

T  
63 L.4  
CAMA  
C. 21

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**  
**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la**  
**Producción**

████████ × ██████████

**“Análisis Teórico - Práctico de la  
Velocidad de Congelación de un  
Helado Deslactosado”**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la Obtención del Título de:  
**INGENIERO DE ALIMENTOS**

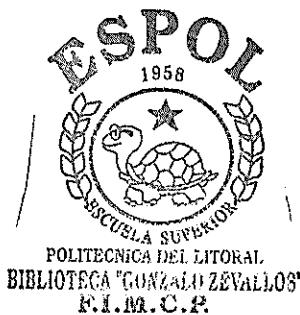
Presentada por:  
**Juan Pablo Campos Yépez**

████████ × ██████████

**Guayaquil - Ecuador**

**Año - 2001**

## AGRADECIMIENTO



A todas las personas  
que de uno u otro modo  
colaboraron en la  
realización de este  
trabajo y especialmente  
al Ing. Francisco  
Andrade, Director de  
Tesis y al Ing. Luis  
Miranda, por su apoyo  
incondicional.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP

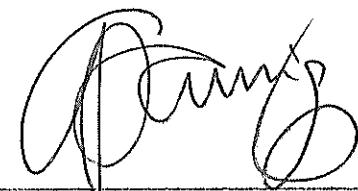


---

Ing. Luis Miranda S.  
VOCAL

---

  
Ing. Francisco Andrade S.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Dr. Alfredo Barriga R.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad del contenido de esta  
Tesis de Grado, me corresponden  
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de  
la misma a la ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Pablo Campos Yépez

## **RESUMEN**

El presente artículo describirá la Materia Prima, los Materiales de Empaque y Proceso de Elaboración para un producto nuevo como lo es el Helado Deslactosado.

Como paso siguiente se realizará el cálculo matemático para obtener, teóricamente, la velocidad de congelación de este producto, que es almacenado en una cámara existente.

Además describirá el experimento realizado para este mismo cálculo y el resultado del mismo con el fin de obtener la velocidad de congelación.

Finalmente se presentará la comparación de los resultados obtenidos técnica y experimentalmente.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
I. GENERALIDADES.....	2
1.1 Materias Primas.....	3
1.2 Materiales de Empaque.....	9
1.3 Descripción del Proceso.....	10
1.4 Producto Terminado.....	23
II. CÁLCULO TEÓRICO.....	26
2.1 Fórmulas.....	30
2.2 Determinación Teórica de la velocidad de congelación.....	41

<b>III. EXPERIMENTO PRÁCTICO.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Condiciones del Experimento.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1.1 Puntos de Monitoreo.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2 Materiales y Métodos.....</b>	<b>60</b>
<b>3.2.1 Sensores de Temperatura.....</b>	<b>60</b>
<b>3.2.2 Formulación del Helado.....</b>	<b>61</b>
<b>3.2.3 Descripción de las Muestras Utilizadas.....</b>	<b>62</b>
<b>3.3 Descripción del Experimento realizado.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.1 Determinación de la Velocidad de Congelación..</b>	<b>65</b>
<b>3.4 Pruebas de Aceptabilidad.....</b>	<b>66</b>
 ◎	
<b>IV. COMPARACIÓN DE MÉTODOS.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1 Análisis de Resultados segun el Método Teórico.....</b>	<b>70</b>
<b>4.2 Análisis de Resultados segun el Método Práctico.....</b>	<b>72</b>
 <b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
<b>ANEXOS</b>	
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	



## ABREVIATURAS

$\mu$	micras
MG	Materia Grasa
nm	nanómetros
GH	Grado de Hidrólisis
$\mu\text{mol}$	Micro mol
EDTA	Etilen Di-amino Tetra Acético
pH	Potencial Hidrógeno
cm	centímetro
Min.	Minutos

## SIMBOLOGIA

$t$	Temperatura
$t_0$	Temperatura de la Cámara ( °C )
$t_i$	Temperatura Inicial de Producto ( °C )
$t_k$	Temperatura en el interior del Producto ( °C )
$t_m$	Temperatura final media del Producto ( °C )
$\tau$	Tiempo en horas
$\tau_k$	Tiempo Total de Endurecimiento o Congelación
$x, y, z$	Coordenadas
$X, Y, Z$	Dimensiones principales de Palet ( m ) , y Peso Específico del Producto.
$a = \lambda / c_y$	Coeficiente de Temperatura de la Conductividad ( $m^2 / h$ )
$\alpha_s, \alpha_p, \alpha_c$	Indices de Transporte de Calor en la Superficie del producto ( kcal / m <sup>2</sup> )
$t$	Temperatura en °C
°C	Centígrados
s	Segundos
h	Horas
PSI	Presión en plg <sup>2</sup>
cc	Centímetro Cúbico
g.	Gramo
l.	Litro
V	Volumen de la Cámara
$\lambda$	Coeficiente de Conductividad Calorífica
Cp	Calor Específico
$\gamma$	

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	<b>Secuencia de Adición de Ingredientes</b>	<b>Pag. 12</b>
<b>Figura 1.2</b>	<b>Homogenización de Mezcla</b>	<b>Pag. 16</b>
<b>Figura 1.3</b>	<b>Sistema de Pasteurización y Homogenización de Mezclas</b>	<b>Pag. 18</b>
<b>Figura 1.4</b>	<b>Maduración y Congelación de Mezclas</b>	<b>Pag. 19</b>
<b>Figura 1.5</b>	<b>Freezer</b>	<b>Pag. 20</b>
<b>Figura 1.6</b>	<b>Batido, Congelación y Aireado de Mezclas</b>	<b>Pag. 21</b>
<b>Figura 3.1</b>	<b>Diagrama de Cámara de Almacenamiento</b>	<b>Pag. 46</b>
<b>Figura 3.2</b>	<b>Diagrama de Ubicación de Sensores</b>	<b>Pag. 48</b>
<b>Figura 3.3</b>	<b>Lectura de Registrador # 1</b>	<b>Pag. 48</b>
<b>Figura 3.4</b>	<b>Lectura de Registrador # 2</b>	<b>Pag. 49</b>
<b>Figura 3.5</b>	<b>Lectura de Registrador # 3</b>	<b>Pag. 49</b>
<b>Figura 3.6</b>	<b>Lectura de Registrador # 4</b>	<b>Pag. 50</b>
<b>Figura 3.7</b>	<b>Lectura de Registrador # 5</b>	<b>Pag. 50</b>
<b>Figura 3.8</b>	<b>Lectura de Registrador # 6</b>	<b>Pag. 51</b>
<b>Figura 3.9</b>	<b>Lectura de Registrador # 7</b>	<b>Pag. 51</b>
<b>Figura 3.10</b>	<b>Ubicación del Sensor dentro del Embalaje</b>	<b>Pag. 64</b>
<b>Figura 3.11</b>	<b>Velocidad de Congelación del Helado Deslactosado</b>	<b>Pag. 65</b>



**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla I</b>	<b>Productos Almacenados en Cámara</b>	<b>Pág. 28</b>
<b>Tabla II</b>	<b>Características de los Productos Almacenados</b>	<b>Pág. 29</b>
<b>Tabla III</b>	<b>Composición de la Pared de la Cámara</b>	<b>Pág. 37</b>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más del 50 % de la población mundial sufre algún tipo de problema digestivo al ingerir leche. Estos problemas son en su mayoría, causados por la intolerancia a la lactosa, esto implica que las personas que padece este mal no pueden consumir productos que contengan lactosa, especialmente leche y sus derivados. Tal es el caso del helado. Es por esto que se ha dirigido este proyecto al desarrollo de un helado deslactosado o libre de lactosa.

Además, como es de vital importancia en la calidad físico-química y organoléptica, se considera como parte del proyecto un estudio teórico-práctico para determinar la velocidad de congelación de este producto en una cámara existente, ya que para el consumidor la calidad del helado deslactosado debe ser igual a la de cualquier otro helado.

Mediante este estudio se obtuvieron datos que podrán servir para nuevos productos y/o desarrollos subsiguientes.



# Capítulo I

## 1. GENERALIDADES

La industria heladera se remonta hace miles de años, antes de la era cristiana, en China o otras regiones asiáticas, donde sus habitantes consumían bebidas enfriadas con nieve. Los faraones degustaban bebidas con nieve traída especialmente para el deleite de la élite y era almacenada en las profundidades de las cuevas para mantener sus características. En el siglo XIII, cuando Marco Polo regresó de sus viajes por la China, introdujo el consumo de bebidas de frutas con pedazos de hielo picado, lo que hoy conocemos como granizado.



Esta es la base artesanal de la industria heladera, hoy en día la tecnología nos permite obtener la mayor diversidad posible a la más alta calidad.

El helado puede ser definido como una mezcla de leche, derivados lácteos y otras materias primas sometidas a otro tipo de operaciones previas que posteriormente se mezclan en la crema, para ser homogenizada, pasteurizada y congelada.

