



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN**

**“ CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN FRESCO ”**

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES BÁSICAS DE  
ALMACENAMIENTO REFRIGERADO Y  
APLICACIÓN DE UN SOFTWARE  
PARA DIMENSIONAR  
INTERNAMENTE CÁMARAS FRIGORÍFICAS.**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**I N G E N I E R O E N A L I M E N T O S**  
**P R E S E N T A :**  
**JUAN FRANCISCO PEDRAZA ESCALONA**

**ASESOR: I.A. ARACELI ULLOA SAAVEDRA.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Conservación de Frutas y Hortalizas en Fresco" Estudio de las  
Condiciones Básicas de Almacenamiento Refrigerado y Aplicación  
de un Software para Dimensionar Internamente Cámaras Frigoríficas.

que presenta el pasante: Juan Francisco Pedraza Escalona.  
con número de cuenta: 9756113-8 para obtener el título de :  
Ingeniero en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de Septiembre de 2004

PRESIDENTE	<u>IBQ. Fernando Beristain</u>	
VOCAL	<u>IA. Alfredo Alvarez Cárdenas</u>	
SECRETARIO	<u>IA. Araceli Ulloa Saavedra</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>IA. Francisco Javier López Martínez</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MC. María del Carmen Valderrama Bravo</u>	

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por tu infinita misericordia y sabiduría.  
Mi corazón es tuyo.

### **A MIS PAPÁS:**

Por todo el apoyo, cariño y comprensión que he recibido.  
Mi gratitud eterna.

### **A MI HERMANA:**

Por tu ayuda incondicional y verdadero espíritu de lucha.  
Gracias por todo.

### **A LA UNAM:**

Por el conocimiento adquirido.

### **A MIS MAESTROS:**

Por su esmero cotidiano en el arte de enseñar.

### **A MIS AMIGOS:**

Por su amistad y tiempo compartido.

*En todo amar y servir.*

## ÍNDICE

Capítulo	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	4
<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Características del producto.....</b>	<b>5</b>
1.1.1 Definición de frutas y hortalizas en fresco.....	6
1.1.2 Aspectos fisiológicos.....	6
1.1.2.1 Desarrollo fisiológico.....	6
1.1.2.2 Respiración.....	7
1.1.2.3 Etileno.....	11
1.1.2.4 Efecto del frío.....	13
1.1.3 Causas de deterioro.....	15
1.1.3.1 Transpiración.....	15
1.1.3.2 Daño mecánico.....	17
1.1.3.3 Daño por frío.....	18
1.1.3.4 Microorganismos.....	20
<b>1.2 Manejo interno.....</b>	<b>22</b>
1.2.1 Características de la carga unitaria.....	22
1.2.1.1 Elementos constitutivos.....	27
1.2.1.1.1 Embalajes.....	28
1.2.1.1.2 Paletas.....	34
1.2.1.1.3 Materiales accesorios.....	36
1.2.2 Estiba.....	37
1.2.3 Equipos de carga.....	37
1.2.3.1 Patines.....	37
1.2.3.2 Montacargas.....	38
1.2.4 Tipos de rack.....	38
1.2.4.1 Rack a profundidad sencilla.....	39
1.2.4.2 Rack a doble profundidad.....	39
1.2.4.3 Dinámicos.....	40
1.2.5 Patrón de estibamiento.....	40
<b>2. ALMACENAMIENTO REFRIGERADO.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Vigilancia durante el almacenamiento.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2 Tiempo de almacenamiento.....</b>	<b>48</b>
<b>2.3 Factores determinantes en el almacenamiento.....</b>	<b>49</b>
2.3.1 Temperatura.....	49
2.3.2 Humedad relativa.....	51
2.3.3 Circulación de aire.....	53
2.3.4 Ventilación de aire.....	55
<b>2.4 Condiciones de almacenamiento.....</b>	<b>57</b>
2.4.1 Cargas simples.....	59
2.4.2 Cargas mixtas.....	62

## ÍNDICE

Capítulo	Página
<b>3. DIMENSIONAMIENTO INTERNO.....</b>	<b>67</b>
<b>3.1 Factores Internos.....</b>	<b>70</b>
3.1.1 Cantidad de producto a almacenar .....	70
3.1.2 Naturaleza del producto a manejar en el interior.....	70
3.1.3 Temperatura de la Cámara.....	71
3.1.4 Manejo interno.....	71
3.1.5 Disposición del producto .....	71
3.1.6 Utilización del almacén .....	71
3.1.7 Espacios internos recomendados.....	72
<b>3.2 Criterios de cálculo para el dimensionamiento interno.....</b>	<b>73</b>
3.2.1 A corto plazo.....	75
3.2.2 A largo plazo.....	75
<b>4. DESARROLLO DEL PROGRAMA.....</b>	<b>76</b>
<b>4.1 Nomenclatura del programa.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2 Diagrama de flujo.....</b>	<b>82</b>
<b>4.3 Ejercicios propuestos.....</b>	<b>86</b>
4.3.1 A corto plazo .....	86
4.3.2 A largo plazo .....	94
<b>4.4 Verificación del programa.....</b>	<b>103</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>109</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

No. Cuadro	Página
1	5
2	9
3	18
4	19
5	29
6	30
7	32
8	33
9	35
10	43
11	44
12	56
13a	60
13b	61
14a	64
14b	65
14c	66
15	72
16	80
17	104
18	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

No. Figura	Página
1 Variación de la intensidad respiratoria de un fruto climatérico y de uno no climatérico, durante el crecimiento, la maduración y senescencia.....	10
2 Constitución de la carga unitaria para su manejo.....	23
3 Paletización manual.....	24
4 Paletización automática.....	24
5 Localización de los embalajes por nivel y de los niveles por paleta de una carga unitaria.....	25
6 Configuración de los embalajes por capa en columna y entrelazada.....	26
7a Distintos arreglos de embalajes por capa que van de 3 a 14.....	26
7b Distintos arreglos de embalajes por capa que van de 15 a 34.....	27
8 Diseños de los huacales y jabas.....	31
9a Cartón corrugado simple, flauta tipo "C" para frutas y verduras frescas.....	32
9b Diseños del cartón corrugado.....	32
10 Diseños de los embalajes rígidos.....	33
11 Paleta o tarima.....	34
12 Dimensiones de Paleta.....	35
13 Utilización de la película y esquineros como materiales accesorios.....	36
14 Patín de carga.....	37
15 Montacargas.....	38
16 Rack de profundidad sencilla.....	39
17 Rack a doble profundidad.....	39
18 Rack dinámico.....	40
19 Patrón de estibamiento en la cámara frigorífica.....	40
20 Distribución de aire por falso techo.....	54
21a Dimensiones internas de la cámara frigorífica considerando sus múltiplos.....	67
21b Localización de los espacios recomendados en la cámara frigorífica (Vista superior).....	72
21c Localización de los espacios recomendados en la cámara frigorífica (Vista frontal).....	73
22 Pantalla de Bienvenida del programa.....	76
23 Pantalla de Introducción del programa.....	77
24 Pantalla de explicación sobre las formas de uso del software.....	77
25 Pantalla de menú.....	78
26 Pantalla de ingreso de datos del embalaje y paleta.....	78
27 Pantalla de solicitud de espacios recomendados.....	79
28 Pantalla de resultados.....	79
29 Representación gráfica del embalaje y de la paleta.....	87
30 Representación esquemática de la carga unitaria.....	88
31 Vista superior de la cámara de almacenamiento a corto plazo.....	90
32 Vista frontal de la cámara de almacenamiento a corto plazo.....	90
33 Vista superior de la cámara de almacenamiento a corto plazo, aplicando recálculos.....	93
34 Vista frontal de la cámara de almacenamiento a corto plazo, aplicando recálculos.....	93
35 Representación gráfica del embalaje y de la paleta.....	95
36 Representación esquemática de la carga unitaria.....	96
37 Representación esquemática del número de paletas por estiba, en función de la altura de levanto de las horquillas del montacargas.....	98

**ÍNDICE DE FIGURAS**

No. Figura	Página
<b>38</b> Vista superior de la cámara de almacenamiento a largo plazo.....	99
<b>39</b> Vista frontal de la cámara de almacenamiento a largo plazo.....	100
<b>40</b> Vista superior de la cámara de almacenamiento a largo plazo con recálculos.....	102
<b>41</b> Vista frontal de la cámara de almacenamiento a largo plazo con recálculos.....	103

## RESUMEN

El almacenamiento refrigerado es un método de conservación que permite aminorar considerablemente los procesos de deterioro que afectan a los alimentos perecederos, mediante un empleo apropiado del frío.

La aplicación del frío únicamente debe actuar sobre productos que estén: sanos, limpios, exentos de magulladuras, contaminaciones y desórdenes fisiológicos; pero aún estas consideraciones no son suficientes para evitar mermas o alteraciones de las mercancías almacenadas. Por lo que es necesario asegurar que la estancia de los productos refrigerados al interior del recinto frigorífico en períodos de conservación cortos o prolongados sea óptima, aplicando el conocimiento fundamental de las condiciones de almacenamiento refrigerado en cargas simples y mixtas de las frutas y hortalizas en fresco. De esta manera, la acción protectora que ejerce el frío en el producto se intensifica notablemente en contra de los procesos de degradación, lo cual favorece comercializaciones y distribuciones más eficientes y equilibradas de estos alimentos, ante un mercado de consumo cada vez más numeroso y demandante.

Por otro lado, dimensionar internamente cámaras frigoríficas para conservar frutas y hortalizas representa un reto para la industria productora del frío al requerir instalaciones que respondan a las necesidades reales de los procesos operativos. Por lo que es indispensable precisar todos los espacios necesarios entre las unidades de manipulación y estructuras de almacenamiento, antes de empezar a construir el recinto frigorífico.

En este proceso de cálculo se invierte tiempo considerable en obtener el volumen interno bruto y densidad de almacenamiento de la cámara frigorífica, puesto que se realizan cálculos repetitivos y reacomodos numerosos de estiba, como también en las paredes, piso y techo del recinto, tomando en cuenta la cantidad de producto a almacenar según el plazo de conservación y en función de factores específicos empleados en el sistema de almacenamiento refrigerado.

Por lo cual se propone en este trabajo el empleo del software para mejorar el dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas, además de seguir una guía de estudio para brindar a las mercancías condiciones más seguras de almacenamiento.

## INTRODUCCIÓN

En México se generan alrededor de 17,000 toneladas diarias en mermas de alimentos, de las cuales un alto porcentaje corresponde a frutas y hortalizas en fresco que se generan en Centrales de Abasto, Centros de Distribución y Tiendas de Autoservicio, lo que se traduce en una pérdida económica anual de considerables millones de dólares.

Este problema se debe a la falta de conocimiento o aplicación de condiciones de almacenamiento refrigerado que logren mantener íntegramente las características nutritivas y organolépticas de los productos hortofrutícolas según el plazo de conservación de cada uno.

Para resolver esta problemática se debe considerar en primer plano frenar el proceso metabólico de frutas y hortalizas después de haber sido recolectadas. Debido a que, durante este proceso las frutas maduran, sobre-maduran, entran en senescencia y finalmente se pudren, mientras que en el caso de las hortalizas se propicia la pérdida de agua lo que origina pérdida de peso ocasionando a su vez pérdida de turgencia, presencia de arrugas, marchitamientos y manchas superficiales <sup>(10,45,48,52,69)</sup>.

Con el almacenamiento refrigerado se tiene un mejor control sobre este metabolismo, lo que permite la diversificación en la distribución y comercialización de estos alimentos para el sistema de abasto nacional, ajustando las épocas y lugares de producción a las épocas y lugares de consumo <sup>(25,38,65)</sup>.

Es frecuente almacenar simultáneamente frutas y hortalizas para aprovechar el espacio común o disponible al interior del recinto refrigerado, sin embargo esta modalidad de almacenamiento puede ser fuente de mermas si no se almacenan las mercancías según su compatibilidad.

La mejor manera de conservar a las frutas y hortalizas en fresco es con el empleo de una cámara frigorífica. Por lo cual, es de vital importancia conocer con certeza las medidas internas referentes a su longitud, anchura y altura, ya que se aprovecha eficazmente el volumen útil de esta para el almacenamiento de dichos productos a partir de la aplicación de un método de cálculo conocido como dimensionamiento intemo <sup>(3,34)</sup>.

Con el dimensionamiento interno se especifican todos los espacios requeridos para una buena manipulación de las mercancías, como son: el número y amplitud de los pasillos, número de paletas por estiba, número de estibas a lo largo y ancho del almacén, así como los demás espacios libres que se dejan a propósito para facilitar la circulación del aire.

Sin embargo, en este proceso de cálculo se deben considerar no solamente los espacios requeridos anteriormente mencionados, sino también la cantidad de producto a ingresar a la cámara, disposición o arreglo de los embalajes sobre la paleta para configurar la carga unitaria, reacomodos de estiba y recálculos en las dimensiones de la cámara, que se generan al seguir los diferentes escenarios de operación para obtener la densidad de almacenamiento. Esto complica el problema del dimensionamiento interno y limita la posibilidad de profundizar en las predicciones del parámetro de nuestro interés con la consiguiente desventaja de invertir demasiado tiempo, dinero y esfuerzo realizando manualmente el cálculo para después revisarlo.

Se realizó un programa de cómputo en Visual Basic que simplifica en tiempo el proceso de cálculo del dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas. Este software ofrece al usuario: rapidez de cálculo, facilidad para implementar o modificar cambios en el programa de acuerdo con las condiciones del sistema así como también propiciar un manejo ordenado de la información y sobre todo proporcionar un entendimiento integral del fenómeno en estudio <sup>(12,31,59,81,85)</sup>.

El almacenamiento refrigerado y el dimensionamiento interno se estructuran dentro del desarrollo de la industria de la conservación alimentaria y, por lo tanto, del progreso social y económico de un país, siendo cada vez más necesarios en la medida en que se presente un desequilibrio en los ritmos de aprovisionamiento y distribución.

## OBJETIVOS

### *Objetivo general:*

Realizar un estudio sobre las condiciones elementales de almacenamiento refrigerado así como desarrollar un programa de cómputo en Visual Basic aplicable al cálculo del dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas, con un enfoque en ambos casos hacia las frutas y hortalizas en fresco, para servir como material de apoyo didáctico a los estudiantes y profesionales de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

### *Objetivos particulares:*

1.- Realizar una investigación bibliográfica para determinar las condiciones más apropiadas de almacenaje refrigerado del producto en cargas simples y mixtas.

2.- Realizar la secuencia de cálculo del dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas para su aplicación en el lenguaje de programación.

3.- Diseñar un programa de cómputo en Visual Basic a partir de la secuencia de cálculo generada.

4.- Verificar el programa de cómputo mediante la comparación de los resultados obtenidos por el programa y los obtenidos en forma manual, en base a ejercicios propuestos.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Características del producto

La conservación de frutas y hortalizas frescas consiste en mantenerlas en excelentes condiciones durante su permanencia en la cámara frigorífica, sin embargo, estos alimentos mantienen cierta actividad metabólica tras su recolección y el controlar ese metabolismo por medio de la refrigeración es vital para asegurarles un período de vida comercial suficiente. Para aplicar la refrigeración de forma conveniente, es necesario considerar cuales son las características de las frutas y hortalizas tras su recolección (Cuadro 1), haciendo un enfoque principalmente, sobre sus aspectos fisiológicos y causas de deterioro los cuales pueden impedir la supervivencia así como afectar la calidad de estos productos durante el almacenamiento frigorífico.

**Cuadro 1.** Características de las frutas y hortalizas tras su recolección <sup>(53)</sup>.

Características del producto	Descripción
Tipo y duración de la respiración	Aeróbica durante todo el almacenamiento (climatérica en algunas frutas)
Daño por alteración del metabolismo durante la refrigeración	Daño por frío en algunos productos
Tendencia de la calidad tras recolección	Algunas frutas mejoran temporalmente (maduración). Otras frutas y hortalizas inician su alteración inmediatamente tras la recolección.
Causas habituales de alteración o deterioro	Microbiológicas, fisiológicas y físicas

### 1.1.1 Definición de frutas y hortalizas en fresco

Las **frutas y hortalizas en fresco** son aquellos productos que mantienen su estado intacto, sin perceptible evidencia de cambio físico, químico o microbiológico, siendo los principales pasos en su preparación: la selección y aplicación de las operaciones de acondicionamiento, así como, los métodos de almacenamiento artificial, para su adecuada conservación <sup>(18,55,66,75,77)</sup>

### 1.1.2 Aspectos fisiológicos

De los aspectos fisiológicos a atender inmediatamente después de la recolección de los órganos vegetales para su posterior almacenamiento son el desarrollo fisiológico, la respiración, la producción de etileno y el efecto del frío.

#### 1.1.2.1 Desarrollo fisiológico

Las etapas que comprende el desarrollo fisiológico de cualquier fruta u hortaliza, son fundamentalmente tres: crecimiento, maduración y senescencia. Aunque hay veces que no siempre se pueden distinguir claramente estas fases ya que son lentas y poco diferenciadas <sup>(13,76)</sup>.

El **crecimiento** consiste de un período de división celular, seguido por otro de crecimiento celular, que en conjunto dan cuenta del tamaño finalmente alcanzado por el producto considerado <sup>(13,76)</sup>.

La **maduración**, es comprendida como el período intermedio (entre el crecimiento y senescencia) que acontece en el desarrollo fisiológico de las frutas y hortalizas <sup>(35,76)</sup>.

Y ésta a su vez, se compone de la madurez fisiológica y la madurez organoléptica. La primera se refiere a aquel estado en la vida de un órgano en que se ha alcanzado el máximo grado de crecimiento y ha madurado lo suficiente, como para completar un próximo estado o fase. Mientras que la segunda, es considerada como la fase de desarrollo siguiente, por la que adquieren los órganos las características organolépticas, tales como: color, olor, sabor, textura, etc., comenzando entonces a finales de la



maduración fisiológica, señalando de esta manera, el término del desarrollo del órgano y el comienzo a su senescencia.

La **senescencia** es el período durante el cual se hace evidente la desorganización progresiva de los procesos metabólicos de la célula, lo que conduce al envejecimiento y finalmente a la muerte tisular <sup>(13,76)</sup>.

Es evidente que las frutas y hortalizas crecen, maduran y senescen. Aunque cabe aclarar que en la maduración de las frutas, se presenta tanto la madurez fisiológica como la madurez organoléptica, no así en el caso de las hortalizas las cuales maduran sólo de manera fisiológica. Asimismo el crecimiento y maduración fisiológica exigen que los órganos permanezcan unidos a la planta de que proceden, pero la maduración organoléptica y la senescencia pueden ocurrir antes o bien después de ser cosechados los órganos. El planear y realizar la manipulación (recolección y transporte) de las frutas y hortalizas, se debe realizar a fin de evitar lesiones de cualquier índole o estados fisiológicos inapropiados que se traduzcan en merma durante la conservación <sup>(22,28,35,48,76)</sup>.

El conocer las distintas etapas que integran al desarrollo fisiológico de un órgano, permite relacionar su estado fisiológico o de madurez con el período de conservación previsto. A ésta relación se le conoce con el nombre de madurez comercial, la cual indica el momento apto para recolectar y conservar a estos productos basándose en el estado fisiológico que deba poseer una fruta u hortaliza, cuando ésta reúna las características de calidad exigidas por el cliente <sup>(48,76)</sup>.

### 1.1.2.2 Respiración

La **respiración** es el proceso fundamental que proporciona a las células de los organismos vivos (frutas y hortalizas) la energía necesaria para mantener sus funciones vitales, como son: la síntesis de sustancias además de la construcción y el mantenimiento de las paredes celulares <sup>(35,60,69)</sup>.

Básicamente consiste en una degradación oxidativa de compuestos orgánicos (almidón, azúcares y ácidos) a moléculas más simples como el dióxido de carbono y agua, acompañados por una liberación de energía <sup>(76)</sup>.

Parte de la energía liberada en la respiración es aprovechable por las células, las cuales la acumulan para consumirla después, mientras que el resto se pierde en forma de calor, llamado calor de respiración. Este calor aumenta la temperatura del órgano y puede ser un inconveniente en la conservación <sup>(22,46,69)</sup>.

A su vez la respiración puede llevarse a cabo en presencia del oxígeno del aire (respiración aeróbica) o en su ausencia (respiración anaeróbica), aunque algunas veces ambas pueden ocurrir en el mismo producto <sup>(13,76)</sup>.

En la respiración aeróbica se produce la oxidación de azúcares simples y ácidos orgánicos, procesos convenientes durante el almacenamiento refrigerado, ya que la disminución de la tasa respiratoria y el retardo de la madurez, se obtienen siempre y cuando las frutas y hortalizas mantengan este tipo de respiración <sup>(13,18)</sup>.

Mientras tanto, la respiración anaeróbica puede presentarse en la atmósfera de almacenamiento no sólo en ausencia de oxígeno, sino también cuando la falta de este gas no sea de manera total, asimismo puede resultar ésta por altos contenidos de CO<sub>2</sub>. Lo cual demuestra que el producto está muy confinado o muy mal ventilado <sup>(13,22)</sup>.

Se deberá vigilar estrictamente las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, especialmente durante el almacenamiento, para evitar que se produzcan respiraciones anaeróbicas, ya que son perjudicialmente tóxicas a nivel celular, cuando la acumulación de sus compuestos es excesiva, provocando desde la aparición de olores y sabores desagradables hasta la muerte definitiva del órgano o el ataque de hongos y bacterias, siendo entonces no apto para el consumo <sup>(22,46,48,69,75)</sup>.

Para determinar el tipo de respiración presente en la atmósfera de almacenamiento, se utiliza el Coeficiente Respiratorio (C.R), cuya expresión es la siguiente:  $C.R = (\text{Volumen de CO}_2 \text{ emitido}) / (\text{Volumen de O}_2 \text{ consumido})$ . Los valores que toma el C.R para la respiración aeróbica son de 0.7 a 1.3, mientras que en la respiración anaeróbica el C.R toma valores iguales o superiores a 2, en etapas posteriores a la maduración <sup>(22,35,48)</sup>.

El ritmo con el que se lleva a cabo la respiración, no siempre se realiza con la misma intensidad en el transcurso de la vida de una fruta u hortaliza. De ahí que se utilice el valor de la Intensidad Respiratoria (I.R) por ser un buen indicador del ritmo con que se estén llevando a cabo las diferentes actividades metabólicas. La I.R es vital para darse cuenta del tiempo de vida que puede durar en conservación un producto, ya que a intensidades respiratorias altas, por consiguiente, su vida es más corta y viceversa (35,46,66,76)

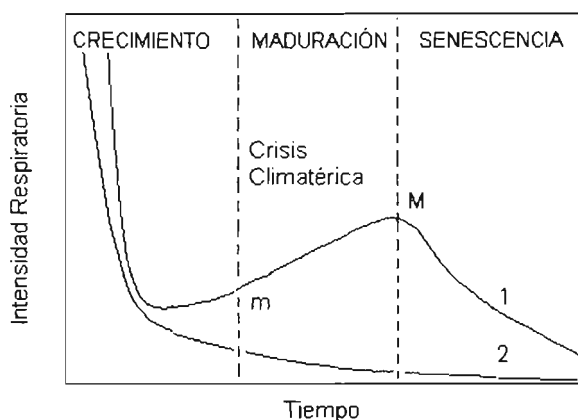
En el Cuadro 2 se puede observar la relación entre los valores de intensidad respiratoria y la vida potencial de conservación de diferentes productos vegetales. Las especies con valores elevados de I.R a 10 °C ( $>40 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) presentan periodos de conservación de días mientras que las especies con valores bajos de I.R ( $<10 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) pueden conservarse durante meses.

**Cuadro 2.** Correlación entre Intensidad Respiratoria y tiempo potencial de conservación en algunos productos vegetales <sup>(45)</sup>.

<b>Intensidad Respiratoria (I.R) a 10°C</b>	<b>Tiempo potencial de conservación</b>	<b>Especies</b>
$<10 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	Meses (poco perecederos)	Papa, cebolla, calabaza.
$10 \text{ a } 40 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	Semanas (Muy perecederos)	Manzana, pera, pimiento, tomate, berenjena.
$>40 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	Días (altamente perecederos)	Chirimoya, aguacate, chícharos, lechuga.

Cabe mencionar que la intensidad respiratoria es medida por la cantidad de oxígeno absorbido o de dióxido de carbono desprendido por unidad de masa y por unidad de tiempo; mediante el empleo de un dispositivo llamado: respirómetro. A su vez la intensidad respiratoria depende de factores diversos tales, como: especie, variedad, estado fisiológico, tamaño, forma, cantidad de substrato (predominantemente azúcares), volumen de los espacios intercelulares, fecha de recolección, manejo, temperatura y composición de la atmósfera ambiental <sup>(18,22,66)</sup>.

La relación que existe entre la respiración y maduración se centra en obtener una pauta respiratoria característica de cada producto, lo cual nos permite determinar en que estado de su madurez se encuentra, brindándole de esta manera las condiciones adecuadas de almacenamiento <sup>(46,76)</sup>. Se sabe que la maduración de un fruto puede estar o no marcada por una crisis respiratoria denominada crisis climática. Existiendo pues, dos tipos de frutos, según la clasificación hecha por Biale: los climáticos y los no climáticos <sup>(35,69)</sup>. La fig.1 muestra la variación de la intensidad respiratoria de los frutos desde el crecimiento hasta la senescencia.



**Figura 1.** Variación de la intensidad respiratoria de un fruto climático (1) y de un fruto no climático (2) durante el crecimiento, la maduración y la senescencia. En donde: m, significa mínimo climático y M, máximo climático <sup>(69)</sup>.

Así pues, la intensidad respiratoria de un fruto climático varía a lo largo de su vida, ya que disminuye de manera continua durante todo el crecimiento pasando por un mínimo (mínimo climático) cuando el fruto ha alcanzado su máximo tamaño. Después aumenta cuando comienza a madurar (crisis climática) y alcanza el valor máximo al final de la maduración (máximo climático), para disminuir rápidamente en el transcurso de la senescencia. Y es durante la crisis climática (entre el mínimo y máximo climático) donde se llevan a cabo el resto de las diferentes evoluciones biológicas propias de la maduración.

Por otro lado, los frutos no climatéricos maduran sin presentar crisis respiratoria, ya que se ha observado que su intensidad respiratoria disminuye en el transcurso de su crecimiento y permanece baja durante la maduración y senescencia.

La característica fundamental de los climatéricos es de poder madurar después de la recolección, aunque también maduran si se les deja en la planta, ejemplo de frutos climatéricos son: manzana, pera, kiwi, plátano, chabacano, aguacate, tomate, ciruela, entre otros.

En cambio los no climatéricos no pueden madurar si no permanecen en la planta madre y si se recogen inmaduros permanecen en este estado. Algunos ejemplos de frutos no climatéricos son: pepinos, calabacín, pimiento, fresa, piña, naranja, cereza, mandarina, limón, etc. También cabe mencionar que todas las hortalizas ofrecen una pauta respiratoria no climatérica <sup>(69,76)</sup>.

### 1.1.2.3 Etileno

El **etileno** ( $C_2H_4$ ) es una hormona vegetal producida naturalmente por los frutos en proceso de maduración y por parte de cualquier tejido vegetal en respuesta a un daño <sup>(2,18,22,35,76)</sup>.

Se sabe que el etileno se origina a partir de la síntesis de metionina y posiblemente del ácido linoléico, para después salir de los espacios intercelulares y difundirse finalmente al exterior de los órganos, ejerciendo así su efecto <sup>(2,35,69)</sup>.

De hecho, cuando el etileno está presente en la atmósfera, incluso a concentraciones muy bajas (0.1-1.0 ppm) la maduración en la mayoría de los frutos climatéricos se acelera, debido a que estimula su propia síntesis. En los frutos no climatéricos y en las hortalizas no existe un incremento significativo en la producción de este gas puesto que lo producen en muy pequeñas cantidades y no son capaces de sintetizarlo de forma autocatalítica; por lo que, no se desencadena la maduración pero a menudo son muy sensibles a su efecto <sup>(9,18,69)</sup>.

El etileno puede tener tanto efectos benéficos como también perjudiciales, mencionándose a continuación:

Dentro de los efectos benéficos <sup>(23,35,77)</sup> podemos encontrar que existen aplicaciones en las cuales la concentración de etileno se aumenta intencionalmente con el objeto de:

- ⊕ Estimular un ablandamiento más uniforme de la fruta
- ⊕ Mejorar la uniformidad en la maduración
- ⊕ Programar los estados de madurez
- ⊕ Promover el desarrollo de la coloración homogéneamente

En esencia, el tratamiento con este gas induce la maduración de manera controlada en los frutos climatéricos (ej. plátano, aguacate y tomates), sería el caso de las tres primeras aplicaciones arriba mencionadas.

