

**NICARAGUA**

**ARAP**

**Agriculture Reconstruction Assistance  
Program**

**Análisis de Factibilidad para Usar Tecnología de  
Enfriamiento en el Desarrollo del Comercio  
de Productos Frescos en Nicaragua**

*Prepared by:*

**David H. Picha**

*Submitted by:*

**Chemonics International Inc.**

*To:*

**United States Agency for International Development  
Managua, Nicaragua**

Under RAISE IQC Contract No. PCE-I-00-99-00003-00  
Task Order No. 802  
November 2000

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Introducción	2
Condición Actual y Disponibilidad de Equipo de Preenfriamiento en Nicaragua	2
Uso y Necesidad de Tecnología de Enfriamiento en la Industria Nicaragüense de Productos Frescos	4
El Manejo Apropiado Poscosecha Comienza con el Cosechamiento Apropiado	5
Es Esencial Enfriar Inmediatamente Después de Cosechar	6
Métodos de Enfriamiento Usados para Perecederos en Nicaragua	7
Enfriamiento de Cuartos	8
Enfriamiento con Aire Forzado (A Presión)	9
Hidroenfriamiento	12
Hidroenfriador de Banda Transportadora-Ducha	13
Hidroenfriador de Tandas	14
Hidroenfriador de Banda Transportadora-Inmersión	14
Enfriamiento con Hielo	15
Enfriamiento al Vacío	15
Almacenamiento en Frío	17
Determinación de la Capacidad de Refrigeración	17
Manejo de Enfriadores	19
Humedad Relativa	20
Sistemas de Embalaje para Mantener la Cadena de Frío En Tránsito	20
Modalidades de Transporte de Perecederos de Nicaragua a los EE.UU.	21
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA USAR TECNOLOGÍA DE ENFRIAMIENTO EN EL DESARROLLO DEL COMERCIO DE PRODUCTOS FRESCOS EN NICARAGUA	

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Proveedores Locales de Equipo de Refrigeración	21
Proveedores Regionales de Equipo de Refrigeración	24
Proveedores Internacionales de Equipo de Enfriamiento y Refrigeración y Costos Estimados	25
Recomendaciones	31
Resumen	32
Cuadros del Apéndice. Temperatura y Humedad Relativa Recomendadas para Frutas y Hortalizas Frescos Comúnmente Cultivados en Nicaragua	

## **Introducción**

El éxito para desarrollar el sector industrial de productos frescos en Nicaragua depende de la adecuada tecnología de enfriamiento después de la cosecha y de suficiente infraestructura para almacenamiento en frío. Las condiciones inadecuadas, posteriores a la cosecha, traen como resultado un deterioro rápido y pérdidas de calidad de las frutas y hortalizas frescas. A fin de conservar la vida de mercado de los productos perecederos, se deben seguir técnicas apropiadas de enfriamiento y almacenaje. La máxima vida en los estantes se logra eliminando rápidamente el calor del campo (enfriamiento) y manteniendo después el producto a su temperatura óptima deseada de almacenamiento. Las ventajas del enfriamiento se logran, únicamente, si la cadena de frío permanece intacta durante todo el proceso de transporte y distribución que sigue el producto hasta su consumo.

Los consumidores, tanto en el mercado interno nicaragüense como en los EE.UU., se están volviendo cada vez más exigentes, en cuanto a suministros consistentes de productos frescos de alta calidad. La tecnología apropiada de enfriamiento y la infraestructura son críticas para conservar la calidad del producto cosechado. El objetivo de este estudio fue evaluar los sistemas de manejo y almacenaje poscosecha que se usan para productos frescos y determinar qué infraestructura adicional de enfriamiento se necesita.

Se efectuó una serie de visitas y entrevistas dentro del país, a fin de conocer la situación actual y la condición del equipo de enfriamiento poscosecha que se usaba para productos perecederos en Nicaragua. Se hicieron recomendaciones, con respecto al tipo de sistemas de enfriamiento que se necesitan para fortalecer la industria de productos frescos de Nicaragua y su ubicación física. Además, se obtuvieron estimados de costo, para los sistemas recomendados de enfriamiento con aire forzado y cuartos de almacenamiento en frío.

## **Condición actual y disponibilidad de equipo de preenfriamiento en Nicaragua**

Actualmente, existe una cantidad limitada de equipo de enfriamiento disponible para los productos perecederos en Nicaragua y muy poco de este equipo es lo último en tecnología. Además, la inmensa mayoría del equipo existente no está diseñada para eliminar, rápidamente, el calor del campo sino solo para mantener el producto a una temperatura específica. Algunas de las mayores instalaciones de almacenamiento en frío del país son operadas por APENN. Están localizadas en el aeropuerto, en el Valle de Sébaco y en Jinotega. A continuación, se describen las instalaciones en cada lugar:

Aeropuerto Internacional de Managua

Terminal de Carga Aérea de Las Mercedes  
Kilómetro 10.5 Carretera Norte

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Managua

Teléfono: 505-263-3151

Fax: 505-263-3152

Esta instalación se inauguró en 1996. Hay tres cuartos fríos adyacentes que se ubican dentro del edificio de una bodega cerrada contiguo al aeropuerto. Cada cuarto se puede enfriar a diferentes temperaturas, aunque uno se usa para almacenar productos congelados y se mantiene a menos de 0°C. Por consiguiente, no es apropiado para almacenar productos frescos. Las dimensiones y la capacidad de refrigeración de cada cuarto son:

Enfriador #1:

- 30 x 20 x 10 pies
- dos evaporadores de 12.000 BTU por hora (capacidad de 2 toneladas de refrigeración)
- temperatura mantenida entre 3 y 4°C

Enfriador #2:

- 15 x 20 x 10 pies
- un evaporador de 12.000 BTU por hora (capacidad de 1 tonelada de refrigeración)
- temperatura mantenida entre 3 y 4°C

Enfriador #3 (usado como congelador):

- 30 x 20 x 10 pies
- cuatro evaporadores de 12.000 BTU por hora (capacidad de 4 toneladas de refrigeración)
- temperatura mantenida entre 0 y -10°C

Ninguno de los cuartos fríos está equipado con abanicos de alta velocidad para enfriamiento con aire forzado. Además, la capacidad de refrigeración de cada cuarto es mínima. Los cuartos no se diseñaron con suficiente refrigeración para eliminar rápidamente el calor de campo de los productos. Por lo tanto, esta instalación solo es apropiada para almacenar productos que ya fueron enfriados antes de su llegada.

Valle de Sébaco

Planta Hortalizas, kilómetro 104

Carretera Panamericana

Telefax: 622-2206

Esta instalación se inauguró en fecha anterior del año y consiste en un cuarto frío de 32 x 20 x 10 pies, dentro de una instalación empacadora cerrada. El cuarto frío tiene dos unidades Bohn de

refrigeración de 1 tonelada, para ofrecer una capacidad total de 2 toneladas de refrigeración (24,000 Btu por hora.) No tiene suficiente capacidad de ventilación o capacidad de refrigeración para eliminar rápidamente el calor de campo de los productos. Actualmente, se opera a 8°C, ya que las unidades de refrigeración no tienen capacidad para mantener una temperatura de 1°C.

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

La tercera instalación de almacenamiento en frío de APENN está ubicada en el área de Jinotega. Fue inaugurada recientemente, aunque en la actualidad no se está utilizando a capacidad. Hay un solo cuarto frío, con dimensiones de 20 x 10 x 10 pies. Tiene una capacidad de refrigeración de 15.000 BTU por hora (1,25 toneladas de refrigeración). El cuarto frío, lo suficientemente grande para permitir la entrada de personas, está ubicado dentro de un edificio techado con los costados abiertos que tiene un área adyacente para clasificación/empaque.

Las instalaciones adicionales de cuartos fríos para productos perecederos en Nicaragua incluyen 3 cuartos fríos en la zona de Carazo, operados por APRONOT. Se usan para almacenar temporalmente frutas tropicales, antes de procesarlas para convertirlas en pulpa o jugo concentrado.

Existe un solo enfriador de aire forzado en una de las operaciones de exportación de melones. La otra instalación de enfriamiento es un hidrogenfriador por tandas de una tarima, para espárragos, en la finca de Agroindustrias Nicaragüenses de Alimentación, Finca San Jerónimo, kilómetro 14 carretera norte.

### **Uso y necesidad de tecnología de enfriamiento en la industria nicaragüense de productos frescos**

La clave del éxito, en el muy competitivo negocio de exportación de productos perecederos, es la habilidad de darle al mercado suministros consistentes de producto de alta calidad, a precios competitivos. El enfriamiento apropiado después de la cosecha y el manejo de la temperatura ayudan a garantizar que se mantenga la calidad de los productos y es parte esencial de cualquier empresa exitosa de exportación de cultivos hortícolas.

Las frutas y hortalizas son organismos vivos que siguen respirando, madurando y envejeciendo y que comienzan a deteriorarse, tan pronto como se cosechan. Para comercializar un producto de alta calidad, con una vida de estante aceptable para el importador y el comprador, el agricultor y exportador nicaragüense debe tener la capacidad de eliminar el calor del campo, inmediatamente después de la cosecha, y mantener el producto a la temperatura y humedad relativa apropiadas, hasta que llegue a su mercado de destino.

Muchos productores de frutas y hortalizas en toda Nicaragua no utilizan los procedimientos apropiados de enfriamiento y almacenaje después de la cosecha. Esto resulta en una calidad del producto menor que la óptima a su llegada en el mercado de destino y, en algunos casos, en cargamentos rechazados o degradados. La falta de infraestructura poscosecha es especialmente obvia entre los productores de poco volumen y recursos limitados. Muchos no comprenden que los mercados de exportación exigen productos de calidad sumamente elevada, muy diferentes de la calidad promedio o mala que se encuentra en los mercados internos locales.

La competencia por el lucrativo mercado norteamericano es intensa. Cada año, más productores dentro de un país dado y más países exportan cultivos hortícolas a destinos del mercado norteamericano. Los compradores exigen una oferta consistente de productos de alta calidad. Si no la pueden recibir de un país (o de un proveedor), la obtienen en otra parte.