### **1.1Descripción de las Materias Primas**

Para fabricar helados podemos tener una gran cantidad, muy variable de ingredientes. Sin embargo los ingredientes usados en la fabricación del Helado Deslactosado Son:

- Azúcar
- Leche y/o derivados lácteos
- Enzima
- Grasa láctea y/o vegetal
- Emulsificantes
- Estabilizantes
- Colorantes
- Saborizantes (esencias, aromas, etc.)
- Agua

## Azúcares y Edulcorantes

Los azúcares son utilizados en todos los tipos de helados y estos ingredientes influyen, además del sabor, en la textura del producto terminado. Los niveles y los tipos de azúcares que se utilicen son un factor preponderante en la fabricación del helado, ya que influyen directamente en la dureza del helado.

Los azúcares tienen cuatro funciones en el helado:

1. Dar sabor dulce
2. Disminuir el punto de congelación
3. Influye en la textura y la viscosidad de la mezcla
4. Minimiza, como mezcla de azúcares, el riesgo de la formación de cristales de lactosa no deseados.

## Leche y proteínas lácteas

El helado tiene aproximadamente de 3 - 4 % de proteína de leche. La cantidad de proteína láctea a adicionarse, dependerá de la legislación sobre el nivel de SNG (Sólidos No Grasos) requeridos en un helado.

Las funciones principales de la leche en el helado son las siguientes:

- Formación de la emulsión en el helado
- Dar el sabor lácteo al helado

## Aceites y grasas

La grasa es un componente de gran importancia en el helado ya que, ayuda a retener el aire en la estructura, es responsable de la textura cremosa del helado y aumenta la resistencia a fundirse a temperatura ambiente.

Para lograr entender el papel que desempeñan las grasas en el helado es necesario hacerlo dentro del contexto del proceso, observando lo que pasa durante el proceso en cada una de sus etapas.

Primero ocurre una mezcla de los ingredientes en el tanque de mezcla donde se crea una emulsión grasa en agua. Luego esta mezcla es bombeada al intercambiador de placas de calor para precalentarse y luego pasteurizarse, a esta temperatura es homogenizada la mezcla, donde el tamaño de la partícula grasa disminuye y la superficie de estos glóbulos de grasa diminutos, está recubierta de proteínas lácteas y de emulsificantes (monoglicéridos) Esta mezcla es enfriada a 4 °C en un intercambiador de placas y luego es bombeado a un tanque de almacenamiento, para madurar la mezcla. Durante la maduración de la mezcla, parte de la grasa se cristaliza. Esto ayuda a controlar la inclusión de aire (overrun) durante el congelamiento en el equipo.

Las grasas tendrán diferentes comportamientos deseados en cada etapa y el objetivo en cada etapa, es base a su comportamiento es

diferente. Las etapas preliminares a la maduración e incorporación de aire son muy importantes, ya que si no existe la emulsión deseada, por muy controladas que sean la maduración y la incorporación de aire en el producto, el resultado no será el deseado.

Las dos grasas más usadas en helados son la grasa láctea (crema de leche, mantequilla y/o aceite de mantequilla) y la grasa vegetal (aceite de coco, de palma, etc.)

### Emulsificantes

Los emulsificantes cumplen una función muy importante y vital en el helado. Son componentes químicos que permiten la mezcla de una fase acuosa con una fase grasa, por medio de la formación de una dispersión estable del aceite en el agua, lo que llamamos emulsión.

La formación de la emulsión en los helados tiene dos pasos principales:

- La creación de una fina emulsión de la grasa (láctea o vegetal), en la fase acuosa, esto se logra en un homogenizador y como resultado de esta homogenización, se obtiene la disminución del tamaño de la partícula grasa hasta  $1 \mu$ .
- El rompimiento parcial de la emulsión en el congelador, durante la inyección de aire la mezcla. En esta parte del proceso algunos glóbulos de grasa son atraídos por las células de aire. La mezcla de

helado tiende a desemulsificarse por efectos del batido. La desemulsificación de una parte de la grasa, es un efecto deseado ya que le otorga al helado propiedades de fusión y una textura cremosa. Sin embargo no existe una relación simple entre el nivel de desemulsificación y un producto de buena calidad.

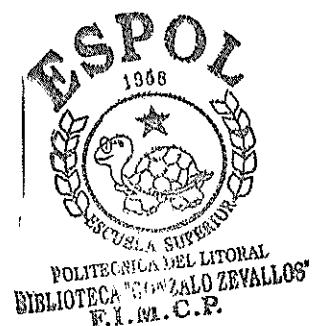
### **Estabilizante**

El estabilizante es utilizado en pequeñas cantidades, es muy eficaz para controlar la suavidad del helado de crema. Evita que los cristales formados sean tan grandes que puedan causar un efecto negativo sobre la percepción además de incrementar la resistencia del helado a la descongelación. Su exceso podría causar que el sabor fino del helado se opague, que sea demasiado consistente y lento para derretirse.

Lo más común es utilizar mezclas de estabilizantes y emulsificantes.

### **Colorantes**

Los colorantes son un ingrediente muy importante en la fabricación de helados, ya que le proporcionan al consumidor una idea del sabor que tiene el producto. El color ejerce una influencia muy grande y desempeña un papel vital en la aceptación del producto por parte del consumidor.



## Esencias

Las esencias proveen al helado el sabor correcto y definido. Existen numerosas materias primas que tienen sabores irregulares por la naturaleza de las mismas, un ejemplo de ello son las pulpas de fruta. El helado con pulpa de fruta logra tener un sabor más constante y más realzado con al adición de la esencia, que al igual que los colorantes tienen la misma clasificación: Naturales, idénticas naturales y artificiales.

Las esencias, además, dan sabores que naturalmente son muy difíciles de conseguir o que resultaría un costo muy elevado su utilización.

## Agua

Un ingrediente que no podemos obviar es el agua. Este ingrediente es básico ya que nos ayuda a disolver y a dispersar la mayoría de los ingredientes de la mezcla, en tal caso, el agua es utilizada como vehículo y a la vez es un ingrediente. Sin embargo los riesgos que el agua pueda acarrear, no deben ser subestimados. Características como la dureza, contenido de cloro, sales, turbidez, etc., deben ser consideradas al hablar de calidad de agua.

El agua es el ingrediente que se congela en el proceso de congelación y endurecimiento, por lo tanto influye en la dureza del helado.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EMPAQUE

Por lo general un producto de heladería debe tener 2 niveles de empaque, el empaque primario y el secundario.

El empaque primario es el que está en contacto directo con el producto y sirve fundamentalmente para proteger y aislar al alimento del ambiente externo. El empaque secundario tiene como objetivo, además de proteger al empaque primario y al producto, brindar la información que el consumidor necesita para reconocer al producto en el mercado (marca, precio, sabor, fecha de elaboración y caducidad, etc)

En el caso del producto estudiado, helado de crema en presentación 10 litros, tenemos lo siguiente:

- **Empaque Primario:** Funda de Polietileno de Alta Densidad

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS:</b>			
<b>Parámetros:</b>	<b>Unidad</b>	<b>Standard</b>	<b>Tolerancia</b>
Ancho	cm	27.94	+/- 0.2
Largo	cm	50.8	+/- 0.2
Espesor	mc	50.8	+/- 0.2
Fuelle	cm	8.89	+/- 5
Peso unitario	g	10.9	+/- 0.5

- **Empaque Secundario:** Caja de Cartón Corrugado

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS:</b>			
<b>Parámetros:</b>	<b>Unidad</b>	<b>Standard</b>	<b>Tolerancia</b>
Peso	g	216	+/-10
Largo (Ext.)	mm	243	+/-2
Ancho (Ext.)	mm	169	+/-2
Alto (Ext.)	mm	246	+/-2

### **1.3 DESCRIPCION DEL PROCESO**

El proceso de producción se inicia cuando la materia prima que ha llegado ha sido sometida previamente a un control y muestreo por parte del laboratorio de Control de Calidad y está liberada.

#### **Recepción de la Materia Prima:**

El proceso puede ser resumido en 5 etapas que son las siguientes:

1. Recepción, almacenamiento y dosificación de los ingredientes y aditivos que componen al helado.
2. Mezcla de los ingredientes, acompañados de homogenización, hidrólisis láctea, pasteurización y maduración de dicha mezcla.
3. Batido con aire y congelación.
4. Envasado de la mezcla en las fundas y cartones.
5. Endurecimiento del helado y conservación por frío.

#### **Preparación de la Mezcla:**

El tratamiento adecuado de la mezcla para helados es tan importante como su congelación, en la elaboración de un producto de alta calidad. Muchos de los problemas que se encuentran en la fabricación del helado de crema, y los defectos que se presentan en el producto terminado, pueden ser localizados en el proceso y tratamiento defectuoso de la mezcla.

Todas las materias primas son dosificadas de forma manual o automática en los mezcladores. En ambos casos se deberá asegurar la cantidad de ingredientes a añadir, esto es, que dentro de la mezcla esté presente en las proporciones preestablecidas.