Mientras tanto, la inducción de etileno en los frutos no climatéricos se aplica una vez que éstos estén maduros en su interior, principalmente en frutos cítricos (ej. limones, mandarinas, toronjas, naranjas) porque estimula la respiración y acelera los cambios de pigmentación de la epidermis lo que se traduce en una coloración homogénea, este proceso se conoce con el nombre de desverdización.

En estos casos las cámaras (tanto de maduración controlada, como de desverdecimiento) deben ser herméticas, asimismo se deben mantener a altas temperaturas (18-30°C) y altas humedades relativas (85-95%), los niveles de etileno se mantienen entre 10 y 100 ppm aproximadamente, mientras que el CO<sub>2</sub> se mantiene bajo el 1% para no reducir la efectividad del tratamiento. Estas condiciones son específicas para cada producto, dependiendo del proceso a aplicar <sup>(2,18,48,62)</sup>.

No obstante, es necesario conocer los efectos perjudiciales <sup>(9,11,35,69)</sup> que ocasiona este compuesto gaseoso para la conservación, principalmente cuando: son almacenadas frutas y hortalizas incompatibles entre sí, se ingresan productos con daños mecánicos en las cámaras frigoríficas o bien las renovaciones del aire en ellas son insuficientes, tales efectos son los siguientes:

- ⊕ Se acorta la supervivencia de los productos acelerando la senescencia.
- ⊕ Provoca alteraciones específicas (ej. quemadura de las lechugas, amargor de las zanahorias, germinación en papas, menor crujido en manzanas, moteado en naranjas, amarillamiento en pepinos, etc.).
- ⊕ Algunos órganos pueden ser muy sensibles si el etileno está presente en la atmósfera, disparando así su maduración.

Para que el etileno produzca su efecto se hace necesario que exista una concentración mínima de este gas, así como de una temperatura a la que comience a actuar, las cuales serán características específicas de cada producto, es decir, que la tasa de producción de etileno y la sensibilidad a él varían según la especie, variedad y estado fisiológico de cada una de las frutas y hortalizas. Así también el efecto del etileno dependerá del tiempo de exposición al mismo <sup>(11,18,76)</sup>.

Así que, durante el almacenamiento refrigerado es indispensable evitar cualquier acumulación de etileno, ajustar adecuadamente la temperatura al producto y tener cuidado con no traumatizar los órganos después de la recolección, si se quiere prolongar la conservación de las frutas y hortalizas en fresco.

#### **1.1.2.4 Efecto del frío**

El frío tiene como efecto esencial el aminorar la evolución o ritmo del deterioro de los productos hortifrutícolas hacia la senescencia, a partir de la reducción en la velocidad de las reacciones enzimáticas, las cuales son propias del metabolismo celular de los órganos <sup>(53,69,76)</sup>.

Debido a un empleo apropiado del frío, es decir, temperaturas bajas pero superiores al punto de congelación de los tejidos, su efecto provoca una serie de acontecimientos favorables en los productos hortifrutícolas (con la condición inicial de que sean sanos, muy turgentes y cargados de reservas suficientes), siendo los más notables: menor degradación de las reservas celulares, al igual que una menor producción de calor, asimismo se disminuye la intensidad respiratoria y con ella la actividad enzimática.

Además, no sólo reduce la producción de etileno, sino también la respuesta de los tejidos a este compuesto gaseoso. Del mismo modo se incluye el hecho de que ralentiza el crecimiento de microorganismos, inhibiendo en numerosos casos la germinación de sus esporas. Estos acontecimientos permiten, por tanto: aumentar la longevidad de los órganos, frenar la maduración de los frutos climatéricos, así como limitar el crecimiento de las yemas de los bulbos y tubérculos <sup>(69,76)</sup>.

En la respiración tanto de las frutas como de las hortalizas, están implicadas numerosas reacciones enzimáticas. Es por eso que, a la respiración se le ha considerado como criterio del efecto del frío, puesto que es un buen reflejo de la actividad global del metabolismo de los órganos y fácil de medir <sup>(60,48)</sup>.

Se sabe que dentro del rango fisiológico de temperaturas ordinarias (10 a 30°C, aproximadamente) en el que transcurren las reacciones, la velocidad de éstas, aumenta de manera exponencial al incrementarse la temperatura y se reduce de manera logarítmica cuando la temperatura disminuye.

Ahora bien, a menudo para describir la acción de la temperatura en la velocidad de las reacciones enzimáticas se emplea el coeficiente de temperatura o ley de  $Q_{10}$ , que se define como el cambio que experimenta la velocidad de una reacción al variar 10°C la temperatura a la que se lleva a cabo, por lo tanto, tenemos que la ley de  $Q_{10}$  se expresa mediante la siguiente relación:

$$Q_{10} = \frac{\text{Velocidad de la reacción a temperatura } T + 10^{\circ}\text{C}}{\text{Velocidad de la reacción a temperatura } T}$$

El valor de  $Q_{10}$  oscila entre 2 y 3, lo cual indica que por cada 10°C de descenso de la temperatura la velocidad de los procesos se reduce a la mitad o a un tercio. Este valor del coeficiente de temperatura tiende a aumentar por debajo de 10°C, logrando alcanzar valores de 5 a 7 hacia los 0 o 5°C <sup>(23,53,69,74,76)</sup>.

Esto se traduce en que la duración teórica de la supervivencia de los productos aumenta mucho con el descenso de la temperatura. Aunque, algunos productos no soportan un enfriamiento demasiado intenso, ya que se suscitan una serie de alteraciones



metabólicas y fisiológicas, que si llegan a ser muy importantes pueden rápidamente propiciar la muerte de los órganos.

Entre la alteración metabólica más significativa destaca la perturbación a la permeabilidad de la membrana, la cual se origina por un descenso tan bajo de la temperatura (sin llegar a la congelación), que provoque daños en el funcionamiento celular y un trastorno general del metabolismo. Por otra parte, las alteraciones fisiológicas son degradaciones tisulares no causadas por la invasión de patógenos (microorganismos productores de enfermedades) ni por lesiones mecánicas. Pueden desarrollarse en respuesta a un ambiente adverso, especialmente en lo que a temperatura se refiere o a deficiencias nutritivas, durante el desarrollo. A las alteraciones fisiológicas, también se les conoce con el nombre de fisiopatías de las cuales la más notable es el daño por frío (46,69,74,76)

### 1.1.3 Causas del deterioro

Las frutas y hortalizas, una vez alcanzado el estado de madurez óptimo con el que se van a almacenar, están muy expuestas al deterioro, generalmente como consecuencia de: la transpiración, los daños mecánicos y los propiciados por el frío o bien por el ataque de microorganismos, así que estar conscientes de las causas que originan un deterioro es importante para evitar su presencia y poder así controlar las condiciones que sean necesarias para la adecuada conservación de los productos hortifrutícolas.

#### 1.1.3.1 Transpiración

La principal causa de pérdida de peso en los productos frescos es la pérdida de agua por transpiración después de la recolección, debido a que se ha interrumpido la absorción de agua a través de la planta (11,69).

La **transpiración** es un fenómeno físico de difusión de agua, en forma de vapor, entre el producto y el medio ambiente. La salida de este vapor de agua es a través de rutas primarias tales como: heridas o lesiones que presente el producto, aperturas o poros naturales (lenticelas y estomas) presentes en la epidermis de las frutas y hortalizas (11,45,76)

Cuando el fruto u hortaliza pierde agua en estado de vapor, se origina la pérdida de peso, la cual si es muy considerable puede ser causa de daños irreversibles, tales como: la pérdida de turgencia, arrugas o marchitamientos en la epidermis, manchas superficiales, y si se mantienen las condiciones que la propician incluso se causaría hasta la muerte de los órganos. Estos daños son los que deprecian la apariencia así como también la calidad textural y nutricional de éstos productos, conduciéndolos definitivamente hacia una devaluación comercial para el mercado de consumo <sup>(11,22,66,76)</sup>.

Cuando el producto pierde de un 5 a un 10 % de su peso original, los daños resultan evidentes en pocas horas. De hecho, la intensidad con la que se lleve a cabo la transpiración depende de diversos factores como son: la fecha de recolección, estructura de la superficie, relación superficie/volumen del producto, humedad relativa y temperatura de almacenamiento, circulación del aire y déficit de la presión de vapor <sup>(9,22,26,66,76)</sup>.

Se sabe que a una determinada temperatura, la pérdida de agua disminuye cuando aumenta la humedad relativa y se anula cuando los tejidos vegetales están en equilibrio con la presión de vapor de agua exterior; este equilibrio se alcanza generalmente para un 97% aproximadamente de humedad relativa, por lo que el almacenamiento a humedades relativas tan altas solo es posible cuando tiene lugar a temperaturas bajas pero que no sean tan elevadas estas humedades porque favorecen el desarrollo de hongos y bacterias o bien se desencadenan ciertas fisiopatías.

Para reducir las pérdidas de agua en estos productos se debe controlar lo siguiente: el disminuir lo más rápidamente posible su temperatura inicial (preenfriamiento), conseguir almacenamientos a elevada humedad relativa cuando ésta vaya acompañada de una temperatura suficientemente baja que impida la multiplicación incontrolada de microorganismos, eliminar de la mejor manera posible su calor respiratorio así como el asegurar movimientos moderados de aire con el empleo de revestimientos de cera en su superficie o bien proveer apropiados materiales de embalaje (en cajas, bolsas plásticas o películas envolventes) asimismo tener sistemas de apilamiento adecuados <sup>(9,11,26,46,66,69)</sup>.

### 1.1.3.2 Daño Mecánico

Cuando en la superficie del producto se exhiban heridas o lesiones, tales como: abrasiones, magulladuras, rasguños, cortadas, punciones u otros traumatismos que puedan remover o debilitar las capas protectoras superficiales, se produce entonces un **daño mecánico** <sup>(9,66)</sup>.

El daño mecánico propicia una serie de eventos perjudiciales para los productos hortofrutícolas, como son: el incremento en la respiración y con frecuencia también la producción de etileno lo que origina mayor liberación de calor, de igual manera aumenta la pérdida de agua y la aparición de sabores anómalos en las partes dañadas, promueve reacciones químicas y enzimáticas, asimismo facilita o permite el ingreso de microorganismos debido a la disposición de agua libre y nutrientes <sup>(9,26,66)</sup>.

Algunos ejemplos del origen del daño mecánico son: cuando las cajas se estiban unas sobre otras para ser transportadas de la planta empacadora al almacén frigorífico o bien cuando estas mismas se estiban unas sobre de otras con apilamientos irregulares en el almacén, también en los casos que las cajas que contienen al producto son dejadas caer desde cierta altura (sobre todo en operaciones de carga y descarga) en donde los frutos, raíces y tubérculos sufren agrietamientos o magulladuras <sup>(9,23,26,48,66,77)</sup>.

El daño mecánico se deberá evitar en la medida de lo posible, mediante: el llenado apropiado de las cajas, para evitar que al estibarlas se dañe la fruta que contienen, asimismo en todo momento las maniobras de carga y descarga deben ser cuidadosas evitando el golpear las cajas o el provocar movimientos excesivos de las mismas, el uso adecuado de los equipos que tienen contacto con el producto, dar capacitación a la mano de obra, evitar cargas sueltas o sobrecargas en el transporte así como también apilamientos excesivos en el almacenamiento y contar con el uso de estructuras alveolares las cuales ofrecen un amortiguamiento de choques posibles durante el transporte y manipulación de cajas, asegurando de esta manera su protección e integridad <sup>(10,23)</sup>.

### 1.1.3.3 Daño por frío

El **daño por frío** es una alteración fisiológica que se produce cuando se exponen los tejidos vegetales a una temperatura inferior a un umbral crítico, pero por encima del punto de congelación <sup>(46,69)</sup>.

Los sucesos que conducen al daño por frío básicamente son dos: primarios y secundarios <sup>(69,76)</sup>. Los sucesos primarios, son los que se producen desde el inicio de la exposición al frío, son instantáneos y reversibles al menos durante cierto tiempo; mientras que los sucesos secundarios definitivamente son irreversibles y desembocan en el desarrollo de los síntomas que conducen en último término, a la muerte celular. Esto nos ayuda a entender que, la sensibilidad de los tejidos vegetales al frío, está determinada por la temperatura crítica por debajo de la cual se produce el suceso primario y que la tolerancia al frío se refiere a la capacidad del producto a tolerar los sucesos secundarios, manifestándose en un aplazamiento del desarrollo de los síntomas.

En el Cuadro 3, se abordan los síntomas y causas del daño por frío de manera general y posteriormente, se presentarán en el Cuadro 4 los daños por frío en las frutas y hortalizas almacenadas a bajas temperaturas, pero sin llegar al congelamiento.

**Cuadro 3.** Síntomas físicos y causas del daño por frío.

SÍNTOMA	CAUSA	REFERENCIAS
Aparición de manchas en la piel	Colapso y decoloración de las células	(76)
Aumento de tamaño de las manchas	Pérdida de agua	(16)
Pardeamiento	Acción de la polifenoloxidasas sobre los compuestos fenólicos liberados de la vacuola tras el enfriamiento	(76)
Presencia de mohos	Liberación de metabolitos (aminoácidos, azúcares y sales) al exterior de la célula	(2,16,76)

**Cuadro 4.** Daños por frío en las frutas y hortalizas almacenadas a temperaturas moderadamente bajas pero sin llegar al congelamiento <sup>(66)</sup>.

Clase	Producto	Temperatura de daño (°C)	Daño cuando es almacenado entre 0°C y a una temperatura segura.
"A" (0-5°C)	Aguacates	4.5-13	Decoloración parda-grisácea de la pulpa.
	Arándanos	2	Textura elástica, pulpa roja.
	Espárragos	0-2	Insípido, verde-grisáceo, puntas flácidas.
	Guayabas	4.5	Daño en pulpa, deterioro.
	Granadas	4.5	Puntilleo, pardeamiento interno y externo.
	Manzana	2-3	Pardeamiento interno, centro café, descomposición acuosa, escaldado blando.
	Melones (Cantaloupe)	2-5	Puntilleo, deterioro superficial.
	Naranjas	3	Puntilleo, manchas cafés.
	Papas	3	Pardeado caoba, incremento de azúcares.
	Sandías	4.5	Puntilleo, sabor desagradable.
"B" (6-10°C)	Aceitunas (frescas)	7	Coloración interna.
	Berenjenas	7	Escaldadura superficial, pudrición por <i>Alternaria</i> , ennegrecimiento de las semillas.
	Calabacines	10	Descomposición, especialmente por <i>Alternaria</i> .
	Calabazas (de invierno)	10	Descomposición, especialmente por <i>Alternaria</i> .
	Chicharos	7	Puntilleo y coloración parda.
	Limas	7-9	Puntilleo, tornándose marrón con el tiempo.
	Melones (honeydew)	7-10	Decoloración rojiza-marrón, puntilleo, deterioro superficial, interrupción de la maduración.
	Melones (persa)	7-10	Puntilleo, deterioro superficial, interrupción de la maduración.
	Papayas	7	Puntilleo, interrupción de la maduración, sabor anómalo, descomposición.
	Pepinos	7	Puntilleo, manchas acuosas, descomposición.
	Pimientos (morrones)	7	Puntilleo en lámina, pudrimiento por <i>Alternaria</i> sobre la vaina y cáliz, oscurecimiento de las semillas.
	Piñas	7-10	Verde mate cuando está madura.
	Tomates (maduros)	7-10	Manchado y ablandamiento acuoso, deterioro.
"C" (11-20°C)	Camotes	13	Deterioro, puntilleo, decoloración interna, corazón duro cuando se cocina.
	Jicama	13-18	Deterioro superficial, decoloración.
	Limonos	11-13	Moteado del flavedo, coloración de las membranas, manchas rojizas.
	Mangos	10-13	Escaldadura de la piel con coloración grisácea, maduración no uniforme.
	Plátanos	11.5-13	Color obscuro cuando está maduro.
	Tomates (verde)	13	Color pobre cuando madura, pudrimiento por <i>Alternaria</i> .
	Toronja	10	Escaldadura, puntilleo, colapso acuoso.

Donde: "A", "B" y "C" es la clasificación dada por el autor.

Así pues, resulta evidente que en productos procedentes de áreas geográficas tropicales y subtropicales, se presente este tipo de alteración cuando se exponen a una temperatura inferior a la tolerada por ellos mismos.

Es muy común, que los síntomas de esta alteración fisiológica no aparezcan más que después de que el producto haya sido colocado de nuevo a una temperatura más elevada, cuando ya sea demasiado tarde para corregir el defecto. Ya que tan pronto como se retire el producto del frío, se exterioriza una alteración celular cuyos efectos no se manifiesten en frío más que de una forma muy lenta, pero que se aceleran con el aumento de temperatura; por esta razón, este tipo de daño es considerado como " daño latente ", pues se genera en una etapa anterior a la que se expresa <sup>(9,69)</sup>.

Por lo tanto, la intensidad de los daños por frío está en función de la temperatura por debajo del umbral crítico de la especie y del tiempo de exposición, por lo que es necesario establecer los umbrales de sensibilidad (temperatura) y de tolerancia (tiempo de exposición) de los productos para prevenir estos daños. En algunos casos, una exposición durante un período de tiempo muy breve a temperaturas inferiores a la crítica, seguida de un período de almacenamiento a temperaturas más altas, puede proteger a los productos contra la lesión o daño por frío, tal sería el caso para evitar la presencia del <<corazón negro>> de la piña, la lanosidad de los melocotones y el pardeamiento interno de las ciruelas <sup>(9,16,69,75)</sup>.

Estrategias como el preacondicionamiento en la temperatura, regulación de la humedad, selección de variedades más resistentes y evitar fluctuaciones en las condiciones de almacenamiento son medidas prácticas para controlar el daño por frío.

#### **1.1.3.4 Microorganismos**

Tanto las frutas como las hortalizas son susceptibles a la alteración microbiana, causada principalmente por una gran variedad de hongos y bacterias acaecidas durante la recolección, transporte o almacenamiento.

En el caso de las frutas, éstas son más propensas a sufrir alteraciones por hongos más que por bacterias debido a su bajo pH (3-5), elevado contenido de azúcares y

moderada actividad de agua  $a_w$  (0.80). Mientras que en las hortalizas su pH neutro, moderado contenido en azúcares y elevada actividad de agua  $a_w$  (0.90), las hace más susceptibles tanto a hongos como a bacterias <sup>(9,32,39,45,51)</sup>.

La mayoría de las alteraciones en frutas y hortalizas causadas por hongos se deben a los representantes de los géneros: *Penicillium*, *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Rhizopus*, *Alternaria* y *Monilia*, principalmente.

Las bacterias son responsables de aproximadamente la tercera parte de las pérdidas totales por alteración microbiana de las hortalizas. Esta alteración puede ser debida a bacterias que causan podedumbres blandas y otras podedumbres como manchas, tizones y agostamientos.

Las putrefacciones blandas, que aparecen durante el transporte y almacenaje, generalmente son producidas por *Erwinia caratovora* y por determinadas *pseudomonas*, por ejemplo, *P. fluorescens (marginalis)*. Los microorganismos que producen alteración que no es podedumbre blanda incluyen *corinebacterias*, *xantomonas* y *pseudomonas*.

Las causas más comunes que propician el comienzo de una alteración microbiana en el producto se deben básicamente a: una manipulación a granel, almacenamientos prolongados a temperaturas elevadas, condiciones de humedad elevada creadas en frutas y hortalizas colocadas en cajas durante el transporte, heridas o lesiones por excesivas manipulaciones, desajustes de la temperatura y humedad en la cámara de almacenamiento, deficiencia en la limpieza de instalaciones, dispositivos de manejo interno y equipos en general <sup>(39,48)</sup>.

Así pues, minimizar la incidencia del desarrollo microbiológico en los productos hortifrutícolas en cualquier etapa o actividad relacionada con el mantenimiento de su calidad, integridad y seguridad, es posible mediante el empleo concienzudo de técnicas sanitarias y de manejo apropiadas <sup>(7)</sup>.

## 1.2 Manejo interno

Para facilitar las maniobras de los productos hortifrutícolas al interior del almacén frigorífico, generalmente aquéllas relacionadas con la carga, descarga, traslado y colocación, etc., es necesario que exista un sistema que ofrezca: protección al producto, seguridad a los manipuladores para evitar accidentes, así como también una reducción de los costos de operación al igual que una considerable disminución en las pérdidas de tiempo y esfuerzo; haciendo de esta manera, más eficientes los suministros y servicios en el lugar donde se requieran <sup>(1,4,17,72)</sup>.

Este sistema se conoce con el nombre de **manejo interno**, porque contempla los métodos de manipulación de las mercancías como carga unitaria dependiendo del tamaño, peso y naturaleza de los materiales, en función obviamente del tipo de producto a conservar <sup>(17,20,34,72)</sup>.

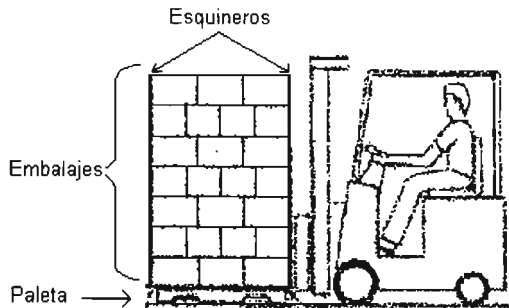
Los métodos de manejo interno para los productos hortifrutícolas se centran en el manejo a piso y en el manejo sobre anaqueles <sup>(60)</sup>.

En el manejo a piso, se refiere a que la mercancía sea manipulada mediante la utilización de ciertos dispositivos, como son: paletas, patines y montacargas. Ya que sobre las paletas es donde se colocan los productos en adecuada agrupación, asimismo la utilización de patines y montacargas para llevar acabo las tareas de maniobra, deberán ser de tipo eléctrico, ya que aumentan el rendimiento del trabajo y evitan la acumulación de etileno en la atmósfera de almacenamiento <sup>(11,72,76)</sup>. El manejo sobre anaqueles se fundamenta principalmente, en evitar presiones excesivas de las mercancías inferiores ocasionado por el peso de mercancías apiladas sobre de ellas, por lo cual se utilizan los racks a simple y a doble profundidad o bien los dinámicos <sup>(72)</sup>.

### 1.2.1 Características de la carga unitaria

La **carga unitaria** o carga paletizada (Fig.2), es aquella que representa un conjunto constituido por una paleta sobre la cual se apilan los embalajes, así como de los medios de cohesión eventualmente utilizados para hacer al conjunto homogéneo (películas, esquineros, etc.), logrando de esta manera manejarla como una sola unidad <sup>(8,20,72)</sup>.





**Figura 2.** Constitución de la carga unitaria para su manejo <sup>(24)</sup>.

Para que la carga unitaria sea más estable durante su manejo todos sus elementos deben de ser homogéneos (tanto en su material, forma, tamaño, peso y consistencia) con lo cual se reducen las superficies, facilitando su acomodo y sobre todo se aprovechan los volúmenes de depósito o almacén al máximo. Así también tanto las estructuras de almacenamiento y medios de transporte deben ser compatibles con las dimensiones y pesos de la carga unitaria <sup>(8,24,72)</sup>.

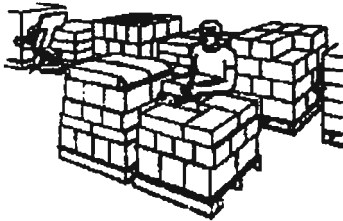
Las alturas más comunes de las cargas unitarias van de los 1.80 a los 2.30 m, y el peso promedio de estas puede encontrarse entre 720 hacia los 1270 Kg. Cabe señalar que la altura de la carga unitaria se calcula, sumando la altura de la paleta más la altura total de los embalajes (carga nominal); mientras que su peso total es calculado sumando el peso de la paleta más el peso de todos los embalajes dispuestos en la superficie de esta plataforma <sup>(17,24,50,64,72)</sup>.

También, es importante familiarizarse con dos términos que influyen en la estabilización del conjunto, principalmente con respecto a: la paletización, como acción y al esquema de paletización, como disposición o arreglo.

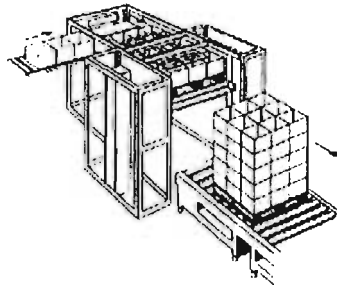
La **paletización**, es un término que significa agrupar o apilar embalajes sobre la superficie de la paleta para realizar las operaciones de manipulación, transporte y almacenamiento <sup>(8)</sup>.

La paletización se lleva a cabo de manera manual (Fig. 3) o bien de manera totalmente automática (Fig. 4).

En sus comienzos la paletización manual era algo agobiante para los manipuladores hasta que se les capacitó para que realizasen estas tareas con un mínimo de movimientos y consiguiesen buenos rendimientos, por otro lado la paletización automática está programada para trabajar sin la presencia de un operario y a un ritmo más rápido. Así pues, la elección del sistema de paletización (manual o automático) dependerá entonces de las necesidades e infraestructuras de cada empresa.

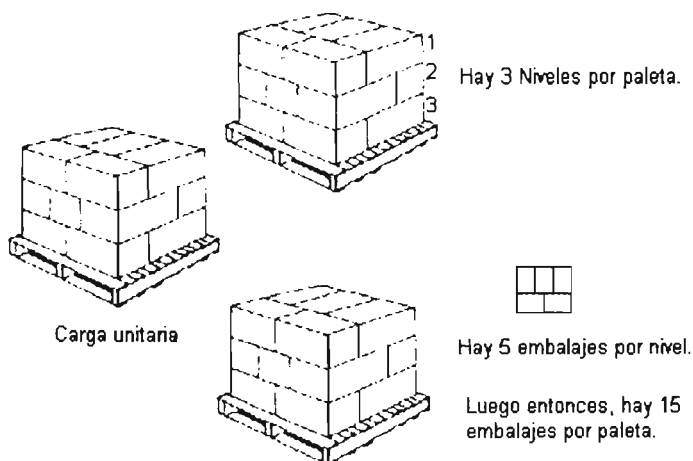


**Figura 3.** Paletización manual <sup>(24)</sup>.



**Figura 4.** Paletización automática <sup>(8)</sup>.

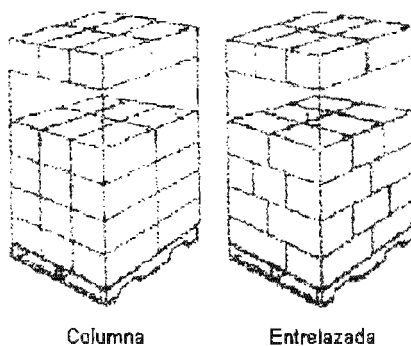
Dentro de la estructura de la carga unitaria es importante distinguir la localización de los embalajes por nivel y de los niveles por paleta. Para saber entonces, cuántos embalajes hay por paleta <sup>(50)</sup>. En la Figura 5, se presenta un ejemplo de una carga unitaria en donde podemos identificar la localización de los embalajes por nivel así mismo de los niveles por paleta.



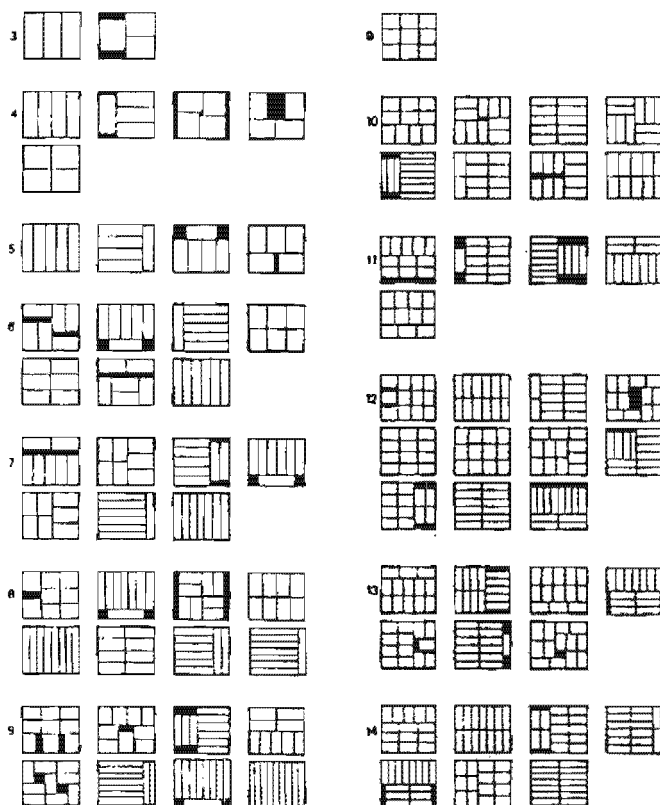
**Figura 5.** Localización de los embalajes por nivel y de los niveles por paleta de una carga unitaria <sup>(24)</sup>.

