túnel de aire forzado

El principio consiste en formar un túnel mediante dos filas de envases

(o pallets) dejando un pasillo entre ellas de unos 60 centímetros de ancho. La parte superior de los envases así como del pasillo y los extremos de este se tapan (habitualmente mediante un plástico o tela plastificada) de modo que los orificios de los envases pasan a constituir la única vía posible de entrada del aire.

Un ventilador ubicado en uno de los extremos del túnel crea una ligera depresión que induce al aire de la cámara a circular hacia él. Dado que las únicas vías de entrada disponibles son los orificios de los envases, el aire debe desplazarse forzosamente a través del producto. Para maximizar la eficiencia han de evitarse los huecos que puedan constituir vías alternativas de comunicación cámara-túnel. Los envases o los pallets deben ubicarse de manera tal que sus bases obstaculicen el pasaje de aire.

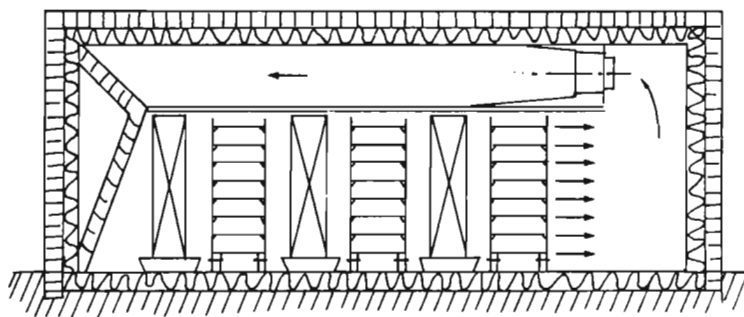
Este tipo de montaje puede efectuarse con ventiladores portátiles (Fig. 13), que expulsan nuevamente el aire al interior de la cámara luego de su forzado a través del producto, o mediante ventiladores empotrados en una pared. En este caso el aire que absorben es hecho circular sobre una superficie enfriante (evaporadores) previo a su devolución a la cámara. Esta alternativa es la base de una serie de modificaciones como la que puede observarse en la Fig. 14, donde se ha dotado a la pared de estantes que permiten un mejor aprovechamiento del espacio. Constituye también la base de los sistemas de «aire húmedo», en que la única diferencia la aporta el sistema de enfriamiento y humidificación del aire.

#### Pared fría

Se trata de una serie de compartimientos -que ofician de túneles- formados mediante tabiques perpendiculares a una pared detrás de la cual se sitúa el ventilador aspirante. El ancho de cada celda corresponde al de los envases o pallets y pueden estar dotadas de estantes que permiten el apilamiento en altura. Unas cortinas enrollables de plástico cierran -una vez colocado el lote a enfriar- el espacio superior que no se ha ocupado con envases.

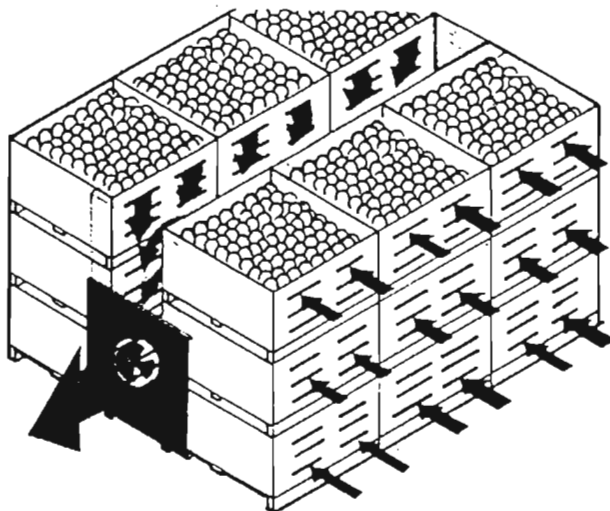
Cada compartimiento comunica de forma independiente con el espacio donde está situado el ventilador lo

**Fig. 12:**  
**Túnel de pre-enfriamiento discontinuo (sistema Neuenschwander)**



Fuente: Collin (1975).

**Fig. 13:**  
**Movimiento del aire en un túnel de aire forzado. La parte superior de la última capa de envases y del pasillo se cubren para forzar el pasaje del aire a través de los orificios de ventilación**



Fuente: Kader et al. (1985).

que permite iniciar el preenfriamiento sin tener que esperar que llegue la mercadería necesaria para formar un túnel. Una vez frío el producto debe retirarse para evitar un desecamiento innecesario.

Este sistema se ha utilizado en almacenes donde se trabaja con volúmenes escasos de productos variados y con diferentes necesidades de frío. La pared fría se ubica ya sea en uno de los lados o de los extremos de una cámara frigorífica.