La inversión en infraestructura, después de la cosecha, no suele considerarse un componente esencial de una empresa de exportación de cultivos hortícolas. En consecuencia, se pierde una considerable participación de mercado y ocurren pérdidas económicas significativas. Con el objeto de desarrollar una industria hortícola sostenible y rentable en Nicaragua, se necesita un esfuerzo continuo para convencer al agricultor/embarcador de que la inversión en infraestructura de enfriamiento y almacenaje es tan importante como cualquier otro aspecto del negocio. Las inversiones para conservar la comerciabilidad de frutas y hortalizas, después de la cosecha, no son gastos. Se pagan por sí solas con creces. Incluso una reducción parcial en las pérdidas después de la cosecha puede mejorar, significativamente, el rendimiento neto del agricultor. El axioma de que "se debe gastar dinero para hacer dinero" nunca es más cierto que en el negocio de los perecederos. Sin embargo, para muchos agricultores de recursos limitados, la inversión no parece justificarse, debido al pequeño volumen de los productos cosechados. No obstante, se dispone de sistemas de enfriamiento que tienen un costo relativamente bajo y que se pueden importar o fabricar localmente y, si están ubicados en un lugar central, pueden ser compartidos y utilizados por varios agricultores. El objetivo de este documento es ofrecer una metodología apropiada de enfriamiento después de la cosecha y recomendaciones sobre infraestructura para apoyar el desarrollo continuado de la industria de exportación hortícola no tradicional en Nicaragua. Se hacen recomendaciones específicas sobre el tipo de metodología de enfriamiento más apropiado para Nicaragua, la cantidad y capacidad de los sistemas de enfriamiento necesarios y dónde se debe ubicar la infraestructura de enfriamiento.

### **El manejo apropiado poscosecha comienza con el cosechamiento apropiado**

El producto debe recolectarse durante las horas más frescas del día y mantenerse en la sombra, lejos de la luz solar directa. Es muy importante mantener el producto lo más fresco posible, después de la cosecha. Una menor temperatura de la pulpa del producto exigirá menos energía para enfriarlo y permitirá extenderle la vida en los estantes.

Se deben usar camiones refrigerados de capacidad pequeña para transportar el producto a las instalaciones centralizadas de empaque y enfriamiento. Es mejor trasladar el producto perecedero lo más rápidamente posible a la instalación de enfriamiento, en vez de demorar el inicio de la eliminación del calor del campo, mientras se espera llenar un camión grande para hacer un solo viaje. Existen varias opciones para facilitar este traslado rápido del producto a la instalación de enfriamiento. Una consiste en conseguir un camión mediano (por ejemplo, con una capacidad de 10 tarimas) que tenga una caja refrigerada cerrada y aislada, para transportar los productos perecederos de los sitios de la finca a una instalación cercana de empaque/enfriamiento localizada centralmente. Se necesita, desesperadamente, una infraestructura de enfriamiento más extensa para desarrollar significativamente el potencial de exportación de frutas y hortalizas

frescas. Esto suplementará los dos vehículos existentes de transporte de APENN y se podría ubicar en la zona de León-Chinandega, la cual es una zona subutilizada, aunque potencialmente fuerte para cultivos hortícolas en el futuro. Otra opción consiste en obtener sistemas móviles de enfriamiento que se usen cuando y donde sea apropiado, según la temporada y el cultivo. Sin embargo, los costos de las unidades móviles de enfriamiento con aire forzado son muy elevados y no hay un volumen crítico suficiente de productos disponibles para justificar este tipo de método de enfriamiento en Nicaragua, por el momento.

El mejor enfoque para la industria de productos perecederos nicaragüenses es agregar unidades adicionales permanentes de enfriamiento, en varios lugares estratégicos, por todo el país. Esto permitirá mejorar significativamente el manejo de las temperaturas, después de la cosecha, para cultivos hortícolas. Las ubicaciones recomendadas incluyen León, Sébaco, Jinotega y el aeropuerto de Managua.

### **Enfriar inmediatamente después de cosechar es esencial**

El manejo apropiado de temperaturas es el factor individual más importante que influye en la vida de un producto, después de la cosecha. El manejo apropiado de temperaturas se inicia con la eliminación rápida del calor del campo, inmediatamente después de la cosecha. El enfriamiento es esencial para conservar la calidad de mercado de los productos hortícolas sumamente perecederos. Una demora de unas pocas horas antes de comenzar a enfriar puede causar un deterioro irreversible y pérdida de calidad del producto. Una antigua regla práctica dice que se pierden 10 horas de vida en los estantes por cada hora que el producto permanece a la temperatura del campo, después de cosecharlo. Las ventajas positivas del enfriamiento incluyen: retardo en la maduración, mantenimiento de una textura firme, reducción en el crecimiento de microorganismos que producen descomposición, menos marchitamiento del producto, menos producción de etileno y preservación de la calidad de los productos. Generalmente, el enfriamiento representa un solo paso controlado de manejo después de la cosecha y se puede lograr usando varias técnicas diferentes, que incluyen: enfriamiento de cuartos, enfriamiento con

aire forzado, hidrogenfriamiento, contacto con hielo y enfriamiento al vacío. Todos implican transferir el calor del producto a un medio de enfriamiento, tal como agua, aire o hielo.

También, es importante recordar que las ventajas del enfriamiento se pierden, si el producto no se mantiene apropiadamente refrigerado después de enfriarlo. El enfriamiento y el almacenaje son dos operaciones separadas que tienen requisitos muy diferentes. Los requisitos específicos para alcanzar un enfriamiento rápido y uniforme se deben considerar independientemente de los requisitos para el almacenamiento en frío. La capacidad de refrigeración necesaria para el enfriamiento rápido es, sustancialmente, mayor que para el almacenaje en frío.

La selección de los métodos de enfriamiento depende de los siguientes factores:

- La naturaleza del producto. Diferentes tipos de productos frescos tienen diferentes necesidades de enfriamiento. Por ejemplo, las fresas, las frambuesas, los espárragos,
- los chiles y el brócoli necesitan un enfriamiento rápido, después de cosecharse, hasta alcanzar temperaturas casi de congelación (por ejemplo, 0,5°C), en tanto que los bananos, los mangos y los melones “*honeydew*” son sensibles a lesiones por enfriamiento, no necesitan una tasa tan rápida de enfriamiento y podrían dañarse con temperaturas tan bajas. De igual forma, debido a problemas de enfermedades que pueden surgir cuando se mojan ciertos productos (por ejemplo, cebollas, ajo, bayas), el enfriamiento con agua o con hielo no es apropiado.
- Requisitos de empaque de los productos. El tipo y el diseño del empaque puede tener efecto sobre el método y la velocidad del enfriamiento.
- Capacidad de flujo de los productos. Si el volumen de productos frescos que se va a enfriar por día o por hora es grande, quizás sea necesario usar un método más rápido de enfriamiento que el que se utilizaría para menores volúmenes (o aumentar el flujo de aire, si se usa enfriamiento con aire forzado).
- Restricciones económicas. Los costos de construcción y operación varían entre los métodos de enfriamiento. El gasto en el enfriamiento debe justificarse con la mejor comerciabilidad de los productos. Cuando hay más de un método de preenfriamiento para satisfacer los requisitos del producto, la diferencia de costo entre los tipos de enfriamiento es una consideración importante. Asimismo, la disponibilidad de equipo y de piezas de repuesto entra en la decisión.

### **Métodos de enfriamiento usados para perecederos en Nicaragua**

Actualmente, se están usando varios tipos de métodos de enfriamiento para frutas y hortalizas, entre ellos, enfriamiento de cuartos (el método predominante), enfriamiento con aire forzado (usado solo por los exportadores de melón) e hidrogenenfriamiento (usado por un exportador de espárragos.) El hielo se usa mucho en la industria de mariscos; pero no para productos hortícolas. No se dispone de enfriamiento al vacío en Nicaragua. A continuación, se da una breve descripción de los diferentes métodos de enfriamiento.

#### **Enfriamiento de cuartos**

El enfriamiento de cuartos implica colocar las cajas de embarque o de campo del producto en un cuarto frío aislado (generalmente, entre 0,5 y 1,0°C), equipado con unidades de refrigeración, y dejar que el aire frío circule por el producto. El aire frío proveniente de los serpentines del evaporador circula alrededor de las cajas y enfría gradualmente el producto. Típicamente, el aire refrigerado se sopla horizontalmente, justo por debajo del cielorraso, pasa por encima de las cajas del producto, las atraviesa y sale por abajo. Al llegar al suelo, se mueve horizontalmente hacia la toma de retorno para reciclarse. El enfriamiento de cuartos es utilizado por muchos productores pequeños de frutas, hortalizas y flores cortadas. Es el principal método que se usa en

Nicaragua. Los enfriadores operados por APENN en el aeropuerto, en Sébaco y en Jinotega son todos enfriadores de cuartos. Sin embargo, la mayor parte de los enfriadores de cuartos, inclusive los de APENN, no tienen ni la capacidad de refrigeración ni el movimiento de aire necesarios para un enfriamiento rápido. Se necesitan velocidades de aire de 200 a 400 pies por minuto (65 a 130 metros por minuto) alrededor de las cajas, a fin de minimizar el tiempo requerido para enfriar. Los enfriadores de APENN no tienen esta capacidad.