El **esquema de paletización**, es el término referente a la disposición sea simple o imbricada de los embalajes por nivel o capa. Su importancia radica en aprovechar óptimamente el área de la paleta, reforzar la cohesión y evitar los planos de rotura <sup>(4,8,24)</sup>.

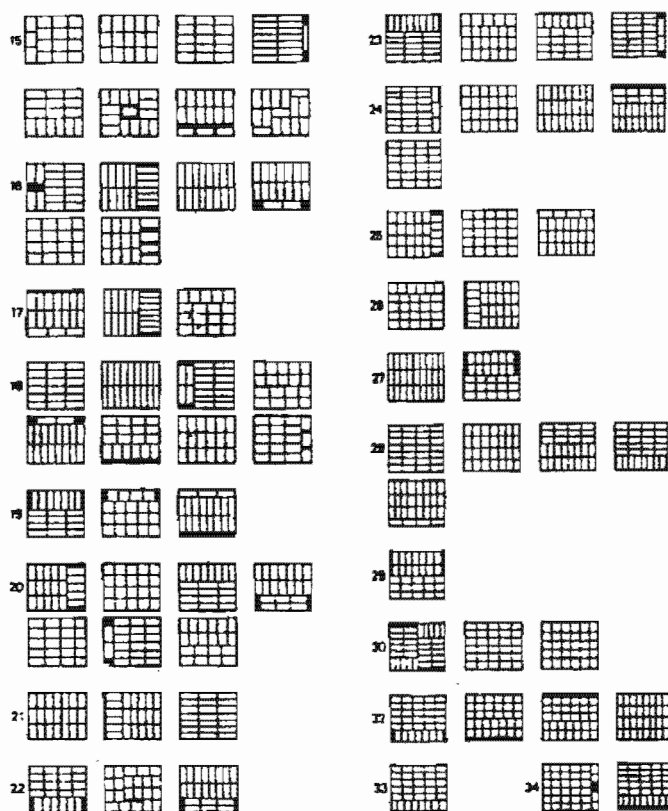
La disposición simple es aquella configuración por capa de los embalajes colocándose todos en el mismo sentido, ya sea a lo largo o a hacia lo ancho de la paleta, estructurando entonces una columna. Por otro lado la disposición imbricada o entrelazada, es aquella capa constituida por los embalajes alineados horizontalmente o transversalmente, el esquema es invertido en la próxima capa para asegurar de esta manera la cohesión. La Figura 6 muestra la configuración en columna y entrelazada de los embalajes por capa. Para realizar los esquemas de paletización se debe calcular primero el número máximo de embalajes que pueden colocarse sobre la paleta, procediendo a dividir el área de la paleta entre el área del embalaje. Al conocer este número, se procede a seleccionar una de las distintas combinaciones de arreglo de las figuras 7a y 7b, para configurar disposiciones simples o entrelazadas del embalaje por nivel o capa y constituir finalmente a la carga unitaria.



**Figura 6.** Configuración de los embalajes por capa en columna y entrelazada <sup>(24)</sup>.



**Figura 7a.** Distintos arreglos de embalajes por capa que van de 3 a 14 <sup>(6)</sup>.



**Figura 7b.** Distintos arreglos de embalajes por capa que van de 15 a 34 <sup>(8)</sup>.

### 1.2.1.1 Elementos constitutivos

La carga unitaria está constituida por tres elementos esenciales: los embalajes, la paleta y los materiales accesorios. Estos elementos son diversos y obedecen fundamentalmente a la necesidad de una mayor protección para el manipuleo, transporte y almacenamiento.

### 1.2.1.1.1 Embalajes

El **embalaje** es el material que envuelve, contiene y protege los productos preenvasados para efectos de su almacenamiento y transporte <sup>(10)</sup>.

Además de las funciones iniciales del embalaje y del acondicionamiento como herramientas de protección, existen otras muchas, como las de disminuir las pérdidas, deterioros y desperdicios entre el distribuidor y el cliente, acelerar las manipulaciones y operaciones comerciales, facilitar el almacenamiento y la ordenación, mejorar la rentabilidad de las redes de venta, transmitir informaciones, suprimir la necesidad de dependientes, asegurar la promoción del producto, entre otras <sup>(8)</sup>.

Aunque teniendo en cuenta que cualquiera que sea la naturaleza de los embalajes <sup>(2,76)</sup> para los productos hortofrutícolas, éstos deberán cumplir con una serie de requisitos generales, tales como:

- # Tener la suficiente resistencia mecánica para proteger al contenido durante el transporte y estibado, de no ser así, se produce el aplastamiento con pérdida de embalajes y de producto.
- # Asimismo, la resistencia mecánica de los embalajes no debe verse afectada (o muy poco) por el agua, cuando se mojen o se mantengan a elevadas humedades relativas.
- # Los embalajes con o sin protectores laterales deben permitir, la fácil extracción del calor producido durante la respiración; por lo que deberán tener perforaciones u orificios que ocupen alrededor de un 5% del área superficial de cada uno de ellos para permitir la entrada y salida del aire.
- # Estabilizar y asegurar que el producto no se mueva en su interior a lo largo de su manipulación.
- # Permitir un enfriamiento rápido del contenido y ofrecer un determinado grado de aislamiento térmico.
- # Identificar el contenido, ofreciendo las instrucciones de manejo adecuadas.
- # Permitir la reutilización o el reciclado o bien generar residuos de fácil degradación.
- # Cumplir las exigencias del mercado en términos de peso, tamaño y forma.

De los materiales de embalaje más empleados por su resistencia mecánica destacan principalmente: la madera, el cartón y el plástico. A continuación en el Cuadro 5,

se presentan algunas de las ventajas y desventajas de estos materiales empleados como embalajes, las cuales hay que considerar al momento de su elección.

**Cuadro 5.** Ventajas y desventajas de los distintos materiales empleados como embalajes para los productos hortifrutícolas frescos <sup>(48,76,77)</sup>.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MADERA	<p>Menor absorción de humedad que el cartón lo que implica: menor desecación y buen mantenimiento de su resistencia mecánica.</p> <p>Facilidad de eliminar el calor por su alta ventilación.</p> <p>Alta robustez.</p> <p>Flexibilidad.</p> <p>Buena protección contra olores y sabores extraños.</p> <p>Posibilidad de impresión.</p>	<p>Por su superficie puede funcionar como fuente de inóculo de microorganismos o dañar al producto por abrasión.</p> <p>A menudo tienen superficies ásperas, bordes cortantes y clavos salidos, lo que hace necesario invertir en revestimientos.</p> <p>Necesidad de tratamientos con productos que pueden ser nocivos para los frutos.</p> <p>Escasez, lo que implica menor disponibilidad.</p> <p>Mayor precio.</p> <p>Necesidad de mayor espacio para su almacenamiento, aumentando los costos internos y de aprovisionamiento.</p> <p>Más difícil de reciclar que el cartón.</p>
CARTÓN	<p>Menor precio.</p> <p>Tara mínima y constante.</p> <p>Facilidad de aprovisionamiento.</p> <p>Posibilidad de impresiones multicolores en toda su superficie.</p> <p>Posibilidad de distribución y almacenaje del envase plegado, con ahorro de espacio y con gran facilidad y rapidez de montaje superior.</p> <p>Fácilmente reciclable.</p> <p>Más higiénico que la madera.</p>	<p>Elevada capacidad de absorción de humedad, a menos que se les impregne con cera, lo que origina costos adicionales.</p> <p>El cartón encerado no es reciclable.</p> <p>Reducida capacidad de transmisión o eliminación del calor (Ambas dificultades se están superando en la actualidad).</p> <p>Proceso productivo contaminante.</p>
PLÁSTICO	<p>Reutilizable.</p> <p>Dimensiones normalizadas.</p> <p>Alta seguridad</p> <p>Fácil manipulación y transporte.</p> <p>Robustez.</p> <p>Tara constante.</p> <p>Facilidad de limpieza.</p> <p>Facilidad de etiquetado.</p> <p>Facilidad de apilado en altura.</p> <p>Polivalencia entre modelos.</p>	<p>Elevado precio de adquisición.</p> <p>Gestión complicada de rotación (control y consigna). Lo que implica alta inversión y coste de retorno en vacío no despreciable.</p> <p>Alta infraestructura para volverlo reciclable.</p>

Las especies de **madera** para los embalajes pueden ser de: pino, abeto, eucalipto, olmo, fresno y roble. Su humedad no debe exceder del 18%, es importante cerciorarse de que la madera no contenga microorganismos (hongos), que contaminen o aceleren la descomposición de los productos; para lo que se aconseja dar a las tablillas un baño fungicida. Y antes de utilizarlos se recomienda que en los embalajes de madera, todas sus aristas estén pulidas y cepilladas, para evitar protuberancias que dañen a los productos contenidos por efecto de la abrasión o punción <sup>(22,64)</sup>.

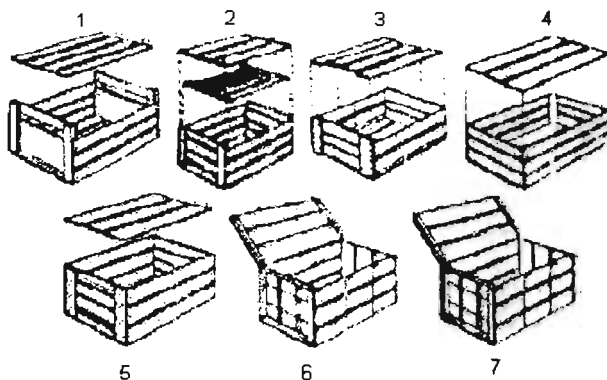
Para las frutas y hortalizas existen los embalajes tradicionales de madera, principalmente: " los huacales" y las " las jabas ". Ambos se manejan en centros de acopio y centrales de abasto. Los huacales son ideales para el estibamiento en almacenes de diversos productos, algunos de ellos son: aguacate, melón, piña, sandía, zanahoria, etc. Las jabas tienen carácter reutilizable y se aplican para productos como: lechugas y ejotes.

En el Cuadro 6, se presentan las dimensiones y capacidades de los huacales y jabas, asimismo se muestran sus diseños (Fig.8).

**Cuadro 6.** Dimensiones y capacidades de los distintos tipos de huacales y jabas <sup>(64)</sup>.

TIPOS DE EMBALAJES		DIMENSIONES Largo x Ancho x Altura (en cm.)	KILOGRAMOS DE PRODUCTO EN EL EMBALAJE.	NÚMERO DE NIVELES POR PALETA
Huacales	Asa	60 x 40 x 35	30	6
	Doble Fondo	50 x 40 x 35	25	6
	2 Rejas	40 x 30 x 20	10	10
	3 Rejas "A"	50 x 30 x 20	15	8
	3 Rejas "B"	60 x 40 x 35	30	6
Jabas	Alambrada "A"	50 x 30 x 30	20	6
	Alambrada "B"	40 x 30 x 30	15	6





**Figura 8.** Diseños de los huacales y jabas <sup>(64)</sup>.

En Donde: 1) Asa, 2) Doble fondo, 3) 2 Rejas, 4) 3 Rejas "A", 5) 3 Rejas "B", 6) Alambrada "A", 7) Alambrada "B".

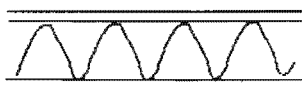
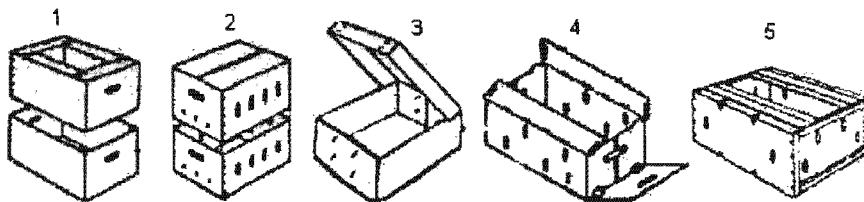
El **cartón** es otro de los materiales que se emplea para la fabricación de cajas en el manejo de frutas y hortalizas. Se recomienda que el cartón sea simple corrugado, flauta "C" (Fig. 9b), con una resistencia a la explosión (Müllen) de 11 a 19 Kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo el cartón deberá ser tratado (encolado, emparafinado, etc.) en función de los porcentajes de humedad del producto a contener, así como al del medio ambiente en el que será expuesto, ya que cuando dicho porcentaje es alto, el cartón tiende a humedecerse y a perder resistencia. Por último se recomienda que el cartón corrugado que se utilice no sea reprocesado, debido a la posibilidad de que presente residuos de plomo y pintura que podrían dañar al producto <sup>(42,64)</sup>.

En el Cuadro 7, se presentan las dimensiones y capacidades del cartón corrugado, asimismo se muestran sus diseños (Fig. 9a).

Los productos que pueden ser empacados en cartón corrugado son: brócoli, calabacita, col, coliflor, toronja, berenjena, tomate de cáscara, mandarina, mango, manzana, fresa, chabacano durazno, etc.

**Cuadro 7.** Dimensiones y capacidades de los distintos tipos de cartón corrugado <sup>(64)</sup>.

TIPOS DE EMBALAJES	DIMENSIONES Largo x Ancho x Altura (en cm.)	KILOGRAMOS DE PRODUCTO EN EL EMBALAJE.	NÚMERO DE NIVELES POR PALETA
Telescópica "A"	60 x 40 x 35	25	6
Telescópica "B"	40 x 30 x 25	12	8
Con tapa integrada	50 x 40 x 20	15	11
Cuerpo automático	50 x 30 x 20	15	8
Mixta	40 x 30 x 20	10	10

**Figura 9a.** Cartón corrugado simple, flauta tipo "C" para frutas y verduras frescas <sup>(62)</sup>.**Figura 9b.** Diseños del cartón corrugado <sup>(64)</sup>.

En Donde: 1) Telescópica "A", 2) Telescópica "B", 3) Con tapa integrada, 4) Cuerpo automático, 5) Mixta .

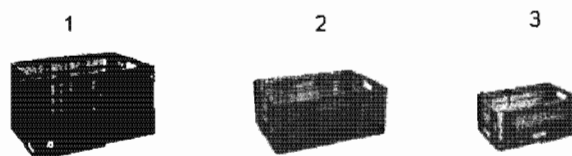
Por otro lado, los embalajes rígidos de **plástico** se fabrican por lo regular con polietileno de alta densidad (HDPE). Son muy resistentes al trato brusco y al apilamiento, son lavables y reutilizables. Es el que menos causa heridas o magulladuras a los frutos, no absorbe humedad de la fruta en la cámara. Funciona muy bien tanto en centros de

acopio, centrales de abasto y centros de distribución. Aunque obviamente el único obstáculo en su utilización es su elevado costo <sup>(10,22,48)</sup>.

Algunas dimensiones y capacidades de los diferentes tipos de embalajes rígidos se presentan en el Cuadro 8, asimismo se muestran los diseños respectivos (Fig.10).

**Cuadro 8.** Dimensiones y capacidades de los distintos tipos de embalajes rígidos <sup>(79)</sup>.

TIPOS DE EMBALAJES	DIMENSIONES Largo x Ancho x Altura (en cm.)	KILOGRAMOS DE PRODUCTO EN EL EMBALAJE.	NÚMERO DE NIVELES POR PALETA
Caja apilante grande	60 x 40 x 34.0	45	6
Caja apilante mediana	60 x 40 x 20.0	25	10
Caja apilante chica	40 x 30 x 18.3	18	12



**Figura 10.** Diseños de los embalajes rígidos <sup>(79)</sup>.

En donde: 1) Caja apilante grande 2) Caja apilante mediana, 3) Caja apilante chica.

Existen otros materiales como las redes o sacos de plástico, obtenidos a partir de monofilamentos de plástico entrelazado o tejido. Son livianas, a menudo reutilizables y pueden fabricarse localmente y a bajo costo. Aunque hay que considerar que no protegen suficientemente al producto y no pueden estibarse cuando contienen productos delicados, excepto en el caso de papas y cebollas. Del mismo modo el tamaño de la malla a menudo es muy fino para permitir la suficiente ventilación del producto, especialmente cuando está estibado y frecuentemente son muy grandes como para permitir un manejo conveniente y se tiende a lanzarlas antes que a colocarlas de manera cuidadosa <sup>(4,77)</sup>.

### 1.2.1.1.2 Paletas

La **paleta** o tarima (Fig.11), es aquella plataforma portátil sobre la cual se pueden colocar los materiales en cargas unitarias, en modo de facilitar el estibamiento vertical y la mutación de puesto de la unidad paletizada, por medio de dispositivos mecánicos de levantamiento, por ejemplo, montacargas <sup>(1,3)</sup>.



**Figura 11.** Paleta o tarima <sup>(79)</sup>.

Aparte de simplificar las operaciones de carga y descarga, facilitar la circulación del aire frío en el producto estibado, evita también los riesgos de robo y extravío de las mercancías, logrando de esta manera adaptarse a los diferentes procesos logísticos y por supuesto a los diferentes tipos de productos <sup>(3,24)</sup>.

Los materiales empleados principalmente en su construcción para efecto de la manipulación de los productos hortifrutícolas, son de: madera y plástico.

Aunque el uso de las paletas de madera es eficiente, actualmente se ha estado optando por la utilización de paletas de plástico ya que su vida útil es ocho veces más larga que las de madera, se puede usar vapor o agua en su limpieza y ofrece principalmente seguridad a los manipuladores y al producto <sup>(72,79)</sup>.

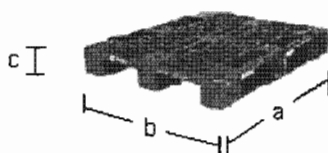
Se recomienda que tanto los embalajes como las paletas sean homólogos entre sí para ocupar un coeficiente de utilización de entre un 90 a un 95 %, aunque lo ideal sería el 100%. Si el porcentaje de utilización es menor a un 90% se aconseja cambiar las dimensiones de la paleta por otra que se ajuste a estos porcentajes, ya que cuando los embalajes no alcanzan a cubrir la superficie de la paleta significa una pérdida de aprovechamiento de espacio en ella. Por otro lado, cuando los embalajes sobresalgan con respecto del área de la paleta se suscita el efecto " alero ", que se refiere a la reducción

de la resistencia mecánica del embalaje, para ello lo más aconsejable sería buscar esquemas de paletización que contemplen la utilización apropiada de la paleta con el sacrificio de reducir el número de embalajes dispuestos en la plataforma <sup>(20,24,72)</sup>.

Para calcular el coeficiente de utilización <sup>(72)</sup> se emplea la siguiente relación:

$$\text{Coeficiente de utilización} = \frac{\text{Área del embalaje} \times \text{Número de embalajes} \times 100}{\text{Área de la paleta}}$$

En la Figura 12 se muestran las dimensiones de la paleta, asimismo en el Cuadro 9 se presentan las especificaciones en cuanto a dimensiones de este dispositivo.



**Figura 12.** Dimensiones de Paleta <sup>(79)</sup>.

En donde la letra "a" representa el largo de la paleta, "b" el ancho de la paleta y "c" la altura de ésta.

**Cuadro 9.** Especificaciones dimensionales de las paletas <sup>(38,79)</sup>.

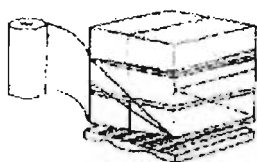
Indicaciones de la paleta	a	b	c
1000 x 800	1000	800	100
1165 x 1165	1165	1165	150
1200 x 800	1200	800	160
1200 x 1000	1200	1000	100
1200 x 1000	1200	1000	160

Nota : Todas las dimensiones están en mm.

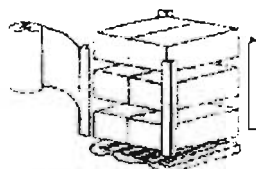
### 1.2.1.1.3 Materiales accesorios

Los **materiales accesorios** son aquellos que permiten una mayor estabilidad de la carga unitaria, protegiendo y sujetando al conjunto <sup>(20,72)</sup>. Entre los factores más sobresalientes para su utilización se encuentran: el conocer los puntos más frágiles del producto, el ciclo de distribución, dimensiones del equipo de transporte y análisis comparativo de costos de materiales <sup>(20)</sup>.

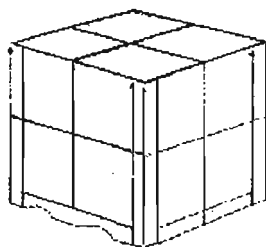
Los materiales más comunes son de: plástico y cartón prensado. Es muy común observarse el uso de películas y de esquineros en la carga. La utilización de la película estirable (Stretch - Film) se aplica en frío y el uso de esquineros funciona tanto por afuera de la carga como también al interior de cada uno de los embalajes. En la Figura 13 se presentan tanto la utilización de la película y esquineros como materiales accesorios.



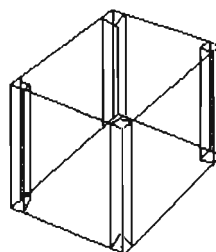
Uso de película estirable



Uso de película estirable y esquineros rígidos



Uso de esquineros



Uso de esquineros internos en embalaje

**Figura 13.** Utilización de la película y esquineros como materiales accesorios <sup>(20,72)</sup>.

## 1.2.2 Estiba

La **estiba** es el conjunto de cargas unitarias acomodadas de forma vertical (apiladas una sobre de otra), de manera que el conjunto ocupa una misma área de piso (50).

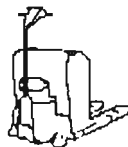
Así pues, se puede contar el número de paletas que hay por estiba o bien el número de cargas unitarias, aunque lo más común es lo primero, es por ello que este conteo se realice con el objeto de facilitar las tareas administrativas, de supervisión, manipulación o bien en este caso de dimensionamiento interno.

## 1.2.3 Equipos de carga

De los equipos que facilitan el manejo interno de las mercancías destacan el patín y el montacargas, ambos de uso mecánico.

### 1.2.3.1 Patines

Los **patines** o carretillas de plataforma (Fig.14), se utilizan en almacenes pequeños o bien en espacios reducidos <sup>(72)</sup>. Algunas de sus características son: aprovechables con todo tipo de paletas, algunos, de horquillas largas, pueden llevar tres cargas sobre ruedas simultáneamente, son ideales cuando existe una paleta por estiba y remontan pendientes del 10%.



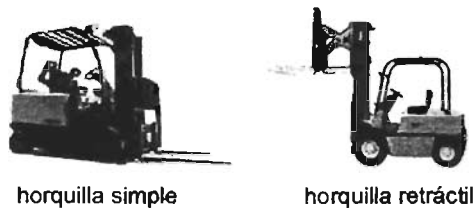
**Figura 14.** Patín de carga <sup>(72)</sup>.

### 1.2.3.2 Montacargas

Los **montacargas** o carretillas elevadoras de horquilla (Fig. 15), son dispositivos de transporte interno que permiten el movimiento de la paleta y/o estibas en las tres direcciones del almacén. El mayor beneficio obtenido por el montacargas es el aumento de la altura constructiva de los almacenes refrigerados <sup>(50)</sup>.

Algunas características generales de los montacargas son: velocidades constantes de levante, alta capacidad de manejo de carga, motores de baja o nula emisión de contaminantes, y controles accesibles para el operador <sup>(3)</sup>.

Para la conservación de los productos hortifrutícolas en el almacén frigorífico, generalmente se utilizan los montacargas de horquilla simple y retráctil, cuando existan 2 o más paletas por estiba <sup>(50)</sup>.



**Figura 15.** Montacargas

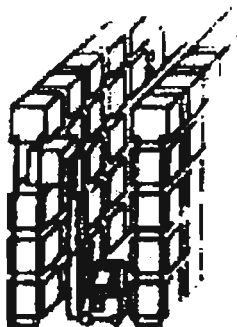
### 1.2.4 Tipos de rack

Para el caso de cámaras con volúmenes considerables, se recomienda utilizar estanterías o racks, con las cuales se puede conseguir una mejor flexibilidad, así como el manejo de diversos productos, obteniéndose un buen espacio de utilización y ofreciendo de esta manera soporte individual para cada carga. Cabe mencionar que estas estructuras metálicas tienen espesores que van de 2 a 4 pulgadas <sup>(50)</sup>.



#### 1.2.4.1 Rack de profundidad sencilla

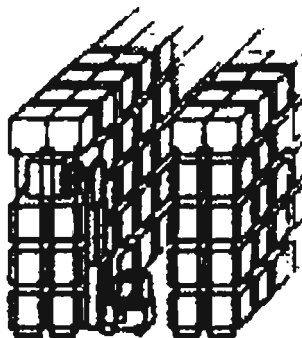
El acceso a las cargas es directo en el rack a profundidad sencilla (Fig. 16) y sólo a una posición única, mediante el empleo de montacargas de horquilla simple.



*Figura 16.* Rack de profundidad sencilla <sup>(24)</sup>.

#### 1.2.4.2 Rack a doble profundidad

El rack a doble profundidad (Fig. 17), permite tener acceso a la carga de enfrente y a la del fondo, exige además el empleo de montacargas de horquilla retráctil.



*Figura 17.* Rack a doble profundidad <sup>(24)</sup>.

### 1.2.4.3 Dinámicos

El rack dinámico (Fig. 18) o también conocido como rack para paletas de flujo por gravedad <sup>(72)</sup>, tiene un ángulo de inclinación que al momento de empujar una paleta (sea por montacargas o bien por otra paleta) se desplaza sobre el riel, es decir, que el riel hace el trabajo y una carga empuja a la otra. Es adecuado para los productos hortifrutícolas ya que facilita su gestión de mercancías.

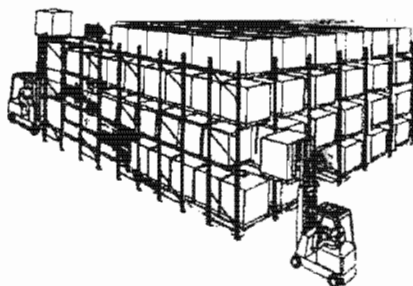
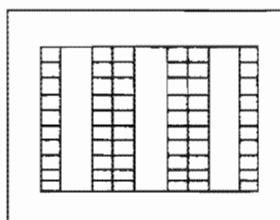


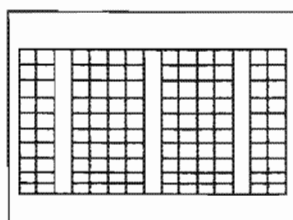
Figura 18. Rack Dinámico <sup>(24)</sup>.

### 1.2.5 Patrón de estibamiento

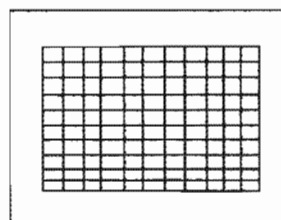
Se refiere a la manera de distribuir convenientemente las estibas (Fig. 19) al interior de las cámaras frigoríficas <sup>(3,38)</sup>.



Distribución de la estiba a profundidad sencilla



Distribución de la estiba a doble profundidad



Distribución de la estiba en rack dinámico

Figura 19. Patrón de estibamiento en la cámara frigorífica <sup>(50)</sup>.

## 2. ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Uno de los objetivos primordiales que se persigue, con el almacenamiento refrigerado de los productos hortifrutícolas, es mantenerlos en su estado fresco original durante períodos de tiempo tan largos como sea posible y en condiciones aceptables para el consumo, mediante un empleo conveniente del frío <sup>(2,21,53)</sup>.

Así también, otro de los propósitos de almacenar productos frescos radica en garantizar su aprovisionamiento para un consumo posterior, equilibrar la oferta y la demanda y organizar mejor su comercialización; beneficiando de esta manera tanto al consumidor como al distribuidor <sup>(9,25,48)</sup>.

Estas intenciones no tendrían éxito alguno sin el aprovechamiento de las principales reglas de la aplicación del frío, llamadas: "la trípole de la refrigeración", las cuales incluyen: productos sanos, frío precoz y frío continuo <sup>(38,45,69)</sup>.