### Enfriamiento sinuoso

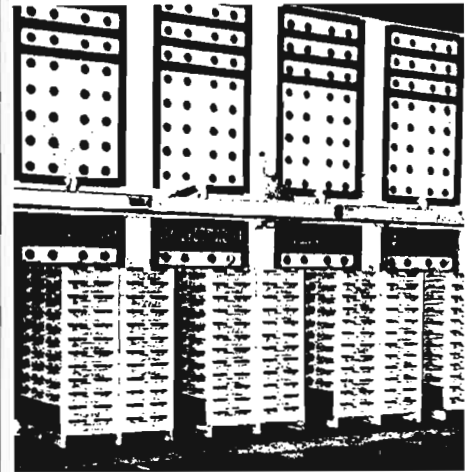
Este método, cuya denominación hace referencia al recorrido serpenteante del aire, se utiliza para el preenfriamiento de palots con orificios de ventilación en la base, con o sin ventilación lateral. Para la entrada y salida del aire (de la cámara y hacia el ventilador, respectivamente) se aprovechan los espacios por donde se introducen las horquillas de

las carretillas elevadoras (Fig. 16). Los palots se colocan contra la pared detrás de la cual se encuentra el ventilador aspirante. Esta dispone de aberturas que cazan con espacios para horquillas alternos, comenzando por el segundo palot de una pila. Los espacios para horquillas que quedan de cara al interior de la cámara y en cuyo extremo opuesto coinciden con aberturas de la pared, se tapan. De este modo el aire que penetra por una abertura se ve obligado a introducirse a través del palot inmediato inferior o superior y a atravesar la masa de producto para acceder a la abertura más próxima en la pared.

### Aire húmedo

Este sistema corresponde, desde el punto de vista del movimiento del aire, también a los sistemas de preenfriamiento por «aire forzado», pero incorpora el uso de «torres de enfriamiento» que cumplen la doble

**Fig. 14:**  
**Enfriador por aire forzado**  
**provisto de estantes para**  
**mejorar el aprovechamiento**  
**de la superficie**



Fuente: Mitchell et al. (1972).

**DESDE...**

lo más sencillo.



**HASTA...**

las instalaciones más completas.

La experiencia a su servicio



**INSTITUTO TECNOLÓGICO EUROPEO, S. A.**

C/. Valencia, s/n. - 46210 PICANYA (Valencia)

Apartado 370 - 46080 Valencia

Telf. (96) 155 09 54\* - Telex 62243 y 62518 - Telefax (96) 1550609

**Invernaderos y complementos**  
**para todas**  
**las necesidades.**



**Cuadro 9:**  
**Resultados de preenfriamiento obtenidos en instalaciones comerciales (c) o experimentales (e) en Francia**

Producto		Procedimiento	Tiempo enfriamiento	Descenso de la T <sup>a</sup>
Zanahoria	Caja madera	agua helada (c)	10 mn	15 a 5
Espárrago	Caja plástico	agua helada (c)	15 mn	21 a 5
Alcachofa	Caja listones madera	aire húmedo (c)	12 h	13 a 2
Coliflor	Caja listones madera	aire húmedo (c)	10-12 h	16 a 2
Endivia	Plató madera	aire húmedo (c) (1,9 m <sup>3</sup> /Kg/h) (c)	10 h	15 a 3
		aire forzado (2,7 m <sup>3</sup> /Kg/h) (e)	4 h	16 a 3
Lechuga	Caja listones madera	vacío (c)	20 mn	18 a 3
Albaricoque	Plató	aire húmedo (e)	2 h	22 a 4
Melocotón	Caja plástico	aire húmedo (e)	2 h 30	25 a 5
		aire forzado (e)	3 h 30	25 a 5
Cereza	Plató madera	agua helada (e)	10 mn	21 a 5
		aire húmedo (e)	3 h	21 a 5
Uva	Plató madera	aire húmedo	4 h	17 a 5
Kiwi		agua helada (e)	15 mn	16 a 4
		aire forzado (c)	5 h	18 a 4
Fresa		aire forzado (c)	3 h	20 a 5
		aire húmedo (c)	2 h	20 a 5

Fuente: Moras (1989 b).

Como se desprende de las características de los sistemas de preenfriamiento, la mayoría de ellos están pensados para efectuar esta operación «en tierra», previo a la carga del vehículo de transporte.

función de enfriar y humidificar el aire.