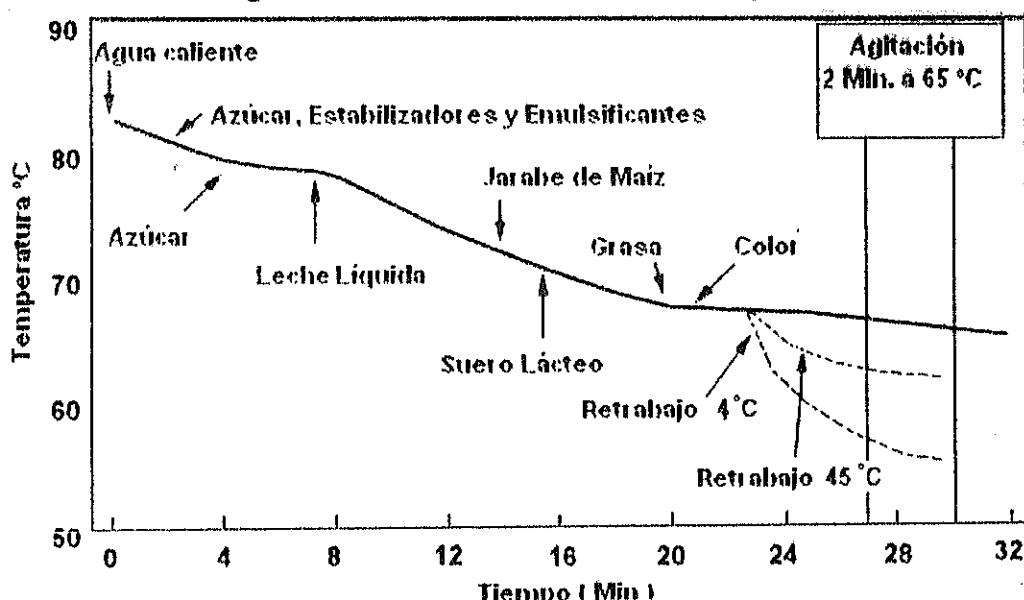
Otro punto fundamental, es que la secuencia de adición de los ingredientes sea respetada, este es un factor crítico, para lograr una calidad constante y para que la utilización de los ingredientes sea maximizada.

La secuencia de adición al tanque de mezcla, que garantiza las características del producto terminado, es de la siguiente manera:

- a. Agua caliente
- b. Azúcares y/o edulcorantes
- c. Estabilizantes y/o emulsificantes
- d. Leche y/o derivados lácteos
- e. Jarabe de glucosa
- f. Suero de leche
- g. Grasas
- h. Colorantes y saborizantes (esencias)
- i. Retrabajo



**Figura I : Secuencia de Adición de Ingredientes**



El agua que se añade al mezclador, como primer ingrediente, funciona como medio para la disolución de los demás ingredientes y para que el agitador pueda funcionar. La temperatura a la que ingresa el agua al mezclador, es crítica, mínimo de 65 °C, ya que ésta determina la temperatura final de la mezcla.

El agua deberá ser dosificada al tanque de mezcla por medio de una bomba de manera automática.

El azúcar y/o edulcorantes, son el segundo ingrediente a añadir.

Los **estabilizantes y emulsionantes** que se adicionan de forma manual, deben ser mezclados con una parte de azúcar (50% azúcar + 50 % estabilizante y emulsionante) para lograr una dispersión completa. Esta mezcla de polvos con azúcar debe ser añadida al tanque de mezcla muy lentamente.

Cabe recalcar que el azúcar y el estabilizante con el emulsionante, pueden ser añadidos en conjunto, no es necesario un orden específico entre los tres ingredientes.

Los **derivados lácteos** no deberán ser agregados a temperaturas mayores de los 85 °C, de lo contrario la proteína de la leche puede verse afectada y producirse la precipitación de la misma. En caso de estar almacenados a 4 °C, se deberán someter a un precalentamiento en intercambiador de placa® hasta 60-65 °C.

El **jarabe de glucosa** debe ser añadido inmediatamente después, ya que esto reduce la temperatura y de una protección a las proteínas lácteas. Por otra parte, el suero en polvo o líquido, será añadido después de llevarse a cabo la mezcla en caliente, para minimizar el riesgo de desnaturalización de las proteínas.



En este punto la mezcla tiene ya las proteínas y los emulsificantes necesarios para estabilizar la emulsión, las **grasas y/o aceites**, deberán ser añadidas directamente sin previo calentamiento.

Ingredientes como los **colorantes y las esencias**, deberán ser añadidos en el punto en que todos los demás ingredientes estén añadidos. La mezcla en este punto estará cerca de los 65 °C y deberá estar bajo agitación durante, mínimo, 2 minutos. Luego de lo cual, la mezcla estará lista para ser homogenizada y pasteurizada.

#### **Homogenización y Pasteurización:**

Una vez que los ingredientes están completamente incorporados en la mezcla, empieza la segunda gran etapa: la homogenización y pasteurización.

En resumen, la mezcla pasa primero a un tanque balance para alimentar el intercambiador de calor, en donde la mezcla es pre-calentada hasta 65°C para preparar el producto para la siguiente etapa en el homogenizador, donde la mezcla adquiere un tamaño de partícula, específicamente de los glóbulos de grasa que en sinergia con el estabilizante y emulsificante, evitan que la grasa se separe en el producto final.



Una vez que el producto ha pasado por el homogenizador, está listo para ser pasteurizado en el tubo de retención a una temperatura de 80 °C con un tiempo de residencia de 25 segundos. Luego de lo cual la mezcla es pre – enfriada en la etapa de regeneración y posteriormente se enfriá hasta una temperatura máxima de 4 °C.

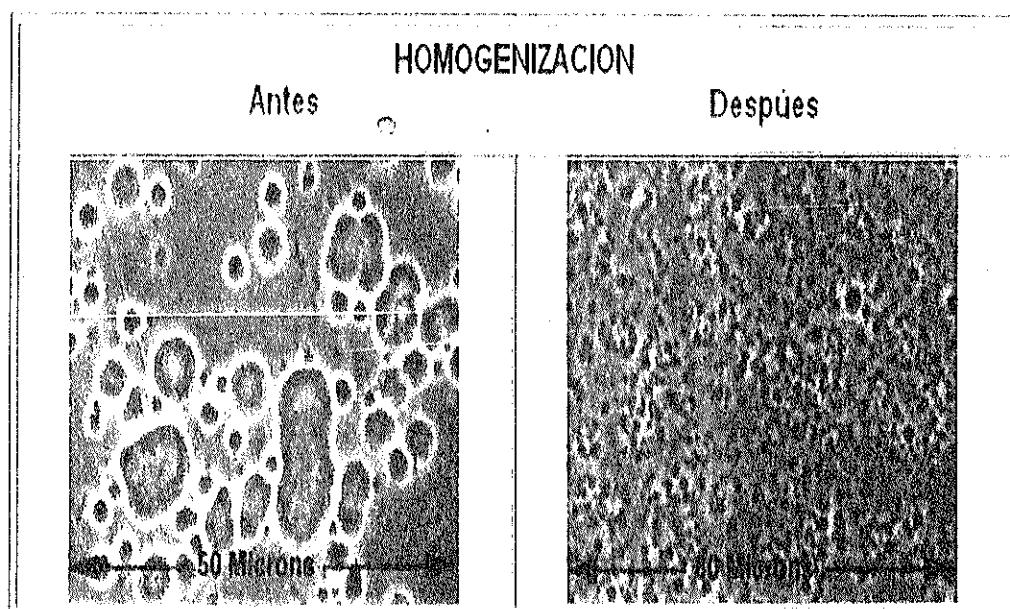
La homogenización – pasteurización, puede dividirse, por lo tanto en 4 secciones:

1. Regeneración: La mezcla que entra es precalentada en contracorriente con el producto que sale del tubo de retención.
2. Tubo de retención: Aquí se asegura que la temperatura que se alcanza es suficiente como para eliminar la carga microbiana y evitar poner en riesgo la salud del consumidor.
3. Homogenización: Todas las partículas del producto adquieren el mismo diámetro. Presiones entre 1500 – 2000 PSI. La calidad del helado puede mejorarse en múltiples formas por medio de la homogeneización.
4. Enfriamiento: El producto pre – enfriado en la etapa de regeneración, pasa a ser enfriado hasta los 4 °C.

Explicado de una mejor manera, el homogeneizador es una máquina que divide los glóbulos de grasa en partículas de tamaño uniforme y extremadamente pequeño. Cuando esto se ha conseguido, los

glóbulos no se separarán ni saldrán a la superficie, y será más fácil obtener un overrun. Las mezclas homogeneizadas tendrán mayor cuerpo y el helado resultante será de consistencia suave.

**Figura II:** Homogenización de la Mezcla.



Los homogenizadores son bombas de alta presión que inyectan la mezcla en las máquinas y la extraen nuevamente haciendo pasar a través de un mecanismo de válvulas, en las cuales los glóbulos gramos son divididos y dispersados.

La homogenización en el helado tiene varios objetivos:

- Distribución uniforme de la grasa, sin tendencia a separarse.
- Color más brillante y atractivo.



- Mayor resistencia a la oxidación, que produce olores y sabores desagradables en el helado.
- Mejor cuerpo y textura del producto final.

Luego se pasteuriza en un equipo de alta temperatura en corto tiempo (STHT) como hemos explicado anteriormente. Este punto es muy importante a controlar, ya que representa un riesgo microbiológico. Por esta razón al final del tubo de retención se encuentra un sensor con una válvula, en el momento que el sensor detecta que la temperatura mínima programada no es alcanzada, el sensor manda una señal para que la válvula se abra y recircule el producto al tanque de mezcla, esto garantiza la seguridad del proceso.