Los cartones se deben apilar holgadamente para que queden expuestos al aire frío. El exterior del cartón se enfría primero, seguido por las capas internas del producto. Necesita mucho más tiempo que otros métodos de enfriamiento y es inaceptable para un producto que sea sumamente perecedero. El enfriamiento de cuartos necesita días para enfriar productos empacados; pero puede ser satisfactorio para productos no empacados que quedan bien expuestos al aire frío. El enfriamiento de cuartos también exige más espacio y mano de obra. La principal ventaja del enfriamiento de cuartos es la de ser un sistema de bajo costo y baja tecnología que permite enfriar y almacenar el producto en un solo cuarto, disminuyendo la cantidad de manejo necesario, y que necesita poco equipo adicional. La principal desventaja del enfriamiento de cuartos es que elimina el calor del campo con demasiada lentitud (toma de 12 a 24 horas) para mantener la calidad de muchos cultivos. Para productos densos que se empacan apretadamente en las cajas de embarque, el enfriamiento de cuartos puede llevarse de 36 a 48 horas para reducir las temperaturas del producto 20°C o más. Se recomienda una velocidad mucho más rápida de enfriamiento para los productos más perecederos (generalmente, menos de 4 horas), a fin de preservar la calidad del producto. Desgraciadamente, las velocidades más rápidas de enfriamiento suelen exigir gastos adicionales en maquinaria y/o equipo. Por eso, aunque el enfriamiento de cuartos es preferible a no tener ningún enfriamiento, el enfriamiento de cuartos es el método de enfriamiento menos deseable, debido al largo tiempo que generalmente se necesita para eliminar una cantidad suficiente de calor del campo. También, es más probable que ocurra más pérdida de humedad de los productos, debido a las mayores fluctuaciones de temperatura ambiental y a la exposición prolongada a flujos elevados de aire. Las cebollas dulces son uno de los pocos cultivos hortícolas de exportación de Nicaragua que se pueden enfriar, satisfactoriamente, usando el enfriamiento de cuartos.

Los enfriadores pequeños de cuartos pueden ser construidos por los agricultores, comprados en forma prefabricada o comprados como vehículos usados de transporte refrigerado (por ejemplo, furgones o contenedores marinos). Sin embargo, los vehículos de transporte refrigerado raras veces tienen suficiente capacidad de refrigeración para preenfriar rápidamente el producto. Si se necesita un enfriamiento rápido, debe agregarse capacidad extra de refrigeración. Es más, los vehículos de transporte son demasiado estrechos para el movimiento frecuente del producto que se necesita en una instalación de preenfriamiento. Es mucho más conveniente tener un cuarto separado auto-construido, para operaciones de preenfriamiento.

### **Enfriamiento con aire forzado (a presión)**

El enfriamiento con aire forzado difiere del enfriamiento de cuartos en el hecho de que el enfriamiento con aire forzado hace pasar el aire alrededor de las unidades individuales del producto (por ejemplo, las frutas individuales), en vez de hacerlo circular solamente alrededor del exterior de la caja. Dependiendo de la temperatura, la velocidad del flujo de aire y el tipo de producto que se está enfriando, el enfriamiento con aire forzado puede ser de 4 a 10 veces más rápido que el enfriamiento de cuartos.

El enfriamiento con aire forzado es adaptable a la gama más amplia de productos y es el que más se suele recomendar para operaciones pequeñas, las cuales típicamente pueden manejar varios productos diferentes. El enfriamiento con aire forzado logra enfriar rápidamente, forzando el aire frío a través de cajas ventiladas y a través del producto. Generalmente, el enfriamiento con aire forzado se hace en un área separada y especializada, dentro de un cuarto de almacenamiento en frío. Sin embargo, es sencillo convertir una instalación de enfriamiento de cuartos en una de enfriamiento con aire forzado, añadiendo abanicos adicionales y aumentando el tamaño de la unidad de refrigeración para soportar la carga adicional de enfriamiento. Normalmente, los abanicos se equipan con un termostato que automáticamente los apaga, tan pronto como se alcanza la temperatura deseada del producto, para reducir el consumo de energía y la pérdida de agua del producto.

El método más común de enfriamiento con aire forzado se logra alineando rimeros entarimados paralelos de cajas ventiladas llenas, donde los rimeros paralelos de producto están separados por varios pies de espacio abierto (generalmente el diámetro del abanico.) Luego, se coloca una cubierta de tela pesada o lona impermeable sobre los rimeros paralelos (centrada con el espacio abierto entre los rimeros de producto.) Esta cubierta restringe la dirección desde la cual el aire puede escapar. En efecto, se ha creado un "túnel" que restringe la dirección del aire. La cubierta de tela se extiende hasta un poderoso abanico, ubicado en la sección media frontal y centrado entre los rimeros paralelos del producto en cajas. El abanico hace pasar el aire frío a través del producto y se logra el enfriamiento del mismo. Los abanicos son mucho más poderosos (5 a 20

hp) que los utilizados para soplar el aire sobre los serpentines en los enfriadores de cuartos. Desarrollan un gran flujo de aire, a una presión estática relativamente elevada.

Como el aire es forzado, a través de las cajas de producto, por la diferencia en la presión del aire entre los lados opuestos, es necesario llenar las cajas apropiadamente y apilarlas de tal forma que se minimicen los espacios vacíos y las aberturas. Las aberturas entre las cajas hacen que el aire no pase por el producto, con lo cual se reduce la eficiencia del enfriamiento. Debe evitarse el doble apilamiento de las tarimas, porque incluso los poderosos abanicos de aire forzado tienen

dificultades para hacer pasar el aire a través de la anchura de más de una tarima (de 3 a 4 pies) de producto.

No todos los abanicos están diseñados para hacer pasar el aire al volumen y a la presión estática necesarios para enfriar con aire forzado. (En este caso, la presión estática es la resistencia al movimiento del aire que presentan los paquetes de producto.) Los fabricantes de la mayor parte de los abanicos comerciales o industriales ofrecen curvas de abanicos, que proporcionan datos sobre presión y volumen. Existe una relación inversa entre la presión y la tasa de flujo del aire. Además de la tasa de flujo y las temperaturas del aire, otras variables influyen en el tiempo necesario para enfriar el producto con aire forzado, entre ellas, el tamaño y la forma del producto y la configuración y respiraderos de las cajas. El área de los orificios de ventilación de las cajas debe ser igual a, por lo menos, el 5 por ciento del área total de un panel lateral. Mientras mayor sea la distancia en que fluya el aire, mayor será la caída de presión y mayor será el tiempo de enfriamiento para un flujo dado de aire. La tasa óptima de flujo de aire y la duración, para el enfriamiento apropiado, varían con el tipo y cantidad de producto que se está enfriando. Una tasa de flujo de aire entre 1 y 3 pies cúbicos por minuto (1 a 3 litros/seg/kg) por libra de producto, a una presión estática de 1/2 pulgada, es la gama recomendada que enfriará adecuadamente todos los productos frescos nicaragüenses. Se recomienda una tasa de flujo de aire de 1,4 pcm/lb de productos para enfriar bayas (a 0,5 pulgadas de presión estática), mientras que se recomiendan 2.500 pcm por tarima, a 1,5 pulgadas de presión estática, para productos más grandes, como melones. Una manera sencilla de controlar el flujo de aire es operar motores de abanicos que tengan un controlador de velocidad del motor de frecuencia variable, para que se produzca una amplia gama de velocidades de flujo de aire.

También es buena idea controlar el abanico con un termostato de voltaje de línea, montado en la corriente de aire. El termostato apagará el abanico, cuando el producto se haya enfriado hasta un punto predeterminado, con lo cual se ahorra energía. También reducirá los efectos de desecación del aire de enfriamiento, porque no permitirá que el abanico siga operando por un período extenso, después que el producto se haya enfriado.

Los abanicos de flujo axial (de hélice) y los centrífugos (de jaula de ardilla) se pueden usar, ambos, para enfriadores de aire forzado. La mayor parte de los abanicos axiales son más

adecuados para sistemas donde el abanico opera contra menos de 5 cm (2 pulgadas) de presión de columna de agua. Los abanicos centrífugos pueden seleccionarse para operar contra presiones mucho mayores y, generalmente, son más silenciosos que los abanicos de flujo axial.

Los canales estrechos de suministro y retorno de aire, en los enfriadores de túnel, causan una caída desigual de presión a través de las tarimas y un enfriamiento desigual. Los canales deben ser lo suficientemente anchos para que las velocidades del aire (medidas con un anemómetro) sean menores de 7,5 m/seg (1.500 ppm). Un canal estrecho de suministro de aire hará que las cajas inferiores en las tarimas cargadas se enfrían más lentamente que las cajas superiores y un

canal estrecho de retorno del aire hará que las tarimas que están más lejos del abanico se enfríen más lentamente que las tarimas más cercanas al mismo.

Además de medir la variación de temperatura, otra forma de determinar un mal diseño de canales de aire es medir la caída de presión (con un medidor de presión) entre las tarimas, a diversas alturas en las tarimas individuales y a la misma altura para las tarimas que están a diversas distancias del abanico de enfriamiento. Las diferencias grandes en la caída de presión indican diferencias en el flujo de aire a través de las tarimas.

Algunos agricultores usan furgones refrigerados o contenedores marinos usados para enfriar el producto. Normalmente, estas unidades tienen una capacidad de refrigeración de 2,5 –3,5 toneladas. Esta capacidad de refrigeración no es suficiente para eliminar rápidamente el calor de campo de un producto. Además, no tienen suficiente flujo de aire (típicamente 102 m<sup>3</sup>/minuto o 3.600 pcm) para poner el aire frío en contacto con el producto, a fin de enfriarlo rápidamente. La capacidad de circulación está diseñada para mantener, no bajar, las temperaturas del producto. El aire es circulado por un abanico en la unidad de refrigeración y es ayudado por un tobogán de entrega de aire que está por encima de la parte superior de la carga. Las cargas deben mantenerse lejos de las puertas traseras y lejos de las paredes laterales planas, para permitir que el aire circule sobre la carga. Se puede poner un abanico suplementario dentro del furgón refrigerado y adaptarlo para aumentar la tasa de enfriamiento. Muchos furgones y contenedores marinos nuevos tienen un flujo de aire vertical de abajo hacia arriba, a través del compartimiento de carga, lo cual los vuelve más eficaces para enfriar productos frescos. Brindan temperaturas mejores y más uniformes del producto, porque tienen un flujo de aire más constante y uniforme, más capacidad para hacer circular el aire a través de la carga y canales de aire más cortos a través de la carga. Los patrones de carga deben proporcionar los canales de aire necesarios para mantener temperaturas uniformes del producto en la carga. Las cargas apretadas restringen la circulación del aire y, por lo tanto, favorecen el calentamiento del producto. La circulación del aire es mucho mayor y las temperaturas de tránsito del producto son más uniformes en las cargas entarimadas o las que están sobre bastidores de madera que en las que se cargan sobre el piso.