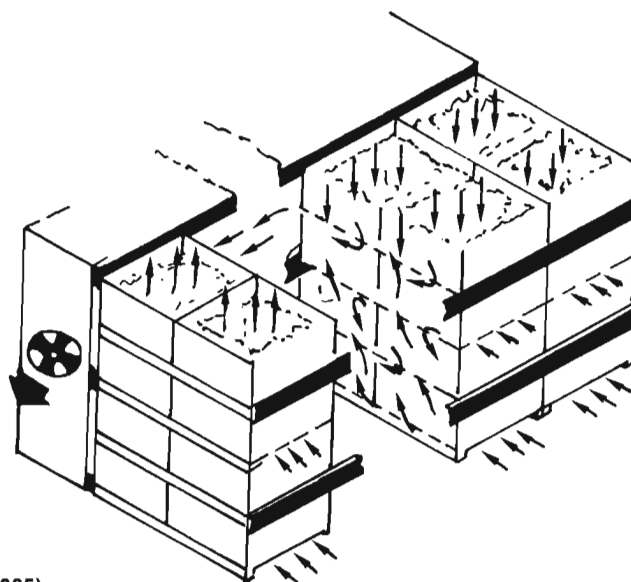
El aire proveniente de la cámara pasa por la torre de enfriamiento donde entra en contacto con agua a una temperatura ligeramente superior a 0°C, luego de lo cual, ya frío (aprox. 1.5°C) y cargado con una humedad relativa del 95-98%, retorna a la cámara.

El enfriamiento del agua se realiza ya sea directamente, haciéndola pasar por serpentines evaporadores - que pueden estar incorporados a la torre- o mediante hielo generado por el equipo frigorífico (Fig. 17), sistema este que presenta las mismas ventajas ya comentadas al hablar del preenfriamiento por agua.

El contacto del aire con el agua en la torre de enfriamiento puede producirse por corriente cruzada o a contracorriente. En el primer caso el aire atraviesa perpendicularmente la cortina de agua fría (Fig. 18) mientras que en el sistema a contracorriente (Fig. 19) asciende verticalmente al tiempo que atraviesa la ducha. Aunque este último sistema ocupa algo más de espacio, presenta la ventaja de ofrecer una superficie de intercambio mayor.

Para evitar la introducción de agua libre en la cámara las torres de enfriamiento están dotadas de filtros que eliminan del aire, previo a su retorno a la cámara, las gotas de agua

**Fig. 16:**  
**Enfriamiento sinuoso**



Fuente: Kader et al. (1985)

**9**ndudablemente, la aplicación de cualquier técnica de preenfriamiento representa una inversión y un costo adicional por kilo de producto, cuyas incidencias sólo pueden ser evaluadas en función de las circunstancias particulares de cada empresa.

que ha arrastrado en su pasaje por la ducha.

**Muro soplante**

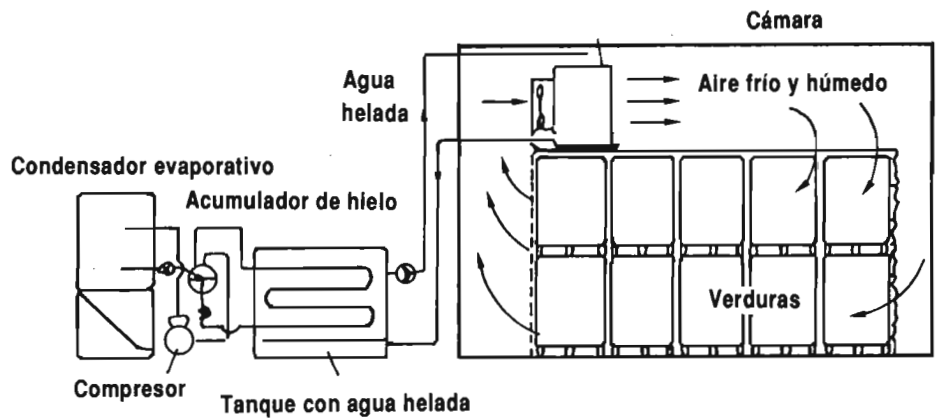
En este sistema (Fig. 20), el aire que atraviesa el producto proviene directamente de la torre, en vez de pasar previamente por la cámara como en los sistemas de «aire forzado» ya comentados y los más extendidos de «aire húmedo».

**Muro aspirante**

Su principio de funcionamiento en cuanto al pasaje del aire es el mismo que los sistemas de «aire forzado», existiendo también algunas variaciones en la forma de disponer los envases. Las más comunes, la formación de un túnel, mediante dos filas de pallets, o el enfrentamiento directo del pallet con la zona aspirante de la pared, en cuyo caso se simplifica la tarea de tapar con el plástico, que puede bajarse simplemente con la ayuda de un cordel. En la Fig. 21 se observa el patrón de circulación del aire en una celda con capacidad para dos túneles.