Debe reconocerse que el empleo del frío simplemente retrasa el proceso natural de descomposición y que de ninguna manera restaura la buena condición de un producto que de antemano se encuentra deteriorado; además de que su conservación sería inútil, puesto que ya ha perdido mucho de su protección natural contra la invasión microbial y está sujeto a una rápida descomposición por los agentes destructivos. De ahí que, la conservación en frío se enfoca únicamente a productos de buena calidad; ésta es la primera regla. Debido a que el producto empieza su deterioro fácilmente después de la cosecha es necesario, que el plazo de tiempo que transcurre entre la recolección y la puesta en frío sea lo mas corto posible, de esta manera se asegura un máximo tiempo de almacenamiento con una mínima pérdida de calidad; ésta es la segunda regla. Por último, la aplicación del frío debe ser continua y sin fluctuaciones; ésta es la tercera regla <sup>(21,69)</sup>.

Por tanto, a continuación se describen algunos de los conceptos más empleados en la conservación alimentaria, destacando los referentes a: el almacén frigorífico, la prerrefrigeración, la refrigeración y por supuesto el almacenamiento refrigerado.

El **almacén frigorífico** es un depósito integrado por locales, térmicamente aislado y que cuenta con algún sistema para la producción de frío mediante instalaciones y equipos, en cuyo interior se tienen productos alimenticios con carácter perecedero para su custodia y control <sup>(3,47,72,76)</sup>.

La **prerrefrigeración** es el método de enfriamiento rápido de un producto, normalmente antes de la expedición y algunas veces antes del almacenamiento <sup>(63,69)</sup>.

Así pues, la **refrigeración** puede ser definida como el proceso mediante el cual la temperatura inicial de un producto se disminuye hasta su temperatura de conservación (aproximadamente por debajo de los 15 °C y por arriba del punto de congelación) <sup>(5,69)</sup>.

Por **almacenamiento refrigerado** se entiende, como aquel método artificial que conserva en su estado fresco original a los alimentos, en cámaras frigoríficas, consistiendo básicamente en refrigerar y almacenar en una atmósfera normal del aire a los productos alimenticios, hasta alcanzar los valores adecuados de conservación (temperatura, humedad relativa, circulación y ventilación del aire), para mantenerlos así durante el mayor tiempo posible <sup>(21,22,35,47)</sup>.

Para alcanzar la deseada temperatura final de refrigeración sólo es preciso aportar el frío necesario para cubrir las pérdidas de la cámara, mediante el método más extensamente usado para producir la refrigeración mecánica, es decir, el sistema de compresión de vapor. Este sistema se opera en un ciclo cerrado en el cual circula un fluido llamado refrigerante. El empleo de este, tendrá que reunir ciertas condiciones, entre ellas, la protección al medio ambiente, por lo cual conviene utilizar los refrigerantes del tipo HCIF<sub>2</sub>C (Clorodifluor metano) como el R22, y no los Cl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>C (Diclorodifluor metano) como el R12, pues dañan la capa de ozono.

Este sistema se integra por dos intercambiadores de calor, (un evaporador y un condensador) un compresor y una válvula de expansión. Básicamente el ciclo funciona de la siguiente manera: en el evaporador el fluido refrigerante se evapora a una cierta temperatura extrayendo una cantidad de calor del medio, que puede estar en estado sólido, líquido o gaseoso.

El fluido refrigerante evaporado se comprime y cede una cantidad de calor al condensador, así pues el refrigerante condensado se expande a través de la válvula de expansión y regresa al evaporador para completar el ciclo <sup>(5,6,48,57)</sup>.

Con la prerrefrigeración o también conocida como preenfriamiento, se consigue retardar la velocidad de deterioro del producto como también el disminuir la capacidad de refrigeración del equipo que posterior a la prerrefrigeración se necesitará en el almacenamiento o transporte. Consiste fundamentalmente en eliminar el calor de las frutas y hortalizas provenientes del campo en el menor tiempo posible y lograr una temperatura homogénea y cercana a la de su almacenamiento. Así pues, la prerrefrigeración es sobre todo muy importante y necesaria para aquellos productos que tienen una vida de anaquel muy corta después de la cosecha, ejemplo de estos productos son: chícharos, espárragos, maíz tierno, lechuga, etc., es decir, productos con una tasa respiratoria elevada, sin embargo, su utilización no es tan esencial en aquellas frutas y vegetales que son muy poco perecederos. Generalmente las temperaturas que se usan durante la prerrefrigeración (Cuadro 10) para frutas de climas fríos o templados son de 5°C y para frutas tropicales son de 10 a 13 °C para evitar posibles daños por fríos <sup>(35,44,62,63)</sup>.

**Cuadro 10.** Temperaturas y humedades relativas adecuadas para la prerrefrigeración de frutas y hortalizas <sup>(62)</sup>.

PRODUCTOS	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Cerezas, ciruelas, chabacanos, duraznos, frambuesas, fresas, granadas rojas, higos, manzanas, zarzamoras, peras y uvas.	0 - 1.5	90 - 95
Limones, naranjas, tangerinas, melones, arándanos.	2.5 - 5	90 - 95
Calabacitas, calabacines, morrones, ejotes, sandías y jitomates.	4.5 - 7.5	95
Limones, limas, berenjenas, papas, pepinos y sandías.	4.5 - 13	85 - 90
Aceitunas frescas, aguacates, guayabas, mangos, melones Honey dew, papayas, piñas, toronjas.	13 - 18	85 - 95
Alcachofas, champiñones, chícharos, elotes, espárragos, espinacas, lechugas, perejil, zanahorias, berros, chirivías, endivias, apios, cebollas verdes, coliflor, colinabo.	0 - 1.5	95 - 100
Papas y camotes.	13 - 18	85 - 90
Ajos y cebollas secas.	0 - 1.5	65 - 75

No obstante de que el almacenamiento refrigerado es vital para la conservación de los alimentos, por si solo no funcionaría sin la ayuda de otros factores o aspectos relacionados con él, ya que elevan la confianza del producto ante el cliente y mejoran el nivel de servicio. Estos aspectos son principalmente: las operaciones de acondicionamiento y la gestión de mercancías.

Al conjunto de operaciones secuenciales que se aplican a las frutas y hortalizas, luego de su recolección pero antes de su almacenamiento, con el objeto de disminuir el riesgo de deterioros manteniendo así la calidad de los productos, se le conoce con el nombre de operaciones de acondicionamiento <sup>(2,28,48,62)</sup>.

A su vez las operaciones de acondicionamiento (Cuadro 11) se dividen en previas y especiales <sup>(48,62)</sup>.

**Cuadro 11.** Tipos y funciones de las operaciones de acondicionamiento.

Operaciones de acondicionamiento	Tipo de operación	Función	Referencias
<b>Previas</b>	Recepción	Descarga, muestreo y registro del producto	(26,28,48)
	Selección	Separación de productos y materias extrañas	(26,28)
	Limpieza	Disminución de la carga bacteriana	(62)
	Clasificación	Agrupación de productos por estándares de calidad	(67,75)
	Prerrefrigeración	Disminución del calor de campo	(44,62,63)
<b>Especiales</b>	Desverdecimiento	Acelerar los cambios de pigmentación en la epidermis	(48)
	Tratamientos fungicidas	Inhibir el desarrollo de microorganismos	(48)
	Encerado	Mejorar la apariencia estética y reducir pérdidas de agua	(14)
	Curado	Producir la cicatrización de heridas	(62,66)

Las operaciones previas son aquellas actividades a realizar inicialmente en un almacén, siendo la mayoría de ellas de carácter obligatorio, utilizándose para mejorar las condiciones sanitarias del producto, aumentando con ello su vida de anaquel <sup>(26,62)</sup>.

Las operaciones especiales son aquellas actividades, de carácter opcional, que pueden realizarse de manera conjunta con las operaciones previas, utilizándose preferentemente en la mejora de la apariencia de los productos <sup>(14,62)</sup>.

Cabe mencionar que el número y la secuencia con que se lleven a cabo tales operaciones es distinto para cada fruta u hortaliza; en donde el tipo de acondicionamiento dependerá básicamente de las características típicas de cada variedad, exigencias del mercado, así como de la legislación presente de cada país <sup>(48)</sup>.

Por otro lado, la gestión de mercancías es una especialidad dentro del conjunto de funciones relativas al aprovisionamiento y distribución de productos. Con ella se trata de conseguir que los pedidos a proveedores se efectúen en el momento oportuno, en las condiciones adecuadas de cantidad y precio, para evitar que se produzcan falta de existencias o exceso de las mismas, pedidos prematuros o muy tardíos. Asimismo, permite tener un control en los flujos de movimiento de las mercancías, respecto a su nivel de existencias (rotación); por lo cual, los productos que entraron en primer lugar sean los últimos en salir. Con este principio se evitan: pérdidas económicas, registros dudosos y permanencias injustificadas de mercancías <sup>(29)</sup>.

### **2.1 Vigilancia durante el almacenamiento**

Acontecimientos imprevisibles pueden producirse en el transcurso del almacenamiento, de tal magnitud, que provoquen en los productos almacenados consecuencias no deseadas. Estos pueden ser consecuencia de un funcionamiento deficiente de la instalación (fuga de fluido, infiltración de agua, formación de zonas anómalas de humedad), aunque también puede tener su origen en los mismos productos como por ejemplo: desprendimiento de olores no percibidos durante su entrada, infecciones microbianas, maduraciones irregulares, etc.

No sólo se verifican constantemente las condiciones establecidas al interior de la cámara frigorífica, sino también la calidad del producto a almacenar, eliminando aquél que exhiba una descomposición incipiente. Si durante el periodo de almacenamiento, se detecta un grado de madurez más avanzado (en el caso de las hortalizas a finales de su madurez fisiológica y para las frutas a finales de la madurez organoléptica) con respecto al de la partida original, conviene entonces separar aquellos lotes de producto e iniciar lo más pronto posible su comercialización. Estas inspecciones deben efectuarse por personal cualificado, el cual examinará el aspecto exterior de las mercancías fácilmente accesibles, aunque de vez en cuando deberá inspeccionar también las mercancías situadas en estibas, tras proceder a su extracción <sup>(21,38)</sup>.

En cuanto a la limpieza de las cámaras frigoríficas, se llevará a cabo terminado el proceso de conservación. Requiriendo de una limpieza a fondo para conseguir una correcta acción de los desinfectantes. En principio se cepillarán a fondo las paredes y el suelo, luego se aplicará agua a presión con la intervención conjunta de un detergente, realizando posteriormente una desinfección a fondo. Para evitar la impregnación de olores tanto a productos como a cámaras, principalmente en el caso de almacenamiento por cargas mixtas, es necesario realizar la desodorización, la cual utiliza filtros de carbón vegetal activado o sustancias químicas para absorber olores o gases (ej. permanganato de potasio para el etileno), incluso puede inyectarse ozono a 20 ppm durante 2 o 3 horas con la cámara cerrada realizando posteriormente ventilaciones de aire <sup>(27,35,48,70)</sup>.

En este sentido, otras actividades relacionadas a la vigilancia durante el almacenamiento refrigerado son: mantener un correcto apilado (en donde los orificios de ventilación deberán quedar enfrentados, para permitir una mayor superficie de intercambio) como también de una adecuada distribución de las cargas unitarias, las cuales deben permitir la circulación del aire frío evitando así, posibles estratificaciones de éste. Por otro lado, para evitar el daño por frío de la mercancía colocada delante de los ventiladores, se recomienda taparlos con un plástico, el cual no debe extenderse verticalmente más de 1m, ya que podría dificultar la homogenización de temperaturas y gases, creando depresiones y mala circulación de aire; el llenado de la cámara no se excederá en 10 días, asimismo se evitará en la medida de lo posible el atiborrar frigoríficos pequeños, más aún sin dejar el menor espacio para el control de la mercancía y muchas veces sin la menor garantía de circulación del aire, lo correcto es dejar por lo



menos, un pequeño pasillo longitudinal, en el centro ya que si éste no se dejara, se tendría un aumento de temperatura <sup>(35,48,52,72)</sup>.

Así pues, las tareas generales de vigilancia a realizar <sup>(52,72)</sup> en un almacenamiento refrigerado, serán las siguientes:

- # Anotar la fecha de entrega de las mercancías tan pronto como se reciban.
- # Examinar las frutas y hortalizas frescas antes de almacenarlas, verificando su grado de madurez y tipo de variedad.
- # Retirar las hojas marchitas de las hortalizas antes de almacenarlas.
- # Permitir las envolturas de papel o plástico a las frutas y hortalizas que así lo requieran, para mantenerlas con la humedad apropiada y evitar así la transpiración.
- # Almacenar los alimentos que absorben olores lejos de los que los despidan. Por ejemplo, si se almacenan peras y manzanas adquirirán un sabor y olor desagradable si se almacenan conjuntamente con papas.
- # Tener un manejo adecuado de las mercancías.
- # Mantener un programa de servicio regular de compresores, condensadores y motores.
- # Impedir depositar basuras en las cercanías de las cámaras.
- # Evitar la introducción o permanencia de productos alterados en las cámaras.
- # Eliminar todo foco infeccioso de manera inmediata.
- # Revisar la aplicación de programas de higiene al interior del recinto de almacenaje.

## **2.2 Tiempo de Almacenamiento**

El tiempo en el que se desea prolongar la vida útil del producto estará en estrecha relación con la actividad respiratoria de éste y de sus condiciones al llegar al almacén. Por eso, los productos que tienen una vida de almacén más corta son las hortalizas foliáceas y las frutas que, como las bayas e higos, se recogen ya maduras y cuya actividad respiratoria por lo general es alta, de igual manera encontramos que los frutos tropicales sensibles al frío (ej. plátano y pepino) poseen cortos periodos de conservación. Por otra parte, los productos de vida de almacén más larga son las hortalizas de crecimiento subterráneo y algunas manzanas y frutos cítricos, los cuales tienen una actividad respiratoria relativamente baja, soportando muy bien el almacenamiento a bajas temperaturas <sup>(76)</sup>.

Además, como regla general las frutas y hortalizas que van a almacenarse deberán de cortarse antes de su completa maduración; ya que la maduración continúa después de la recolección, con este precepto se puede inferir que aún bajo las mejores condiciones de almacenamiento, el tiempo de almacenaje para las frutas y hortalizas en completa madurez es muy corto y, por lo tanto, tales productos deberán ser enviados directamente al mercado para evitar tener pérdidas excesivas.

Cabe señalar, que cuando se trate de frutas y hortalizas en las que no se produce el daño por frío, la prolongación máxima de la vida útil se consigue almacenándolas a temperaturas próximas al punto de congelación de sus fluidos tisulares; en cambio, en aquellos productos sensibles al frío, las ventajas de reducir la actividad respiratoria se contraponen a las posibles pérdidas producidas precisamente por los daños o lesiones del frío.

Es por eso, que consideraciones de este tipo nos ayudan a reflexionar sobre cual es el periodo de almacenamiento refrigerado para éstos productos, llegando entonces a comprender, que el tiempo de almacenamiento se establece, con el propósito de no propiciar: daños por frío, desarrollo de microorganismos o pérdidas de peso excesivas, que en conjunto serían un obstáculo para la conservación de frutas y hortalizas en fresco <sup>(2,58)</sup>.

Aunque también existen otras razones que condicionan el periodo de almacenamiento como parte de la estrategia de mercadeo, siendo las más importantes, por ejemplo: esperar un alza en los precios, prolongar el periodo de comercialización e incrementar el volumen de ventas, o simplemente no hay comprador inmediato o disponible <sup>(25,40,41)</sup>.

Tomando en cuenta éstas razones se puede determinar el tiempo de residencia que tendrá el producto dentro del almacén, existiendo entonces almacenes refrigerados a corto y a largo plazo; en donde los primeros están generalmente asociados con establecimientos de venta al menudeo, por lo que se espera que el producto salga rápido a su venta, y cuyos periodos de almacenamiento varían desde 1 a 2 días, hasta una semana o en algunos casos mayor de 15 días. Por otra parte, los almacenes de largo plazo son generalmente utilizados por mayoristas y cuyos periodos de tiempo máximo varían desde 6 semanas hasta un año aproximadamente <sup>(21,58)</sup>.

### **2.3 Factores determinantes en el almacenamiento**

Si bien es cierto que la temperatura y la humedad relativa influyen notablemente en la conservación de los productos hortifrutícolas, no serían del todo funcionales sin la participación de otros 2 elementos primordiales como la circulación y ventilación del aire.

Por ello el papel del ingeniero en alimentos en este contexto, consiste en ajustar y controlar estos factores que condicionan el almacenamiento refrigerado.

#### **2.3.1 Temperatura**

La temperatura a emplear durante la refrigeración quedará definida en función de la especie, variedad y grado de madurez de las frutas y hortalizas a ser almacenadas, así como también de la duración del almacenamiento, ya que si se pretende una larga conservación habrá que operar con temperaturas más bajas que cuando se requiera de una conservación más corta <sup>(48,71)</sup>.

Siempre hay que tener en cuenta los efectos de la temperatura durante la conservación, a fin de evitar consecuencias indeseables en los distintos productos, sobre

todo de aquellas que incidan en obtener una baja calidad o tiempos de almacenamiento más cortos <sup>(2)</sup>

Si la temperatura de conservación es demasiado alta se producen entonces:

- ⊕ Pérdidas por transpiración.
- ⊕ Los frutos adquieren una textura harinosa.
- ⊕ Se adelanta la maduración.
- ⊕ Se incrementa la podredumbre.

Y si la temperatura es demasiado baja, los resultados son los siguientes:

- ⊕ Mayor susceptibilidad al daño por frío.
- ⊕ Pardeamientos externos.
- ⊕ Se consigue una prolongación de la conservación, y también un aumento de dificultades en la evolución de los frutos a la salida del frigorífico.

De ahí que el monitoreo de la temperatura mediante termómetros o sensores, se realice diariamente, para asegurar que el alimento es mantenido a temperaturas seguras de almacenamiento.

Estos instrumentos de medición se colocan en diferentes zonas al interior de la cámara frigorífica a fin de registrar valores constantes de este parámetro (no variando en  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  entre las diferentes zonas y con oscilaciones en el tiempo no superiores a los  $0.5^{\circ}\text{C}$ ) en varios puntos y a diferentes alturas así como en el interior de los embalajes que contienen a las frutas y hortalizas, pues es frecuente que algún embalaje de la carga unitaria obstaculice la circulación del aire. Si aún así se localizan zonas de mayor calor se ajustará el termostato, de tal manera que la temperatura de almacenamiento que marquen los termómetros esté en el nivel recomendado <sup>(48,61,67,72)</sup>.

La regulación de la temperatura dentro de la cámara corresponde a un dispositivo de control denominado termostato, el cual se encarga de la apertura y cierre de la válvula solenoide que alimenta al evaporador frigorífico instalado en el interior de la cámara. Con este dispositivo se consigue que la temperatura en el recinto sea lo más constante y su empleo adecuado asegure una buena operación del equipo de frío.

La temperatura de almacenamiento debe mantenerse lo más constante posible, sin embargo para poderla mantener constante se hace necesario, además, disponer de un aislamiento térmico bien calculado y de una potencia frigorífica suficiente, de manera que las pérdidas de calor sean mínimas y la capacidad de recuperarlas sea máxima y en el menor tiempo posible. Del mismo modo, la temperatura será uniforme en todo el recinto frigorífico cuando se haya dispuesto la mercancía de forma que no puedan producirse bolsas de frío o de calor, es decir, cuando se haya dispuesto correctamente la mercancía y cuando la circulación de aire por el interior del recinto sea la adecuada para que el calor generado por el producto pueda ser disipado inmediatamente en el evaporador. También es imprescindible evitar la entrada masiva de mercancías en una cámara a una temperatura demasiado diferente de la de los productos que están ya en depósito <sup>(11,38)</sup>.

Respecto a los productos que son sensibles a las bajas temperaturas, se ha podido observar, que se pueden disminuir considerablemente los daños por frío, permitiendo que éstos se adapten a las bajas temperaturas, mediante la refrigeración en "cascada", este método consiste en ir disminuyendo paulatinamente la temperatura a intervalos regulares de tiempo a fin de alcanzar la temperatura de almacenamiento requerida. No obstante esto, algunas frutas delicadas como las fresas, frambuesas, y moras, es decir frutos múltiples, resisten muy poco en refrigeración, así también en los casos de la coliflor y del brócoli; por eso se suelen congelar enteras en túneles de congelación de lecho fluidizado para postergar su conservación <sup>(35,44,69)</sup>.

### **2.3.2 Humedad relativa**

Durante la conservación se deberá conseguir que la humedad relativa, se mantenga lo más constante posible, dando importante atención a la relación existente entre la temperatura y humedad, ya que manteniendo constante la primera se logrará mantener constante a la segunda.

Si durante el almacenamiento la humedad relativa es demasiado elevada, la condensación de agua en la superficie del producto puede favorecer el crecimiento de microorganismos y la aparición de hendiduras anormales en algunas frutas. Por el contrario, si es demasiado baja, el producto pierde humedad alterándose su aspecto (principalmente por marchitamiento y ablandamiento en hortalizas, y arrugamiento en las frutas) y reduciéndose su peso.

Así pues las condiciones de humedad recomendadas se establecen como un compromiso entre dos exigencias, la primera en reducir las pérdidas de peso y la segunda orientada en impedir el crecimiento microbiano.

En general suelen mantenerse humedades relativas en el intervalo del 85 al 95%, sin embargo, cada producto deberá almacenarse a la humedad relativa que más le beneficie. De ahí que la humedad relativa apropiada para la mayoría de las frutas sea del 85 al 90% y en el caso de las hortalizas de un 90 a 98%, aunque para los más susceptibles a la podredumbre se requerirá humedades del orden del 60% <sup>(19,66,76)</sup>.

Es común observar que los productos almacenados en locales adecuados con refrigeración pierdan mensualmente el 0.8% de su peso original; sin embargo, debe cuidarse que durante todo el periodo de almacenamiento las pérdidas no excedan al 1.5% de su peso total.

Variaciones de humedad relativa del orden del 2.5 a 5% no son raras al interior de una cámara, ya que por lo regular la humedad es un poco más alta en el interior de los embalajes o bloques de embalajes y naturalmente más baja en los pasillos o zonas sin cargas, esto es debido a que el embalaje de los productos reduce las pérdidas de humedad, aunque al mismo tiempo dificulta el enfriamiento al suponer un obstáculo adicional a la transferencia de calor <sup>(13,19,53)</sup>.

Algunas medidas relacionadas con el mantenimiento constante de la humedad relativa al interior de la cámara frigorífica, son las siguientes: evitar tener un volumen de mercancías inferior al 60%, así como también aportes de calor externo, principalmente de la apertura innecesaria de puertas y del encendido de luces, que deben reducirse a las

estrictamente necesarias, y cuando se registren humedades bajas se hará uso de los humidificadores<sup>(48,52)</sup>.

### 2.3.3 Circulación del aire

La circulación del aire es necesaria para erradicar el calor que genera el producto e indispensable también en el mantenimiento uniforme de la temperatura y humedad relativa por toda la cámara de almacenamiento<sup>(13)</sup>.

Aunque la circulación del aire esté diseñada para ser distribuida apropiadamente por toda la cámara, eliminando así cualquier zona caliente o estratificación de capas de aire. Conviene saber que es lo que sucede cuando la velocidad de circulación del aire es muy elevada o bien es muy reducida; en el caso de que sea muy alta combinada con una humedad relativa baja se favorece entonces el fenómeno de la transpiración y si por el contrario es muy baja el enfriamiento será muy lento, inclusive en condiciones de elevada humedad relativa pero de aire en total reposo se propiciaría el desarrollo de podredumbres en los productos. Ante estas consideraciones se hace evidente, por tanto, controlar la velocidad de circulación del aire a fin de que sea moderada y constante durante la refrigeración, considerándose idóneas aquéllas del orden del 0.25 a 0.5 m/s para los productos hortofrutícolas<sup>(35,52,67)</sup>.

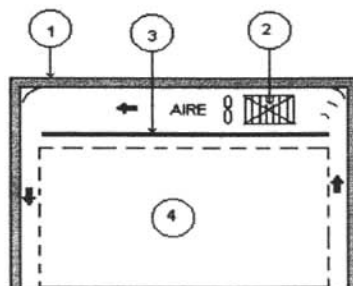
De entre las recomendaciones generales<sup>(11,35,36,48,67,71)</sup> para mantener una circulación del aire adecuada en el recinto frigorífico, destacan las siguientes:

- ⊕ Tener una correcta disposición de los embalajes, de tal forma que el aire circule a través de las frutas y hortalizas y no alrededor de ellas, y se eviten también posibles estratificaciones de aire.
- ⊕ Las cargas unitarias se deberán situar de manera que la mayor longitud de éstas sea paralela a la dirección de la corriente del aire.
- ⊕ No utilizar todo el volumen de la cámara, siendo conveniente que el volumen útil sea inferior en un 20% al total del recinto. La superficie no utilizada se distribuye en pasillos que sirvan para la inspección de la mercancía y para la libre circulación del

aire que permita una buena transmisión de calor y una homogeneidad de la temperatura y la humedad relativa.

- ⊕ No se deben dejar pasillos frontales, ya que de ser así la distribución del aire no será homogénea, habiendo diferencias excesivas de temperatura entre la parte con y la de sin circulación de aire, respectivamente.
- ⊕ La retención del aire frío puede ser favorecida con el uso de cortinas de tiras plásticas o bien de una cortina de aire cerca de la puerta, de esta manera se minimiza el ingreso de aire caliente al interior de la cámara con la apertura de puertas.

Actualmente, la distribución del aire en las cámaras frigoríficas se lleva a cabo mediante ventiladores de largo alcance montados en el evaporador o bien por conducciones. Estas pueden presentarse en forma de conductos independientes, que parten de cada evaporador colocado bajo el techo de la cámara, o bien en forma de un falso techo (Fig. 20) que cubre toda la superficie de la cámara, en el interior del cual soplan los diferentes refrigeradores de aire, asegurando así una distribución de aire frío homogéneo en toda la cámara. La totalidad del aire impulsado retorna libremente hasta una única pared vertical; la distribución del aire debe hacerse de tal forma que sólo puedan existir en cada punto de la cámara diferencias mínimas de temperatura. También, a menudo, cuando la longitud de la cámara frigorífica lo permite, el aire frío se impulsa simplemente desde un extremo, a través del espacio comprendido entre el techo y la parte superior de depósito de mercancía, sin utilizar conducciones de aire <sup>(38)</sup>.



**Figura 20.** Distribución de aire por falso techo <sup>(38)</sup>.

Donde : 1.- cámara frigorífica, 2.- evaporador, 3.- falso techo y 4 es volumen de carga.



#### 2.3.4 Ventilación del aire

La composición química de la atmósfera de una cámara frigorífica puede modificarse debido a la emanación de sustancias volátiles por los mismos productos almacenados. Estas sustancias pueden ser tóxicas o perjudiciales incluso para los productos que las emiten (como el etileno), por lo que será necesario realizar cambios periódicos del aire en las cámaras. Esta práctica es esencial para las frutas y hortalizas, ya que de no hacerla se podrían suscitar respiraciones anaeróbicas o impregnación de olores o aromas extraños en los productos que acompañen a aquellos que los emitan, en todos estos casos su acumulación afectaría directamente el metabolismo de los productos almacenados, acortando así la vida útil de éstos.

De ahí que la ventilación o renovación del aire, consista en introducir el aire en la cámara tomado del exterior, expulsándose al mismo tiempo un volumen igual de aire viciado; siendo su función principal la erradicación de olores, gases o compuestos volátiles, liberados por los productos durante el almacenaje <sup>(11,13,22,49)</sup>.

Así pues la ventilación de aire puede producirse de forma natural por apertura de puertas, o bien de forma forzada inyectando un volumen de aire en la cámara por un conducto con un ventilador que impulse el aire hacia el interior.

En cámaras de pequeño tamaño la apertura de puertas que se produce de forma normal por necesidades de operación es suficiente para conseguir la renovación necesaria del aire al interior, mientras que en cámaras de gran tamaño, o bien provistas para periodos de conservación de largo plazo a puerta cerrada, será necesario utilizar la forma forzada, en donde el conducto se mantendrá siempre cerrado, excepto durante los periodos de marcha del ventilador, que se habrán calculado para conseguir las renovaciones de aire necesarias. La entrada de aire del exterior, limpio y caliente, se situará de forma que pase por la batería de enfriadores antes de alcanzar la mercancía y en la pared opuesta de la cámara se colocará una salida para el aire viciado. Cabe mencionar que el número de renovaciones de aire (Cuadro 12) a realizar de manera forzada en la cámara, dependerá básicamente del volumen de ésta <sup>(11,48,49)</sup>.

**Cuadro 12.** Número de renovaciones de aire diarias, acorde al volumen de la cámara y el nivel de temperatura de la misma <sup>(49)</sup>.