El enfriamiento con aire forzado es un método eficaz para enfriar una amplia diversidad de frutas y vegetales, entre ellas, bayas, melones, mangos, piñas y la mayor parte de los cultivos de hortalizas. Además, es popular entre los pequeños productores, porque es relativamente barato de instalar y de operar.

Además de controlar la temperatura y el flujo del aire, quizás sea necesario controlar la humedad. El aire en movimiento tiende a eliminar el agua de la superficie del producto, lo que causa marchitamiento, merma y pérdida general de calidad y valor. La mayor parte de los productos frescos exige una humedad relativa que está en la gama entre 90 a 98 por ciento, si se van a mantener más de unas pocas horas almacenados en frío antes del embarque.

La humedad baja puede corregirse con diversos tipos de sistemas comerciales de humidificación. Muchos operadores simplemente remojan los pisos, de vez en cuando; pero este enfoque puede

que no sea consistente con una buena práctica sanitaria ni es particularmente eficaz en muchas situaciones. Por otra parte, la humedad excesivamente elevada durante largos períodos también puede ser perjudicial, porque fomenta el crecimiento de mohos y hongos.

El método de enfriamiento más versátil y apropiado para la industria de productos frescos de Nicaragua es el aire forzado. Es el método que mejor se adapta a la más amplia gama de productos. Las demás técnicas de enfriamiento son o demasiado caras o no son tan versátiles como el enfriamiento con aire forzado.

### **Hidroenfriamiento**

Cuando el producto caliente es enfriado directamente por agua fría, el proceso se conoce como hidroenfriamiento. El hidroenfriamiento es una forma especialmente rápida y eficaz de enfriar los productos frescos, debido principalmente al mucho mayor coeficiente de transferencia térmica del agua, en comparación con el aire.

Muchos tipos de productos responden bien al hidroenfriamiento. Los productos que tienen gran volumen, en relación con su área superficial (tales como maíz dulce, espárragos, melones cantalupos, pepinos, pimientos y muchas frutas), y que son difíciles de enfriar pueden ser hidroenfriados rápida y eficazmente. A diferencia del enfriamiento por aire, no se elimina agua del producto. De hecho, el producto levemente marchito, a veces, puede rehidratarse con el hidroenfriamiento. A las tasas de flujo y diferencias de temperatura típicas, el agua elimina el calor cerca de 15 veces más rápido que el aire. Los hidroenfriadores pueden enfriar una gran cantidad de producto rápidamente.

El agua es enfriada por una unidad mecánica de refrigeración o agregándole hielo y luego dirigiéndola para que fluya a través del producto, por medio de una serie de boquillas atomizadoras espaciadas. La temperatura del agua se debe mantener entre 0 y 0,5°C. Incluso los productos sensibles al enfriamiento pueden enfriarse con agua a 0°C, si se limita el tiempo de enfriamiento.

El suministro de agua debe ser potable, proveniente de un pozo limpio o del abastecimiento doméstico. El agua de corrientes o estanques raras veces está limpia. Como casi todos los enfriadores recirculan el agua, el enfriador debe estar diseñado para controlar organismos patógenos que entran al sistema, para que no contaminen el producto. El cloro, un poderoso agente oxidante, es comúnmente usado para desinfectar el agua. El agua a cerca de 0°C (32°F) necesita de 100 a 150 ppm de cloro disponible y un pH de cerca de 7,0.

Los métodos de hidrogenfriamiento difieren en sus tasas de enfriamiento y en sus eficiencias globales de proceso. Además, los hidrogenfriadores varían, en cuanto al método de enfriamiento que se usa y el método de mover o colocar el producto para que el agua entre en contacto con él. Los hidrogenfriadores pueden separarse en dos diseños generales, banda transportadora o tandas, dependiendo si el producto está o no estacionario dentro del enfriador. Los hidrogenfriadores del tipo banda transportadora se pueden subdividir, aún más, en tipos de ducha y de inmersión.

### **Hidrogenfriador de banda transportadora -ducha**

Un hidrogenfriador de banda transportadora-ducha permite que el producto, ya sea en tinas a granel o en cartones, pase sobre una banda transportadora por debajo de una ducha de agua fría. El producto caliente se coloca en un extremo de la banda transportadora y el producto enfriado se saca en el extremo opuesto. La velocidad a la cual avanza la banda transportadora, y por lo tanto el producto, a través de la ducha es de aproximadamente 1 pie por minuto y se puede variar en la mayoría de los hidrogenfriadores para ajustarse a las condiciones. La longitud de la banda transportadora es crítica y depende del volumen de producto que se va a enfriar y de la cantidad de enfriamiento necesario (temperatura inicial del producto, en comparación con la final). La velocidad de la banda transportadora se puede aumentar o disminuir, para ajustarse a las diferentes tasas de enfriamiento y a las temperaturas iniciales.

El hidrogenfriamiento exige que se pasen grandes cantidades de agua por el producto. Se recomiendan tasas de flujo de agua de 20 galones por minuto por pie cuadrado de área activa de enfriamiento (por ejemplo, 800 litros/min/m<sup>2</sup>).

La mayor parte de los hidrogenfriadores de banda transportadora-ducha son unidades de alta producción, con grandes sistemas de refrigeración y componentes para trabajo pesado. Debido a su costo relativamente alto, deben operarse por períodos considerables cada año, para que tengan una justificación económica. Estos hidrogenfriadores tendrían que ser usados por más de un agricultor (o con más de un cultivo) o por una cooperativa de agricultores y empacadores para que sean eficaces, en cuanto al costo, en Nicaragua.

### **Hidrogenfriador de tandas**

Los hidrogenfriadores de tandas son recintos cerrados que no tienen bandas transportadoras. Los cartones o las tinas a granel de producto se cargan en el recinto y se colocan directamente debajo de una batea metálica distribuidora de agua que tiene numerosos orificios. Luego, se cierra la puerta del recinto y se distribuyen grandes cantidades de agua fría sobre la parte superior del producto, la cual es recolectada en la parte inferior, reenfrida y reciclada. El producto

permanece estacionario durante el proceso de enfriamiento. Al final del período de enfriamiento, se detiene la bomba, el producto enfriado es reemplazado por otra carga de producto caliente y se

repite el proceso. Los hidrogenfriadores de tandas necesitan las mismas tasas de flujo de agua que los hidrogenfriadores de banda transportadora-ducha.

La mayor parte de los hidrogenfriadores de tandas pueden enfriar solo una tarima de producto, a la vez. Generalmente, estos hidrogenfriadores tienen menos capacidad que los hidrogenfriadores de banda transportadora. Por lo general, son menos caros y más fáciles de construir. Están mejor adecuados para agricultores que tienen una cantidad limitada de productos y que no pueden justificar económicamente una unidad más grande.

Los hidrogenfriadores se deben diseñar para que la distancia entre la batea de distribución de agua y la parte superior del producto nunca sobrepase los 15 a 20 cm (6 a 8 pulgadas). Las hortalizas frondosas y otros vegetales, tales como el brócoli y el espárrago, están sujetos a daño por el golpe del agua, si la altura de la caída sobrepasa esta gama.

### **Hidrogenfriador de banda transportadora -inmersión**

Los hidrogenfriadores de banda transportadora-inmersión son tanques rectangulares someros grandes que mantienen agua fría en movimiento. Las jabs o cajas de producto caliente se cargan en un extremo del tanque y son trasladadas por una banda transportadora sumergida hasta el otro extremo, de donde se sacan. El inconveniente primario de la inmersión es que, cuando el producto se mantiene en tinas a granel, el movimiento del agua queda muy restringido. Un segundo problema con la inmersión es que muchos productos vegetales tienen una densidad

menor que la del agua y, en consecuencia, flotan. Para impedir la flotación, se necesitan algunos medios mecánicos para mantener el producto bajo el agua.

El hidrogenfriador y las unidades mecánicas de refrigeración son caras de comprar, tienen altos costos de operación y son muy ineficientes energéticamente. Su principal ventaja es que ofrecen un preenfriamiento rápido y completo de los productos que pueden entrar en contacto directo con agua fría.

Se debe proporcionar suficiente refrigeración para mantener la temperatura del agua en cerca de 1°C, a pesar de la variación en la temperatura inicial del producto. Los hidrogenfriadores mecánicos refrigerados son los más fáciles de usar; pero la inversión inicial es grande. Alternativamente, el hielo en marquetas no necesita una gran inversión inicial, pero es más difícil de manejar, transportar y usar. Sin embargo, el uso de hielo en marquetas para enfriar el agua tiende a ser muy ineficiente, en lo referente a la energía.

Los tiempos típicos de enfriamiento para el hidrogenfriamiento fluctúan entre 15 y 45 minutos. Los principales productos perecederos que son apropiados para ser hidrogenfriados en Nicaragua son los espárragos y los melones cantalupos.

### **Enfriamiento con hielo**

Empacar con hielo es un método viejo que implica colocar hielo finamente triturado dentro de las cajas de embarque. Puede ser eficaz para enfriar productos que no se dañan por el contacto con el hielo. El maíz dulce, el brócoli, las coles de Bruselas, los rábanos, las cebollas verdes, las zanahorias y los melones cantalupos son productos que se comercializan, comúnmente, con hielo triturado en las cajas de embarque. El hielo elimina rápidamente el calor cuando se aplica al producto y sigue absorbiendo calor a medida que se derrite. Los métodos de enfriamiento con hielo triturado y líquido pueden ser usados eficazmente por los agricultores con operaciones grandes y pequeñas.