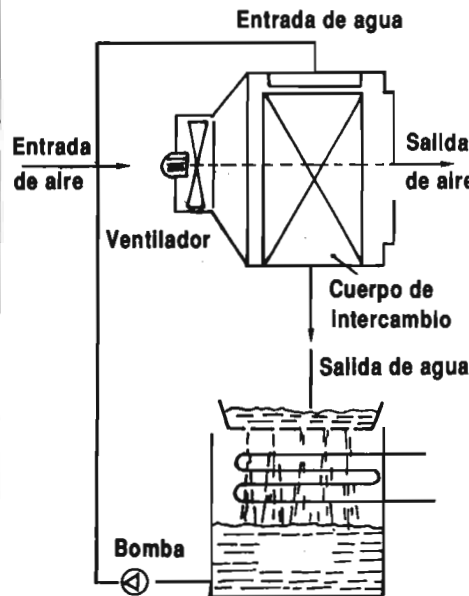
Si bien exige una inversión mayor, este sistema mejora los tiempos de enfriamiento del «aire forzado» (Cuadro 9) al sumar a un patrón de circulación del aire similar, la elevada humedad relativa, que aumenta la eficiencia del aire como medio de re-

**Fig. 17:**  
**Enfriamiento por aire húmedo, con equipo acumulador de hielo**



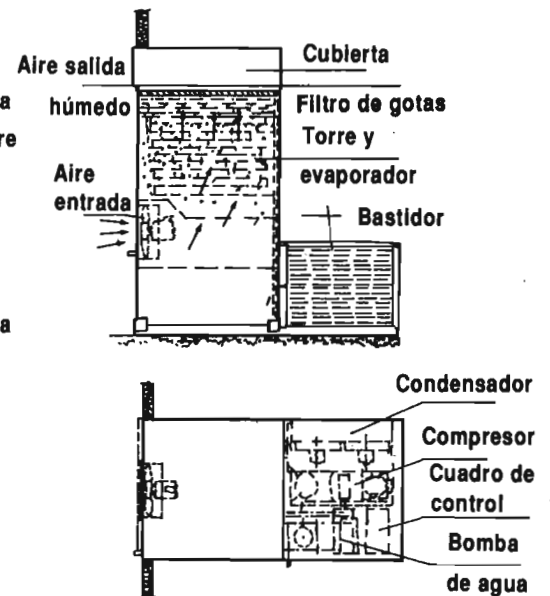
Fuente: Izard (1989).

**Fig. 18:**  
**Torre de enfriamiento con circulación del aire en corriente cruzada. El agua se enfría en evaporadores**



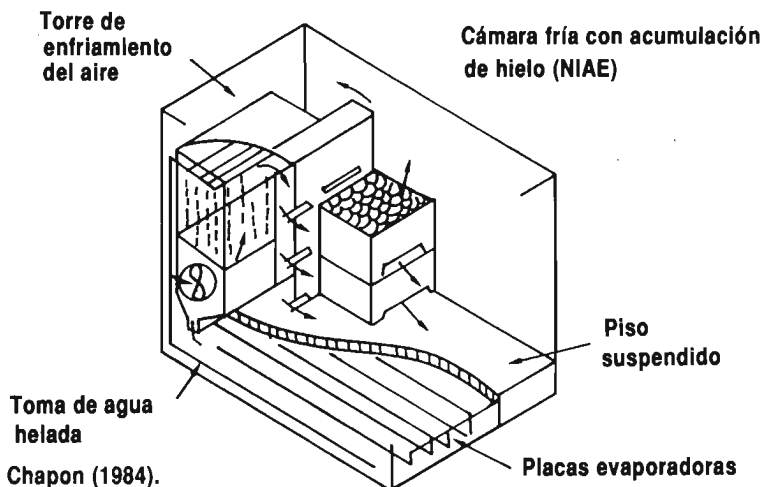
Fuente: Moras (1989b).

**Fig. 19:**  
**Torre de enfriamiento con pasaje del aire a contracorriente. El agua se enfría en evaporador incorporado a la torre**



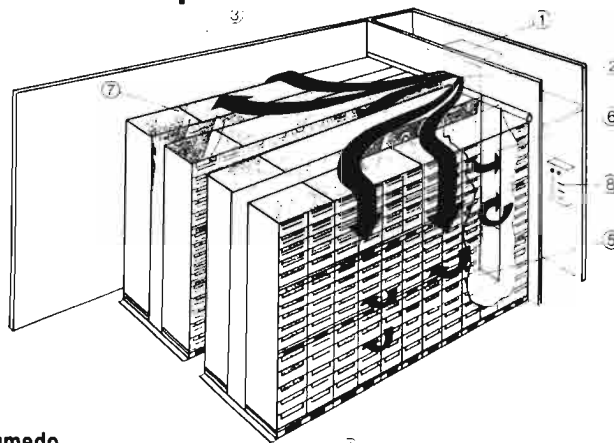
Fuente: AutoCool, S.A. (Airspray).

**Fig. 20:**  
**Aire forzado por muro soplante**



Fuente: Moras & Chapon (1984).