VOLUMEN DE LA CÁMARA (m <sup>3</sup> )	TEMPERATURAS	
	Sobre 0°C	Bajo 0°C
5	47	36
7	39	30
10	32	24
15	26	20
20	22	17
25	19	15
30	17	13
40	15	11
50	13	10
60	12	9
80	10	8
100	9	7
125	8	6
150	7	5.5
200	6	4.5
300	5	3.7
400	4.1	3.2
500	3.6	2.8
700	3	2.3
1000	2.5	1.9
1200	2.2	1.7
1500	2	1.5
2000	1.7	1.3
3000	1.4	1.1
4000	1.2	1.1
5000	1.1	1
10000	0.95	0.8
15000	0.9	0.8

Así pues, se aconseja de manera general: el ventilar a primeras horas de la mañana, salvo que la temperatura externa sea inferior a la de la cámara; cuando se almacenen distintos tipos de productos hortofrutícolas en el mismo recinto en algunos casos es necesario purificar el aire para eliminar compuestos aromáticos derivados de algunos productos que podrían ser absorbidos por otros, también es muy recomendable evitar el uso de equipos que no sean eléctricos <sup>(44,52,53)</sup>.

## **2.4 Condiciones de almacenamiento**

La estancia de las frutas y hortalizas en fresco en el recinto frigorífico, requiere de especificaciones de conservación favorables con el objeto de evitar mermas o desperdicios que pongan en peligro estos alimentos durante la aplicación del frío. Este conjunto de informaciones y datos necesarios se engloban dentro del pliego de condiciones básicas de almacenamiento, en las cuales se especifica: la duración del almacenamiento por producto o categoría de productos, temperaturas y humedades de consigna, así como los productos que pueden almacenarse conjuntamente.

Las condiciones de almacenamiento se aplican a toda la mercancía sin preferencia ni favor respecto de otras, aunque también es importante aclarar que las mercancías pueden ser rechazadas en los casos de ser susceptibles de perjudicar la buena conservación de otras mercancías o cuando el almacén no dispone de medios internos que permitan recibir las. En el caso de que las cámaras estén vacías, estas han de enfriarse antes del almacenamiento de las mercancías <sup>(15,33,37,38,45)</sup>.

El período de almacenamiento refrigerado está determinado por la intersección entre la susceptibilidad al daño por frío, el desarrollo de microorganismos que producen alteraciones y de la senescencia natural del producto; en relación con esto, se podrá definir la temperatura de conservación y, por consiguiente, la humedad relativa.

Para ello, los productos hortifrutícolas se han agrupado por bandas de temperaturas de conservación, <sup>(2,43,45,48,52,69)</sup> siendo las siguientes:

**Banda 1:** Conservación de 0 a 4°C. Comprende a los productos muy poco sensibles al frío (ajo, betabel, cebollas, chirivías, col de bruselas, colinabos, nabos, zanahorias).

**Banda 2:** Conservación de 4 a 8°C. Se incluye a las frutas y hortalizas moderadamente sensibles al frío y que en caso de necesidad podrían incluirse en la tercera banda con una reducción en el tiempo de conservación (ej. mandarinas, naranjas, melones cantalupe, manzanas, peras, toronjas).

Banda 3: Conservación de más de 8°C. Comprende a aquellos productos sensibles a la acción del frío, exigiendo para su conservación temperaturas moderadas (ej. aguacates, berenjenas, limones, mangos, papas, papayas, pepinos, pimientos, piñas, plátanos, sandías, tomates etc.).

De los aspectos más importantes <sup>(2,65,66)</sup> a tener en cuenta en estos grupos, se encuentran los siguientes:

1.- Entre los productos agrupados dentro de una misma banda de temperatura, existen diferencias en cuanto a la temperatura adecuada de conservación y al tiempo de almacenamiento, oscilando éste último entre unos días para algunos productos y varias semanas o meses para otros. Esto es debido a la diversidad de la naturaleza de las frutas y hortalizas y a su menor o mayor sensibilidad al frío, ya que a bajas temperaturas pueden aparecer alteraciones fisiológicas que se producen como respuesta de dichos productos a condiciones ambientales adversas.

2.- Incluso dentro de un mismo producto las diferencias en los períodos de conservación pueden ser debidas a la influencia del origen (área o zona de cultivo), del clima y tipo de suelo, de la variedad, grado de madurez en el momento de la recolección, así como de las condiciones de cultivo (abonado y riego) y de los tratamientos pre-recolección y post-recolección.

3.- Cuando se dispone de poca capacidad en las cámaras frigoríficas, hay que almacenar en una misma cámara aquellos productos entre los que no exista incompatibilidad para la conservación.

Básicamente, las condiciones de almacenamiento refrigerado de los productos hortifrutícolas se manejan por cargas simples y mixtas mediante cuadros o tablas en donde se recopilan las informaciones referentes a los rangos de temperaturas y humedades más recomendadas por periodos de tiempo suficiente. Aunque cabe señalar que el manejo de dicha información deberá ser considerada como una orientación general para su conservación, ya que la temperatura de almacenamiento más adecuada para un determinado producto, en una localidad concreta, tendrá que establecerse experimentalmente.

### 2.4.1 Cargas simples

El término de **cargas simples** se refiere al almacenaje de un solo producto en una sola cámara frigorífica <sup>(21,76)</sup>.

El almacenamiento por cargas simples se realiza cuando se tienen que almacenar grandes cantidades de un solo producto o bien cuando son requeridas condiciones muy específicas de conservación <sup>(21)</sup>.

Aunque su empleo no es siempre rentable desde el punto de vista económico, ya que tener tantas cámaras frigoríficas como frutas y hortalizas fuesen sometidas para ser conservadas en un mismo almacén sería totalmente costoso. Sin embargo, no se corre el riesgo de almacenar mercancías que sean incompatibles entre sí, logrando períodos de vida útil que van desde días hasta meses.

Para el almacenamiento en esta modalidad se necesita un control minucioso de las variaciones de temperatura y humedad, ya que de lo contrario se aceleraría la maduración y transpiración de los productos, o podrían favorecerse ataques por microorganismos e inclusive propiciarse el denominado daño por frío. Para lo cual, se deben requerir productos que posean igual tipo de variedad y grados de madurez homogéneos <sup>(54)</sup>.

Los plazos de conservación indicados en las condiciones de almacenamiento para frutas y hortalizas frescas en cargas simples (Cuadros 13a y 13b) son los máximos durante los cuales el producto considerado puede conservarse con una pérdida de calidad y de valor nutritivo comercialmente admisible o incluso de merma normal. Estos plazos son los que pueden conservar con seguridad el producto considerado, manteniendo su calidad a lo largo de un periodo normal de conservación.

**Cuadro 13a.** Condiciones de almacenamiento refrigerado por cargas simples en frutas frescas <sup>(3,11,44,53,56)</sup>.

Producto	Temperatura °C	Humedad relativa (%)	Periodo aproximado de tiempo
Aceitunas frescas	7.2 -10	85 -90	4 – 6 semanas
Aguacates	4.4 -12.8	85 -90	2 – 4 semanas
Arándanos	-0.56 - 0.0	90 -95	2 semanas
Cerezas	-1.11 - 0.56	90 -95	2 – 3 semanas
Ciruelas:			
Rojas	0 - 1	90	5 – 6 semanas
Blancas	0 - 1	90	6 – 8 semanas
Cocos	0.0 -1.67	80 -85	1 – 2 semanas
Chabacanos	-0.56 - 0.0	90	1 – 2 semanas
Dátiles	0 - 4	65 -75	1 – 2 semanas
Duraznos	-0.56 - 0.0	90	2 – 3 semanas
Fresas	0 - 1	85 -90	1 semana
Frambuesas	0 - 1	90	1 semana
Granadas	0.0	90	2 – 4 semanas
Grosellas	-0.56 - 0.0	90 -95	1 – 2 semanas
Guanábanas	10	95	1 semana
Guayabas	7.2 -10	90	2 – 3 semanas
Higos	0 - 1	85 -90	1 semana
Limas:			
Dulces	8 - 9	80	3 – 4 semanas
Ácidas	6 - 7	80	5 – 7 semanas
Limonés	10 -13	85	10 – 13 semanas
Litchi	0 - 1	90	5 – 6 semanas
Mandarinas	4	90 -95	2 – 4 semanas
Mangos	12.8	85 -90	2 – 3 semanas
Manzanas:			
Golden delicious	-1 - 1	95	5 – 6 meses
Jonathan	1 - 2	90	4 – 5 meses
Red delicious	2 - 3	90	7 – 8 meses
Melones:			
Cantalupe	4 - 6	90	3 – 4 semanas
Cantalupe (Israel)	0 - 1	90	6 – 7 semanas
Honey dew	-1 - 0	-1 - 0	6 – 7 semanas
Membrillo	0 - 3	85 -90	2 – 3 meses
Moras	0 - 1	90	1 semana
Naranjas	-1.1 - 1.1	85 -90	8 – 10 semanas
Papaya	8 - 9	90	2 – 3 semanas
Peras:			
D'Anjou	-1 - 0	90	5 – 6 meses
Bartlett	-1 - 0	90	2 – 3 meses
Bosc	-1 - 0	90	1 – 2 meses
Pérsimos (kaki)	-1 - 0	90	3 – 4 semanas
Piña:			
Verde	10 - 16	85 -90	2 – 4 semanas
Madura	4 - 7	85 -90	2 – 4 semanas
Plátano:			
Verde	11 - 13	85 -90	1 – 3 semanas
Maduro	13 - 15	85 -90	1 semana
Sandías	2 - 4	85 -90	2 – 3 semanas
Toronjas	8 - 10	85 -90	3 – 9 meses
Uvas:			
Concord	-1 - 0	90	3 – 4 semanas
Moscatel	-1 - 0	90	6 – 8 semanas

**Cuadro 13b.** Condiciones de almacenamiento refrigerado por cargas simples en hortalizas frescas  
(3,11,44,53,56)

Producto	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	Periodo aproximado de tiempo
Ajo seco	0	65 - 70	6 - 7 meses
Alcachofa	0 - 1	90	3 - 4 semanas
Apio	0	98 - 100	1 - 2 meses
Berenjena	8 - 12	90 - 95	7 - 10 días
Berros	0 - 1.65	90 - 95	3 - 4 días
Betabel:			10 - 14 semanas
con follaje	0	95	3 - 5 meses
sin follaje	0	95	
Brócoli	0	95 - 100	10 - 14 días
Calabaza	10.0 - 12.3	70 - 75	2 - 3 meses
Calabacita o calabacín	0 - 10	90	5 - 14 días
Camote	13 - 15	80 - 85	4 - 6 meses
Cebollas	0	70 - 75	6 - 8 meses
Cebollinos	0	65 - 70	1 - 8 meses
Champiñones	0 - 1	85 - 90	1 semana
Chicharo	-1 - 1	85 - 90	1 - 2 semanas
Chirivías	1 - 0	85	3 - 4 meses
Col de Bruselas	0 - 1	85 - 90	3 - 6 semanas
Col china	0	90 - 95	1 - 2 meses
Col	0	90 - 95	3 - 6 semanas
Coliflor	0 - 1	85 - 90	2 - 3 semanas
Colirrábano	0	90 - 95	2 - 4 semanas
Ejotes	4.4 - 7.2	90 - 95	7 - 10 días
Espárragos	0 - 2	95 - 100	2 - 3 semanas
Espinacas	0	95 - 98	10 - 14 días
Habas	2 - 5	85 - 90	1 - 2 semanas
Hongos cultivados	0	90	3 - 4 días
Jengibre	12.7	65	6 meses
Lechuga	0 - 1	95 - 100	2 - 3 semanas
Maíz dulce	0	90 - 95	4 - 8 días
Nabos	0 - 1	90 - 95	4 - 5 meses
Papas:			
Nueva	3 - 4	85	4 - 5 semanas
Sazón, consumo	4 - 6	85	6 - 8 meses
Sazón, semilla	2 - 5	85	5 - 8 meses
Pepinos	10 - 13	95	10 - 14 días
Perejil	0 - 1	85	4 - 8 semanas
Pimiento	7 - 13	90 - 95	2 semanas
Puerro	0 - 1	90 - 95	1 - 3 meses
Rábano	-1 - 0	95	9 - 12 meses
Ruibarbo	0	95	2 - 4 semanas
Tomate o jitomate:			
Verde	11 - 13	85 - 90	3 - 5 semanas
Maduro	0 - 1	85 - 90	1 - 2 semanas
Tomate de cáscara	6 - 7	85	2 - 3 semanas
Zanahorias:			
Inmadura	0	90 - 95	4 - 5 meses
Madura	0	90 - 95	4 - 6 meses

### 2.4.2 Cargas mixtas

Por *cargas mixtas*, se entiende al almacenaje de diversos productos, acorde a su compatibilidad, dentro de una misma cámara frigorífica <sup>(11,54)</sup>.

A menudo es necesario almacenar juntos en una misma cámara de almacenamiento a los productos hortifrutícolas, puesto que no siempre se podrá completar la carga de mercancías de una cámara con un solo producto; asimismo otro de los motivos del porqué ésta práctica se realiza es con el fin de rentabilizar el consumo de frío y de aprovechar el espacio común que se tenga o esté disponible <sup>(11,21,66)</sup>.

Para cumplir con estas expectativas habrá que tener en consideración que no todas las mercancías son compatibles y que, por consiguiente, no todas pueden almacenarse juntas en el mismo recinto, por lo cual se colocan en grupos de compatibilidad, atendiendo a cuatro factores elementales que determinan o no su permanencia.

Dichos factores son cuatro: la temperatura, la humedad relativa, la transferencia de aromas y la emisión de compuestos volátiles <sup>(2,19,21,76)</sup>.

Se deberá tener en cuenta que el valor adecuado de la temperatura no es el mismo para todas las mercancías, y que por lo tanto, sólo se podrán almacenar juntas aquellas cuya temperatura de almacenamiento sea próxima.

De ahí que algunos de los productos se almacenen a temperaturas máximas con el fin de minimizar los daños, sobre todo de aquellos que sean más sensibles al frío, ya que con temperaturas menores a las críticas estos daños se suscitarían. Aunque cabe mencionar que el empleo de temperaturas de almacenamiento altas (casi a temperatura ambiente) tiende a acortar el tiempo de conservación de algunos productos mezclados, por ello, el empleo de cargas mixtas supone períodos de almacenamiento aproximados de 1 a 3 semanas.



En el caso de la humedad relativa, tampoco se podrán mezclar productos cuyas humedades de almacenamiento sean diferentes. Sin embargo, la mayor diferencia se encontrará al almacenar productos envasados en embalajes estancos a la humedad y aquellos que no lo están, ya que los primeros admitirán humedades relativas de almacenamiento mucho más bajas que los segundos.

Con respecto a la transferencia o intercambio de aromas de unos productos sobre de otros, cabe mencionar que si se almacenan peras y manzanas adquirirán un sabor desagradable si se almacenan conjuntamente con papas o también en el caso de manzanas y mangos con ajos o cebollas.

El desprendimiento o emisión por algunas frutas u hortalizas de sustancias o compuestos volátiles, como el etileno, principalmente, puede perjudicar a la conservación de otros productos. Ya que al no ser tan obvia como los demás factores, la emisión de compuestos volátiles puede pasarse por alto y producir problemas muy graves, incluso a concentraciones muy bajas estimula la maduración, por lo que no es nada recomendable conservar en la misma cámara frutas maduras con frutas verdes de una misma especie o variedad. Los niveles de etileno en atmósfera refrigerada se deben mantener menor a 1ppm, para evitar maduraciones indeseadas <sup>(41)</sup>.

Este efecto estimulante del etileno es muy pequeño a baja temperatura (0°C), pero puede ser importante a temperaturas más elevadas, por lo que productos como los pepinos y pimientos que se conservan a temperaturas entre los 7 y 10 °C, y para los cuales se desea que se mantenga su color verde, no deben almacenarse en la misma cámara en la que se encuentren las manzanas, peras, tomates u otros productos que desprendan etileno en cantidades importantes.

Así por ejemplo, conviene evitar en la medida de lo posible el almacenamiento conjunto de manzanas o peras con apio, col, zanahorias, papas o cebollas; de apio con cebollas o zanahorias, y de cítricos con la mayoría de los productos, las lechugas, zanahorias y ciertas especies de frutos se deterioran rápidamente cuando se conservan con manzanas, peras y otros, como plátanos, aguacates, melocotones, ciruelos, melones, tomates y otros productos que desprenden etileno.

Para almacenar mercancías mixtas se hace evidente entonces, atender a estos factores para evitar mermas o alteraciones indeseables, por lo cual no es de extrañarse encontrar información que clasifique a estos alimentos en seis o hasta siete grupos por compatibilidad de cargas mixtas (Cuadros 14a y 14b). Además, se debe tener presente que la compatibilidad no significa necesariamente, que los productos que sean almacenados en un mismo grupo de compatibilidad tendrán que permanecer así juntos hasta el término del almacenamiento, ya que algunos de ellos se tendrán que ir retirando de la cámara conforme su intensidad respiratoria se intensifique considerablemente o bien se ponga en riesgo la supervivencia de los otros productos, a medida que avance el período de conservación.

**Cuadro 14a.** Compatibilidad de cargas mixtas en frutas y hortalizas frescas por seis grupos de compatibilidad, durante 2 semanas <sup>(48)</sup>.

GRUPO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRODUCTOS
1	0 - 1.5	90 - 95	Cerezas, ciruelas, chabacanos, champiñones, cocos, granadas, manzanas, melocotones, nectarinas, peras, uvas.
2	0 - 1.5	95 - 100	Alcachofas, apio, brócoli, coles, coles de Bruselas, coliflor, champiñones, chícharos, endibias, escarolas, espárragos, fresas, lechuga, perejil, uvas, zanahorias.
3	3.5 - 5.5	90 - 95	Melones cantalupos, mandarinas, naranjas, tangerinas.
4	7 - 10	95	Aceitunas, aguacates, berenjenas, limas, sandías, tomates (coloreados).
5	12.5 - 18	85 - 95	Aguacates, limones, mangos, melones (Honey dew), papayas, piñas, plátanos, tomates (verdes), toronjas.
6	0 - 1.5	65 - 75	Ajos, cebollas, nueces.

**Notas:**

Según sus características biológicas, tenemos lo siguiente:

Grupo 1: Se encuentran los productos de alto nivel de producción de etileno.

Grupo 2: Se agrupan los productos que son muy sensibles al etileno, también éstos productos son muy sensibles a bajas humedades relativas.

Grupo 3: Productos con moderada sensibilidad al daño por frío.

Grupo 4: Productos con sensibilidad al daño por frío.

Grupo 5: Productos con elevada sensibilidad al daño por frío.

Grupo 6: Productos "secos", requieren baja humedad.

**Cuadro 14b.** Compatibilidad de cargas mixtas en frutas y hortalizas frescas por siete grupos de compatibilidad, durante 2 semanas <sup>(66)</sup>

GRUPO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRODUCTOS
1	0 - 2	90 - 95	Bayas (excepto arándanos), betabel, cerezas, chabacano, chirivías, ciruelas, ciruelas pasas, cocos, duraznos, granadas, higos (no con manzanas), manzanas, membrillos, nabos, naranjas <sup>a</sup> , nectarinas, peras, persimóns, puerros, rábanos, setas, uvas (sin dióxido de azufre).
2	0.2	95 - 100	Alcachofas, apio, bayas (excepto arándanos), berros, berza (variedad de col), betabel, brócoli, brotes de soja, cebollas (verdes; no con higos, uvas, ruibarbo o maíz), cerezas, chícharos, chirivías, col, coles de bruselas, coliflor, endivia, endivia belga, escarola, escorzonera, espárragos, espinaca, granada, hortalizas de hoja, kiwi, lechuga, maíz (dulce), nabos, perejil, puerros (no con higos o uvas), rábanos, ruibarbo, salsifí, setas, topinambur o aguaturma, uvas (sin dióxido de azufre), zanahorias.
3	0.2	65 - 75	Ajo, cebollas (secas).
4	4.5	90 - 95	Arándanos, melones cantalupe, limones, mandarina, naranjas, raíz de yuca, mandarinas, tomate de árbol, tunas.
5	10	85 - 90	Aceituna, alubias, berenjena, calabazas, calabacines, chayote, oca, papas, pepino, pimientos, toronja, raíz de taro, tamarindo.
6	13 - 15	85 - 90	Aguacates, calabazas, calabacines, chirimoya, cocos, fruta del árbol del pan, granadilla, guanábana, guayaba, tomates (maduros), limas <sup>a</sup> , limones <sup>a</sup> , mamey, mangos, manzana dulce, maracuyá, melones (excepto cantalupes), papas (nuevas), papaya, piña, plátanos, rambután, raíz de jengibre, tomates (maduros), tomatillos, toronja, zapote negro.
7	18 - 21	85 - 90	Camotes <sup>b</sup> , jicama, peras (para maduración), sandía <sup>b</sup> , tomates (verdes maduros), zapote blanco.

En donde:

Grupo 1: La mayoría de productos en este grupo producen etileno.

Grupo 2: La mayoría de productos en este grupo son sensibles al etileno.

Grupo 3: La humedad puede causar daño a estos productos.

Grupo 4 y 5: La mayoría de productos son sensibles al etileno y sensibles al daño por frío.

<sup>a</sup> Cítricos tratados con bifeníl pueden dar olores a otros productos.

<sup>b</sup> Deberán estar separados de peras y tomates debido a la sensibilidad del etileno.

Lo anterior implica que por cada grupo de compatibilidad existe una cámara frigorífica para el almacenamiento de estos productos. Ahora bien, si tres cámaras están disponibles para el almacenamiento del producto, la compatibilidad de frutas y hortalizas se realiza entonces por tres grupos (Cuadro 14c).

**Cuadro 14c.** Compatibilidad de cargas mixtas en frutas y hortalizas frescas por tres grupos de compatibilidad, durante 7 días <sup>(40,41)</sup>.

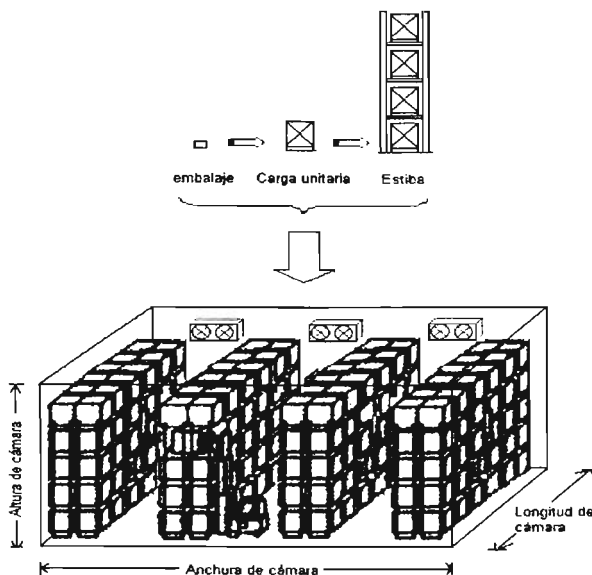
GRUPO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRODUCTOS
1	0 - 2.0	90 - 95	Albaricoque, acelga, aguacate (maduro), alcachofas, ajo, apio, berro, betabel, brócoli, cereza, coles, coles de Bruselas, cebolla (verde), coliflor, champiñones, chícharos, ciruela pasa, coco, durazno, endibias, escarolas, espárragos, espinaca, frambuesa, fresas, higo, granada, litchi, membrillo, kiwi, lechuga, manzana, nabos, perejil, puerros, setas, uvas, zanahorias, zorzamoras.
2	7 - 10	85 - 95	Aguacate (inmaduro), arándano, berenjena, calabaza, chayote, chícharo, chiles, guayaba, lima, limón, mandarina, maracuyá, naranja, nopales, sandía, toronja, tuna, tomatillo, pepino, piña, pimientos, zapote.
3	13 - 18	85 - 95	Camote, calabaza de invierno, jengibre, jícama, papa, tomate (maduro y parcialmente maduro).

Si solamente dos cámaras estuvieran disponibles, una de estas debe ser usada para el grupo No.1 de 0 a 2°C y la otra cámara para los grupos No. 2 y No. 3 (con un rango de temperatura de 10 a 14°C). En el caso más extremo de disponer de una sola cámara, entonces se debe mantener a temperatura de 5°C, introduciéndose en el recinto los grupos No. 2 y 3, mientras que el grupo No. 3 deberá ser mantenido en un área de aire acondicionado <sup>(41)</sup>. Así que, mientras menor sea el número de grupos por compatibilidad menor es el tiempo de permanencia de las mercancías al interior del recinto, por lo que la comercialización de estas mercancías debe ser inmediata, aunque si hay suficiente capacidad para almacenar frutas y hortalizas separadamente, esto permite proporcionar humedades relativas altas (de 90 a 98%) para las hortalizas susceptibles a perder agua rápidamente, como por ejemplo: apio, espárragos, lechuga, etc.

### 3. DIMENSIONAMIENTO INTERNO

El dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas, de hecho no tiene limitación alguna, considerando que siempre esté adecuado a la producción de frío, orientación de los ventiladores, al apilado del producto y su almacenamiento.

Se puede decir que la dimensión de una cámara, estará en relación con la cantidad del producto a almacenar, condicionado obviamente por el tamaño de los embalajes, puesto que la anchura, longitud y altura del recinto de almacenamiento, se determinan según múltiplos (fig. 21a) que van del producto al embalaje, del embalaje al apilado en una paleta (carga unitaria), de la carga unitaria a la sobreposición vertical (estiba) y de la estiba al patrón de estibamiento, más el largo y ancho de los pasillos y demás espacios libres que se dejan a propósito para facilitar la circulación del aire <sup>(35,50)</sup>.



**Figura 21a.** Dimensiones internas de la cámara frigorífica considerando sus múltiplos.

No obstante esto, hay que cuidar que la forma geométrica del interior de la cámara tienda a ser cúbica, porque de esta manera se estará asegurando una menor transferencia de calor hacia el exterior, así como un mayor volumen interno posible, con lo cual se economiza la construcción y aislamiento de parámetros, así como la longitud de los trayectos de manipulación en el interior de la cámara <sup>(34,38)</sup>.

Algunas recomendaciones generales <sup>(2,34,38)</sup> que ayudan a procurar que las cámaras frigoríficas sean cúbicas, son las siguientes:

- ⊕ El no crear pasillos preferenciales, es decir, unos más anchos que otros; ya que además se afectaría a la circulación del aire así como las operaciones de maniobra y transporte de las mercancías.
- ⊕ Determinar apropiadamente el número de embalajes por nivel y el número de niveles por paleta de una carga unitaria, mediante los esquemas de paletización y en función de la naturaleza del producto, puesto que las dimensiones de la carga unitaria intervienen en la forma del recinto (rectangular o cúbico), más que en el tamaño.
- ⊕ Conformar cargas unitarias, basándose en el hecho de que todos sus elementos constitutivos sean homogéneos.

Así pues, es necesario considerar tanto las ventajas como desventajas que ofrece el tamaño de la cámara resultante, después de haber realizado el dimensionamiento <sup>(3)</sup>.

Por ejemplo, las ventajas de tener cámaras de grandes dimensiones son: menores gastos de construcción por unidad de volumen y mayor capacidad de almacenaje, no obstante sus desventajas son imperfecta ventilación y la irregular uniformidad de la temperatura que se puede reflejar, en una posible mala conservación.

Las cámaras pequeñas son ventajosas porque consiguen resultados más homogéneos. Y el llenado se realiza en tiempos breves; sin embargo, presentan desventajas, tales como el aumento de temperatura en proporción de la cantidad de productos contenidos y la dificultad de maniobras si estas presentan pasillos reducidos.

En cuanto a las dimensiones de la cámara, se recomienda que éstas tengan una altura entre 6 y 10 m; su longitud, no mayor a 30 m, ya que el alcance de los ventiladores es de 20–25 m, sin embargo los mejores resultados en la distribución del aire se consiguen con cámaras el doble de anchas que de largas. Cabe mencionar que la longitud y el ancho de las cámaras estará en función de las condiciones de explotación prevista y del equipo frigorífico que se adopte <sup>(3,48)</sup>.

Por tanto, es indispensable hacer referencia a los siguientes conceptos: dimensionamiento interno, cámara frigorífica, volumen: bruto, útil y neto y densidad de almacenamiento.

El **dimensionamiento interno** se refiere al método de cálculo que determina las dimensiones correspondientes a la altura, anchura y longitud de una cámara frigorífica; ajustándose lo más posible a una forma cúbica en función de la densidad de almacenamiento, tomando en cuenta a los factores internos, planes de paletización y de estibamiento para su realización <sup>(3,8,34)</sup>.