El enfriamiento se logra llenando las cajas con cantidades prescritas de hielo o una combinación de agua y hielo, llamada hielo líquido. La eficacia de enfriamiento aumenta con el mayor contacto entre el hielo y el producto. Con el hielo ocurre un enfriamiento rápido; pero la tasa de enfriamiento se desacelera a medida que el hielo se derrite y que hay menos hielo en contacto directo con el producto. El hielo triturado/líquido se coloca en la caja automáticamente, usando una máquina dispensadora automática, o manualmente con una pala. Si se usa la tecnología del hielo triturado, generalmente es necesario construir y operar una tina de almacenamiento de hielo para que éste se pueda guardar y usar posteriormente. El hielo líquido da un grado mucho mayor de contacto inicial entre el producto y el hielo y se puede aplicar después que las cajas se han

entarrimado. Si el producto se ha empacado y entarrimado en el campo, la mezcla de agua y hielo se puede bombear, alternativamente, con una manguera por las aberturas de cada caja para las manos. Este método es rápido y eficaz y no exige que los cartones se abran o se quiten de la tarima. Con el equipo apropiado, dos trabajadores pueden llenar con hielo líquido una tarima de 30 cartones en aproximadamente 5 minutos. Las lechadas de hielo líquido tienen una proporción de agua a hielo que fluctúa entre 1:1 y 1:4. La naturaleza líquida de la lechada permite que el hielo penetre por toda la caja, llenando todo el volumen vacío del recipiente, llegando a todos los intersticios y huecos alrededor de las unidades individuales del producto. Después de salir de la máquina de hielo, el agua se drena y deja una masa relativamente sólida de hielo triturado, en la cual el producto queda inmerso. La principal ventaja del hielo líquido es el contacto mucho mayor, entre el hielo y el producto, que este método ofrece. Cuando las cajas se entarriman antes de la aplicación, se necesita una orientación apropiada de las aberturas para que haya un flujo irrestricto de hielo por toda la carga. Con el hielo, se deben usar cajas de cartón fuertemente enceradas que tengan drenajes en la parte inferior o jabas de madera armadas con alambre.

El enfriamiento con hielo es un método relativamente caro e ineficiente, en cuanto a la energía. Una libra de hielo líquido enfría cerca de 3 libras de productos, de 29°C a 5°C.

El hielo tiene un uso práctico limitado en los cultivos nicaragüenses de exportación. Aunque se dispone de máquinas portátiles de hielo para usarlas en galerones de empaque o en el campo, es muy caro fabricar hielo en Nicaragua. Además, una desventaja primordial al enfriar productos para los cuales se puede usar hielo con seguridad es que el peso del hielo aumenta sustancialmente el peso de embarque. Para productos relativamente calientes (por ejemplo, 35°C), el peso adicional puede llegar a ser igual al 35-40% del peso del producto. Quizás el único cultivo de exportación en el cual el enfriamiento con hielo puede ser útil sería el melón cantalupo, ya que algunos importadores exigen que los cartones de melón lleguen con hielo dentro de ellos. Sin embargo, se dispone de métodos de enfriamiento mejores y más baratos. En general, no recomiendo el enfriamiento con hielo para las exportaciones nicaragüenses.

### **Enfriamiento al vacío**

El enfriamiento al vacío se logra encerrando los vegetales en una cámara hermética y extrayendo rápidamente con una bomba el aire y el vapor de agua. El agua se vaporiza en una cámara de vacío en condiciones de presión baja; de este modo, el enfriamiento se logra evaporando el agua de las superficies del producto. A medida que se reduce la presión en la cámara, continúa la evaporación. Si se reduce la presión a 4,6 mm de mercurio y continúa la evaporación por un tiempo suficiente a esa presión, se alcanzará una temperatura de 0°C (32°F) en el producto. A la presión atmosférica ordinaria (760 mm de mercurio), el agua hierve a 100°C (212°F). Sin embargo, si se reduce la presión a 4,6 mm de mercurio, el agua hierve a 0°C. El enfriamiento se logra en un enfriador al vacío haciendo hervir, literalmente, el agua del producto. La conversión

de agua líquida a gaseosa absorbe calor. Como la evaporación es un fenómeno superficial, los productos que tienen grandes proporciones de superficie a volumen son los que se enfrían más eficazmente (por ejemplo, cultivos frondosos, tales como lechuga, coliflor, coles de Bruselas).

Las cámaras de vacío utilizadas varían mucho en tamaño. Las unidades portátiles pequeñas tienen capacidad para unas cuantas tarimas, mientras que las grandes estacionarias pueden mantener hasta la carga de dos contenedores. Las principales desventajas del enfriamiento al vacío son el elevado costo inicial del equipo y la necesidad de operarios calificados. Generalmente, los enfriadores al vacío deben usarse de 8 a 10 meses al año, para justificar el costo unitario. Solo tienen aplicación limitada en la mayor parte de tipos de cultivos de exportación de Nicaragua. No es práctico usar enfriamiento al vacío en Nicaragua, porque se dispone de otras opciones de enfriamiento menos caras y más versátiles. Por consiguiente, no recomiendo el enfriamiento al vacío.

### **Almacenamiento en frío**

El enfriamiento y el almacenamiento son dos operaciones separadas. Los requisitos específicos para alcanzar un enfriamiento rápido y uniforme deben considerarse independientemente de los requisitos para almacenaje en frío. La capacidad de refrigeración necesaria para enfriar

rápida es sustancialmente mayor que la utilizada para almacenamiento en frío. Una combinación de enfriamiento rápido y almacenaje y transporte posterior del producto en frío, a

su temperatura baja óptima, maximiza el potencial de vida de mercado para ese producto. La cadena de frío debe mantenerse continuamente después del enfriamiento, a fin de conservar la calidad del producto y maximizar su vida en los estantes. El enfriador de aire forzado puede ser parte de la bodega fría, si se proporciona la capacidad de refrigeración adecuada a las necesidades, tanto de enfriamiento como de almacenaje. La duración del almacenaje para la mayor parte de los productos es corta, pues el objetivo es enviarlos al mercado de exportación lo más pronto posible.

### **Determinación de la capacidad de refrigeración**

El sistema de refrigeración debe ser de un tamaño que tenga la capacidad suficiente para eliminar el calor de varias fuentes diferentes. La principal fuente de calor que se tiene que eliminar, después de la cosecha, es el calor de campo del producto. Esto se determina con la siguiente fórmula:

Btu (calor) = peso (libras) de producto x calor específico (del producto) x diferencia de temperatura (°F) entre la T° de la pulpa y la temperatura final deseada de almacenamiento.

La razón entre el calor necesario para aumentar la temperatura de un peso dado de fruta o vegetal y el que se necesita para causar un aumento equivalente en el mismo peso de agua se llama su calor específico. Es necesario conocer el calor específico de un producto para calcular la carga de refrigeración, durante el paso de enfriamiento. Se puede estimar de la siguiente ecuación.

Calor específico = 0,008 x (porcentaje de H<sub>2</sub>O en el producto) + 0.20

Por ejemplo, el calor específico de las fresas, con un contenido de humedad de 90%, es 0,008 x 90 + 0,20 = 0,92. El calor específico, por encima del punto de congelación, para diversas frutas y hortalizas se da en los Cuadros del Apéndice.

Una fuente adicional de calor que se debe tomar en cuenta, al determinar las necesidades de capacidad de refrigeración, es el calor de respiración (calor vital). Todos los organismos vivos emiten calor durante la respiración de carbohidratos a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. La cantidad de calor varía con el producto y aumenta con la temperatura.

Otras fuentes de calor que se suman a la necesidad total de capacidad de refrigeración incluyen las fugas a través de las superficies y puertas abiertas de la habitación; el calor producido por motores eléctricos, luces, equipo mecánico de manejo y los trabajadores; y el calor almacenado

en las cajas vacías. Generalmente, se considera que la necesidad de refrigeración para estas fuentes misceláneas de calor es 25% más que la necesidad de refrigeración para eliminar el calor del campo.

Comúnmente, la carga de refrigeración se expresa en toneladas de refrigeración. Una tonelada de refrigeración es equivalente a 12.000 Btu/hora (12.660 kJ/hora).

La necesidad de refrigeración durante el enfriamiento se debe basar en la carga pico de refrigeración. Usualmente, este tipo ocurre cuando las temperaturas externas son elevadas y se está enfriando un producto caliente. La carga pico de refrigeración depende de la cantidad de producto que se recibe cada día, la temperatura del producto en el momento en que se inicia el enfriamiento, el calor específico del producto, la temperatura final alcanzada y la infiltración de fuentes caloríficas, que no son del producto, dentro del ambiente de enfriamiento.

La necesidad total de refrigeración se determina sumando las BTU de 1) la eliminación del calor de campo, 2) la eliminación del calor vital (respiración) y 3) las fuentes misceláneas de calor. Por ejemplo, si tenemos 1.000 libras de fresas a una temperatura de campo de 85°F, ¿cuál será la necesidad de refrigeración para enfriarlas a 33°F?

1) Calor que se debe eliminar para enfriar las fresas a 33°F:

$$\begin{aligned} \text{BTU} &= 1000 \text{ lbs} \times 0,92 \text{ (calor específico)} \times 85^{\circ}\text{F} - 33^{\circ}\text{F} \\ &= 1000 \times 0,92 \times 52 \\ \text{BTU} &= 47.840 \end{aligned}$$

2) Calor que se debe eliminar debido a la respiración de las fresas:

$$\begin{aligned} 200 \text{ mg/kg/hr} &= \text{tasa de respiración a } 85^{\circ}\text{F} \\ 15 \text{ mg/kg/hr} &= \text{tasa de respiración a } 33^{\circ}\text{F} \\ 200 \text{ mg/kg/hr} \times 220 \text{ (factor)} &= 44.000 \text{ BTU} \\ 15 \text{ mg/kg/hr} \times 220 &= 3.300 \text{ BTU} \end{aligned}$$

Usemos una tasa promedio de respiración de 107 mg/kg/hr para la base de la tasa de respiración (a mitad de camino entre 85°F y 33°F).

Por consiguiente:

$$\begin{aligned} 107 \text{ mg/kg} \times 220 &= 21.400 \text{ BTU} \\ \text{3) eliminación del calor misceláneo:} \\ 25\% \text{ de la fuente 1)} \\ \text{BTU} &= 47.840 \times 0,25 \\ \text{BTU} &= 11.960 \end{aligned}$$

Las BTU totales que se deben eliminar:

$$47.840 + 21.4000 + 11.960 = 81.200$$

$$81.200 \text{ BTU} \div 12.000 \text{ BTU/hr} = 6,77 \text{ toneladas de refrigeración necesarias}$$

- Siempre planifique suficiente capacidad de refrigeración para satisfacer las necesidades de enfriamiento del volumen pico.
- Las interrelaciones convenientes de enfriamiento incluyen:
- 1 tonelada de refrigeración necesita cerca de 1,5 caballos de capacidad de compresor a 32°F (0°C).
- 1 tonelada de refrigeración es igual a cerca de 3,4 kw de refrigeración.
- 4 kw de refrigeración necesitan cerca de 1 kw de capacidad de compresor.

