

## Ampliación de la Capacidad Frigorífica en una Línea de Congelado IQF

Xavier Cárdenas Arteaga  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[xavacard@espol.edu.ec](mailto:xavacard@espol.edu.ec)

Federico Arenas Viteri  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[farenas@espol.edu.ec](mailto:farenas@espol.edu.ec)

Ernesto Martínez Lozano  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[emartine@espol.edu.ec](mailto:emartine@espol.edu.ec)

### Resumen

*El presente artículo sirve como referencia para las personas interesadas en conocer los procedimientos a seguir para la ampliación de las capacidades en una línea de congelados IQF en plantas procesadoras de frutas.*

*Tiene como objeto evaluar las capacidades frigoríficas instaladas en los equipos de una empresa Agroindustrial para con esta información determinar las adecuaciones en las instalaciones o equipos necesarios para los requerimientos de la empresa. Se comenzará con el análisis del proceso para determinar las condiciones actuales, tanto en capacidades físicas como frigoríficas. Luego, se procederá a comparar con los requerimientos de la empresa para identificar las etapas del proceso donde serán necesarios realizar las adecuaciones para la ampliación.*

*Finalmente, con esta información y considerando el aumento de las capacidades de producción solicitados, se realizará el requerimiento y selección a los diferentes proveedores de sistemas de congelación y refrigeración, de los equipos necesarios en el procesamiento de congelados.*

**Palabras Claves:** Congelación rápida IQF, Capacidad Frigorífica.

### Abstract

*This article serves as a reference for those interested in knowing the procedures for extending capacities in a production line of IQF frozen fruit.*

*The main goal is to evaluate the actual capacities and the installed equipment in an agro industrial plant, with this information we will determine the changes and equipment needed in the facilities in order to meet the company's requirements. The process will be analyzed to determine actual conditions and both physical and energetic capacities. Then the company's requirements will be compared to identify the stages of the process where the necessary adjustments will be done.*

*Finally, with this information and considering the requested increase in production capacity, the needed equipment will be selected from different freezing and cooling equipment manufacturers.*

**Keywords:** IQF , Individual Quick Freezing, Refrigerations Capacities.

## 1. Introducción

Los sistemas de congelación y refrigeración en las plantas procesadoras de frutas son una de las áreas más importantes del proceso. Gracias a estos procesos se garantiza la calidad e inocuidad de los productos requeridos para el mercado extranjero.

Uno de los procesos más utilizados es el congelamiento rápido o IQF, conocido ampliamente por las personas encargadas del procesamiento de frutas congeladas, gracias a su amplia gama de ventajas que permiten la conservación de las propiedades físicas y químicas de las frutas que garantizan entregar a los consumidores productos que mantienen su frescura, color y cualidades naturales.

La creciente demanda de los productos congelados, las diferentes presentaciones altamente cotizadas en los mercados internacionales ha iniciado la búsqueda de la ampliación de las capacidades frigoríficas de las empresas Agroindustriales para suplirla.

El consiguiente análisis nos permitirá identificar las cargas térmicas y procesos involucrados en la refrigeración industrial para el procesamiento y congelación de frutas tropicales.

## 2. Generalidades.

Para la ampliación de una línea de congelados IQF, se analizan las siguientes etapas del procesamiento de fruta congeladas:

- Recepción y almacenamiento.
- Maduración de la fruta.
- Lavado y selección.
- Corte y Pelado
- Congelación instantáneo IQF.
- Almacenamiento

De este proceso podemos determinar que las áreas que influyen con más énfasis en la capacidad de producción son las etapas de maduración y congelación IQF.

Estas etapas se encuentran directamente relacionadas con las capacidades frigoríficas instaladas en los sistemas de refrigeración de las empresas agroindustriales y son una parte clave en el proceso.

### 2.1. Maduración de fruta.

El proceso de maduración en las frutas como el banano permite que el almidón se convierte en azúcares, aumentando con ello su dulzura. Los ácidos orgánicos y los aromas son también componentes

importantes del sabor. Esto con el fin de tener un producto listo para su congelación previo al consumo.

Durante la maduración controlada existe una serie de variables que deben ser monitoreadas y dependiendo de sus valores influyen en el producto final obtenido y en el tiempo de maduración.

Entre las variables que se deben controlar tenemos las siguientes:

- Temperatura del producto.
- Temperatura de la cámara.
- Humedad relativa.
- Concentración y formación de etileno.
- Renovaciones de aire de la cámara.

Esta información nos permite pronosticar que para una cámara trabajando a temperatura promedio de 24°C y con concentración controlada de gas acetil, son necesarios realizar cambios de aire durante períodos de 2 horas con intervalos de 12 horas. Bajo estas condiciones se puede predecir que el tiempo de maduración será de aproximadamente 56 horas hasta obtener los 19° brix para el proceso.