Por **cámara frigorífica** para productos refrigerados se entiende aquel local aislado térmicamente, concebido para recibir y almacenar alimentos previamente enfriados, en cuyo interior pueden mantenerse razonablemente constantes, con el empleo de dispositivos de control y monitoreo, a la temperatura, humedad relativa, circulación y ventilación del aire requeridas, mediante la acción de una instalación frigorífica <sup>(22,47)</sup>.

El **volumen bruto** de una cámara es aquel geoméricamente comprendido entre sus paredes, piso y techo <sup>(3)</sup>.

El **volumen útil**, es la suma de los volúmenes de todos los espacios en los cuales pueden ser depositados los productos a conservar, es decir, es el volumen bruto menos el volumen ocupado por los equipos productores o distribuidores del frío <sup>(3)</sup>.

El **volumen neto** es el volumen útil menos los espacios ocupados por los pilares o equipo, o aquellos espacios libres que se requieran a lo largo del piso, de las paredes y del techo para regular la distribución del aire, así como para el tráfico interno <sup>(3)</sup>.

La **densidad de almacenamiento** es la relación existente entre el peso de las mercancías almacenadas por cada metro cúbico de espacio disponible en el interior de la cámara frigorífica <sup>(38)</sup>.

Cabe mencionar que el valor de la densidad de almacenamiento para productos refrigerados debe estar comprendida entre los 150–250 kg/m<sup>3</sup>, y deberá de ser calculada tanto en cámaras de corto como a largo plazo de almacenamiento <sup>(3,50)</sup>. Su empleo es muy importante como criterio de evaluación, ya que si el valor de la densidad de almacenamiento no se ajusta al rango para productos refrigerados, se volverá a realizar el proceso de cálculo del dimensionamiento, con lo cual se tendrán que corregir los espacios internos recomendados, buscar el patrón de estibamiento más adecuado, así como también el aumentar la altura de las estibas o bien disminuir el número de pasillos.

### **3.1 Factores Internos**

Los factores internos son aquellos que influyen únicamente sobre las dimensiones internas de una cámara; entre ellos se encuentran: la cantidad de producto a almacenar, naturaleza del producto a manejar en el interior, temperatura de la cámara, manejo interno, disposición del producto, utilización del almacén y espacios internos recomendados <sup>(3,38,43,72)</sup>.

#### **3.1.1 Cantidad de producto a almacenar**

Influye directamente en el tamaño de la cámara, además, nos permite saber cuales son los dispositivos de manejo interno del producto.

#### **3.1.2 Naturaleza del producto a manejar en el interior**

La naturaleza del producto proporciona información para establecer el espacio que debe existir entre estiba y estiba, ya que en refrigeración este espacio será generalmente mayor que en congelación.



### **3.1.3 Temperatura de la cámara**

De acuerdo con las condiciones en las que el producto llegue al almacén y las condiciones en las cuales se pretenda almacenar, se fija la temperatura del producto (refrigeración o congelación), la cual influye en la elección de los espacios recomendados, los cuales obviamente afectan al dimensionamiento interno.

### **3.1.4 Manejo interno**

Las dimensiones lineales de la cámara se fijarán de acuerdo con los medios de manipulación adoptados; si la manipulación es manual o mecánica, la altura de la cámara estará limitada. Por ejemplo, el sistema de transporte interno deberá ser rápido, por lo que no se permite que la estiba de las cargas colocadas en tarimas, tenga una altura superior a dos niveles en caso de cámaras utilizadas para cortos periodos de almacenamiento; en cambio, tratándose de cámaras de almacenamiento prolongado y con los modernos medios de manipulación (montacargas), la altura podrá alcanzar hasta 8 metros e incluso más, debido a estibas de 4 o 5 paletas.

### **3.1.5 Disposición del producto**

Dependiendo de las características que se tengan en el momento del acomodo o arreglo del producto será la forma final de las dimensiones de la cámara de almacenamiento.

### **3.1.6 Utilización del almacén**

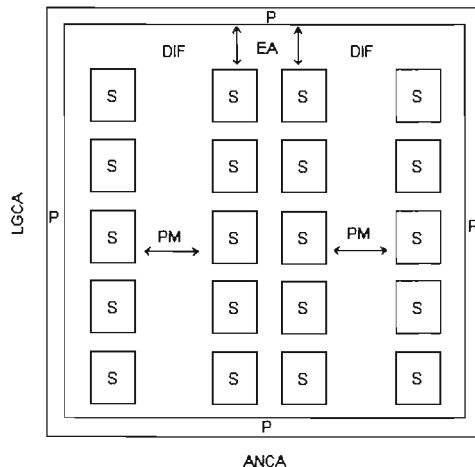
El uso que tiene un almacén depende de dos factores: la rotación y permanencia del producto. La primera se refiere a la cantidad de movimiento que se hará con el producto, ya que si la rotación es rápida (de 1 a 4 paletas por estiba), el tamaño de la cámara de almacenamiento es más pequeña comparada con una cámara cuya rotación es lenta (de 5 a 8 paletas por estiba). Mientras que la segunda se refiere al tiempo de residencia que tendrá el producto dentro del almacén.

### 3.1.7 Espacios internos recomendados

Existen diversos valores recomendados para los espacios que deberán existir entre los elementos de almacenamiento, los cuales mantienen una buena circulación del aire dentro de las cámaras con la consiguiente uniformidad de temperatura, además, de que éstos afectarán directamente el valor de la densidad de almacenamiento. Dichos espacios se presentan en el Cuadro 15, y se aprecian en las Figuras 21b y 21c.

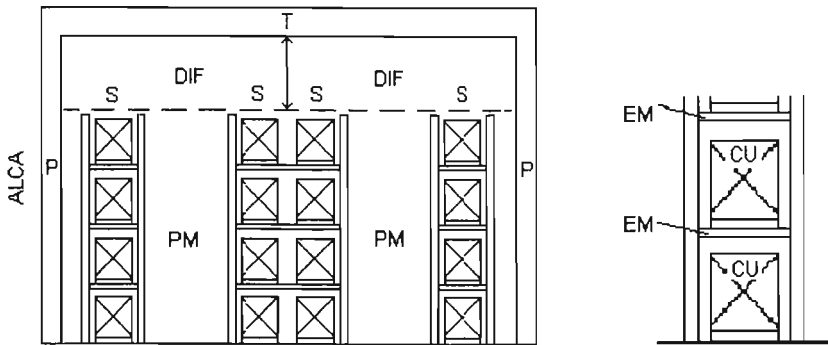
**Cuadro 15.** Espacios recomendados para cámaras de almacenamiento refrigerado <sup>(3,50)</sup>.

Espacios recomendados	Valores
Entre pared y estiba	0.1 a 0.2 m
Entre estiba y estiba	0.1 a 0.2 m
Espacio aire	1.0 a 1.5 m
Entre estiba y techo	1.0 a 2.0 m
De carga unitaria a estructura metálica	0.1 a 0.2 m (sólo para largo plazo)
Pasillo de manipulación	1.0 a 4.0 m (depende del dispositivo)



**Figura 21b.** Localización de los espacios recomendados en la cámara frigorífica.  
(Vista superior).

Donde: S= Estiba; P = Pared; EA = Espacio Aire; PM = Pasillo de Manipulación; DIF = Difusor o evaporador; LGCA = Largo de la Cámara; ANCA = Ancho de la cámara.



**Figura 21c.** Localización de los espacios recomendados en la cámara frigorífica. (Vista frontal).

Donde: T = Techo; CU = Carga Unitaria ; EM = Estructura Metálica; ALCA = Altura de la Cámara.

### 3.2 Criterios de cálculo para el dimensionamiento interno

Para realizar el dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas es necesario tomar en cuenta el patrón de estibamiento, en donde la distribución de la estiba se realiza en las siguientes modalidades, que son: a profundidad sencilla, a doble profundidad, en rack dinámico y las combinaciones a sencilla y a doble profundidad.

Para el dimensionamiento a largo plazo todos estos patrones de estibamiento se pueden utilizar, mientras que para el dimensionamiento a corto plazo no debe utilizarse el rack dinámico.

La finalidad de considerar estos arreglos o distribuciones de estiba es obtener el valor de la densidad de almacenamiento para productos refrigerados ( $150-250 \text{ Kg/m}^3$ ) y, por consiguiente, las dimensiones internas de la cámara; por lo cual los cálculos del dimensionamiento interno tanto a corto como a largo plazo primero empiezan por la distribución de la estiba a profundidad sencilla, y en el caso de no obtener la densidad de almacenamiento, lo que entonces se efectuaría, son reacomodos de estiba en la cámara

para igualar las dimensiones de ancho con las de largo o viceversa, si, aún así, la densidad de almacenamiento no está dentro de los rangos para productos refrigerados, se realizaría el proceso de cálculo con el siguiente patrón de estibamiento y sus correspondientes reacomodos de estiba, hasta que el valor de la densidad sea obtenido, aparte de considerar los patrones de estibamiento es necesario también definir cuales son los espacios internos recomendados, ya que éstos influyen notablemente en la circulación del aire y el tránsito de los equipos de maniobra y, por lo tanto, en las dimensiones del recinto.

Para efectos de este trabajo, el dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas para frutas y hortalizas tanto a corto como a largo plazo usa la siguiente serie de pasos:

- ⊕ Primero, efectuar el plan de paletización, conociendo obviamente las dimensiones y capacidades tanto del embalaje como las de la paleta, para saber posteriormente, cual es el número de embalajes que hay por paleta.
- ⊕ Con el número de embalajes por paleta, se calcula entonces, la capacidad de cada paleta multiplicando los kilogramos de producto en el embalaje por el número de embalajes que hay por paleta.
- ⊕ Ahora bien, conociendo la capacidad de cada paleta, se calcula el número de paletas totales, relacionando la cantidad de producto a almacenar con el dato obtenido anteriormente.
- ⊕ Después, se calcula el número de estibas totales, relacionando el número de paletas totales con el número de paletas por estiba.
- ⊕ El número de pasillos resulta de obtener la raíz cuadrada del número de estibas totales multiplicada por 0.5, asimismo el número de estibas distribuidas hacia lo ancho y hacia lo largo es obtenido con la raíz cuadrada del número de estibas totales.
- ⊕ Realizada esta distribución se procede a establecer las dimensiones internas de la cámara.
- ⊕ Las dimensiones del largo y ancho están determinadas por las dimensiones de la paleta, el número de estibas dispuestas hacia lo ancho y hacia lo largo, la longitud y número de espacios recomendados entre estiba y estiba, entre estiba y pared, el número y ancho de los pasillos, así como de la longitud para el espacio aire.
- ⊕ La altura estará determinada por la altura de la carga unitaria, número de paletas por estiba y de la longitud de espacio entre estiba y techo.

- ⊕ La densidad de almacenamiento se obtiene al relacionar la cantidad de producto a almacenar entre el volumen interno de la cámara.

### 3.2.1 A corto plazo

Para el dimensionamiento interno a corto plazo las ecuaciones a emplear para determinar la longitud, anchura y altura de la cámara frigorífica son las siguientes:

$$\text{Ancho de la cámara} = [( \text{NOSA} \times \text{ANPA} ) + ( \text{NESSA} \times \text{LESSA} ) + ( \text{ANP1} \times \text{NOP} ) + ( \text{NEPSA} \times \text{LEPSA} )]$$

$$\text{Largo de la cámara} = [( \text{NOSL} \times \text{LGPA} ) + ( \text{NESSL} \times \text{LESSL} ) + ( \text{NEPSL} \times \text{LEPSL} ) + ( \text{LEA} )]$$

$$\text{Altura de la cámara} = [( \text{HCU} \times \text{NOPAS} ) + ( \text{LEST} )]$$

El significado de cada una de estas variables se encuentra en el apartado 4.1 Nomenclatura del Programa.

### 3.2.2 A largo plazo

Para el dimensionamiento interno a largo plazo las ecuaciones a emplear para determinar la longitud, anchura y altura de la cámara frigorífica son las siguientes:

$$\text{Ancho de la cámara} = [( \text{NOSA} \times \text{ANPA} ) + ( \text{NESSA} \times \text{LESSA} ) + ( \text{ANP1} \times \text{NOP} ) + ( \text{NEPSA} \times \text{LEPSA} )]$$

$$\text{Largo de la cámara} = [( \text{NOSL} \times \text{LGPA} ) + ( \text{NESSL} \times \text{LESSL} ) + ( \text{NEPSL} \times \text{LEPSL} ) + ( \text{LEA} )]$$

$$\text{Altura de la cámara} = [( \text{HCU} + \text{LECUEM} + \text{XEM} ) \times ( \text{NOPAS} ) + ( \text{LEST} )]$$

El significado de cada una de estas variables se encuentra en el apartado 4.1 Nomenclatura del Programa.

#### 4. DESARROLLO DEL PROGRAMA

En este capítulo se exhibe la estructura del programa, comprendida por el diagrama de flujo y la explicación de algunas pantallas del software, con el propósito de entender la secuencia de pasos a seguir en la resolución de los problemas del dimensionamiento interno para periodos de corto y a largo plazo de almacenamiento.

Este programa fue realizado en un disco compacto y para iniciar la rutina de cálculo se debe introducir el C.D en la unidad de CD-ROM y ejecutar el programa: "TERA1.EXE", de la carpeta: " Dimensionamiento Interno". El resto de los pasos los irá indicando el propio programa. Es importante aclarar que el programa trabaja con rangos específicos de cantidad de producto a almacenar, siendo a corto plazo de 4000.00 hasta 500000.00 kg, Por otro lado para periodos a largo plazo la cantidad de producto a almacenar va de 200000.00 a 4000000.00 kg.

A continuación se procederá a explicar la función de algunas de las pantallas que integran el programa de cómputo.

La primera pantalla es la de Bienvenida (Fig. 22), en ella se presentan datos generales del proyecto, iniciando así la rutina del programa.



**Figura 22.** Pantalla de Bienvenida del programa.

La segunda pantalla es la de introducción (Fig.23), en la que se describe brevemente los alcances y perspectivas que puede tener este programa.

INTRODUCCIÓN:

EN SU INTERIOR ENTRA EL CORTINA CON METEORO DE CÓMPUTO QUE SE CARACTERIZA DE RESOLVER FICHO EN LOS MÓDULOS. FACILITA LA TAREA DE REALIZAR PROCESOS DE CÁLCULO, DESARROLLANDO INTERACCIONES DE DATOS Y RESULTADOS DE LOS DATOS DE LA REDUCCIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN, COMO EL QUE EN EL MOMENTO DE APLICACIÓN SE DESARROLLA CON EL AVANCE TECNOLÓGICO Y CIENTÍFICO DE UNA GRAN AMBITOS DE ACCIÓN.

BAJO ESTOS EFECTOS, EL PRESUPUESTO DE INICIATIVA DE INVESTIGACIÓN PARA CALIFICAR LAS OBRAS DE INVESTIGACIÓN DE INVESTIGACIÓN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN REFERENCIANDO A PRÁCTICAS Y METODOLOGÍA EN ESTOS ÁMBITOS, CONOCIENDO EL PERÍODO DE INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN PREVIO.

EL ALGORITMO DE CÁLCULO QUE SE EMPLEA PARA ACCEDER AL ALGORITMO, ASÍ COMO EN CONSIDERACIÓN LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y RECURSOS, EL MANEJO INTERNO DE ESTOS RECURSOS ASÍ COMO TAMBIÉN LOS COSTOS DE RECURSOS QUE SE EMPIEZAN A TRABAJAR. TAMBIÉN INTERNO DEL RECURSO PROYECTO COMPARANDO ENTRE DOS MÉTODOS, COMO EL MÉTODO DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA REQUERIDA DE AJUSTAMIENTO PARA PRODUCTOS REFERENCIALES.

DE ESTE MODO, NO SÓLO SE REDUCE EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN, SINO QUE SE AUMENTA EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN, COMO EL MÉTODO DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA REQUERIDA DE AJUSTAMIENTO PARA PRODUCTOS REFERENCIALES, QUE SE EMPIEZAN A TRABAJAR EN FUNCIÓN DE LA REQUERIDA DE AJUSTAMIENTO PARA PRODUCTOS REFERENCIALES.

SALIR    IR A MENU    SIGUIENTE

Figura 23. Pantalla de Introducción del programa.

Otra de las pantallas es la referente a las formas de uso (Fig. 24), en ella se describen el uso de botones y cajas de texto para la ejecución del software.

FORMAS DE USO

Para utilizar este programa es necesario familiarizarse principalmente con la función de cada ítem y botón.

Para ello se explicarán a continuación la función de cada uno de ellos.

Cuando se presenta este formulario se introducen los valores necesarios para realizar los cálculos.

Opción: Hacer clic sobre esta opción para acceder a la siguiente.

SALIR: Al hacer clic sobre este botón se recupera el funcionamiento del programa en cualquier momento.

ANTERIOR: Al hacer clic sobre este botón la ejecución del programa regresa a la anterior pantalla.

SIGUIENTE: Al hacer clic sobre este botón el programa seguirá ejecutando la misma en relación a la siguiente pantalla o información.

IR A MENU: Cuando se clic sobre este botón aparecerá la pantalla de menú con 3 opciones a elegir.

REGRESAR A INTRODUCCIÓN: Cuando se clic sobre este botón aparecerá la pantalla de introducción.

SALIR    IR A MENU    SIGUIENTE

Figura 24. Pantalla de explicación sobre las formas de uso del software.

La pantalla de menú (Fig. 25), nos ofrece dos opciones a elegir, si es dimensionamiento interno a corto plazo o bien si es a largo plazo.

MENU

ESCOJE UNA OPCIÓN:

DIMENSIONAMIENTO INTERNO A CORTO PLAZO

DIMENSIONAMIENTO INTERNO A LARGO PLAZO

SALIR    REGRESAR A INTRODUCCIÓN    ANTERIOR    SIGUIENTE

**Figura 25.** Pantalla de menú.

Según la opción seleccionada, en esta pantalla el programa pedirá al usuario que ingrese los datos del embalaje y la paleta (Fig. 26).

DATOS DE ENBALAJE Y DE PALETA

INSTRUCCIONES: ES PEDIRQUE LOS DATOS SEAN EN SIEMPRE.

A CONTINUACIÓN, CONSULTA UN TIPO DE MATERIAL DE TU INTERÉS:

CANTIDAD DE PRODUCTO A ALMACENAR:  kg

LARGO DEL ENBALAJE:  m.

ANCHO DEL ENBALAJE:  m.

ALTURA DEL ENBALAJE:  m.

COLUMNAS DE PRODUCTO EN EL ENBALAJE:  kg

NÚMERO DE BUELTOS POR PALETA:

LARGO DE PALETA:  m.

ANCHO DE PALETA:  m.

ALTURA DE LA PALETA:  m.

MADERA  
 CARTÓN  
 PLÁSTICO

SALIR    IR A MENU    PALETAS    DISEÑO DE LOS ENBALAJES    VERIFICAR DATOS    CONTINUAR

**Figura 26.** Pantalla de ingreso de datos del embalaje y paleta.





#### 4.1 Nomenclatura del programa

Con el propósito de entender el significado y unidades de cada variable utilizada en la secuencia de cálculo se enlista a continuación (Cuadro 16) la siguiente nomenclatura.

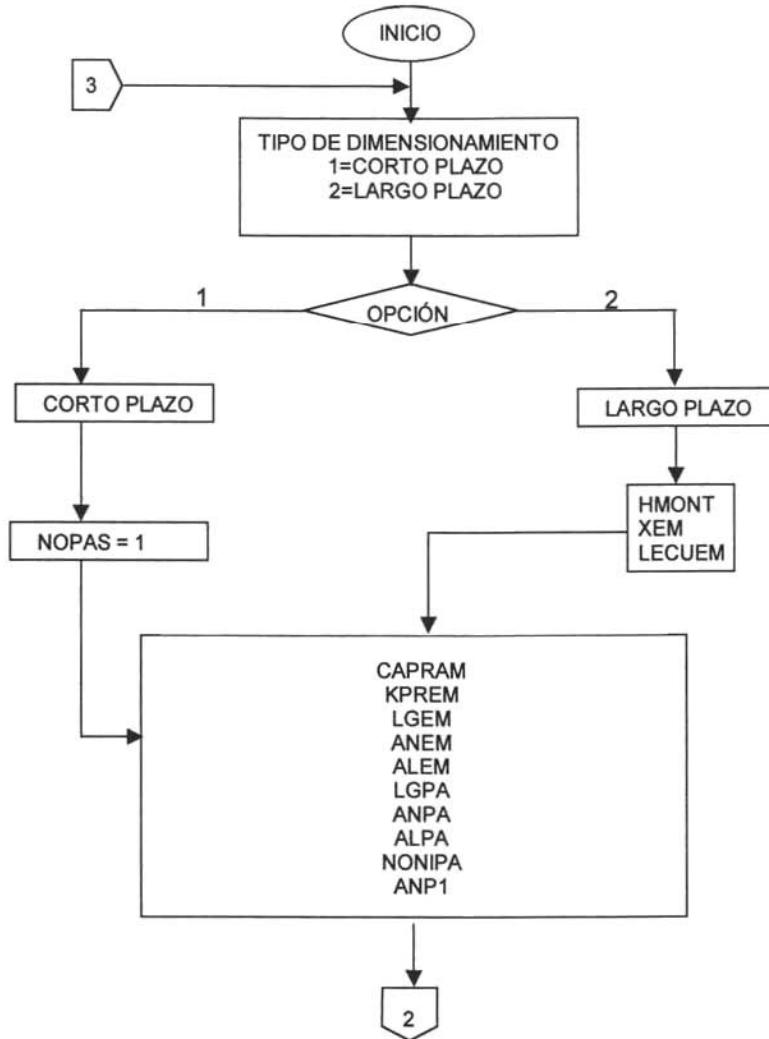
**Cuadro 16.** Lista de Variables usadas por el programa.

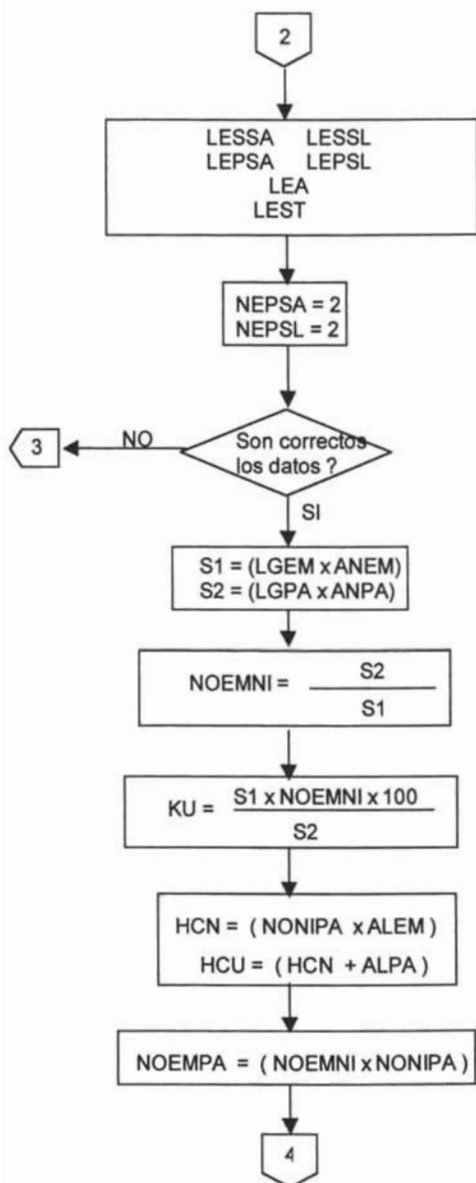
VARIABLE	SIGNIFICADO	UNIDADES
CAPRAM	CANTIDAD DE PRODUCTO A ALMACENAR	kg
KPREM	KILOGRAMOS DE PRODUCTO EN EL EMBALAJE	kg
LGEM	LARGO DEL EMBALAJE	m
ANEM	ANCHO DEL EMBALAJE	m
ALEM	ALTURA DEL EMBALAJE	m
LGPA	LARGO DE LA PALETA	m
ANPA	ANCHO DE LA PALETA	m
ALPA	ALTURA DE LA PALETA	m
NONIPA	NÚMERO DE NIVELES POR PALETA	-
ANP1	ANCHO DEL PASILLO PARA MANIOBRAS DEL DISPOSITIVO DE CARGA	m
HMONT	ALTURA DEL LEVANTAMIENTO DE LAS HORQUILLAS DEL MONTACARGAS	m
XEM	ESPESOR DE ESTRUCTURA METÁLICA	m
LECUEM	LONGITUD DE ESPACIO DE CARGA UNITARIA A ESTRUCTURA METÁLICA	m
LESSA	LONGITUD DE ESPACIO ENTRE ESTIBA Y ESTIBA A LO ANCHO	m
LEPSA	LONGITUD DE ESPACIO ENTRE PARED Y ESTIBA A LO ANCHO	m
LESSL	LONGITUD DE ESPACIO ENTRE ESTIBA Y ESTIBA A LO LARGO	m
LEPSL	LONGITUD DE ESPACIO ENTRE PARED Y ESTIBA A LO LARGO	m
LEA	LONGITUD DE ESPACIO AIRE	m
LEST	LONGITUD DE ESPACIO ENTRE ESTIBA Y TECHO	m
NEPSA	NÚMERO DE ESPACIOS ENTRE PARED Y ESTIBA HACIA LO ANCHO DE LA CÁMARA.	-

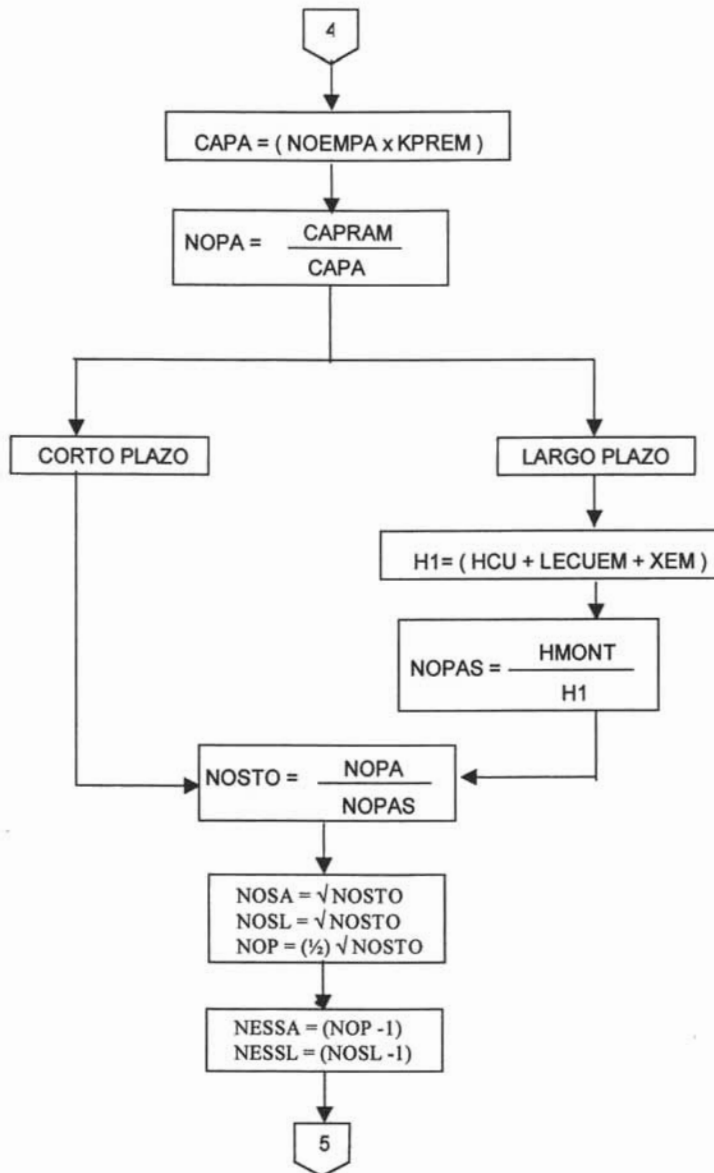
**Cuadro 16.** Lista de Variables usadas por el programa (Continuación).