El costo de una nueva unidad de refrigeración mecánica es de cerca de \$1.500 la tonelada (12.000 BTu/hr) en los EE.UU.

### **Manejo de enfriadores**

Si se va a enfriar más de un producto, quizás sea necesario tener más de un cuarto de enfriamiento. Un cuarto se puede mantener a 0°C y otro a 7°C para las diferentes temperaturas

que necesitan los productos. Se recomienda disponer de dos cuartos de almacenaje, a temperaturas diferentes, en el aeropuerto de Managua. Uno debe estar a cerca de 7 – 10°C y el otro a 0,5 – 2,0°C.

Las instalaciones de enfriamiento se deben diseñar para eliminar rápidamente el calor del campo. La capacidad de refrigeración necesaria para un enfriamiento rápido es sustancialmente mayor que la usada para almacenamiento en frío. El enfriamiento y el almacenaje son dos operaciones separadas que tienen necesidades muy diferentes de refrigeración.

La circulación del aire dentro de la bodega fría debe ser suficiente para eliminar el calor producido durante la respiración, así como para eliminar el calor que se infiltra dentro del cuarto. Generalmente, lo adecuado es de 0,06 a 0,12 m<sup>3</sup>/min de aire por tonelada métrica de producto (20 a 40 pcm/ton). Esto supone un apilamiento apropiado de las cajas dentro del cuarto, para permitir que el aire pase por uno o dos costados de cada caja. También, supone que el producto fue completamente enfriado antes del almacenaje.

Además de las puertas de la refrigeración comercial, se deben colgar tiras de plástico en la parte interior de la entrada al almacenamiento en frío. Esto reduce la cantidad de aire caliente y húmedo que entra al enfriador, cuando se abren las puertas exteriores para cargarlo. Las puertas se deben abrir lo menos posible. Las fugas de aire alrededor de las puertas o de otras aberturas deben sellarse para reducir los costos de energía.

### **Humedad Relativa (HR)**

Como todas las frutas y hortalizas están sujetas al resecamiento, es esencial mantener una HR elevada en la bodega. Se recomienda que la mayor parte de los productos se almacenen entre 90-95% de HR. Las excepciones serían cebollas y ajo. Una HR elevada debe obtenerse usando un humidificador mecánico.

Un sistema capaz de suministrar 4 L de agua/hora/tonelada de refrigeración debería estar en capacidad de mantener una humedad relativa del 95%, bajo cualquier condición razonable.

### **Sistemas de embalaje para mantener la cadena de frío en tránsito**

El mantenimiento de temperaturas bajas durante el transporte es un factor crítico para maximizar la vida después de la cosecha. Hay varias formas de mantener la cadena de frío durante el tránsito de productos sumamente perecederos enviados por carga aérea (por ejemplo, bayas, vegetales en miniatura, flores cortadas). Los métodos más comunes son usar contenedores E aislados con espuma de poliestireno y con paquetes de gel o cubiertas térmicas para envolver las tarimas.

Un contenedor E es, simplemente, una caja grande de lámina corrugada de fibra, con pared sencilla o doble, forrada con por lo menos 18 mm de espuma de poliestireno en los 6 costados. El peso bruto del contenedor E fluctúa entre 250 y 290 libras (115 a 132 kg). La caja debe tener una resistencia a la presión de, por lo menos, 275 libras por pulgada cuadrada. La parte superior está aislada y sellada con una tapa de lámina corrugada de fibra. Las dimensiones de la caja de un contenedor E estándar, utilizado para bayas, son 99,6 cm de largo por 74,8 cm de ancho por 77,5 cm de alto. Los paquetes de gel son geles congelados, encerrados en una bolsa plástica, que se ponen dentro de los contenedores E sellados para mantener la cadena de frío durante el tránsito.

Otra opción para mantener la cadena de frío durante el tránsito es apilar los cajones enfriados sobre una tarima (con una lámina de fondo encima de la tarima) y envolver y tapar las cajas con una cubierta térmica aislada. Las cubiertas térmicas son hechas de polietileno delgado aislado y de material aislante con laminado metálico. La lámina metálica refleja el calor ambiental de la superficie externa, mientras que los bolsones de aire dentro del material aislante impiden que el aire frío de la superficie interna de la cubierta térmica se escape. Se pueden comprar para cubrir una tarima estándar de 100 x 120 cm. Las cubiertas térmicas pueden mantener una temperatura de 3°C dentro de la tarima hasta durante 36 horas.

### **Modalidades de transporte de perecederos de Nicaragua a los EE.UU.**

El método de transporte usado para frutas y hortalizas frescas exportadas de Nicaragua depende de cuán perecedero sea el producto. Los productos sumamente perecederos necesitan carga aérea y se despachan, todos, desde el Aeropuerto Internacional de Managua. Las aerolíneas que ofrecen servicio directo a los EE.UU. incluyen: UPS/Challenge Air Cargo (vía Miami); Fine Air

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Cargo (vía Miami); American Airlines (vía Miami); Continental Airlines (vía Houston); y el Grupo TACA (vía San Salvador a Miami, Houston o Nueva Orleans.) Las tarifas de carga aérea para cantidades de más de 500 kg varían entre \$0,45/kg en American Airlines y \$0,55/kg en UPS/Challenge Air Cargo. Por el momento, la capacidad de carga es adecuada.

Los productos menos perecederos, como los melones, se envían por camión en un contenedor hasta Puerto Cortes, Honduras o hasta Puerto Limón, Costa Rica, para enviarse en un barco de contenedores. Actualmente, no hay ningún puerto marino aceptable en la Costa Atlántica de Nicaragua para productos perecederos. Por consiguiente, los exportadores tienen que pagar \$800 - \$900 adicionales por contenedor, solo por el costo del flete terrestre hasta Puerto Cortes o Puerto Limón. Sea-Land / Maersk ofrece un servicio regular bisemanal a Miami.

### **Proveedores locales de equipo de refrigeración**

No hay ningún fabricante de equipo de preenfriamiento en Nicaragua. Sin embargo, hay varias compañías que sirven de distribuidores dentro del país para las principales marcas internacionales de equipo de refrigeración (por ejemplo, compresores, evaporadores, condensadores, etc.) A continuación, se da una lista de los representantes y proveedores locales de equipo de refrigeración. Las compañías están concentradas en la Managua metropolitana.

#### **Ayre & Cia., Ltda.**

##### **Shell Centroamérica**

½ Cuadra al Lago

Managua

PBX: 278-3516

Fax: 278-1342

La compañía representa a diversos fabricantes, entre ellos, York, Bohn, Tecumseh y Classic.

#### **Cannica, S.A.**

Managua

Telefax: 222-2998

La compañía distribuye equipo de refrigeración y cuartos fríos.

#### **Coirsa**

Calle 14 de Septiembre P. del H.

1 ½ Calle al Este.

Managua

Teléfono: 248-3877

Fax: 249-6473

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Esta compañía suministra gases refrigerantes, tubería de cobre, capacitadores, válvulas de expansión y compresores. Son concesionarios de las marcas Genetron y Danfoss.

**Commercial Guerrero & Cia. Ltda.**

Shell Ciudad Jardín 80 varas arriba  
Casa S-37

Managua

PBX: 249-1360

Fax: 249-9075

Esta compañía ofrece una línea diversa de equipos de refrigeración. Distribuye equipos de las siguientes compañías: Embraco, Tecumseh, Atlas, Ruud y Alco.

**Commercial Mena & Mena Cia. Ltda.**

Villa Don Bosco F-329  
Costado Este Mercado

Managua

Teléfono: 248-2603

Fax: 249-1525

Esta compañía ofrece una amplia línea de equipo de refrigeración.

**Etienne Refrigeración**

De Los Ranchos 7 calle al Sur  
75 Varas Abajo, Altigracia

Managua

Teléfono: 266-4393

Fax: 266-1023

Esta compañía ofrece cuartos fríos y una amplia diversidad de equipos de refrigeración. Son distribuidores de la marca York.

**Nicafrío**

Managua

Teléfono: 278-6343

Esta compañía distribuye enfriadores de cuartos de la marca Artic.

**Refricentro**

Ciudad Jardín L-3 de la Gasolinera Shell  
3 ½ Calle al Sur Avenida Central

Managua

Teléfono: 244-0175

Fax: 249-7740

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Esta compañía ofrece una línea completa de equipo de refrigeración para necesidades comerciales y domésticas. Distribuye las marcas Tecumseh, Copeland y Embraco.

**Refryaire T & T Cia. Ltda.**

Iglesia Santa Ana  
1 ½ Calle al Lago

Managua

Teléfono: 266-0252

Fax: 266-0251

Esta compañía distribuye las marcas Copeland, Tecumseh y Embraco de equipo de refrigeración. También ofrece cuartos fríos.

**Sernisa**

Clínica Las Palmas  
1.5 Calle al Noroeste  
Managua

Teléfono: 268-1149

Fax: 266-0517

Esta compañía distribuye equipo de refrigeración Sabroe y Danfoss. Ofrece compresores, cuartos fríos, enfriadores de agua y máquinas para hacer hielo.

**Fogel de Nicaragua, S.A.**

Carretera Norte km 5 ½,  
(semáforo Portezuelo)  
300 m al Lago

Managua

Teléfono: 249-6330

Fax: 249-0810

Esta compañía suministra cuartos fríos y unidades comerciales pequeñas de refrigeración.

**Proveedores regionales de equipo de refrigeración**

**COSTA RICA**

**Consorcio Poder del Mar, S.A.**

Barreal de Heredia

Heredia

Teléfono: 506-239-3233

Fax: 506-239-3087

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

**Ersa**

San José

Teléfono: 506-443-2315

Fax: 506-442-9142

Esta compañía ofrece cuartos fríos para fines industriales.

**Mycom Centroamérica, S.A.**

Apdo Postal 167-4003

San José

Teléfono: 506-391-1316

Fax: 506-220-1667

Esta compañía ofrece compresores, condensadores, evaporadores, máquinas para hacer hielo y diseña cuartos fríos. La compañía fabrica y diseña una diversidad de equipos de refrigeración.