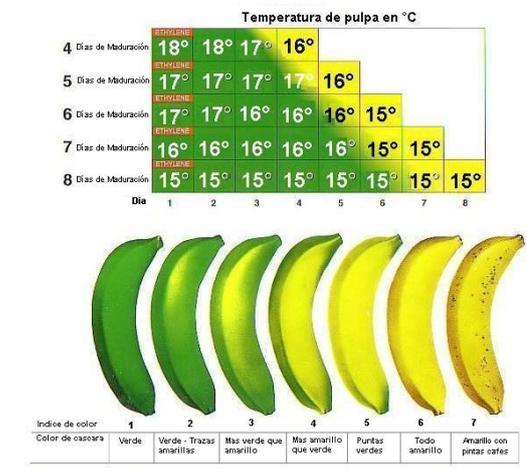


Figura 1. Guía sugerida para la maduración de banano.

### 2.1. Congelación rápida IQF.

La congelación rápida IQF de manera individual se está imponiendo cada vez más entre los fabricantes de alimentos congelados ya que gracias a este procedimiento se garantiza, una vez que hayamos descongelado el producto, que este conserve toda la textura, valor nutritivo e igual sabor al del producto recién cosechado. Así mismo, para su preservación, el uso de este proceso garantiza que los productos no necesiten de ningún tipo de químicos o preservantes y que, debido al cambio brusco de temperatura, se reduzca de forma importante la presencia de microorganismos

### **Congelación rápida**

Expansión de cristales de hielo son limitados y las estructuras y membranas no se destruyen. El efecto negativo de la congelación es muy reducido



Congelación rápida con pequeños cristales de hielo

**Figura 2.** Congelación rápida IQF.

## **3. Ampliación de la capacidad frigorífica.**

La ampliación de la capacidad frigorífica de la línea de congelados implica el análisis de las capacidades actuales tanto de las cámaras de maduración como de los equipos de congelación instalados en la planta.

### **3.1. Carga térmica de las cámaras de maduración.**

La carga térmica a considerar para las cámaras de maduración está determinada por el comportamiento del banano en la cámara y las condiciones ambientales durante el proceso, entre las cuáles podemos mencionar:

#### **Conservación de temperatura.**

Mantener la temperatura de 22°C dentro de la cámara, ya sea por diferencial con la temperatura del medio ambiente y por la generación de gas acetil durante la respiración de la fruta.

#### **Reducción de Temperatura**

Para retardar el proceso de maduración, la fruta debe ser enfriada hasta condiciones ideales de conservación hasta que sea utilizada para el procesamiento.

Durante este enfriamiento se considera la extracción de calor sensible del banano para disminuir la temperatura hasta 10°C temperatura óptima de conservación a la cual la maduración puede ser retardada hasta por 5 días

Estos cálculos se resumen en la tabla 1, donde se indican las cargas térmicas para la maduración de fruta.

**Tabla 1.** Cargas Térmicas en cámaras de maduración

<b>Cargas Térmicas</b>	<b>Carga Térmica Kw</b>
Conservación de Temperatura a 24°C	5.37
Reducción de temperatura de 24°C a 10°C en 24 horas	33.45

Las cargas térmicas están consideradas para una capacidad de 900 Kg/h de fruta madurada para proceso.

### **3.2. Carga térmica del Túnel IQF.**

El calor a extraer de un producto para llevarlo a la zona de congelación viene determinado por lo siguiente:

- Calor sensible.
- Calor latente de congelación.
- Calor sensible de producto congelado.
- Calor de motores e iluminación.
- Calor área de proceso.
- Calor por filtraciones de aire.

Estos valores son calculados por el fabricante del equipo de acuerdo al requerimiento de producción solicitado.

Para determinar la carga térmica se proporciona el requerimiento actual de la empresa tanto del producto como la información del sistema de refrigeración instalado en la planta:

- Producto a congelar: Banano entero
- Capacidad de 1400 Kg/h de producto terminado
- Especificaciones del Producto:
  - o Banano rodajas de 10 mm de espesor por 32-35 mm de diámetro con 20-21 grados Brix.
  - o Banano entero
  - o Banano paletas
  - o Banano en cubos
  - o Banano mitades
- Temperatura de entrada de producto entre 20°C y 22°C
- Temperatura de salida del producto -18°C
- Sistema de descongelamiento con gas caliente
- Refrigerante: Amoniaco R717 – NH<sub>3</sub>
- Temperatura de Evaporación: -40°C
- Tasa de Recirculación de 4:1

En la tabla 2 se indica la carga térmica calculada por el proveedor para la capacidad de producción requerida.

**Tabla 2.** Carga Térmica en cámaras de maduración

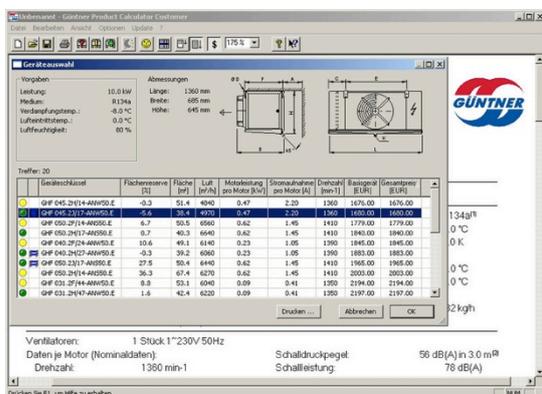
Cargas Térmicas	Carga Térmica Kw
Congelar Banano desde 22°C a -18°C	186

Con la información resumida de las cargas térmicas necesarias para la ampliación de las capacidades se procederá a la selección de los equipos necesarios.