El diámetro del tubo de retención, así como su largo, son calculados para garantizar, con el flujo de la línea, el tiempo de residencia estipulado previamente.

Una vez pasteurizado y homogenizado, el producto pasa a la etapa de enfriamiento, donde la mezcla adquiere una temperatura de mínimo 4 °C. Este enfriamiento se lo hace rápidamente y comúnmente se enfria en un intercambiador de calor.

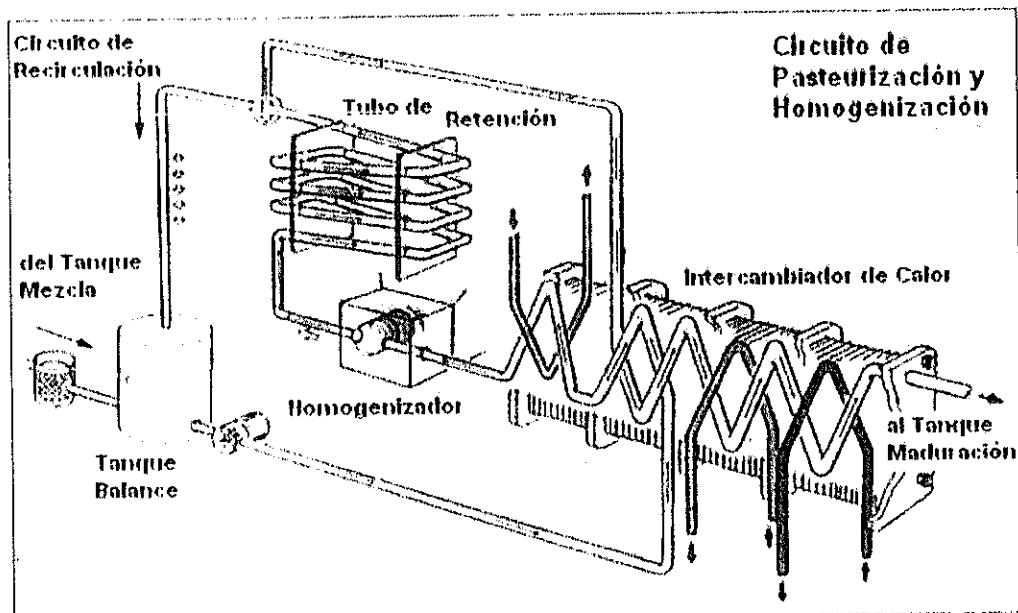
Posteriormente se procede a bombear la mezcla ya enfriada a 4 °C, a los tanques de maduración en donde se adquieren las condiciones adecuadas, como cuerpo y volumen.



En estos tanques la mezcla es mantenida bajo condiciones favorables de temperatura, en los cuales de acuerdo con programa a cumplir se adicionan los respectivos ingredientes como pulpa de frutas, esencias, colorantes, etc.

La adición de sabores, colorantes y/o purés, del tipo termosensibles, debe realizarse al final del enfriamiento, es decir cuando el producto ya halla sido sometido al tratamiento térmico. Esto garantizará la calidad de las materias primas sensibles al calor y por lo tanto también se mantendrá la calidad de la mezcla final.

**Figura III: Sistema de Pasteurización y Homogenización de Mezclas.**

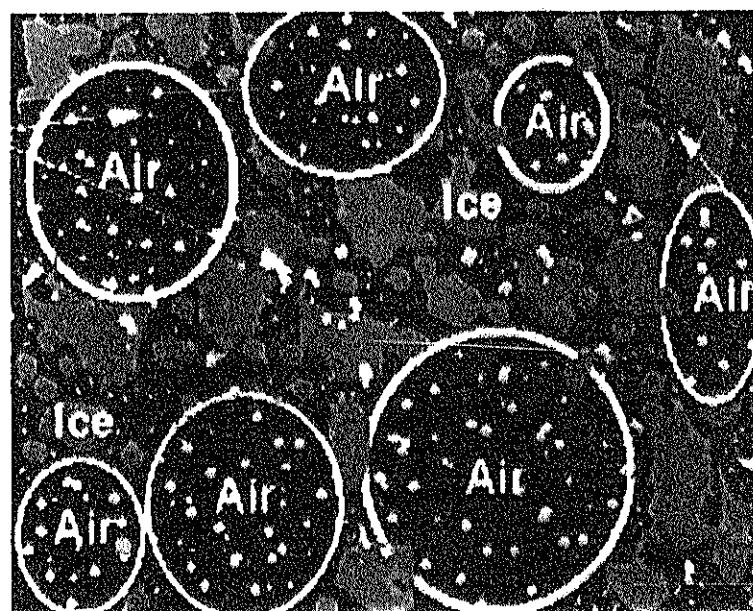


### Maduración

La maduración toma lugar en los tanques de maduración, donde el producto se mantiene durante 2 horas a 4 °C. En general el tiempo de maduración dependerá del tipo de helado que se fabrique, sin embargo en la mayoría de los casos y en el nuestro en particular, el tiempo de 2 horas es suficiente para garantizar la homogeneidad en la mezcla.

Figura IV: Maduración y Congelación de la Mezcla.

Grasa y  
Estabilizadores

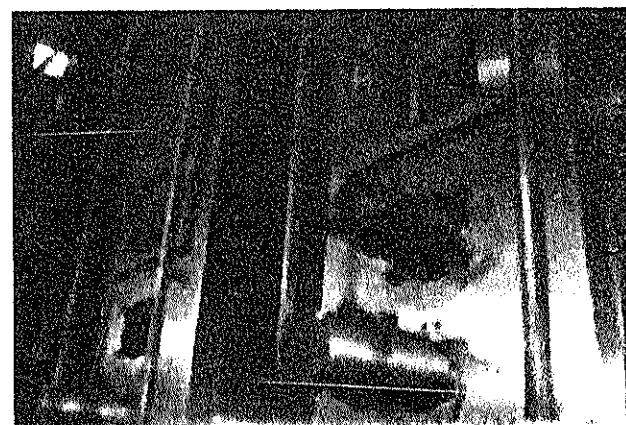


### Congelación:

La congelación consta de tres pasos esenciales que garantizarán la textura final del producto y son las siguientes:

- Intercambiador de calor de superficie raspada
- Aireador
- Texturizador

**Figura V: Freezer**



El congelamiento toma lugar en un **intercambiador de calor de superficie raspada**, utilizando, normalmente amoníaco como refrigerante. Aquí la temperatura alcanzada es de - 4 °C. Equipos con otro tipo de refrigerantes existen, pero son de menor capacidad.

Primero la mezcla es bombeada del tanque de maduración al cilindro del congelador donde se le inyecta aire. Los raspadores recogen el producto adherido a las paredes del equipo, donde se forman pequeños cristales de hielo, mismo que se dispersan en la mezcla de forma homogénea gracias a las aspas agitadoras del equipo.

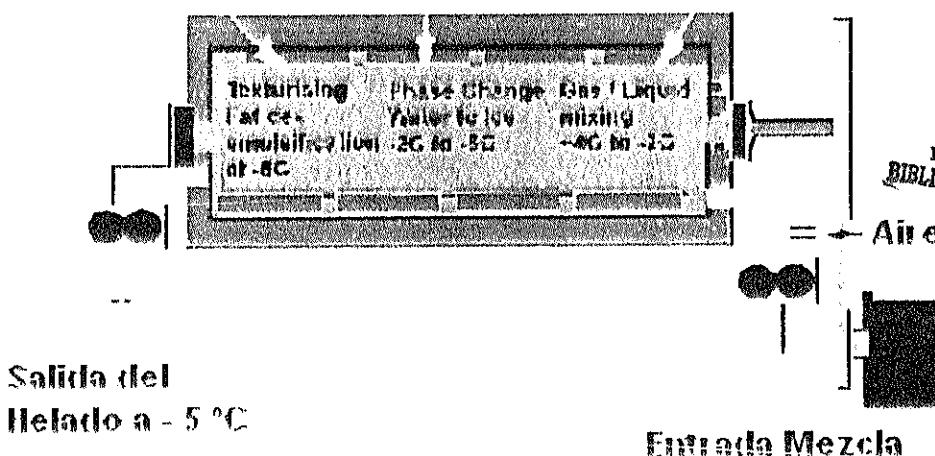
En esta etapa deben formarse la mayor cantidad de los cristales, ya que posteriormente, solo aumentan de tamaño. A medida que hay mayo número de cristales, menos será el tamaño de los mismos.



En el aireador se produce la inyección de aire, o también llamada aireación del producto. En este paso se inyecta aire al producto de forma que gane volumen. El porcentaje de aire o índice de aireación en la mezcla es llamado overrun.

**Figura VI: Batido, Congelación y Areado de la Mezcla.**

Gotas de Grasa      Incremento Viscosidad      Punto Congelación  
se adhieren al      Incorporación de Aire      del Líquido  
Aire



Luego se produce una mezcla del aire y el producto en el texturizador, lo que le otorga al producto una consistencia suave, esponjosa y cremosa.

En este punto del proceso, la mayoría de las partículas de grasa se solidifican y toman lugar las reacciones de desemulsificación, de las

cuales hemos hablado anteriormente. La tensión superficial se recude y se estabilizan las células de aire.