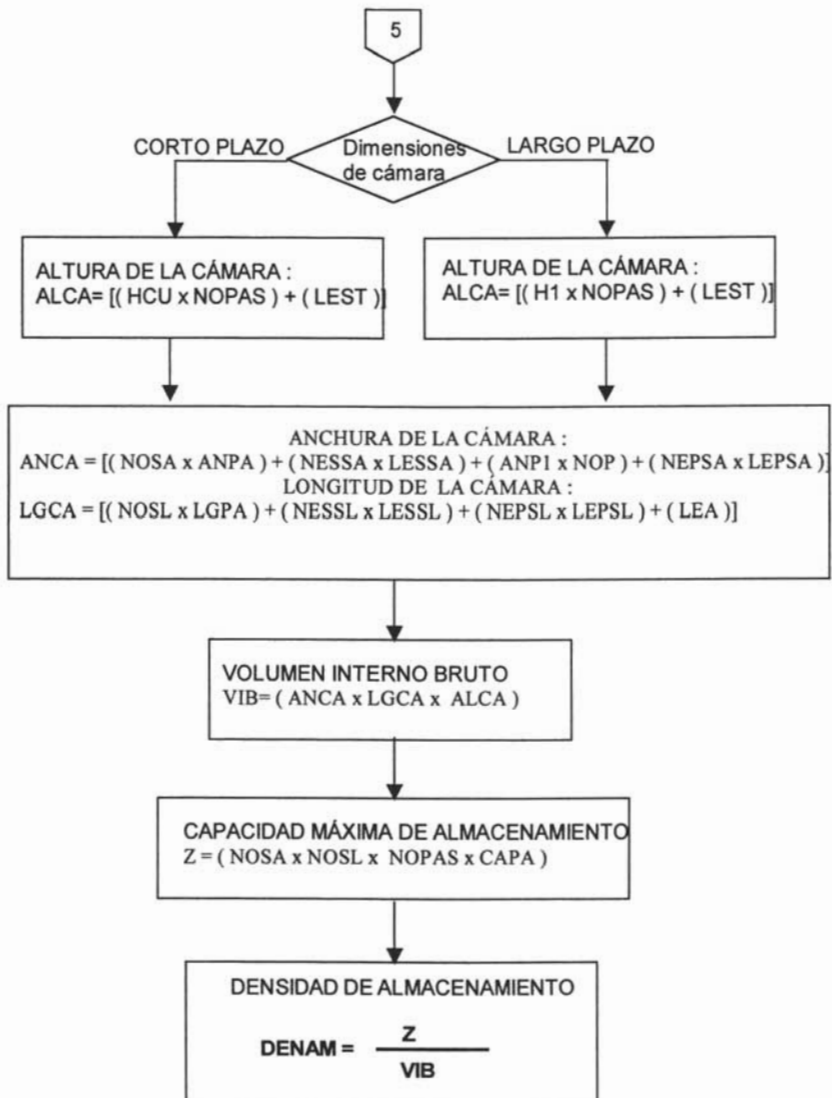
VARIABLE	SIGNIFICADO	UNIDADES
NEPSL	NÚMERO DE ESPACIOS ENTRE PARED Y ESTIBA HACIA LO LARGO DE LA CÁMARA.	-
S1	SUPERFICIE DEL EMBALAJE	m <sup>2</sup>
S2	SUPERFICIE DE LA PALETA	m <sup>2</sup>
NOEMNI	NÚMERO DE EMBALAJES POR NIVEL	-
KU	COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN	-
HCN	ALTURA DE LA CARGA NOMINAL	m
HCU	ALTURA DE LA CARGA UNITARIA	m
NOEMPA	NÚMERO DE EMBALAJES POR PALETA	-
CAPA	CAPACIDAD POR PALETA	kg
NOPA	NÚMERO DE PALETAS	-
H1	ALTURA DEL PRIMER NIVEL DE ESTRUCTURA METÁLICA	m
NOPAS	NÚMERO DE PALETAS POR ESTIBA	-
NOSTO	NÚMERO DE ESTIBAS TOTALES	-
NOSA	NÚMERO DE ESTIBAS DISPUESTAS HACIA LO ANCHO DE LA CÁMARA	-
NOSL	NÚMERO DE ESTIBAS DISPUESTAS HACIA LO LARGO DE LA CÁMARA	-
NOP	NÚMERO DE PASILLOS	-
NESSA	NÚMERO DE ESPACIOS ENTRE ESTIBA Y ESTIBA HACIA LO ANCHO DE LA CÁMARA	-
NESSL	NÚMERO DE ESPACIOS ENTRE ESTIBA Y ESTIBA HACIA LO LARGO DE LA CÁMARA	-
ANCA	ANCHO DE LA CÁMARA	m
LGCA	LARGO DE LA CÁMARA	m
ALCA	ALTURA DE LA CÁMARA	m
VIB	VOLUMEN INTERNO BRUTO	m <sup>3</sup>
Z	CAPACIDAD MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO	kg
DENAM	DENSIDAD DE ALMACENAMIENTO	kg/m <sup>3</sup>

## 4.2 Diagrama de Flujo









### 4.3 Ejercicios Propuestos

Los ejercicios que se muestran a continuación se han hecho de forma manual con la finalidad de comparar al final de este capítulo, estos resultados con los obtenidos por el programa de cómputo, utilizando los mismos datos.

#### 4.3.1 A corto plazo

Problema:

Realice el dimensionamiento interno de una cámara de refrigeración para almacenar 96 toneladas de aguacate por un tiempo aproximado de 2 semanas. La mercancía ingresará al almacén frigorífico en embalajes de cartón corrugado cuyo diseño es telescópica tipo "b" con dimensiones de 40 x 30 x 25 cm y cuyo número de niveles por paleta es 8.

A su vez cada embalaje contiene 12 kg. de producto. La distribución de éstos será en paletas que miden 1.2 x 1.0 x 0.1 m

Para dar solución a este problema se principian enlistando los datos:

PRODUCTO: Aguacate.

TIEMPO DE PERMANENCIA: Corto Plazo.

CAPRAM = 96000 kg.

EMBALAJE: Cartón

DISEÑO: Telescópica "B"

LGEM = 0.4 m

ANEM = 0.3 m

ALEM = 0.25 m

KPREM = 12 kg.

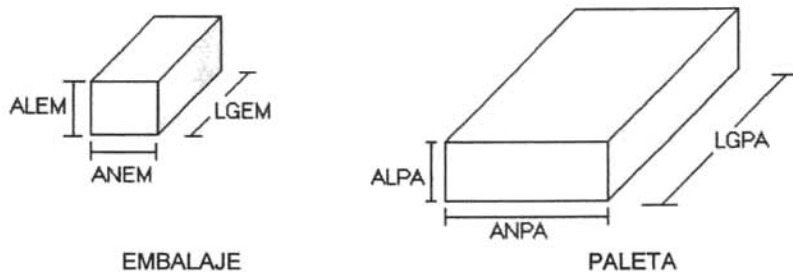
NONIPA = 8

LGPA = 1.2 m

ANPA = 1.0 m

ALPA = 0.1 m





**Figura 29.** Representación gráfica del embalaje y de la paleta.

De los espacios recomendados que se seleccionaron acorde al Cuadro 15, fueron los siguientes:

DISPOSITIVO DE MANEJO INTERNO = PATÍN

ANP1 = 1.0 m

LESSA = 0.1 m

LEPSA = 0.1 m

LESSL = 0.1 m

LEPSL = 0.1 m

LEA = 1.0 m

LEST = 1.0 m

A corto plazo las siguientes variables adquieren valor de constante:

NOPAS = 1

NEPSA = 2

NEPSL = 2

Una vez conocidos los datos se proceden a realizar los cálculos correspondientes para solucionar el problema.

Superficie del embalaje:  $S1 = ( LGEM \times ANEM )$

$$S1 = ( 0.4 \times 0.3 ) \text{ m}^2$$

$$S1 = 0.12 \text{ m}^2$$

Superficie de la paleta:  $S2 = ( LGPA \times ANPA )$

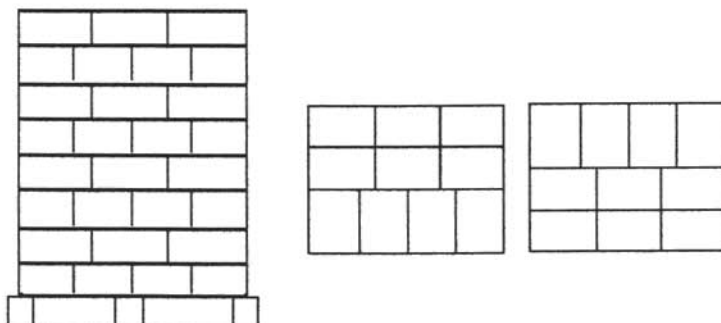
$$S2 = ( 1.2 \times 1.0 ) \text{ m}^2$$

$$S2 = 1.2 \text{ m}^2$$

Número de embalajes por nivel:  $NOEMNI = S2 / S1$

$$NOEMNI = ( 1.2 / 0.12 )$$

$$NOEMNI = 10$$



**Figura 30.** Representación esquemática de la carga unitaria.

Coefficiente de utilización:  $KU = ( S1 \times NOEMNI \times 100 ) / ( S2 )$

$$KU = ( 0.12 \times 10 \times 100 ) / ( 1.2 )$$

$$KU = 100\%$$

Altura de la carga nominal:  $HCN = ( NONIPA \times ALEM )$

$$HCN = ( 8 \times 0.25 ) \text{ m}$$

$$HCN = 2.0 \text{ m}$$

Altura de la carga unitaria:  $HCU = ( HCN + ALPA )$

$$HCU = ( 2 + 0.1 ) \text{ m}$$

$$HCU = 2.1 \text{ m}$$

Numero de embalajes por paleta:  $NOEMPA = ( NOEMNI \times NONIPA )$

$$NOEMPA = ( 10 \times 8 )$$

$$NOEMPA = 80$$

Capacidad por paleta:  $CAPA = ( NOEMPA \times KPREM )$

$$CAPA = ( 80 \times 12 )$$

$$CAPA = 960 \text{ kg.}$$

Número de paletas:  $NOPA = ( CAPRAM / CAPA )$

$$NOPA = ( 96000 / 960 )$$

$$NOPA = 100$$

Número de estibas totales:  $NOSTO = ( NOPA / NOPAS )$

$$NOSTO = ( 100 / 1 )$$

$$NOSTO = 100$$

Número de estibas dispuestas hacia lo ancho de la cámara:

$$NOSA = \sqrt{NOSTO}$$

$$NOSA = \sqrt{100}$$

$$NOSA = 10$$

Número de estibas dispuestas hacia lo ancho de la cámara:

$$NOSL = NOSA$$

$$NOSL = 10$$

Número de pasillos:  $NOP = ( \frac{1}{2} ) \sqrt{NOSTO}$

$$NOP = ( \frac{1}{2} ) \sqrt{100}$$

$$NOP = 5$$

Número de espacios entre estiba y estiba a lo ancho:

$$NESSA = ( NOP - 1 )$$

$$NESSA = ( 5 - 1 )$$

$$NESSA = 4$$

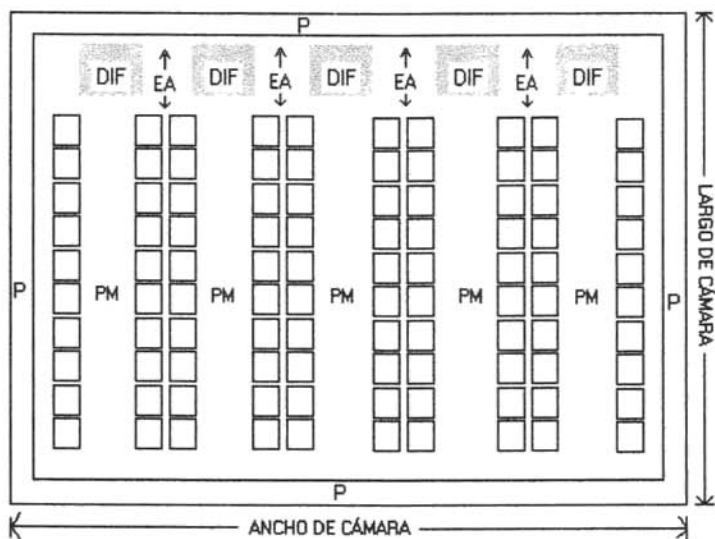
Número de espacios entre estiba y estiba a lo largo:

$$NESSL = ( NOSL - 1 )$$

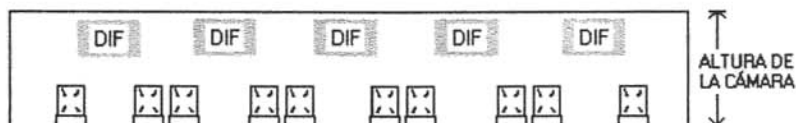
$$NESSL = ( 10 - 1 )$$

$$NESSL = 9$$

En las figuras 31 y 32 se muestra el patrón de estibamiento resultante en la cámara de almacenamiento:



**Figura 31.** Vista superior de la cámara de almacenamiento a corto plazo.



**Figura 32.** Vista frontal de la cámara de almacenamiento a corto plazo.

Posteriormente, procedemos a sustituir los resultados anteriores en las ecuaciones a emplear para determinar las dimensiones internas de la cámara frigorífica.

$$\text{ANCA} = [( \text{NOSA} \times \text{ANPA} ) + ( \text{NESSA} \times \text{LESSA} ) + ( \text{ANP1} \times \text{NOP} ) + ( \text{NEPSA} \times \text{LEPSA} )]$$

$$\text{ANCA} = [( 10 \times 1 ) + ( 4 \times 0.1 ) + ( 1 \times 5 ) + ( 2 \times 0.1 )] \text{ m}$$

$$\text{ANCA} = 15.6 \text{ m}$$

$$\text{LGCA} = [( \text{NOSL} \times \text{LGPA} ) + ( \text{NESSL} \times \text{LESSL} ) + ( \text{NEPSL} \times \text{LEPSL} ) + ( \text{LEA} )]$$

$$\text{LGCA} = [( 10 \times 1.2 ) + ( 9 \times 0.1 ) + ( 2 \times 0.1 ) + ( 1 )] \text{ m}$$

$$\text{LGCA} = 14.1 \text{ m}$$

$$ALCA = [( HCU \times NOPAS ) + ( LEST )]$$

$$ALCA = [( 2.1 \times 1 ) + ( 1 )] \text{ m}$$

$$ALCA = 3.1 \text{ m}$$

$$VIB = ( ANCA \times LGCA \times ALCA)$$

$$VIB = ( 15.6 \times 14.1 \times 3.1) \text{ m}^3$$

$$VIB = 681.87 \text{ m}^3$$

$$Z = ( NOSA \times NOSL \times NOPAS \times CAPA )$$

$$Z = ( 10 \times 10 \times 1 \times 960 \text{ kg} )$$

$$Z = 96000 \text{ Kg.}$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = ( Z / VIB )$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = ( 96000 / 681.87 ) \text{ kg/m}^3.$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = 140.78 \text{ kg/m}^3.$$

#### NOTA:

Cuando la densidad de almacenamiento no se encuentre en los rangos establecidos para productos refrigerados (150-250 kg/m<sup>3</sup>), se debe realizar otro cálculo, reajustando el número de pasillos.

#### Recálculo 1:

Reducimos el número de pasillos de 5 a 4 y aumentamos el número de espacios entre estiba y estiba dispuestos hacia lo ancho de 4 a 5 .

Es decir: NOP = 4 ; NESSA= 5

Como estos valores solo tienen influencia sobre la ecuación del ancho de la cámara se sustituirán en ella, así como en la ecuación del volumen interno, para proceder a calcular la densidad de almacenamiento con los resultados anteriormente obtenidos.

$$ANCA = [( 10 \times 1 ) + ( 5 \times 0.1 ) + ( 1 \times 4 ) + ( 2 \times 0.1 )] \text{ m}$$

$$ANCA = 14.7 \text{ m}$$

$$\text{VIB} = ( 14.7 \times 14.1 \times 3.1) \text{ m}^3$$

$$\text{VIB} = 642.537 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = ( 96000 / 642.537) \text{ kg/m}^3.$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = 149.40 \text{ kg/m}^3.$$

Procedemos a realizar un segundo recálculo

#### Recálculo 2:

Reducimos el número de pasillos de 4 a 3 y aumentamos el número de espacios entre estiba y estiba dispuestos hacia lo ancho de 5 a 6.

Es decir: NOP = 3 ; NESSA = 6

$$\text{ANCA} = [( 10 \times 1 ) + ( 6 \times 0.1 ) + ( 1 \times 3 ) + ( 2 \times 0.1 )] \text{ m}$$

$$\text{ANCA} = 13.8 \text{ m}$$

$$\text{VIB} = ( 13.8 \times 14.1 \times 3.1) \text{ m}^3$$

$$\text{VIB} = 603.198 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = ( 96000 / 603.198) \text{ kg/m}^3.$$

$$\text{Densidad de Almacenamiento} = 159.15 \text{ kg/m}^3.$$

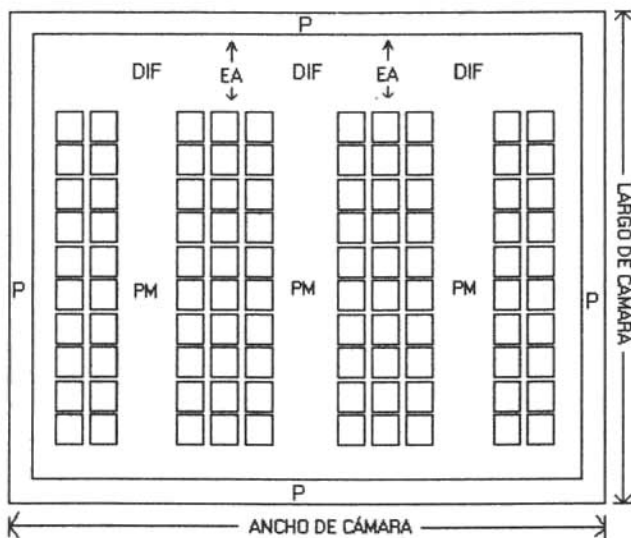
Por lo tanto las dimensiones internas de la cámara frigorífica son:

**ANCHO = 13.8 m**

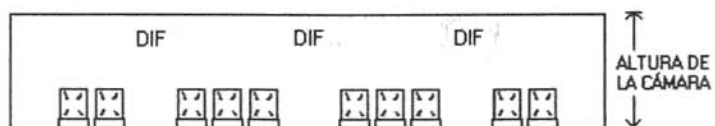
**LARGO = 14.1 m**

**ALTURA = 3.1 m**

Y su patrón de estibamiento resultante se presenta como en las Fig. 33 y 34.



**Figura 33.** Vista superior de la cámara de almacenamiento a corto plazo, aplicando recálculos.



**Figura 34.** Vista frontal de la cámara de almacenamiento a corto plazo, aplicando recálculos.

### 4.3.2 A largo plazo

Problema:

Realice el dimensionamiento interno de una cámara de refrigeración para almacenar 1225 toneladas de toronja por un tiempo aproximado de 4 meses. La mercancía ingresará al almacén frigorífico en embalajes de plástico cuyo diseño es caja apilante mediana con dimensiones de 60 x 40 x 20 cm y cuyo número de niveles por paleta es 10. A su vez cada embalaje contiene 25 kg. de producto. La distribución de éstos será en paletas que miden 1.2 x 1.0 x 0.1 m

Para dar solución a este problema se principian enlistando los datos:

PRODUCTO: Toronja.

TIEMPO DE PERMANENCIA: Largo Plazo.

CAPRAM = 1225000 kg.

EMBALAJE: Plástico

DISEÑO: Caja apilante mediana

LGEM = 0.6 m

ANEM = 0.4 m

ALEM = 0.20 m

KPREM = 25 kg.

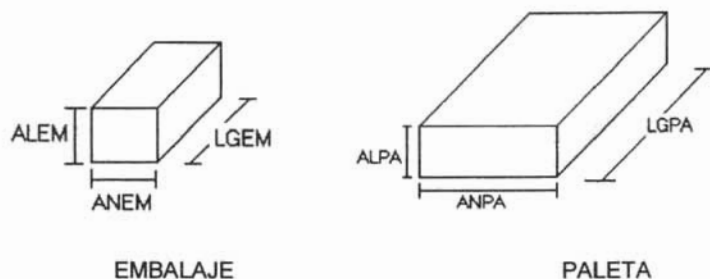
NONIPA = 10

LGPA = 1.2 m

ANPA = 1.0 m

ALPA= 0.1 m





**Figura 35.** Representación gráfica del embalaje y de la paleta.

De los espacios recomendados que se seleccionaron acorde al Cuadro 15, fueron los siguientes:

DISPOSITIVO DE MANEJO INTERNO = MONTACARGAS

ANP1 = 3.5 m

LESSA = 0.1 m

LEPSA = 0.1 m

LESSL = 0.1 m

LEPSL = 0.1 m

LEA = 1.0 m

LEST = 1.0 m

LECUEM = 0.1 m

Como datos adicionales se especifica que el espesor de estructura metálica tiene espesores que van de 2 a 4 pulgadas, de igual manera la altura de levanto de las horquillas del montacargas puede llegar hasta los 12 m.

HMONT = 11.0 m

XEM = 0.1016 m.

A largo plazo las siguientes variables adquieren valor de constante:

NEPSA = 2 ; NEPSL = 2

Una vez conocidos los datos se proceden a realizar los cálculos correspondientes para dar solución al problema.

Superficie del embalaje:  $S1 = ( LGEM \times ANEM )$

$$S1 = ( 0.6 \times 0.4 ) \text{ m}^2$$

$$S1 = 0.24 \text{ m}^2$$

Superficie de la paleta:  $S2 = ( LGPA \times ANPA )$

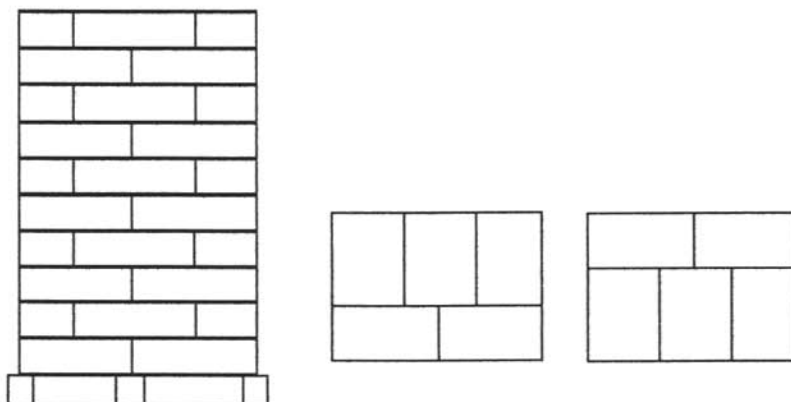
$$S2 = ( 1.2 \times 1.0 ) \text{ m}^2$$

$$S2 = 1.2 \text{ m}^2$$

Número de embalajes por nivel:  $NOEMNI = S2 / S1$

$$NOEMNI = ( 1.2 / 0.24 )$$

$$NOEMNI = 5$$



**Figura 36.** Representación esquemática de la carga unitaria.

Coefficiente de utilización:  $KU = ( S1 \times NOEMNI \times 100 ) / ( S2 )$

$$KU = ( 0.24 \times 5 \times 100 ) / ( 1.2 )$$

$$KU = 100\%$$

Altura de la carga nominal:  $HCN = ( NONIPA \times ALEM )$

$$HCN = ( 10 \times 0.20 ) \text{ m}$$

$$HCN = 2.0 \text{ m}$$

Altura de la carga unitaria:  $HCU = ( HCN + ALPA )$

$$HCU = ( 2 + 0.1 ) \text{ m}$$

$$HCU = 2.1 \text{ m}$$

Numero de embalajes por paleta:  $NOEMPA = ( NOEMNI \times NONIPA )$

$$NOEMPA = ( 5 \times 10 )$$

$$NOEMPA = 50$$

Capacidad por paleta:  $CAPA = ( NOEMPA \times KPREM )$

$$CAPA = ( 50 \times 25 ) \text{ kg}$$

$$CAPA = 1250 \text{ kg.}$$

Número de paletas:  $NOPA = ( CAPRAM / CAPA )$

$$NOPA = ( 1225000 / 1250 )$$

$$NOPA = 980$$

Altura del primer nivel de estructura metálica (H1)

$$H1 = ( HCU + LECUEM + XEM )$$

$$H1 = ( 2.1 + 0.1 + 0.1016 ) \text{ m}$$

$$H1 = 2.3016 \text{ m}$$

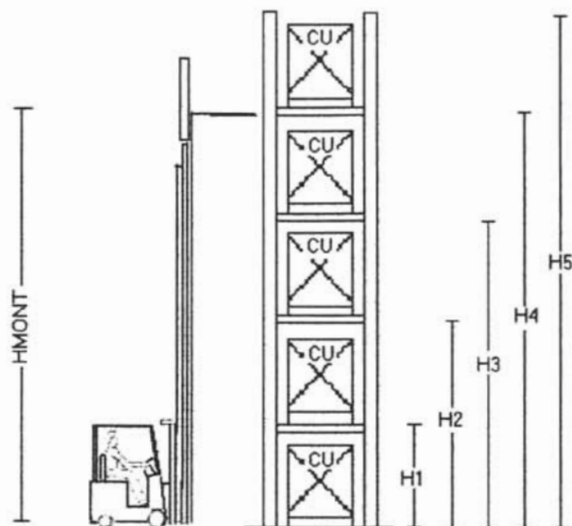
Número de paletas por estiba:

$$NOPAS = ( HMONT / H1 )$$

$$NOPAS = ( 11.0 / 2.30 )$$

$$NOPAS = 4.78 \sim 5.0$$

En La Fig. 37 se muestra el número de paletas por estiba tomando en cuenta la altura del levantamiento de las horquillas del montacargas.



**Figura 37.** Representación esquemática del número de paletas por estiba, en función de la altura de levanto de las horquillas del montacargas.

Número de estibas totales:  $NOSTO = (NOPA / NOPAS)$   
 $NOSTO = (980 / 5)$   
 $NOSTO = 196$

Número de estibas dispuestas hacia lo ancho de la cámara:

$NOSA = \sqrt{NOSTO}$   
 $NOSA = \sqrt{196}$   
 $NOSA = 14$

Número de estibas dispuestas hacia lo ancho de la cámara:

$NOSL = NOSA$   
 $NOSL = 14$

Número de pasillos:  $NOP = (\frac{1}{2})\sqrt{NOSTO}$

$$NOP = (\frac{1}{2})\sqrt{196}$$

$$NOP = 7$$

Número de espacios entre estiba y estiba a lo ancho:

$$NESSA = (NOP - 1)$$

$$NESSA = (7 - 1)$$

$$NESSA = 6$$

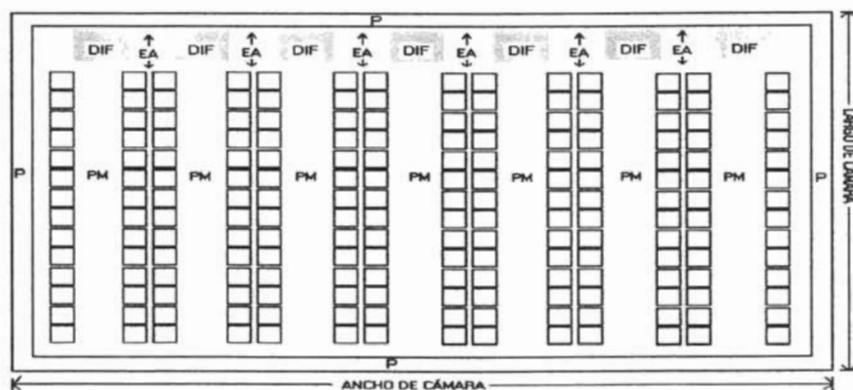
Número de espacios entre estiba y estiba a lo largo:

$$NESSL = (NOSL - 1)$$

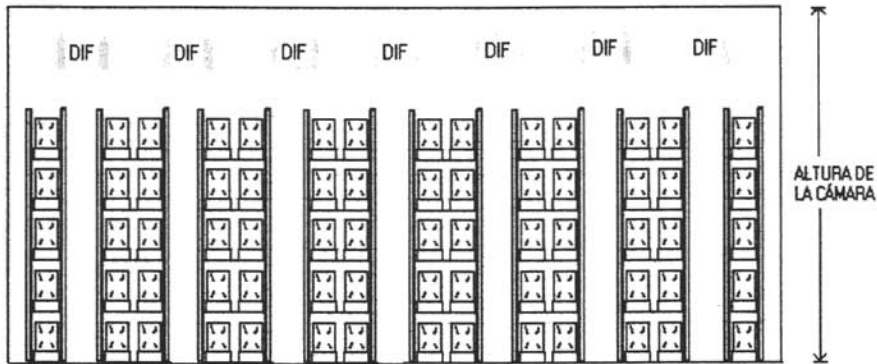
$$NESSL = (14 - 1)$$

$$NESSL = 13$$

En las figuras 38 y 39 se muestra el patrón de estibamiento resultante en la cámara de almacenamiento.