**Refrigeración Polaris**

Barrio Pilar Guadalupe

San José

Teléfono: 506-225-5258

Fax: 506-225-1878

**GUATEMALA**

**El Artico, S.A.**

Calz A. Batres 40-68

Zona 11

Guatemala City

Teléfono: 477-3804

Fax: 477-3805

**HONDURAS**

**Refri-Trans S.A.**

Km 8 Cr a La Lima

Frente Cerro El Polvorín

San Pedro Sula

Teléfono: 559-8062

Fax: 552-8389

### **Proveedores internacionales de equipo de enfriamiento y refrigeración**

Debido a la naturaleza sumamente especializada del equipo de preenfriamiento para productos perecederos, suele ser más fácil obtener los componentes directamente del fabricante extranjero.

Hay varias compañías especializadas, en todo el mundo, que fabrican equipo e instalaciones de enfriamiento para frutas, hortalizas y cultivos florícolas. Sin embargo, debido a la proximidad física de Nicaragua y al acceso fácil, el enfoque entre los proveedores internacionales se hará en los fabricantes estadounidenses. A continuación se da una lista de las principales compañías estadounidenses que tienen equipo y servicios de enfriamiento apropiados para Nicaragua.

#### **Cool Care, Inc.**

4020 Thor Drive

Boynton Beach, Fl 33426

Teléfono: 561-364-5711

Fax: 561-364-5766

Cool Care es un fabricante prominente de sistemas de aire forzado y de hidrogenfriamiento. Es líder mundial en la producción de unidades modulares de enfriamiento con aire forzado (a presión), que se despachan previamente ensambladas y listas para instalarse dentro de un cuarto frío existente. Las unidades de refrigeración Century contienen la cámara plena, intercambios de calor y el manejador de aire, todo, en un solo módulo. Las unidades están hechas de láminas de metal y usan refrigerante R-22. Su unidad modular más pequeña (MPC-6) está diseñada para enfriar con aire forzado 6 tarimas (3 en cada lado de la cámara plena). Tiene una capacidad de refrigeración de 15,7 toneladas y viene con un abanico centrífugo de 30 pulgadas de diámetro y 16.200 pcm, a una presión estática de 2 pulgadas de agua. La unidad completa cuesta \$28.000. Este es un tamaño apropiado para instalarse en los nuevos cuartos de enfriamiento recomendados en Nicaragua.

También, fabrican sistemas de hidrogenfriamiento. Su hidrogenfriador tipo ducha de una tarima, con capacidad de 10 toneladas de refrigeración, cuesta \$30.000.

Cool Care también hace una unidad de enfriamiento con aire forzado completamente móvil, para contenedores de 40 pies. Es fácil de transportar a cualquier lugar de enfriamiento. La unidad tiene una capacidad de 40 toneladas de refrigeración, a una alta tasa de entrega de 30.000 pcm. Puede enfriar hasta 25.000 libras o 10 tarimas de productos, a la vez. Esta unidad móvil cuesta \$75.000.

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

**TRJ Refrigeration, Inc.**

1617 Pacific Ave.

Suite 118

Oxnard, CA 93033

Teléfono: 805-240-3434

Fax: 805-240-3430

TRJ fabrica unidades modulares de enfriamiento con aire forzado, completamente preensambladas para facilidad de instalación dentro de cuartos fríos existentes. Sus abanicos de alta capacidad tienen un motor de 2 velocidades. Su unidad más pequeña (el modelo SF-32) tiene una capacidad de 22 toneladas de refrigeración y viene con un abanico de 15 caballos, capaz de brindar 21.600 pcm de movimiento de aire, a 2 pulgadas de presión estática de agua.

La compañía también fabrica enfriadores de inyección de hielo líquido, para cajas de cartón de producto apiladas sobre una tarima. Su modelo PJ-1000 es capaz de inyectar hielo líquido a la velocidad de 400 a 700 cartones por hora.

La compañía también fabrica hidrogenfriadores de ducha, tipo banda transportadora, para productos empacados en tinas, al granel o entarimados. Las capacidades van de 5.000 a 60.000 libras por hora.

**Eltec Remote Refrigeration Systems**

P.O. Box 262584

Houston, TX 77207

Teléfono: 713-926-7300

Fax: 713-926-9300

Eltec fabrica enfriadores de aire forzado e hidrogenfriadores y también construye cuartos para almacenamiento en frío. Su enfriador de aire forzado (a presión), modelo RHX-26, está diseñado para contener 12 tarimas. Está equipado con 15 toneladas de refrigeración y un abanico de 15 caballos, capaz de ofrecer 34.000 pcm de aire. Cada unidad puede enfriar 12 tarimas hasta su temperatura deseada, entre 45 y 60 minutos.

**Grainger Export**

2255 NW 89<sup>th</sup> Place

Miami, FL 33172

Teléfono: 305-591-2512

Fax: 305-592-9458

Esta es una gran compañía mayorista de suministros industriales con oficinas en todo el mundo. Atiende clientes en Centroamérica desde su Centro de Distribución de Exportaciones, localizado en Miami. Tiene una línea completa de unidades enfriadoras grandes donde se puede caminar, abanicos y accesorios. Lleva en existencia unidades de refrigeración de las marcas para controlar el clima. El tamaño más grande que lleva en existencia es una unidad de baja temperatura, con

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

descongelador eléctrico, que ofrece 28.000 Btu/hr (2,33 toneladas de refrigeración.) El precio de catálogo para esta unidad es de \$2.

**Mobile Forced Air Cooling Services, Inc.**

5436 North Sunrise Ave.

Fresno, CA 93722

Teléfono: 559-276-0442

Fax: 559-276-8420

Esta compañía fabrica sistemas móviles de enfriamiento con aire forzado. Consisten en contenedores de 40 pies, hechos especialmente y equipados con 72 toneladas de refrigeración y 5 abanicos de alta velocidad, montados en la pared frontal y capaces de entregar un total de 45.000 pcm de velocidad de aire. Esta unidad de humedad elevada puede enfriar hasta 20 tarimas de producto, a la vez. Descansa sobre un chasis de camión y se puede trasladar de una planta empacadora a otra. El sistema total cuesta \$90.000 por unidad.

**Barr, Inc.**

1423 Planeview Dr.

Oshkosh, WI 54904

Teléfono: 920-231-1711

Fax: 920-231-1701

Esta compañía suministra equipo usado de refrigeración, a destinos ubicados en todo el mundo. Barr tiene el inventario más grande del mundo de cuartos fríos y equipo mecánico de refrigeración, listos para despacharse. Todo el equipo usado se reacondiciona y se vende con garantía. Los edificios para almacenamiento en frío tienen planos detallados, para que el comprador pueda ensamblarlos con facilidad, y fluctúan en tamaño entre 80 y 10.000 pies cuadrados. Son unidades de paneles de poliuretano. Lleva en existencia unidades de refrigeración para enfriadores de cuartos, cuyos tamaños varían de 3 a 120 toneladas de refrigeración en capacidad. Las unidades usadas de refrigeración son fabricadas por compañías muy conocidas, tales como Copeland, Carrier, Krack, Larkin, Bohn, Heatcraft, etc. En general, un sistema completo consistente en un cuarto frío aislado, equipado con la capacidad apropiada de refrigeración, cuesta cerca de la mitad de lo que cuesta un sistema nuevo.

El inventario cambia rápidamente; pero un cuarto frío de 13,5 x 48 x 14 pies (648 pies cuadrados) equipado con una unidad de refrigeración con capacidad de 10 toneladas se ofrecía por un total de \$15.300. Otro cuarto frío, con dimensiones de 24 x 31 x 10 pies, equipado con una capacidad de refrigeración de 15 toneladas cuesta \$16,000.

**Kelly Container, Inc.**

Teléfono: 413-788-0917

Fax: 413-785-1955

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Esta compañía reacondiciona contenedores marinos usados para convertirlos en cuartos de almacenamiento en frío. Ofrece contenedores de 20 x 8 x 8,5 pies y contenedores de 40 x 8 x 8,5 pies, con capacidad de refrigeración de 3 toneladas. Un abanico centrífugo de 12.000 pcm,

montado en el frente del contenedor, sopla aire sobre la parte superior de la carga de productos. Todos usan unidades eléctricas de refrigeración Carrier “Transcold”.

Se dispone de una unidad de refrigeración montada en el techo y hecha según especificaciones, con 5 toneladas de capacidad, por \$13.500 en una longitud de 40 pies. Estas son sus unidades estándares. El contenedor de 20 pies de vende a \$8.400 y el contenedor de 40 pies a \$9.400. Están aislados con dos pulgadas de espuma de poliestireno y están hechos de acero hermético contra el agua.

### **BTU Corporation**

P.O. Box 860

Meridian, ID 83680

Teléfono: 208-884-8070

Fax: 208-887-1467

Esta compañía fabrica una gama de humidificadores centrífugos de calidad industrial. Su modelo 10 mantiene fácilmente una humedad relativa de 90 – 95%, en cuartos de almacenamiento en frío de 30 x 20 x 10. Se vende a \$597 y es una unidad compacta, casi libre de mantenimiento, que entrega una niebla microfina. Pueden instalarse en cualquier parte del cuarto frío y solo exige una fuente de agua y energía eléctrica.

### **Jaybird Manufacturing, Inc.**

2595-B Clyde Ave.

State College, PA 16801

Teléfono: 814-235-1807

Fax: 814-235-1827

Esta compañía fabrica una serie de humidificadores que usan un sistema de abanicos para generar niebla. Utilizan un proceso peculiar de atomizar el líquido para convertirlo en una niebla ultrafina. Las unidades son capaces de producir, rápidamente, ambientes de humedad elevada con un mínimo de mojado. El modelo XE-100, recomendado para enfriadores pequeños de cuartos de 30 x 20 x 10 pies, puede producir los 0,3 a 0,5 galones por hora de niebla recomendada y viene con un pedestal y un botalón ajustable. Se vende a \$129. Es capaz de mantener la humedad relativa deseada interna en un cuarto de almacenaje (típicamente 90 – 95% para productos frescos), si se conecta a un humidistato. El humidistato modelo H2 – 240 se vende a \$249.