**Fig. 21:**  
**Aire forzado húmedo: patrón de circulación del aire**



- 1.- Generador de aire frío húmedo.
- 2.- Orificio de introducción del aire frío húmedo en la cámara de pre-refrigeración.
- 3.- Zona de distribución del aire bajo una ligera sobrepresión.
- 4.- Productos en cajas.
- 5.- Zona de aspiración del aire bajo ligera depresión.
- 6.- Una de las aberturas de aspiración por donde se introduce el aire ligeramente calentado por su pasaje por el producto.
- 7.- Cubiertas plásticas desenrolladas sobre las filas de cajas. Su función es separar las zonas de sobre y depresión.
- 8.- Panel eléctrico para el control del caudal, temperatura y humedad del aire.

Fuente: Splrec.

**La convergencia en los mercados de destino de volúmenes ingentes de frutas y hortalizas, unido al elevado poder adquisitivo del consumidor de Europa occidental, ha desplazado la competencia al terreno de la calidad.**

frigeración. El alto contenido de humedad elimina prácticamente los problemas de deshidratación, pudiendo usarse con todos los productos, hortalizas de hoja incluidas. Los envases deben ser capaces de soportar esta riqueza en humedad del ambiente.

El preenfriamiento del brócoli previo a su acondicionamiento mediante este tipo de sistema permite suministrarle la humedad necesaria para la conservación de la calidad.

El enfriamiento del aire mediante agua elimina la posibilidad de que ocurran daños por congelación ya que su temperatura no puede descender de 0°C.

El «aire húmedo» se está empleando también para la conservación de frutas y hortalizas, permitiendo prolongar los períodos habituales de almacenamiento. El costo de implantación, superior al de una cámara frigorífica, se justifica por una calidad también mayor.

### Enfriamiento por aplicación de hielo

Se trata de un método antiguo, basado en que el contacto con hielo induce también un enfriamiento rápido de los tejidos vegetales. Utilizando una cantidad igual al 38% de peso fresco de un producto se logra un descenso de la temperatura desde 35 a 2°C, aunque la eficiencia se reduce cuando es el calor ambiental o solar la causa de su derretimiento. Obviamente, quedan excluidas de este tipo de enfriamiento aquellas especies que no soporten sin dañarse el contacto con hielo a 0°C.

El hielo se emplea finamente picado, en forma de escamas o como «pasta de hielo», una mezcla de agua, hielo y sal (40, 60 y 0.1% respectivamente).

La aplicación puede realizarse en el campo, mediante equipos móviles, al producto en espera de ser trasladado al almacén (Fig. 22), o al género ya acondicionado, previo a su carga en el vehículo de transporte (Figs. 23 y 24), lo que exige envases capaces de soportar el contacto con agua.

La aplicación de hielo a los envases puede complementarse o sustituirse por la extensión de una capa de hielo sobre los recipientes superiores de una carga. En este caso y cuando el vehículo es refrigerado, la aplicación se hace normalmente en forma de franjas ya que, en caso contrario, el aire frío proveniente del equipo de refrigeración puede inducir la formación de un manto compacto que actúa como aislante, impidiendo la eliminación de calor del producto.

Se trata de un método simple, que puede aplicarse durante el transporte y que genera un ambiente húmedo debido a la fusión del hielo, con lo cual se mantiene la turgencia de los productos, que presentan una pérdi-

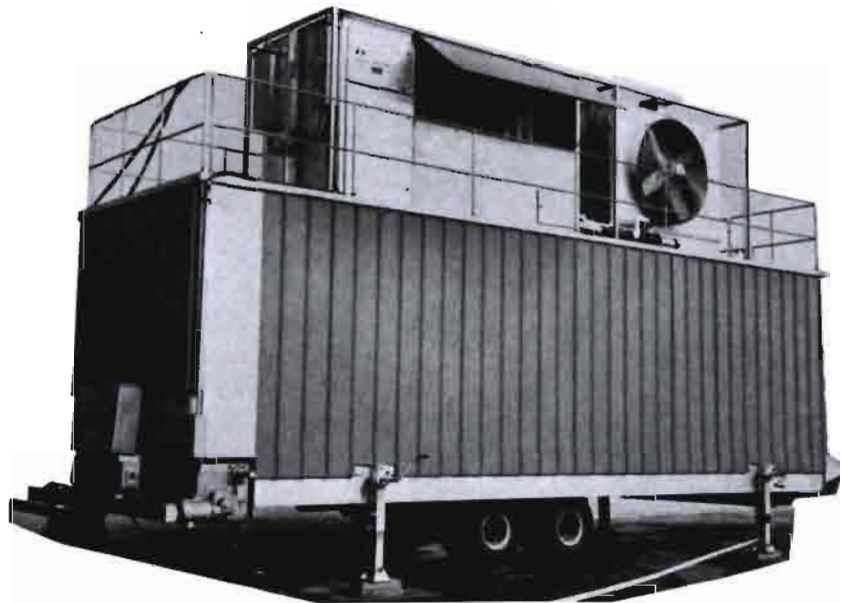
da de peso mínima y una mejor colocación.