**Figura 38.** Vista superior de la cámara de almacenamiento a largo plazo.



**Figura 39.** Vista frontal de la cámara de almacenamiento a largo plazo.

Posteriormente, procedemos a sustituir los resultados anteriores en las ecuaciones a emplear para determinar las dimensiones internas de la cámara frigorífica.

Ancho de la cámara:  $ANCA = [(NOSA \times ANPA) + (NESSA \times LESSA) + (ANP1 \times NOP) + (NEPSA \times LEPSA)]$

Ancho de la cámara:  $ANCA = [(14 \times 1) + (6 \times 0.1) + (3.5 \times 7) + (2 \times 0.1)]$  m

Ancho de la cámara:  $ANCA = 39.3$  m

Largo de la cámara:  $LGCA = [(NOSL \times LGPA) + (NESSL \times LESSL) + (NEPSL \times LEPSL) + (LEA)]$

Largo de la cámara:  $LGCA = [(14 \times 1.2) + (13 \times 0.1) + (2 \times 0.1) + (1)]$  m

Largo de la cámara:  $LGCA = 19.3$  m

Altura de la cámara:  $ALCA = [(H1 \times NOPAS) + (LEST)]$

Altura de la cámara:  $ALCA = [(2.3016 \times 5) + (1)]$  m

Altura de la cámara:  $ALCA = 12.508$  m

Volumen interno bruto:  $VIB = (ANCA \times LGCA \times ALCA)$

Volumen interno bruto:  $VIB = (39.3 \times 19.3 \times 12.508)$  m<sup>3</sup>

Volumen interno bruto:  $VIB = 9487.192$  m<sup>3</sup>

Capacidad máxima de almacenamiento:  $Z = (NOSA \times NOSL \times NOPAS \times CAPA)$

Capacidad máxima de almacenamiento:  $Z = (14 \times 14 \times 5 \times 1250)$  kg

Capacidad máxima de almacenamiento:  $Z = 1225000$  Kg.

Densidad de Almacenamiento =  $(Z / VIB)$

Densidad de Almacenamiento =  $(1225000 / 9487.192)$  kg/m<sup>3</sup>.

Densidad de Almacenamiento = 129.12 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA:

Cuando la densidad de almacenamiento no se encuentre en los rangos establecidos para productos refrigerados (150-250 kg/m<sup>3</sup>), se debe realizar otro cálculo, reajustando el número de pasillos.

Recálculo 1:

Reducimos en número de pasillos de 7 a 6 y aumentamos el número de espacios entre estiba y estiba dispuestos hacia lo ancho de 6 a 7.

Es decir: NOP = 6 ; NESSA = 7

Como estos valores solo tienen influencia sobre la ecuación del ancho de la cámara se sustituirán en ella, así como en la ecuación del volumen interno, para proceder a calcular la densidad de almacenamiento con los resultados anteriormente obtenidos.

ANCA =  $[(14 \times 1) + (7 \times 0.1) + (3.5 \times 6) + (2 \times 0.1)]$  m

ANCA = 35.9 m

VIB =  $(35.9 \times 19.3 \times 12.508)$  m<sup>3</sup>

VIB = 8666.41 m<sup>3</sup>

Densidad de Almacenamiento =  $(1225000 / 8666.41)$  kg/m<sup>3</sup>.

Densidad de Almacenamiento = 141.35 kg/m<sup>3</sup>.

Procedemos a realizar un segundo recálculo

Recálculo 2:

Reducimos en número de pasillos de 6 a 5 y aumentamos el número de espacios entre estiba y estiba dispuestos hacia lo ancho de 7 a 8.

Es decir: NOP = 5 ; NESSA = 8

ANCA =  $[(14 \times 1) + (8 \times 0.1) + (3.5 \times 5) + (2 \times 0.1)]$  m

ANCA = 32.5 m

Volumen interno bruto: VIB =  $(32.5 \times 19.3 \times 12.508)$  m<sup>3</sup>

Volumen interno bruto: VIB = 7845.643 m<sup>3</sup>

Densidad de Almacenamiento =  $(1225000 / 7845.643)$  kg/m<sup>3</sup>.

**Densidad de Almacenamiento = 156.1376 kg/m<sup>3</sup>**

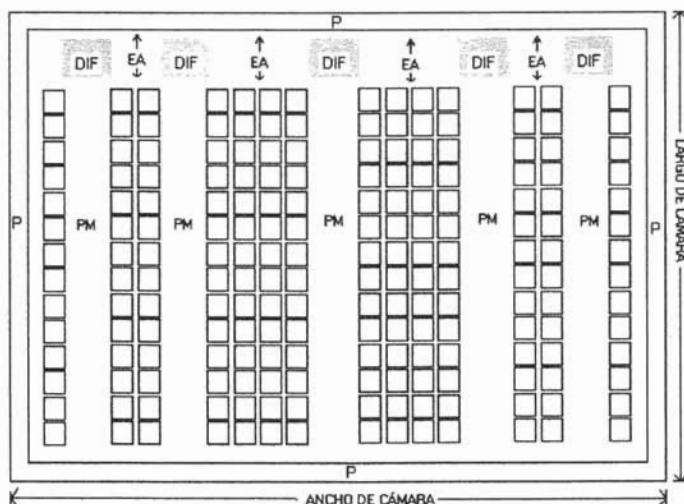
Por lo tanto las dimensiones internas de la cámara frigorífica son:

**ANCHO = 32.50 m**

**LARGO = 19.30 m**

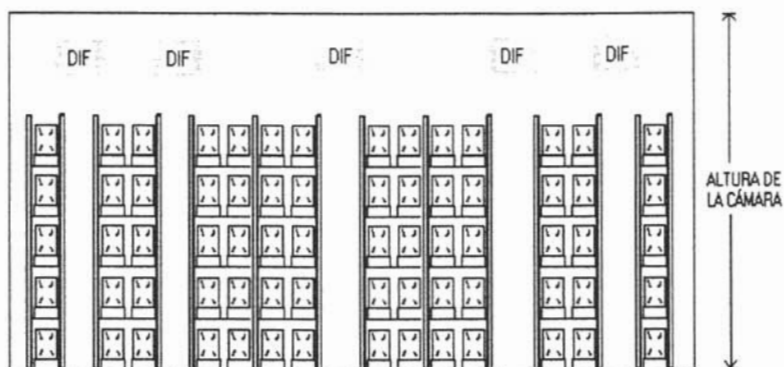
**ALTURA = 12.508 m**

Y su patrón de estibamiento resultante se presenta en las Fig. 40 y 41.



**Figura 40.** Vista superior de la cámara de almacenamiento a largo plazo, con recálculos.





**Figura 41.** Vista frontal de la cámara de almacenamiento a largo plazo, con recálculos.

#### 4.4 Verificación del programa

Debido a que el Coeficiente de Variación es útil para comparar los resultados obtenidos por distintas personas o programas de cómputo que involucran la misma variable, su aplicación para este trabajo es con el fin de confirmar la veracidad de los resultados obtenidos con el uso de software y los provenientes de forma manual, comparándose en los Cuadros 17 y 18.

El Coeficiente de Variación expresa la desviación estándar como porcentaje de la media <sup>(73)</sup>.

Su expresión matemática es la siguiente:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} (100)$$

Donde:

$S$  = Es la desviación estándar

$\bar{x}$  = Es la media

$CV$  = Es el coeficiente de variación

**Cuadro 17.** Comparación de resultados en el dimensionamiento a corto plazo.**RESULTADOS**

Variable	Manual			Software		
	x	s	C.V	x	s	C.V
S1	0.12	0	0	0.12	0	0
S2	1.2	0	0	1.2	0	0
NOEMNI	10	0	0	10	0	0
KU	100	0	0	100	0	0
HCN	2.0	0	0	2.0	0	0
HCU	2.1	0	0	2.1	0	0
NOEMPA	80	0	0	80	0	0
CAPA	960	0	0	960	0	0
NOPA	100	0	0	100	0	0
NOSTO	100	0	0	100	0	0
NOSA	10	0	0	10	0	0
NOSL	10	0	0	10	0	0
NOP	3	0	0	3	0	0
NESSA	6	0	0	6	0	0
NESSL	9	0	0	9	0	0
LGCA	14.1	0	0	14.1	0	0
ANCA	13.8	0	0	13.8	0	0
ALCA	3.1	0	0	3.1	0	0
V.I.B	603.1836	0.02926	<b>0.0048516</b>	603.203	0.000604	<b>0.000100</b>
Z	96000	0	0	96000	0	0
DENAM	159.1554	0.00767	<b>0.0048245</b>	159.1516	0.00014	<b>0.0000917</b>

**Cuadro 18.** Comparación de resultados en el dimensionamiento a largo plazo.**RESULTADOS**

Variable	Manual			Software		
	x	s	C.V	x	s	C.V
S1	0.24	0	0	0.24	0	0
S2	1.2	0	0	1.2	0	0
NOEMNI	5	0	0	5	0	0
KU	100	0	0	100	0	0
HCN	2.	0	0	2.0	0	0
HCU	2.1	0	0	2.1	0	0
NOEMPA	50	0	0	50	0	0
CAPA	1250	0	0	1250	0	0
NOPA	980	0	0	980	0	0
H1	2.3016	0	0	2.3016	0	0
NOPAS	5	0	0	5	0	0
NOSTO	196	0	0	196	0	0
NOSA	14	0	0	14	0	0
NOSL	14	0	0	14	0	0
NOP	5	0	0	5	0	0
NESSA	8	0	0	8	0	0
NESSL	13	0	0	13	0	0
LGCA	19.30	0	0	19.30	0	0
ANCA	32.50	0	0	32.50	0	0
ALCA	12.5080	0.0000582	0.00046	12.5100	0	0
V.I.B	7845.66	0.03215	0.00040	7845.643	0	0
Z	1225000	0	0	1225000	0	0
DENAM	156.1368	0.0003464	0.00022	156.140	0	0

Como se puede apreciar en los Cuadros 17 y 18 el coeficiente de variación realizado para cada variable por el proceso manual y en software fueron en ambos casos inferior al 0.1%. Lo cual establece que ambos procesos son confiables, aunque el tiempo de trabajo utilizado por el software se reduce hasta en un 900%. Siendo entonces aplicable el programa de cómputo, al cálculo del dimensionamiento interno de cámaras frigoríficas para productos hortifrutícolas en fresco.

## 5. CONCLUSIONES

1.- El efecto combinado del tiempo y la temperatura determinan la tolerancia de los productos en la conservación, por lo cual cualquier fluctuación de la temperatura durante el período de almacenamiento repercute desfavorablemente en el valor comercial de estos productos.

2.- La utilización de cámaras frigoríficas para el almacenamiento de frutas y hortalizas mantiene constantes las condiciones de almacenamiento requeridas y al interior de estas se evita la introducción de géneros incompatibles entre sí, mediante el empleo de las modalidades en cargas simples y mixtas.

3.- El almacenamiento refrigerado de productos hortifrutícolas por cargas mixtas es propicio para períodos de conservación a corto plazo, mientras que en cargas simples los períodos de almacenamiento son tanto a corto como a largo plazo.

4.- Con el empleo de estas modalidades de almacenamiento en frutas y hortalizas en fresco se asegura: disminuir el índice de causas de alteración del producto, rentabilizar el consumo del frío, tener disponibles reservas de mercancías en el momento y lugar que sean requeridos; satisfaciendo de esta manera, la demanda continua y creciente de estos alimentos por parte del mercado de consumo.

5.- El número de grupos por compatibilidad en cargas mixtas se establece de acuerdo al número de cámaras frigoríficas que estén disponibles.

6.- En algunas circunstancias, las condiciones de almacenamiento en refrigeración pueden diferir de las óptimas debido a razones económicas o a dificultades técnicas, en ese caso el plazo de conservación de las mercancías es de días o incluso horas, por lo que su venta debe ser inmediata.

7.- Por otra parte, el programa de cómputo fue desarrollado para facilitar la determinación de las dimensiones internas de una cámara de almacenamiento refrigerado, habiendo considerado el manejo interno para productos hortifrutícolas, este software cuenta además, con opciones que van desde escoger el tipo y material del

embalaje hasta los valores recomendados que se emplean normalmente en el proceso de cálculo tanto a corto como a largo plazo.

8.- Al efectuar el dimensionamiento interno aplicando la misma cantidad de producto tanto a corto como largo plazo, se obtuvo que las dimensiones internas a corto plazo son el doble de ancho y largo que las dimensiones internas a largo plazo. Sin embargo, la altura de la cámara a largo plazo fue tres veces más alta que a corto plazo; aunque su número de pasillos resultó menor.

9.- Al comparar la distribución de aire por canalización y difusión para un mismo plazo de conservación, se encontró que al reducir el espacio aire igual a cero (en el caso de canalización) se incrementa el volumen interno de la cámara frigorífica y se reduce el número de recálculos.

10.- Al aplicar el proceso de cálculo del dimensionamiento interno utilizando los distintos embalajes, ya anteriormente vistos, se obtuvo que en embalajes de madera los diseños: "Asa", " 3 Rejas tipo A y B", "Alambrada A" ; al igual que en embalajes de cartón de diseños "Cuerpo Automático", "Telescópica A", "Mixta" así mismo en los embalajes de plástico de diseños: "Caja apilante grande, mediana y chica" ; el número de recálculos es reducido y el valor en la densidad de almacenamiento se incrementó. Y la mejor paleta que adaptó la forma geométrica de la cámara a un cubo fue aquella cuyas dimensiones son de: 1.2m (largo) x 0.8m (ancho) x 0.16m (altura). Mientras que la paleta que adaptó la forma geométrica de la cámara a un rectángulo y con ella el valor de la densidad de almacenamiento aumentó más con respecto al resto de las otras paletas, es aquella cuyas dimensiones son: 1.165m (largo) x 1.165m (ancho) x 0.15m (altura).

11.- Otra de las aportaciones del software fue el de proporcionar de manera conjunta una referencia de respaldo gráfico que recomienda los esquemas de paletización y patrones de estibamiento más comunes en apoyo al dimensionamiento interno.

12.- Se realizó una comparación de los resultados obtenidos manualmente y por el software, mediante el coeficiente de variación aplicado a cada variable. En ambos casos su coeficiente de variación fue inferior al 0.1%. Lo cual establece que los dos procesos de cálculo son confiables, aunque el tiempo de trabajo utilizado por el software se reduce

hasta en un 900%. Por lo que, el programa de cómputo es aplicable al cálculo de dimensiones internas de cámaras frigoríficas para frutas y hortalizas en fresco.

13.- El empleo de este software puede funcionar como alternativa eficaz en la reducción de tiempo y optimización de recursos para un mejor desempeño en las actividades de un almacén.

14.- Este software no solo sirve para diseñar el tamaño de la cámara a ser construida sino también cuando ya se ha construido el recinto frigorífico y se requiera remodelar sus dimensiones internas. Así también se puede aplicar a otro tipo de productos refrigerados, donde se consideren embalajes y paletas para configurar cargas unitarias, por ejemplo: frutas y hortalizas mínimamente procesadas, lácteos (yogurt, quesos, leche líquida, licuados de frutas) y bebidas (jugos de frutas y cervezas).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. AYUGA, T.F. y GARCÍA-VAQUERO, V.E. (1993). *Diseño y Construcción de Industrias Agroalimentarias*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
2. ALEIXANDRE, J.B. y GARCÍA, M.E. (1999). *Industrias Agroalimentarias*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
3. ÁLVAREZ, C.A. (1985). *Almacenes Frigoríficos: Consideraciones Generales de Construcción*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería de Alimentos. UNAM, México.
4. BALL, L. (1997). *¿Un estibado correcto?. Si es necesario para proteger sus productos*. Rev. Empaque Performance (La Revista Mexicana del Envase y Embalaje). Año: 7., No. 72. México.
5. BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. e IBARZ, A. (2003). *Unit Operations in Food Engineering. Food Preservation Technology Series*. Ed. CRC Press. Florida, U.S.A.
6. BEST, B.R. (1993). *Principios Básicos de la Refrigeración*. En *Métodos de Producción de Frio*. Pilatowsky (Coordinador). UNAM, México.
7. BRACKETT, R.E. (1994). *Seguridad Microbiológica de Alimentos Refrigerados: Problemática Actual*. Rev. Boletín de Información de Ciencia y Tecnología de Alimentos (notitec-pual). Vol. 4., No. 1. México.
8. BUREAU, G. y MULTON, J.L. (1995). *Embalaje de los Alimentos de gran consumo*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
9. CARMONA, V. (2001). *Rol de la Temperatura en el Almacenamiento de Productos Frescos*. Guía Técnica Poscosecha. No. 5. Consejo Nacional de Producción, Costa Rica.
10. CARRETERO, L.G. (1998). *Envase y Embalaje para Alimentos Frescos*. Edita: Bancomext. México.
11. CASP, A. y ABRIL, J. (1999). *Procesos de Conservación de Alimentos*. (Colección: Tecnología de alimentos). Ediciones Madrid Vicente y Mundi-Prensa, España.
12. CEBALLOS, S.F. (1998). *Visual Basic Versión 5. Curso de programación*. Ed. Alfaomega, México.
13. CIUBANU, A.; LASCU, G.; BERCESCU, V.; NICULESCU, L. (1976). *Cooling Technology in the Food Industry*. Ed. Abacus Press, England.
14. CORONADO, H.M y VEGA, L.S. (1993). *Conservación de Alimentos. Un texto de métodos y técnicas*. Edita Universidad Autónoma Metropolitana. México.
15. COTTEL, L.W. y OLAREWAJU, S. (2001). *Aire Acondicionado y Refrigeración para Regiones Tropicales*. Ed. Limusa, México.

16. DE LA CONCHA, H. (1994). *Daño por frío en frutas y hortalizas*. Rev. Boletín de Información de Ciencia y Tecnología de Alimentos (notitec-pual). Vol. 4., No. 1. México.
17. DELLINO, C.V. (1990). *Cold and Chilled Storage Technology*. Edita: Glasgow-Blakie y Van Nostrand Reinhold. U.K.
18. DEL VALLE, J.M. y PALMA, M.T. (1997). *Preservación II: Atmósferas Controladas y Modificadas*. En Temas en Tecnología de Alimentos. Vol. 1. J.M, Aguilera (editor). Publicaciones: CYTED-I.P.N, México.
19. DESROSIER, W.N. (1984). *Conservación de Alimentos*. Ed C.E.C.S.A. México
20. DIGIOIA, M.A. (1995). *Envases y Embalajes como herramientas de la Exportación*. Ed. Macchi, Argentina.
21. DOSSAT, R. (1996). *Principios de la Refrigeración*. Ed. Compañía Editorial Continental. 16a. Reimpresión. México.
22. DURÁN, T. (1983). *Frigoconservación de la Fruta*. Ed. AEDOS. España.
23. ESKIN, M.N. y ROBINSON, D. (2001). *Food Shelf Life Stability. Chemical, Biochemical and Microbiological Changes*. Ed. CRC PRESS, New York, U.S.A.
24. EVANKO, P. (1992). *The effect of palletization on efficient warehouse design, material handling equipment and transportation*. Material Handling Institute. North Carolina, U.S.A.
25. F.A.O. (1969). *Mejores Cosechas mejor almacenadas. La función del almacenamiento en el abasto mundial de alimentos*. Roma, Italia.
26. F.A.O. (1993). *Prevención de Pérdidas de Alimentos Poscosecha (Frutas, Hortalizas, Raíces y Tubérculos)*. Manual de Capacitación. Roma, Italia.
27. F.A.O. y S.E.P. (1990). *Control de Calidad de Productos Agropecuarios*. Ed. Trillas, México.
28. F.A.O. y S.E.P. (2002). *Elaboración de Frutas y Hortalizas*. Ed. Trillas, México.
29. FERRÍN, G.A. (1998). *Gestión de Stocks. Optimización de Almacenes*. 2a. edición, Ed. Fundación Confemetal, España.
30. FOLGAR, O.F. (2000). *GMP- HACCP (Buenas Prácticas de Manufactura, Análisis de Peligro y Control de Puntos Críticos)*. Ediciones Macchi, Argentina.
31. FRANKE, M. (1996). *Manual de Aprendizaje Visual Basic 4.0*. Ed. Computec y Marcombo. México.
32. FRAZIER, W.C. (1976). *Microbiología de los Alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
33. GRUDA, Z. y POSTOLSKI, J. (1986). *Tecnología de la Congelación de Alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.



34. GUTIÉRREZ, P.J. (1994). *Dimensionamiento de almacenes frigoríficos asistido por computadora*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería de Alimentos. UNAM, México.
35. HERRERO, A. y GUARDIA, J. (1992). *Conservación de Frutos. Manual Técnico*. Ediciones Mundi-Prensa, España.
36. HOLDSWORTH, S.D. (1988). *Conservación de Frutas y Hortalizas*. Ed. Acríbia. Zaragoza, España.
37. INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRÍO. (1990). *Alimentos Congelados. Procesado y Distribución*. Ed. Acríbia. Zaragoza, España.
38. INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRÍO. (1995). *Guía del Almacenamiento Frigorífico*. AMV Ediciones, España.
39. ICMSF. (1998). *Microorganismos de los Alimentos 6. Ecología microbiana de los productos alimenticios*. Ed. Acríbia. Zaragoza, España.
40. KADER, A.A y THOMPSON, J.F. (1999a). *Wholesale Distribution Center Storage*. Agricultural Handbook No.66, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
41. KADER, A.A y THOMPSON, J.F. (1999b). *Grocery Store Display Storage*. Agricultural Handbook No.66, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
42. KALMAN, P. (1985). *Produce Handling Packaging and Distribution*. Ed. THE AVI PUBLISHING COMPANY, U.S.A.
43. KAYS, S.J. (1991). *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. Ed. Van Nostrand Reinhold. New York, U.S.A.
44. LAGE, S.J.; FLORES, S.; MEJÍA, L.; SEPÚLVEDA, L. (1989). *Panorama Sistemático de las Aplicaciones de la Tecnología de Bajas Temperaturas a los Alimentos*. UNAM, México.
45. LAMÚA, M. (2002). *Aplicación del Frío a los Alimentos*. AMV Ediciones y Mundi-prensa, España.
46. LLOYD, A. y LIPTON, W. J. (1979). *Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables*. 2a. edición. Vol. 1: Vegetables and Melons. Ed. AVI Publishing Company. U.S.A
47. MADRID, A. (1997). *Refrigeración, Congelación y Envasado de los Alimentos*. AMV Ediciones y Mundi-prensa, España.
48. MAZZUZ, C. (1996). *Calidad de Frutos Cítricos. Manual para su gestión desde la recolección hasta la expedición*. Ed. Tecnidex y Ediciones de Horticultura, España.
49. MELGAREJO, P. (2000). *Cámaras Frigoríficas y Túneles de Enfriamiento Rápido*. AMV Ediciones y Mundi-prensa, España.

50. MORENO, L.F. (2003). Tema: *Manejo Interno de Productos y Dimensionamiento Interno de Almacenes Frigoríficos*. Del Curso: Paquete Terminal de Refrigeración y Congelación de Alimentos FES Cuautitlán- UNAM.
51. MÜLLER, G. (1981). *Microbiología de los Alimentos Vegetales*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
52. NAMESNY, A. (1993). *Post-Recolección de Hortalizas*. Vol. 1 y 7. Ediciones de Horticultura, España.
53. ORDOÑEZ, P.J.; CAMBERO, R.M.; FERNÁNDEZ, A.L.; GARCÍA, S.M.; GARCÍA, M.G.; DE LA HOZ, P.; SELGAS, C.M. (1998). *Tecnología de los Alimentos. Componentes de los alimentos y procesos*. Vol. 1. Ed. Síntesis, España.
54. PANTÁSTICO, E. (1975). *Fisiología de la Postrecolección Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales*. Ed. Compañía Editorial Continental, México.
55. PILATOWSKY, I. (1994). *La importancia económica y social de la cadena del frío*. Rev. Boletín de Información de Ciencia y Tecnología de Alimentos (notitec-pual). Vol. 4., No. 1. México.
56. PINAZO, O. (1995). *Cálculos en Instalaciones Frigoríficas*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
57. PITA, G. A. (2004). *Principios y Sistemas de Refrigeración*. Ed. Limusa, México.
58. PLANK, R. (1984). *El empleo del frío en la industria de la alimentación*. Ed. Reverté. España.
59. PRATDEPADUA, J. (2000). *Visual Basic para Excel y Word 2000*. Ediciones Alfaomega. España.
60. PRIMO, Y.E. (1987). *Química Agrícola*. Vol. 3. Ed. Alhambra. Madrid, España.
61. RODRÍGUEZ, F.; AGUADO, J.; CALLES, J.; CAÑIZARES, P.; LÓPEZ, B.; SANTOS, A.; SERRANO, D. (2002). *Ingeniería de la Industria Alimentaria. Operaciones de Conservación de Alimentos*. Vol.3. Ed. Síntesis. Madrid, España.
62. SAN ROMÁN, A. (1997). *Atmósferas modificadas una alternativa para la conservación de frutas y hortalizas frescas*. Tesis-UNAM, México.
63. SAUCEDO, V.C. (1981). *Preenfriamiento de Frutas y Hortalizas. Principios, Métodos y Recomendaciones*. Departamento de Industrias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
64. SECOFI. (1984). *Cuadro de envases recomendados para productos horto-frutícolas en estado fresco*. México.

65. SHEWFEL, R. y BRÜKNER, B. (2002). *Fruit and Vegetable Quality. An Integrated View*. Ed. CRC Press, U.S.A.
66. SHAFIUR, M. (1999). *Handbook of Food Preservation*. Ed. Marcel Decker. New York, U.S.A.
67. STRINGER, M. y DENNIS, C. (2002). *Chilled Foods. A comprehensive guide*. 2a. edición. Ed. CRC Press. England.
68. SOUTHGATE, D. (1992). *Conservación de Frutas y Hortalizas*. 3a edición. Ed. Acibia. Zaragoza, España.
69. TIRILLY, Y. y BOURGEOIS, C.M. (2002). *Tecnología de las Hortalizas*. Ed. Acibia. Zaragoza, España.
70. TROLLER, J.A. (1983). *Sanitation in Food Processing*. Ed. Academic Press. U.S.A.
71. TSCHEUSCHNER, H.D. (2001). *Fundamentos de Tecnología de los Alimentos*. Ed. Acibia. Zaragoza, España.
72. VELÁZQUEZ, O.J. (1996). *Manejo interno de productos alimenticios en sistemas de almacenamiento en frío*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería de Alimentos. UNAM, México.
73. WAYNE, W.D. (1997). *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Ed. Limusa. México.
74. WEICHMANN, J. (1987). *Postharvest Physiology of Vegetables*. Ed. Marcel Decker. New York. U.S.A.
75. WILEY, R. (1997). *Frutas y Hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Ed. Acibia. Zaragoza, España.
76. WILLS, R.; Mc GLASSON, B.; GRAHAM, D; JOYCE, D. (1998). *Introducción a la Fisiología y Manipulación Postcosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales*. 2a. edición. Ed. Acibia. Zaragoza, España.
77. YAHIA, M. e HIGUERA, C. (1992). *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas*. Ed. Limusa. México.

#### CONSULTAS POR INTERNET:

78. AMBA (2004). *Boletín informativo*.  
<http://www.amba.org.mx/historia.html>
79. CHEP ® EQUIPMENT POOLING SYSTEMS. (2002). *Plastic Pallets and Containers*.  
<http://www.chep.com/chepapp/chep>
80. GRUPO ENLACES EN COMUNICACIÓN S.A. de C.V. (2003). *Pérdidas económicas*.  
<http://www.informate.com.mx>

81. IBÁRCENA, F. W. (2000). *Dimensionamiento de Instalaciones productoras de frío utilizando software*. [http://principal.unibg.edu.pe/coin/revis\\_11.pdf](http://principal.unibg.edu.pe/coin/revis_11.pdf)
82. MAZARIEGOS, P. (2003). *Números de un país*.  
<http://pedromazariegos.tripod.com/pnumeros.html>
83. MEISTER MEDIA WORLDWIDE (2004). *Noticias del sector agrícola*.  
<http://hortalizas.com/noticias/>
84. PROFECO. (2004). *Supermercados. Cómo nos hacen sus clientes*.  
[http://www.profeco.gob.mx/html/revista/publicaciones/supermercados\\_sep04.pdf](http://www.profeco.gob.mx/html/revista/publicaciones/supermercados_sep04.pdf)
85. Universidad Nacional de Colombia (2002). *En Lenguajes de programación*.  
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/economicas/92211/lecciones/unida1/software/lenguajes.htm#inicio>