Una desemulsificación deficiente producirá un helado de baja calidad ya que se produce mayor resistencia para que el helado pueda fundirse. Por el contrario una desemulsificación, producirá un efecto "mantequilla" donde las partículas de grasa se aglomeran de forma muy compacta.

El producto está listo para ser envasado en las fundas de polietileno de alta densidad que a su vez se encuentran dentro de la caja de cartón. La temperatura de envasado es de - 5 °C máximo. Después de salir de la línea, el producto debe embalado con su respectivo lote y pasa a la cámara de cuarentena y y posteriormenta a la de almacenamiento.

#### **Sistema de Endurecimiento:**

El endurecimiento, como su nombre lo explica, tiene como objetivo, endurecer la mezcla que en este momento tiene una textura cremosa . Durante su manipulación puede subir la temperatura, lo que obviamente influye directamente sobre la calidad del producto terminado, ya que en estas pérdidas de temperatura el helado pierde las características ganadas en la homogenización y aireación, mismas que serán garantizadas por un adecuado e inmediato endurecimiento.

En el helado se encuentran un gran número de cristales de hielo, con un tamaño típico de 30 µm. Estos pequeños cristales, mantendrán la energía estática más estable, lo que realmente produce la estabilidad del producto final.

## 1.4 PRODUCTO TERMINADO

### Justificación del Producto

Hoy en día existen diversas razones por las cuales, miles de individuos no pueden consumir productos que tengan en su composición como ingrediente leche, esto incluye: productos derivados de la leche, bebidas saborizadas de leche, helados, leche de todo tipo (descremada, Semidescremada o entera) y en general cualquier mezcla con leche. Como sabemos, y se ha demostrado con muchos estudios; la leche es la mejor fuente de calcio, ya que tiene este elemento en proporciones (1.2 g/litro) un vaso de leche puede suplir un 30% de los requerimientos diarios de este mineral; y sobre todo la mayor ventaja es que el calcio de la leche tiene alta biodisponibilidad, es decir tiene un alto rendimiento de absorción.

A pesar de todas estas ventajas, la leche tiene un gran problema que es el contenido de lactosa. La lactosa es uno de los principales componentes de la leche, representa aproximadamente el 4,9 % vitamínico en leche de vaca y el 7 % en la humana. Es asimilada por el organismo a través de las vellosidades del intestino delgado.



Cuando hay pérdida de estas vellosidades, la lactosa no se absorbe, produciendo distensión abdominal, flatulencia, dolor, aumento de peristaltismo intestinal y diarrea. Este síndrome se conoce como "Intolerancia a la Lactosa".

Estudios realizados han demostrado que en todo el mundo el 70 % de la población es reconocida como mala absorbente de Lactosa o no tolerante a la Lactosa, estas personas pueden usualmente tomar solamente un vaso de leche al día, sin producir problemas en su organismo.

La Lactosa debe ser degradada en el intestino en sus dos monosacáridos : glucosa y galactosa , para así ser asimilada. Esta hidrólisis de la Lactosa es normalmente efectuada por la enzima Lactasa ( B-galactosidasa ) la cual es producida en el epitelio celular del intestino delgado.

Cuando la actividad de la Lactasa es muy baja, la Lactosa no digerida alcanza el colon donde se fermenta, provocando dolores abdominales y diarrea. Esto es lo que sucede en personas mal absorbentes o intolerantes a la Lactosa.

Existen ciertas poblaciones donde solo se ve afectado del 6 al 15 %, mientras que en China , Africa y América Latina el 80 al 90 % padece ese problema.

En el Ecuador se ha establecido que un 60% de los niños recién nacidos padecen de intolerancia a la lactosa, bien sea por haber nacido sin la enzima (lactasa) o por condiciones que así lo determinaron (estado nutricional del niño, de la madre, alimentación de la madre, etc.)

Este problema de la mala absorción de lactosa o no tolerancia de la misma puede ser solucionado si se hidroliza la mitad de la lactosa presente o un 80% de la misma, lo que legalmente corresponde a un producto bajo en lactosa que no altera el organismo de personas con este problema. Por lo tanto el helado como producto final deberá garantizar que tiene un 80% de reducción de la lactosa que originalmente estaba presente en la leche.

### **Descripción**

El producto terminado es un helado tipo Scooping, es decir para comprar en heladerías y servirse en el sitio. El vendedor deberá almacenar el producto en congelacion (a temperaturas por debajo de -18 °C)

La presentación consiste en una caja de cartón de capacidad 10 Lt. cm<sup>3</sup> Dentro de la caja, el producto terminado se encuentra separado del cartón por una funda de polietileno.



## Capítulo II

### 2. CALCULO TEÓRICO

Para poder realizar el **cálculo de la velocidad de congelación** que tendría nuestro producto en la cámara de almacenamiento debemos saber, primeramente, con cuánto aporta **caloríficamente** al sistema una determinada cantidad de este producto y como influyen el resto de productos que en esta cámara se almacenan, sobre el aporte calorífico total.

Para poder realizar el **Cálculo del Aporte Calorífico Total** se debe realizar lo siguiente:

- Identificar todos los productos que entran a formar parte de la cadena de producción y almacenamiento, incluyendo al Helado Deslactosado.
- Determinar la cantidad en la que estos productos son almacenados.
- Calcular el Aporte Calorífico para cada uno de ellos, incluyendo su material de empaque o embalaje.
- Calcular el Aporte Calorífico Externo.

### Aporte Calorífico Interno

El Aporte Calorífico Interno se calcula en función de:

- Aporte Calorífico del Producto.
- Aporte Calorífico del Embalaje y de los Materiales de Transporte.

La primera carga que se contabiliza se refiere al enfriamiento del **Producto** que se introduce en la cámara, y se refiere a la cantidad de calor que se necesita extraer para el enfriamiento del producto desde una temperatura a otra.

En el caso particular de los helados, la congelación de los productos ha comenzado a partir del Freezer, es decir, que lo que se realizará en la cámara de almacenamiento es un "endurecimiento" o "congelación" hasta bajar la temperatura a – 18 °C, con lo que se lograría llegar a lo mínimo requerido para el almacenamiento adecuado de los productos.

Como se dijo anteriormente, el resto de productos influyen directamente en el **Aporte Calorífico Interno**, por lo que se presentará a continuación una distribución de los mismos de acuerdo a las cantidades en las que son almacenados regularmente y una breve descripción de los mismos.

- **Capacidad de Almacenamiento de la Cámara: 600 U.E.**

**TABLA I**

Características Producto	% en Cámara	Kg unidad Empaque	Cp Empaque kJ / kg °C	Unidades x U.E.	# U.E.
<b>½ Litro:</b> Producto envasado en Tarrina de Poliestireno <b>500 cm<sup>3</sup></b>	15	0,019	1,21	1728	90
<b>Litro:</b> Producto envasado en Tarrina de Poliestireno <b>1000 cm<sup>3</sup></b>	20	0,027	1,21	952	120
<b>Estándar:</b> Unidades Empacadas en Caja de Cartón	55	0,213	1,88	150	330
<b>10 Litros:</b> Producto envasado en Caja de Cartón	9	0,228	1,88	100	54
<b>10 LitrosDeslactosado:</b> Producto envasado en Caja de Cartón	1	0,228	1,88	100	6
<b>Bases de U.E:</b> Bases de madera para estiba	100	20	2,72	1	600

El Porcentaje de Almacenamiento fue fijado de acuerdo a una producción normal y, regularmente, se tiene esta cantidad de U.E. por producto en cámara. No obstante, si el mercado así lo solicita, estas cantidades pueden variar por lo que se tendrían que modificar los factores de masa de producto y de empaque para poder tener un cálculo real.

A continuación se presenta información de los productos, que ayudará al cálculo del Aporte Calorífico Interno:

TABLA II

Productos	Kg unidad Producto	Tipo de Crema	Punto de Congelación °C	Cp Producto kJ / kg °C
½ Litro	0,27	Clásica	-2,18	1,7
Litro	0,54			
Estándar	2,5			
10 Litros	5,4	Premiun	-2,18	1,62
10 Litros Deslactosado	5,4	Premiun	-1,7	1,62



## Aporte Calorífico Externo

Para la determinación de las cargas que afectan externamente a la instalación frigorífica debe hacerse un desglose de los diversos factores que sobre estas inciden, teniendo lo siguiente:

- Aporte Calorífico de las Paredes, Piso y techo.
- Aporte Calorífico de Renovación ( Aire )
- Aporte Calorífico del Personal
- Aporte Calorífico de la Iluminación
- Aporte Calorífico de los Motores.