No obstante, presenta también sus inconvenientes, como es la presencia de agua en el piso, ya sea del vehículo de transporte como del sitio de descarga, con la incomodidad que esto representa. El agua libre, además, deteriora el aislamiento de los vehículos. Para algunos productos el medio que genera resulta excesivamente húmedo para un mantenimiento adecuado de la calidad.

Es un sistema bastante utilizado en Estados Unidos donde por la extensión de las explotaciones en muchas zonas, así como las considerables distancias a los mercados, presenta más interés.

Como se desprende de las características de los sistemas de preenfriamiento, la mayoría de ellos están pensados para efectuar esta operación «en tierra», previo a la carga del vehículo de transporte. Únicamente el contacto por hielo puede considerarse un sistema de aplica-

**Fig. 22:**  
**Planta móvil de fabricación de hielo**



Fuente: Semco.



**PLANTAS DE NAVARRA, S. A.**

Productores a gran escala:

**PLANTAS DE FRESON - ALTURA Y FRIGO**

Variedades: DOUGLAS ● CHANDLER ● PAJARO ● FAVETTE ● CRUZ ● PARQUER ● SANTANA  
TORO ● AIKO ● FERM ● SELVA ● HECKER ● BRIGTHON

**DISPONEMOS A LA VENTA DE PLANTA DE BASE PARA FORMACION DE VIVEROS DE FRESAL.**

**PLANTAS DE FRUTAL**

MELOCOTONES ● NECTARINAS ● CEREZO ● PERAL ● MANZANO ● CIRUELO

**PLANTAS DE ESPARRAGO**

Obtenciones propias: CIPRES ● SUR ● PLAVERD (Verde)

Obtenciones INRA: DESTO ● CITO ● LARAC

Obtenciones DARBONNE: DARBONNE-3 ● DARBONNE-4 ● DARBONNE-231

*Nuestros Laboratorios de cultivo IN VITRO nos aseguran un material de partida de la más alta calidad.*

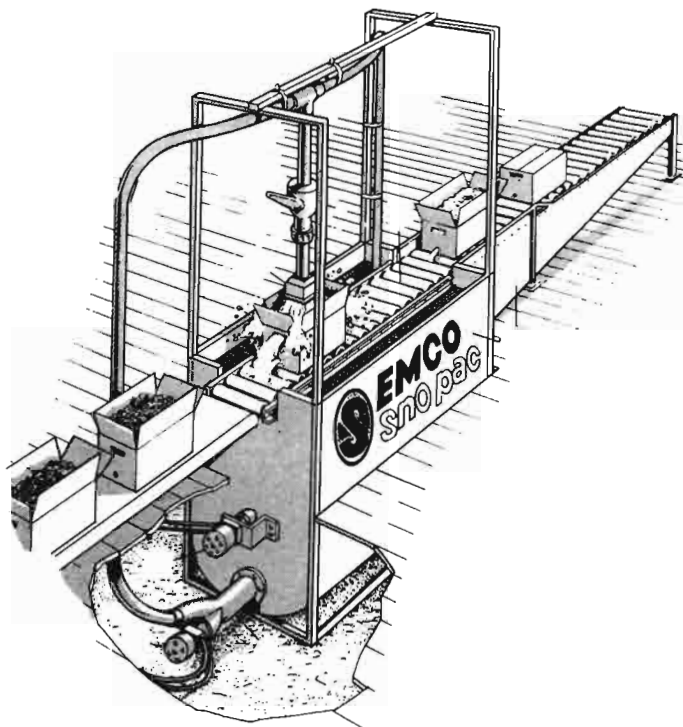
*Para cualquier proyecto consulte nuestra Dirección Técnica:*

**INFORMACION:**

**Ctra. San Adrián, Km. 1; 31514 VALTIERRA (Navarra)**

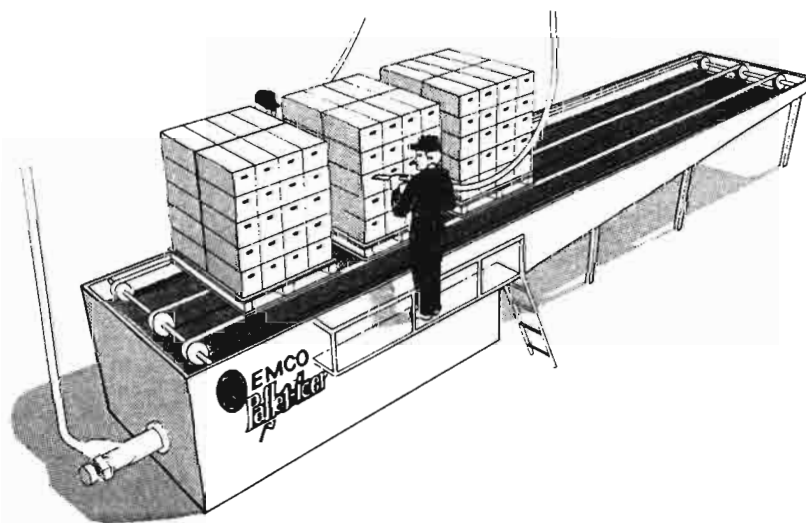
**Teléfono (948) 86 73 61 - Fax: (948) 86 72 30 - Télex: 58856 PNSA-E.**

**Fig. 23:**  
Equipo para dosificación automática de pasta de hielo



Fuente: Semco.