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

**Energy Panel Structures, Inc.**

102 East Industrial Park  
Gravettinger, IA 51342

Teléfono: 712-859-3219

Fax: 712-859-3275

Esta compañía fabrica cuartos de almacenamiento en frío, edificios refrigerados y paneles aislados. Sus edificios prefabricados Tuffy tienen paredes de aluminio y material contrachapado laminado a un núcleo de poliestireno expandido. Debido a las singulares características de resistencia del sistema de paneles de pared, no se necesita ningún acero estructural para el edificio. Sus paneles aislados 'Energy-Look' tienen aislamiento de poliestireno expandido, adherido a una cara de acero galvanizado. Un panel de 4 pulgadas de espesor tiene un valor R de 18. Un edificio de almacenamiento en frío Tuffy, previamente diseñado, de 30 x 20 x 10 cuesta \$14.168.

**Amerikooler**

Miami, FL

Teléfono: 305-884-8384

Fax: 305-884-8330

Este es un prominente fabricante de enfriadores grandes, donde se puede caminar, y de bodegas refrigeradas. Lleva unidades grandes de refrigerantes industriales. Una unidad de 156.000 Btu/hr (capacidad de 13 toneladas de refrigeración) cuesta \$18.705. Esto incluye el sistema completo (evaporador y unidad condensadora), pero es del tipo de serpentín seco.

Una unidad grande, con paredes de aluminio aisladas con 4 pulgadas (10 cm) de paneles de poliuretano y dimensiones de 30 x 20 x 10, cuesta \$12.146. Esto incluye una puerta horizontal deslizante de 5 x 8. Sin embargo, no incluye el piso de cemento.

**Aluma Shield**

405 Fentress Blvd.

Daytona Beach, FL 32114

Teléfono: 904-255-5391

Fax: 904-257-2523

Esta compañía fabrica paneles de espuma de uretano, formados en el lugar, para edificios de almacenamiento en frío.

**Thermo King Corporation**

314 West 90<sup>th</sup> Street

Minneapolis, MN 55420

Teléfono: 612-887-2200

Fax: 612-887-2615

CHEMONICS INTERNATIONAL, INC.

Thermo King es indiscutiblemente la principal compañía del mundo en control de temperaturas de transporte. Fabrica una amplia gama de unidades de refrigeración para camiones y contenedores marinos. La capacidad de refrigeración varía entre las 6.000 Btu/hr (0,5 toneladas de refrigeración) en camiones pequeños tipo furgoneta y las 42.000 Btu/hr (3,5 toneladas de refrigeración) en los grandes contenedores marinos de 48 pies.

### **Supreme Corporation**

P.O. Box 463

Goshen, IN 46527

Teléfono: 800-642-4889

Fax: 219-642-4540

Supreme es el único fabricante de carrocerías de camión en los EE.UU. que ofrece una línea completa de vehículos refrigerados. Ellos fabrican a la medida las carrocerías del furgón, según

las necesidades del comprador. Las carrocerías del furgón son típicamente hechas de paredes de aluminio aisladas con 4 pulgadas de espuma de poliuretano.

### **Industrial Insulations, Inc.**

1011 Walnut Ave.

Pomona, CA 91766

Teléfono: 800-551-0277

Fax: 909-517-1085

Esta compañía ofrece cubiertas aislantes para envolver las tarimas, a fin de mantener la cadena de frío durante el transporte aéreo. El material que se recomienda usar para la protección máxima es el 'Cool Guard Light'. Cuesta \$32 envolver una tarima e incluye 5 costados y el fondo, junto con cinta selladora.

## **RECOMENDACIONES**

Nicaragua no dispone, actualmente, de suficiente infraestructura de enfriamiento para garantizar la exportación de suministros consistentes de frutas y hortalizas frescas de alta calidad. Solo existe una instalación de enfriamiento con aire forzado, ubicada en una operación de exportación de melones. Solo hay un pequeño hidrogenfriador de tandas, localizado en una operación de exportación de espárragos. No hay ninguna instalación de enfriamiento con hielo o de enfriamiento al vacío para productos hortícolas. Las instalaciones de APENN en el aeropuerto de Managua, en Sébaco y en Jinotega son enfriadores de cuartos y no tienen la capacidad de refrigeración o la capacidad de movimiento de aire para eliminar rápidamente el calor del campo. Serían adecuadas para almacenamiento frío de productos previamente enfriados; pero como no existe ningún otro tipo de enfriamiento disponible, las instalaciones de APENN sirven tanto de

'enfriadores' como de cuartos de almacenamiento en frío. Como se discutió anteriormente, el enfriamiento de cuartos es el método menos eficaz para eliminar el calor de campo de un

producto perecedero. Además, estos cuartos fríos son bastante pequeños y no podrán servir, si hay un aumento significativo en el volumen de productos de exportación. Por consiguiente, a fin de adecuarse al futuro crecimiento en el volumen de productos perecederos que salen de Nicaragua, se recomienda que APENN/USAID amplíen las instalaciones existentes en Managua, Sébaco y Jinotega, además de agregar infraestructura adicional de enfriamiento en León. Específicamente, se recomienda agregar un cuarto más de almacenamiento en frío que tenga dimensiones de 30 x 20 x 10 pies, en cada uno de los 3 sitios anteriores, junto con un cuarto de 30 x 20 x 10 en León. Cada uno de estos 4 cuartos fríos debe equiparse con un sistema de enfriamiento por aire forzado, que tenga una capacidad de 15 toneladas de refrigeración y un abanico capaz de entregar un movimiento de aire de 16.000 pcm, a una presión estática de 1,5 – 2 pulgadas. Cada cuarto estará equipado para servir de instalación de enfriamiento con aire forzado y de cuarto para almacenamiento en frío. Deberá haber espacio adecuado para enfriar simultáneamente 6 tarimas y almacenar de 4 a 6 tarimas más, a la vez. Cada cuarto de almacenamiento individual aislado, de 30 x 30 x 10 pies, se puede obtener por alrededor de \$14.000. El costo total de las 15 toneladas de refrigeración y la capacidad del abanico de 16.000 pcm es de cerca de \$29.000, inclusive un humidificador. Por consiguiente, el costo total para un cuarto frío de 30 x 20 x 10 pies, equipado con un enfriador de aire forzado capaz de eliminar rápidamente el calor del campo de 6 tarimas de productos perecederos, con suficiente espacio de almacenamiento para mantener 6 tarimas más, será de aproximadamente \$43.000. Con la entrega y la instalación, la cifra final probablemente estará alrededor de los \$50.000. Recomiendo instalar un total de 4 unidades (aeropuerto de Managua, Sébaco, Jinotega, León). Estas nuevas instalaciones, junto con la utilización de los cuartos fríos existentes, deberían brindar una infraestructura adecuada para atender las necesidades de la industria hortícola de Nicaragua que está en expansión y para permitir que varios agricultores nuevos participen en el proceso de exportación.

Con respecto a los cuartos fríos existentes de APENN en el aeropuerto, recomiendo que un cuarto (por ejemplo, el enfriador #3) se mantenga entre 0,5 y 1°C, para productos sumamente perecederos no sujetos a daños por enfriamiento y que el otro cuarto (el enfriador #1) se deje a cerca de 7°C, para almacenar los productos sensibles al enfriamiento. Recomiendo agregar 5 toneladas más de capacidad de refrigeración a cada cuarto, para mantener mejor las condiciones de bajas temperaturas. El enfriador #2 se podría convertir en congelador, agregando refrigeración adicional. Sin embargo, puede que se tenga que construir un cuarto adicional de 30 x 20 x 10 pies en otra parte de la bodega, a fin de tener suficiente área de almacenamiento para artículos congelados.

La ubicación física y la planta empacadora acompañante en Sébaco hacen que éste sea el sitio lógico para añadir un cuarto de enfriamiento con aire forzado, además de mejorar la actual capacidad de refrigeración en el cuarto frío existente. El valle de Sébaco está en el centro de una región cercana de cultivo de hortalizas y se debe usar esta instalación como área centralizada

para recibir/enfriar/almacenar productos, tanto internos como de exportación. La capacidad de refrigeración en el cuarto existente de almacenamiento en frío debe mejorarse con 5 toneladas más (60.000 BTU/hr). Es importante que se disponga de dos cuartos fríos potenciales en el valle de Sébaco, para adecuarse a la expansión futura del sector industrial de productos frescos en la zona. Además, los dos cuartos fríos permitirán almacenar separadamente los vegetales sensibles al enfriamiento en la temporada cálida (que se almacenarán entre 7 y 10°C), en contraposición a los hortalizas insensibles al enfriamiento en la temporada fresca (que se almacenarán entre 0,5 y 2°C).

La capacidad de refrigeración en el cuarto frío existente de 20 x 10 x 10 en Jinotega debe aumentarse en 5 toneladas más, a fin de operar entre 0,5 y 1,0°C. Esto se necesita para almacenar temporalmente los muchos vegetales y frutas de la temporada fresca cultivados en la zona y que requieren de bajas temperaturas. Una buena instalación de enfriamiento con aire forzado en el área de Jinotega, junto con una capacidad adicional de almacenamiento en frío, servirían bien a los productores de frutas y hortalizas de recursos limitados en la zona.

## **RESUMEN**

Solo a través de un manejo apropiado de las temperaturas, después de la cosecha, es que el productor nicaragüense de frutas y hortalizas podrá ofrecerle al comprador un suministro consistente de productos de alta calidad. La tecnología apropiada después de la cosecha es un ingrediente esencial para lograr el éxito en el comercio internacional de productos hortícolas. El enfriamiento con aire forzado es el método de enfriamiento más adaptable para una diversidad de frutas y hortalizas. La mayor parte de los productos perecederos puede ser enfriada, eficazmente, con este método y es el método recomendado para el programa de asistencia a la industria de productos frescos de Nicaragua, bajo el proyecto USAID/ARAP. Un total de 4 cuartos fríos nuevos, equipados con enfriamiento de aire forzado y ubicados en 4 diferentes localidades por todo el país, apoyarán significativamente el desarrollo de la industria de exportación de frutas y hortalizas frescas.