### 3.3. Selección de equipos para las cámaras de maduración.

Para el sistema de refrigeración se contempla la selección de un Enfriador de Aire para la cámara, un sistema secundario para refrigeración o Chiller con su sistema de válvulas.

Para la selección del Enfriador de Aire, se utilizó el *Software de Guntner para cálculo termodinámico* se eligió el modelo **GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M** para las cámaras.



**Figura 4.** Programa Guntner para selección de Enfriador de Aire: Software MPC.

Lo único que debe hacer es ingresar los datos de aplicación requeridos en la interfaz de fácil manejo del MPC.

Con base en las condiciones de operación indicadas (refrigerante o fluido de enfriamiento deseado, temperaturas de evaporación y condensación) y los accesorios requeridos, el software se encarga de realizar un cálculo termodinámico preciso, incluso para aplicaciones poco comunes.

Las características completas del equipo se encuentran a continuación descritas:

**Tabla 3.** Descripción de Enfriador de Aire Guntner

Modelo	GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M
Capacidad	40 Kw
Refrigerante	Agua R718
Velocidad del Aire	2.6 m/s
Temperatura de Aire	6° C
Material	Cobre

Para la selección del sistema de refrigeración se contempla la instalación de dos cámaras de maduración y con la nueva carga de 80 kw, se realiza el requerimiento a uno de los proveedores de refrigeración local.

Este recomienda utilizar un Intercambiador de Placas Alfa Laval, modelo M10BW-REF, capacidad de refrigeración de 96 Kw, acero inoxidable A-304, espesor de placas 0.60mm, agua glicolada al 20 %, con su sistema de válvulas.



**Figura 5.** Intercambiador de placas Alfa Laval.

### 3.4. Selección de equipos para el Túnel IQF.

Con la información presentada al fabricante, propone utilizar el siguiente equipo, que se ajusta a las necesidades de producción solicitadas.

**Tabla 4.** Descripción de Túnel IQF

Marca	Mayekaya IQF Spiral Freezer
Modelo	MSP-600K-23-113
Capacidad	1400 Kg/h
Tiempo de retención	45 min
Refrigerante	Amoniaco NH3
Carga Frigorífica	183 Kw

El requerimiento de refrigeración de este nuevo túnel es de 183 KW, y ratio de circulación de refrigerante de 4. El sistema actual de equipos IQF en planta presenta las mismas características tanto de

refrigeración como del sistema de bombeo razón por la cual se procederá, en este caso a cambiar uno de los equipos de congelación utilizados.

#### 4. Resultados

Como resultados obtenemos que los equipos necesarios para la ampliación de la línea de congelados IQF son:

- El Túnel IQF a instalar es el IQF Spiral Freezer MAYEKAWA, modelo 600K, 25 pisos, capacidad de 1400 Kg/h, 183 Kw de refrigeración, operando con refrigerante amoníaco a T. evaporación de -40°C.
- Los dos Enfriadores de Aire Guntner, modelo GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M, 40 Kw de refrigeración, refrigerante Agua (R718) con glycol al 20%, temperaturas de ingreso 1°C, salida 4°C. Motores de ½ HP.
- 1 Intercambiador de Placas Alfa Laval, modelo M10BW-REF, 96 Kw de refrigeración, acero inoxidable A-304, espesor de placas 0.60mm, agua glicolada al 20 %.

También podemos mencionar que existen métodos comprobados, como el uso del software Guntner para realizar los cálculos termodinámicos involucrados en los procesos de refrigeración. Tanto para su selección como para la comprobación de los análisis realizados.

#### 5. Conclusiones

Los análisis y cálculos realizados a lo largo de este artículo, consideramos que pueden ser utilizados por compañías que se encuentren en líneas similares de negocio como una guía para realizar cálculos de cargas y selección de equipos para procesos similares.

Para garantizar la factibilidad de un proyecto es importante analizar el comportamiento del mercado, la disponibilidad de materia prima para el proceso y debe hacerse siempre un análisis de las capacidades instaladas para luego determinar los cambios necesarios para cumplir con los nuevos requerimientos.

#### 6. Agradecimientos

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez L., por su invaluable ayuda.

#### 7. Referencias

- [1] Guntner Ag: Software MPC, Disponible en <http://www.guentner.com.mx/know-how/product-calculator-mpc/software-mpc/>
- [2] 2002 ASHRAE Refrigeration Handbook (SI)
- [3] Comparación de congelación lenta vs. congelación rápida, Disponible en <http://www.iqf.se/PDF/Considerations/Cold%20Store%20Freezing%20vs%20IQF.pdf>
- [4] Frank P. Incropera, Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall.
- [5] Hansen Technologies Corporation, "Refrigeration Valve Capacity tables for Ammonia", 1999, Disponible en [www.Hantech.com](http://www.Hantech.com)