**Fig. 24:**  
Aplicación manual de pasta de hielo



Fuente: Semco.

ción mixta.

El efectuar simultáneamente preenfriamiento y transporte resulta una opción tentadora por la posibilidad de ahorro de tiempo implícita. Se han intentado diferentes sistemas, tales como depósitos para hielo, reforzamiento de la circulación de aire con ventiladores portátiles, mayor potencia del grupos frigorífico del vehículo, así como duchas con agua fría. En la práctica estos sistemas, bien enlentecen la dinámica del transporte o realizan un preenfriamiento lento, para obviar lo cual sería necesario instalar equipos demasiado grandes. Ello conduce a que en Europa prácticamente no se utilice ninguno de estos medios.

Indudablemente, la aplicación de cualquier técnica de preenfriamiento representa una inversión y un costo adicional por kilo de producto, cuyas incidencias sólo pueden ser evaluadas en función de las circunstancias particulares de cada empresa.

No obstante, en esta valoración han de tenerse en cuenta también condicionantes generales, que si bien quizás pensando a corto plazo resultan más o menos obviales, día a día se tornan más insoslayables.

La convergencia en los mercados de destino de volúmenes ingentes de productos, unido al elevado poder adquisitivo del consumidor de Europa occidental, ha desplazado la competencia al terreno de la calidad. Indudablemente subsisten diferencias entre las exigencias de los distintos mercados occidentales y la apertura de los países del Este constituye otra posibilidad de colocación para algunos productos, en principio más permisiva.

Esto no altera, sin embargo, el hecho medular: con las técnicas agronómicas actualmente disponibles es posible producir, de la mayoría de especies, una cantidad sobradamente superior de producto a la que los mercados capaces de adquirirlos pueden consumir. Para seguir compitiendo exitosamente en ellos los esfuerzos deben volcarse en todas aquellas medidas que permitan mejorar la calidad, tanto la intrínseca del producto como la de su presentación.



## El Pre-enfriamiento

### I PARTE

#### Ventajas del pre-enfriamiento.

- Técnicas de pre-enfriamiento.
- Pre-enfriamiento por vacío.

#### Pérdidas de agua.

- Pre-enfriamiento por agua.
- Diferentes sistemas de pre-enfriamiento por agua.
- Funcionamiento del sistema.
- Necesidades de agua.

(Publicada en la Revista nº 63, noviembre-diciembre 1990).

### II PARTE

#### Pre-enfriamiento por aire.

- Evolución de los equipos.

#### Sistemas convencionales mejorados:

- Enfriamiento por chorros.
- Cámaras de pre-enfriamiento.
- Compartimentos de enfriamiento.

#### Sistemas por aire forzado o aire a presión:

- Túnel de aire forzado.
- Pared fría.
- Enfriamiento sinuoso.

#### Sistemas mediante aire húmedo.

- Aire forzado mediante expulsión.
- Aire forzado mediante aspersión.
- Enfriamiento por aplicación de hielo.
- Sistema de aplicación mixta.

### III PARTE

#### Los envases en el pre-enfriamiento.

- Importancia de las envolturas.
- Velocidad de enfriamiento.
- Cartón ondulado.
- Tamaño del envase.
- Pre-ensado.
- Palletización.