### 2.1 Fórmulas

A continuación se describen detalladamente las fórmulas empleadas para realizar el **Cálculo de la Carga Frigorífica** de nuestra cámara y también se detallarán las fórmulas utilizadas en la **Determinación de la Velocidad de Congelación del Helado Deslactosado**:

### Aporte Interno

#### • Aporte Calorífico del Producto

<p>• <b>½ Litro</b></p> <p><math>m_1 = 41.990,4 \text{ Kg}</math></p> <p><math>t_i = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{cong}} = 1,7 \text{ kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_1 = m \cdot Cp_{\text{cong}} \cdot (t_i - t_f)</math></p>	<p>• <b>Valores tomados de Tablas I y II</b></p> <p><math>m_1 = \text{Masa neta de Producto}</math></p> <p><math>m_1 = 0,27 \text{ kg} \times 90 \text{ U.E} \times 1728 \text{ unid.}</math></p> <p><math>t_i = \text{Temperatura Inicial }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = \text{Temperatura Final }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{cong}} = \text{Calor Específico Producto kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_1 = 1.284.906,1 \text{ kJ}</math></p>
---	---

<p>• <b>Empaque ½ Litro</b></p> <p><math>m_2 = 2.954,8 \text{ Kg}</math></p> <p><math>t_i = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{Pollest}} = 1,21 \text{ kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_2 = m \cdot Cp_{\text{Pollest}} \cdot (t_i - t_f)</math></p>	<p><b>Tarrina de Poliestireno</b></p> <p><math>m_2 = \text{Masa neta de Empaque}</math></p> <p><math>m_2 = 0,019 \text{ kg} \times 90 \text{ U.E} \times 1728 \text{ unid.}</math></p> <p><math>t_i = \text{Temperatura Inicial }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = \text{Temperatura Final }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{Pollest}} = \text{Calor Específico Empaque kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_2 = 110.837,4 \text{ kJ}</math></p>
--	--

• 1 Litro $m_3 = 61.689 \text{ Kg}$ $t_i = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $Cp_{\text{cong}} = 1,7 \text{ kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$ $Q_3 = m \cdot Cp_{\text{cong}} \cdot (t_i - t_f)$	• Valores tomados de Tablas I, II $m_3 = \text{Masa neta de Producto}$ $m_3 = 0,54 \text{ kg} \times 120 \text{ U.E} \times 952 \text{ unid.}$ $t_i = \text{Temperatura Inicial } ^{\circ}\text{C}$ $t_f = \text{Temperatura Final } ^{\circ}\text{C}$ $Cp_{\text{cong}} = \text{Calor Específico Producto kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$ $Q_3 = 1.887.701,6 \text{ kJ}$
---	---

• Empaque 1 Litro $m_4 = 3084,4 \text{ Kg}$ $Cp_{\text{Pollest.}} = 1,21 \text{ kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$ $t_i = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $Q_4 = m \cdot Cp_{\text{Pollest.}} \cdot (t_i - t_f)$	Tarrina de Poliestireno $m_4 = \text{Masa neta de Empaque}$ $m_4 = 0,027 \text{ kg} \times 120 \text{ U.E} \times 952 \text{ unid.}$ $t_i = \text{Temperatura Inicial } ^{\circ}\text{C}$ $t_f = \text{Temperatura Final } ^{\circ}\text{C}$ $Cp_{\text{Pollest.}} = \text{Calor Específico Empaque kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$ $Q_4 = 115.698,7 \text{ kJ}$
---	--



• Estándar	• Valores tomados de Tablas I, II
$m_5 = 123.750 \text{ Kg}$	$m_5 = \text{Masa neta de Producto}$
$t_i = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$m_5 = 2,5 \text{ kg} \times 330 \text{ U.E} \times 150 \text{ unid.}$
$t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_i = \text{Temperatura Inicial } ^{\circ}\text{C}$
$Cp_{\text{cong}} = 1,7 \text{ kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$	$t_f = \text{Temperatura Final } ^{\circ}\text{C}$
$Q_5 = m \text{ } Cp_{\text{cong}} (t_i - t_f)$	$Cp_{\text{cong}} = \text{Calor Específico Producto kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$
	$Q_5 = 1.683.000 \text{ kJ}$

• Empaque	Caja de Cartón
	$m_6 = \text{Masa neta de Empaque}$
$m_6 = 10.543,5 \text{ Kg}$	$m_6 = 0,213 \text{ kg} \times 330 \text{ U.E} \times 150 \text{ unid.}$
$t_i = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_i = \text{Temperatura Inicial } ^{\circ}\text{C}$
$t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_f = \text{Temperatura Final } ^{\circ}\text{C}$
$Cp_{\text{Cartón}} = 1,88 \text{ kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$	$Cp_{\text{Cartón}} = \text{Calor Específico Empaque kJ / kg } ^{\circ}\text{C}$
$Q_6 = m \text{ } Cp_{\text{Cartón}} (t_a - t_o)$	$Q_6 = 614.475,1 \text{ kJ}$

<p>• 10 Litros</p> <p><math>m_7 = 29.160 \text{ Kg}</math></p> <p><math>t_i = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{cong}} = 1,62 \text{ kJ / kg } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_7 = m \cdot Cp_{\text{cong}} \cdot (t_i - t_f)</math></p>	<p>• Valores tomados de Tablas I, II</p> <p><math>m_7 = \text{Masa neta de Producto}</math></p> <p><math>m_7 = 5,4 \text{ kg} \times 54 \text{ U.E} \times 100 \text{ unid.}</math></p> <p><math>t_i = \text{Temperatura Inicial } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = \text{Temperatura Final } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{cong}} = \text{Calor Específico Producto kJ / kg } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_7 = 850.305,6 \text{ kJ}</math></p>
--	--

<p>• Empaque 10 Lt</p> <p><math>m_8 = 1.231,2 \text{ Kg}</math></p> <p><math>t_i = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{Cartón}} = 1,88 \text{ kJ / kg } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_8 = m \cdot Cp_{\text{Cartón}} \cdot (t_i - t_f)</math></p>	<p>Caja de Cartón</p> <p><math>m_8 = \text{Masa neta de Empaque}</math></p> <p><math>m_8 = 0,228 \text{ kg} \times 54 \text{ U.E} \times 100 \text{ unid.}</math></p> <p><math>t_i = \text{Temperatura Inicial } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = \text{Temperatura Final } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{Cartón}} = \text{Calor Específico Empaque kJ / kg } ^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Q_8 = 71.754,3 \text{ kJ}</math></p>
--	--



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslactosado</li> </ul> <p><math>m_9 = 3,240 \text{ Kg}</math></p> <p><math>t_i = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{cong}} = 1,62 \text{ kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores tomados de Tablas I, II</li> </ul> <p><math>m_9 = \text{Masa neta de Producto}</math></p> <p><math>m_9 = 5,4 \text{ kg} \times 6 \text{ U.E} \times 100 \text{ unid.}</math></p> <p><math>t_i = \text{Temperatura Inicial }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = \text{Temperatura Final }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{cong}} = \text{Calor Específico Producto kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p>
$Q_9 = m \cdot Cp_{\text{cong}} \cdot (t_i - t_f)$	$Q_9 = 94.478 \text{ kJ}$

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empaque 10 Lt</li> </ul> <p><math>m_{10} = 136,8 \text{ Kg}</math></p> <p><math>t_i = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{Cartón}} = 1,88 \text{ kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p>	<p><b>Caja de Cartón</b></p> <p><math>m_{10} = \text{Masa neta de Empaque}</math></p> <p><math>m_{10} = 0,228 \text{ kg} \times 6 \text{ U.E} \times 100 \text{ unid.}</math></p> <p><math>t_i = \text{Temperatura Inicial }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_f = \text{Temperatura Final }^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>Cp_{\text{Cartón}} = \text{Calor Específico Empaque kJ / kg }^{\circ}\text{C}</math></p>
$Q_{10} = m \cdot Cp_{\text{Cartón}} \cdot (t_i - t_f)$	$Q_{10} = 7.972,7 \text{ kJ}$

• Aporte Calorífico de los Materiales de Transporte

• Base U.E	Base de Madera
	$m_{11}$ = Masa neta de Base de U.E
$m_{11} = 12.000 \text{ Kg}$	$m_{11} = 20 \text{ kg} \times 600 \text{ U.E}$
$t_i = 8^\circ\text{C}$	$t_i = \text{Temperatura Inicial } ^\circ\text{C}$
$t_f = -23^\circ\text{C}$	$t_f = \text{Temperatura Final } ^\circ\text{C}$
$Cp_{\text{madera}} = 2,72 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$	$Cp_{\text{Cartón}} = \text{Calor Específico de Base kJ / kg } ^\circ\text{C}$
$Q_{11} = m \ Cp_{\text{madera}} (t_f - t_i)$	$Q_{11} = 1'011.840 \text{ kJ}$

Aporte Externo

• Aporte Calórico de la Cámara

$$Q_{12} = U S (t_{ma} - t_{cam})$$

1

$$U = \dots$$

$$1/h_1 + (\Sigma x/k) + 1/h_o$$

$U$  = Coeficiente Global de Transferencia de Calor.

$$h_1 = 6,8 + 0,85 \cdot v$$

donde, para  $h_1$ ,  $v = 0,3 \text{ m/s}$

$$\text{Entonces: } h_1 = 0,0089 \text{ kW / m}^2\text{°C}$$

$x$  = Espesor del material

$K$  = Conductividad Térmica del material

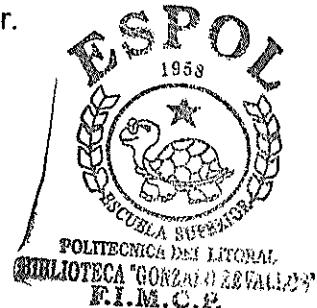


Tabla III : Composición de la Pared de la Cámara

Material	Espesor (m)	K (kW / m °C)
Cemento	0,025	0,0009304
Ladrillo	0,20	0,00078
Cemento	0,015	0,0009304
Poliuretano	0,150	0,000019
Plancha Galvanizada	0,001	0,01279

$$h_o = 0,3 + 1,5 \cdot v$$

donde, para  $h_o$ ,  $v = 0,05 \text{ m/s}$

$$\text{Entonces: } h_o = 0,0125 \text{ kW / m}^2\text{°C}$$

$$S = 200 \text{ m}^2$$

$$t_{ma} = 18 \text{ °C}$$

$$t_{cam} = -30 \text{ °C}$$

$$Q_{12} = 2'501.890,5 \text{ kJ}$$

### Aporte Calórico del Personal

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal</li> </ul>	
$N_p = 4$	$N_p = \text{Número de Personas}$
$T = 43.200 \text{ s}$	$T = \# \text{ Horas de trabajo}$
$Q_q = 420 \text{ J / s}$	$Q_q = \text{Potencia Desprendida por Personal}$
$Q_{13} = N_p T Q_q$	$Q_{13} = 72.576 \text{ kJ}$

### Aporte Calorífico de la Iluminación

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> </ul>	
$P = 40 \text{ J / s}$	$P = \text{Potencia de Iluminación}$
$T = 43.200 \text{ s}$	$T = \# \text{ Horas de Iluminación}$
18 lámparas con 2 bornbillas	
$Q_{14} = P T$	$Q_{14} = 62.208 \text{ kJ}$



### Aporte Calorífico de Renovación de Aire

Renovación Aire	
$N = 70 / ( V )^k$	
$V = 3.200 \text{ m}^3$	$N = \# \text{ de Renovaciones Diarias}$
$N = 1,23$	$V = \text{Volumen de la Cámara m}^3$
$\rho_{\text{aire}} = 0,39 \text{ kg / m}^3$	$\rho_{\text{aire}} = \text{Densidad del Aire kg / m}^3$
$Cp_{\text{aire}} = 1 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$	$Cp_{\text{aire}} = \text{Calor Específico kJ / kg } ^\circ\text{C}$
$t_a = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_a = \text{Temperatura Antecámara } ^\circ\text{C}$
$t_c = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_c = \text{Temperatura Cámara } ^\circ\text{C}$
$Q_{15} = N V_{\text{aire}} \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot Cp_{\text{aire}} ( t_a - t_c )$	$Q_{15} = 58.331 \text{ kJ}$

### Aporte Calorífico de los Motores:

$Q_{16} = 10 \% \text{ del Aporte Calorífico Total}$

$$Q_{16} = 1.042.797,5 \text{ kJ}$$



$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} \\ + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15}$$

$$Q_T = 10.427.975 \text{ kJ}$$

**Aporte Calorifico Total:**

$$Q_T' = Q_T + Q_{16}$$



$$Q_T' = 11.470.772,5 \text{ kJ}$$

## 2.2 Determinación Teórica de la Velocidad de Congelación

Como es sabido, en la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de helados, la velocidad de congelación determina la estructura macroscópica del producto congelado., especialmente porque una alta velocidad de congelación va a originar una capa cristalina más pequeña.

Para nuestro producto en estudio, procederemos a calcular primeramente el tiempo que nos toma llegar, desde la temperatura a la que ingresa el producto a la cámara hasta la mínima temperatura óptima de almacenamiento.

Al tener en consideración que nuestro medio de transporte es la Unidad de Estiba, debemos tener esta misma consideración para el cálculo del tiempo de congelación o endurecimiento, es decir, que el cálculo a continuación se basa en las dimensiones de la Unidad de Estiba con producto.

Entonces, considerando que:

$$\theta_a = t_a - t_0 = -5^\circ\text{C} - (-30^\circ\text{C}) = 25^\circ\text{C}$$

$$\theta_k = t_k - t_0 = -23^\circ\text{C} - (-30^\circ\text{C}) = 7^\circ\text{C}$$

X = 0,5 m

$$Y = 0,6 \text{ m}$$

$$Z = 0,75 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,3838 \text{ kCal / m h } ^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0,389 \text{ kCal / Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho = 540 \text{ kg/m}^3$$

$$a = \lambda / C_{pp}$$

Entonces:  $a = 1,827 \times 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{h}$

$$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z = 7,718 \text{ kcal / m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

El tiempo de Endurecimiento  $\tau_k$ , hasta alcanzar en la mitad de la U.E ( $x = 0, y = 0, z = 0$ ) la temperatura  $\theta_k$  es aquí, según la metodología descrita por R. Plank:

$$\chi^2 = \ln(-\theta_a/\theta_k) + \ln C_1 + \ln C_2 + \ln C_3$$

$$\tau_k = 61,1 \text{ h}$$

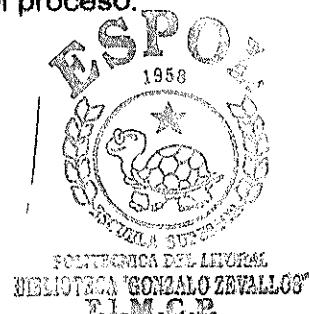
Conjuntamente, para el cálculo del tiempo de endurecimiento se ha considerado el estado transiente ( con la finalidad de comparar ) donde se establece el ejemplo de un cuerpo que se sumerge en una solución a diferentes temperaturas. El cuerpo tiene una temperatura  $T_0$  y el medio una temperatura  $T_\infty$ , en nuestro caso el cuerpo es la U.E de producto y el medio, la cámara.

Una consideración muy importante a tomarse en cuenta es que se asume que la temperatura en el sólido es espacialmente uniforme, en cada instante del proceso transiente.

Lo primero que se debe calcular en cualquier caso es el número de Biot y a su vez su inverso. Luego de lo cual debemos proceder con el cálculo de  $\alpha$ , que considera las características básicas del cuerpo a enfriar, estas son: la densidad, la conductividad térmica y el coeficiente de calor por convección.

Una vez obtenido el valor de  $\alpha$ , se reemplaza en la ecuación de Fourier, para luego despejar el tiempo.

Otra ecuación que se debe resolver es la de la relación  $\theta$  que emplea todas las temperaturas involucradas en el proceso.



Con  $Bi^{-1}$  y el valor de  $0_{\circ}^*$  se observa el valor de  $Fo$  en el grafico para paredes planas. El valor de  $Fo$  se reemplaza en la fórmula y se obtiene el tiempo de endurecimiento.

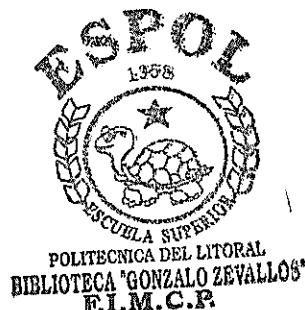
Es importante recalcar que el valor que nos interesa calcular es el tiempo de endurecimiento, es decir, el tiempo en el cual el centro geométrico de la U.E , llegará a la temperatura deseada.

Entonces, considerando que:

$$\theta = T - T_{\infty}$$

$$\theta_i = T_i - T_{\infty}$$

$$\theta_{\circ}^* = \theta / \theta_i$$



$$Bi = h L / k$$

$$\alpha = k / Cp \gamma \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$Fo = \alpha t / L^2$$

$$t = 61,5 \text{ h}$$

## Capítulo III

### 3. EXPERIMENTO PRÁCTICO

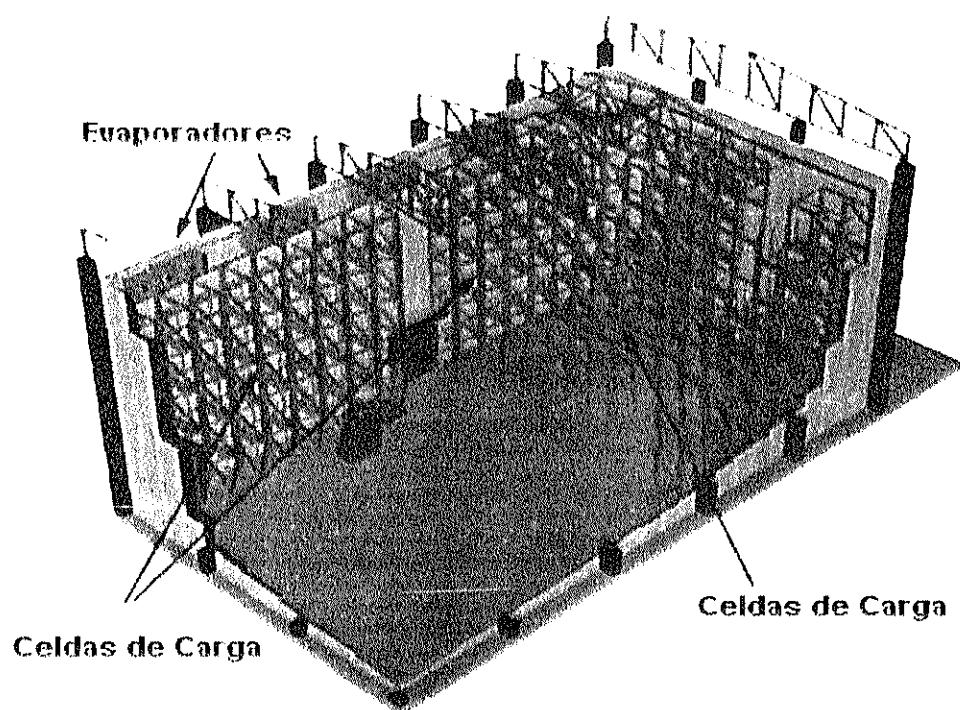
Las pruebas experimentales para la determinación de la velocidad de congelación del helado deslactosado fueron realizadas dentro de una cámara de almacenamiento congelado tipo industrial. Más adelante tendremos una descripción detallada de las principales características de esta instalación.