## Bibliografía

- Alique R., M. Lamua y F.J. Cuesta (1987). Prerrefrigeración de frutas y hortalizas. III. Criterios para la elección del sistema. Alimentación, Equipos y Tecnología, VI, N1, Enero/Febrero: 129-144.
- Amirante, P. & G.C. Di Renzo (1989). Impianti di prerrefrigerazione. Il Fredo, Año 43, N 4, Julio/Agosto: 411-428.
- Aubert et al. (1973). Avantages de la pré-refrigeration sous vide des légumes. C.R. DERST 71-7-2930. Citado por Moras & Chapon (1984).
- Autocool, S.A. Rio Guadiana N°1 Urb. Los Canos. La Gangosa. 04738 Vicar. Almería. Catálogo comercial.
- Collin, D. (1975). Applications Frigorifiques. Tome 1. Industries Agricoles et Alimentaires. PYC-Editions. Paris. Citado por Lamúa et al. (1986).
- De La Plaza, J.L. (1988). Prerrefrigeración de frutas y hortalizas (Vacuum cooling, Hydrocooling). Primeras Jornadas Técnicas Europeas del Frío aplicado a la Agroalimentación. Valencia. 9-21.
- Diez Cisneros, A. (1987a). Tecnologías actuales para el tratamiento de productos perecederos (I). Valencia Fruits, Año XXVI, Nr. 1320, 13 Octubre: 30-31.
- (1987b). Tecnologías actuales para el tratamiento de productos perecederos (II). Valencia Fruits, Año XXVI, Nr. 1321, 20 Octubre: 7.
- Duverneuil G. (1987). Techniques de conservation des fruits après récolte. Revue Générale du Froid 3: 141-148. (También en: Il Fredo 4/1988: 463-472.)
- Geerlofs. Postbus 137. 2600 AC Delft. Holanda. Catálogo comercial.
- Gorini, F.L. (1987). Innovazioni tecnologiche nelle centrali frutticole e miglioramento della qualità dei prodotti. Il Fredo, Año 41, N 4, Julio/Agosto: 409-413.
- (1989a). Centrale ortofrutticole italiane (I). Il Fredo, Año 43, Nr. 2, Marzo-Abril: 175-187.
- (1989b). Centrale ortofrutticole italiane (II). Il Fredo, Año 43, Nr. 3, Mayo-Junio: 323-333.
- Graell, J. (1989). Prerrefrigeración de productos vegetales. Fruticultura Profesional, N 20, Enero/Febrero: 40-44.
- Guyot, M. (1987). La pré-refrigeration. Etude économique dans le Midi de la France. Infos-Ctifl N30. Abril: 39-42.
- IIF (1973). Stations de conditionnement et d'entreposage des fruits et légumes. Institut International du Froid. Citado por Moras & Chapon (1984).
- Kader, A.A., R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer & J.F. Thompson (1985). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cooperative Extension University of California. division of Agriculture and Natural Resources. Special Publication 3311. 192 pp.
- Izard, M.J. (1989). Raffreddamento ad aria bagnata. Il freddo 1: 75-80.
- Lamua M., Cuesta, F.J. & Alique, R. (1984). Prerrefrigeración de frutas y hortalizas. I. Fundamentos. Alimentación, Equipos y Tecnología, Nov.-Dic.: 60-68.
- (1986). Prerrefrigeración de frutas y hortalizas. II. Aplicación. Alimentación, Equipos y Tecnología, Mz.-Ab.: 109-120.
- Le Bohec, J. & Y. Jestin (1973). Le vacuum cooling ou refroidissement par le vide (I). Revue Horticole, Año 145, N° 2319, Diciembre: 13-21.
- (1974). Le vacuum cooling ou refroidissement par le vide (II). Revue Horticole, Año 146, N 2320, Enero: 19-24.
- Moras, P. & J-F. Chapon (1984). Entreposage et Conservation des Fruits et Legumes. CTIFL. 243 pp.
- Moras, P., J-P. Thicoipe & J-P. Lec'hvien (1987). Le refroidissement des légumes en atmosphère humide (Voyage en Hollande et Belgique). Infos-Ctifl N 31. Mayo: 23-25.
- Moras, P. (1989a). La pré-refrigeration. Une nécessité pour la qualité des fruits à noyau. Infos, N 50, Abril: 27-30.
- Moras, P. (1989b). Les techniques de refroidissement à air et à eau. Revue General du Froid, Abril: 161-167.
- Mitchell, F.G., R. Guillou & R.A. Parsons (1972). Commercial cooling of fruits and vegetables. California Agricultural Experiment Station Extension Service. Manual 43. 44 pp.
- Nijssen Koeling. Postbus 888. 2300 AW Leiden. Holanda. Catálogo comercial.
- Pantastico, ER.B. (Ed.) (1984). Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Cía. Editorial Continental, S.A. México. 2ª. Edición. 663 pp.
- Pratella G. & M. Vicenzi (1969). La prerrefrigerazione. En: Guida alla frigoronservazione dei prodotti ortoflorofrutticoli. Edagricole. Bologna. 217 pp.
- Rizzolo, A. & M. Grassi (1987). Capacità di abbattimento dell'etilene delle torri di lavaggio ad acqua nelle celle frigorifere. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli (Milán). XVIII: 33-38.
- Semco Manufacturing CO. P.O. Box H. 705 E. BUS. 83. Pharr, TX 78577. E.U.A. Catálogo comercial.
- Spirec. 8, rue d'Athènes 75009 Paris. Catálogo comercial.
- Tonini, G. (1985). Tecniche di prerrefrigerazione nella conservazione e trasporto dei prodotti ortofrutticoli. Il Fredo 5: 345-361. Citado por De La Plaza (1988).
- Wills, R.H.H., T.H. Lee, W.B. Mcglason, E.G. Hall & D. Graham (1984). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Ed. Acribia. Zaragoza. 195 pp.