En este tipo de cámaras, el almacenamiento se lo realiza en U.E. Este conjunto de almacenamiento y transporte ( U.E ) de Producto Terminado está compuesto a su vez por unidades independientes de producto, que en este caso, son los cartones de helado deslactosado.

### 3.1 Condiciones del Experimento

El experimento fue llevado a cabo en una cámara industrial existente, diseñada para almacenar helados de todos los tipos hasta alcanzar su punto óptimo de endurecimiento.

**Figura VII:** Diagrama de la Cámara de Endurecimiento



Para el caso específico de el producto en desarrollo, el helado deslactosado, se simularon todas las actividades previstas en la fábrica como normales, mismas que a su vez, fueron consideradas en el cálculo teórico. Esto es: horarios de producción, personal que trabaja en las precámaras y cámara de endurecimiento, iluminación real de la cámara, etc.

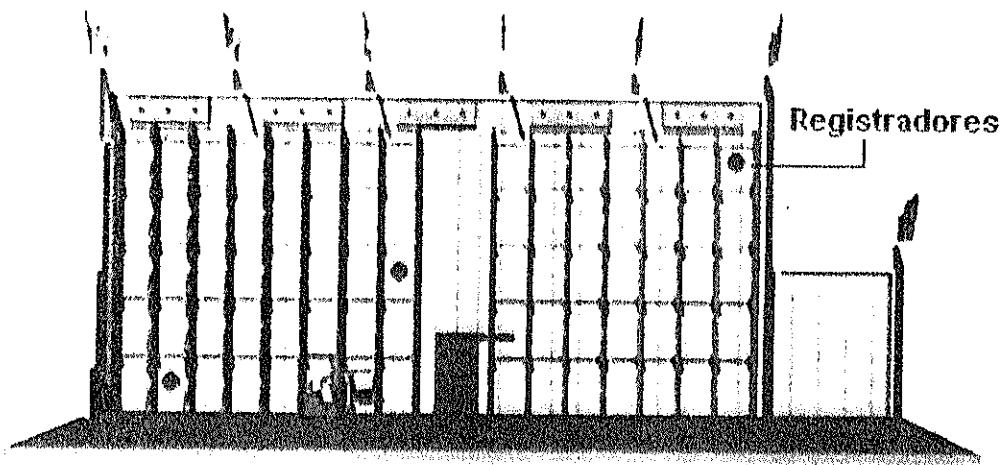
La condición más importante para este experimento fue la temperatura de la cámara, por esta razón se trató de establecer el punto caliente de la misma. Para ese fin se colocaron diferentes sensores de temperatura durante 5 días normales de trabajo, para que se lograran registrar la mayor cantidad de datos con las condiciones del experimento.

La ubicación de las muestras se puede ver más precisamente en el diagrama de la cámara en los anexos .Los dispositivos registradores se colocaron de la siguiente manera:

Registrador	Percha	Ubicación
1	4	Superior
2	4	Medio
3	4	Inferior
4	3	Superior
5	1	Inferior
6	2	Medio
7	3	Inferior



**Figura VIII:** Diagrama de la Ubicación de Sensores



**Figura IX:** Lectura Registrador # 1

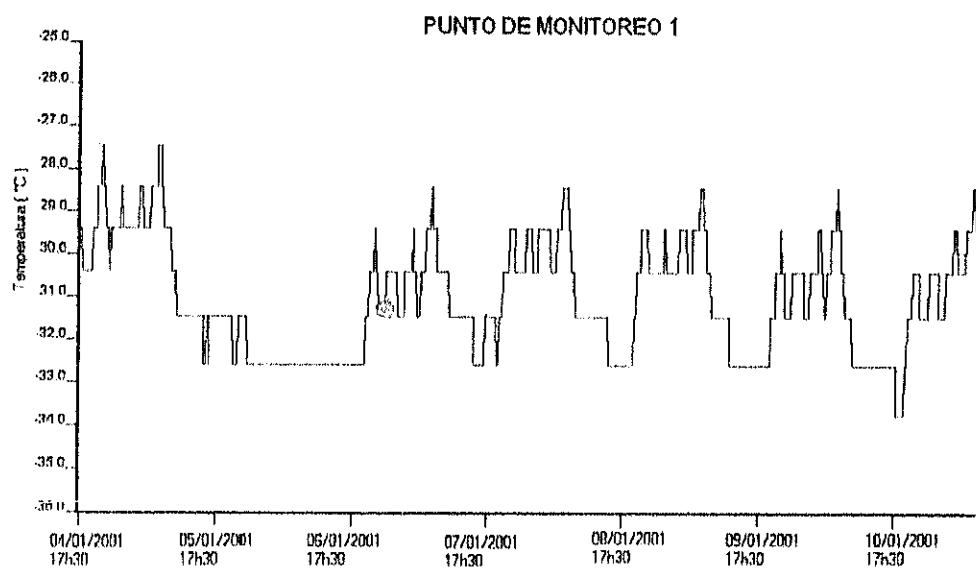


Figura X: Lectura Registrador # 2

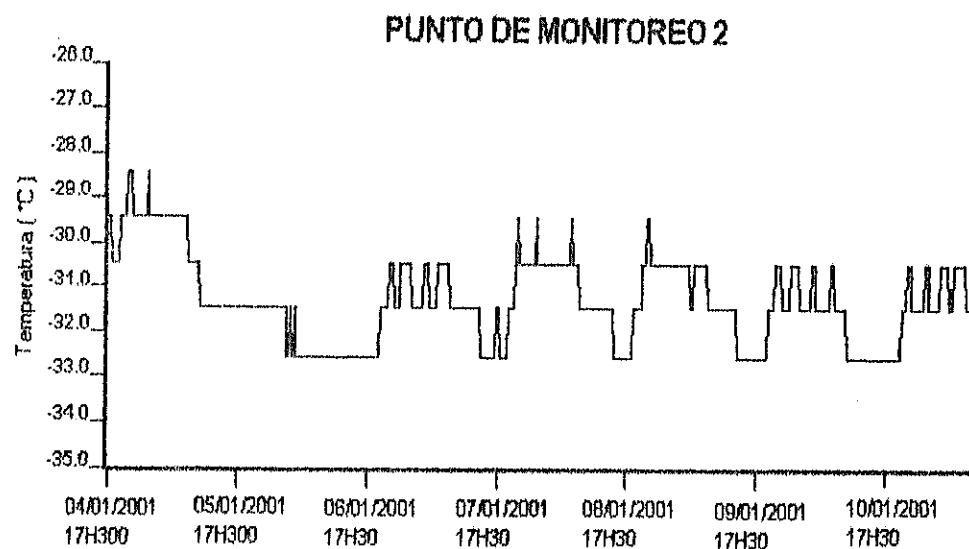


Figura XI: Lectura Registrador # 3

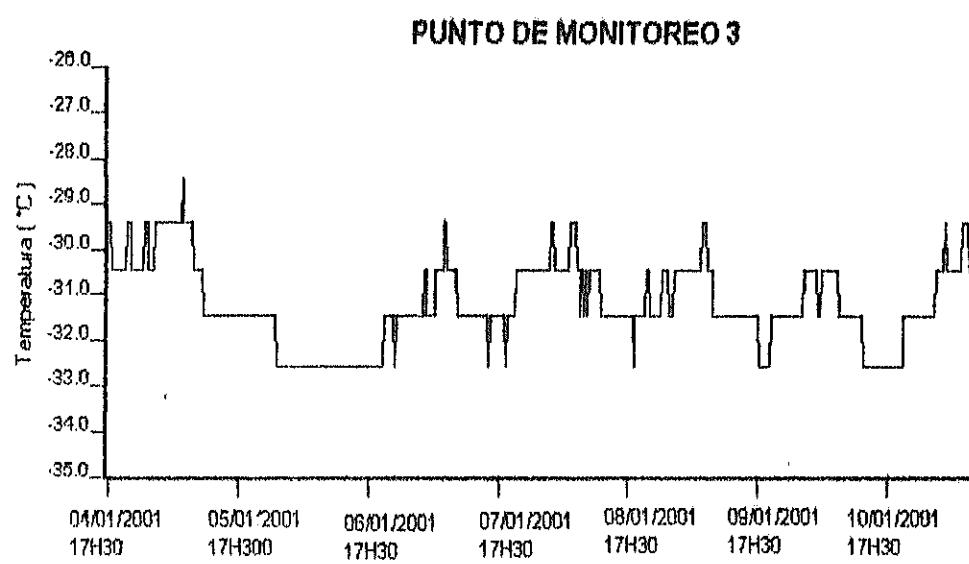


Figura XII: Lectura Registrador # 4

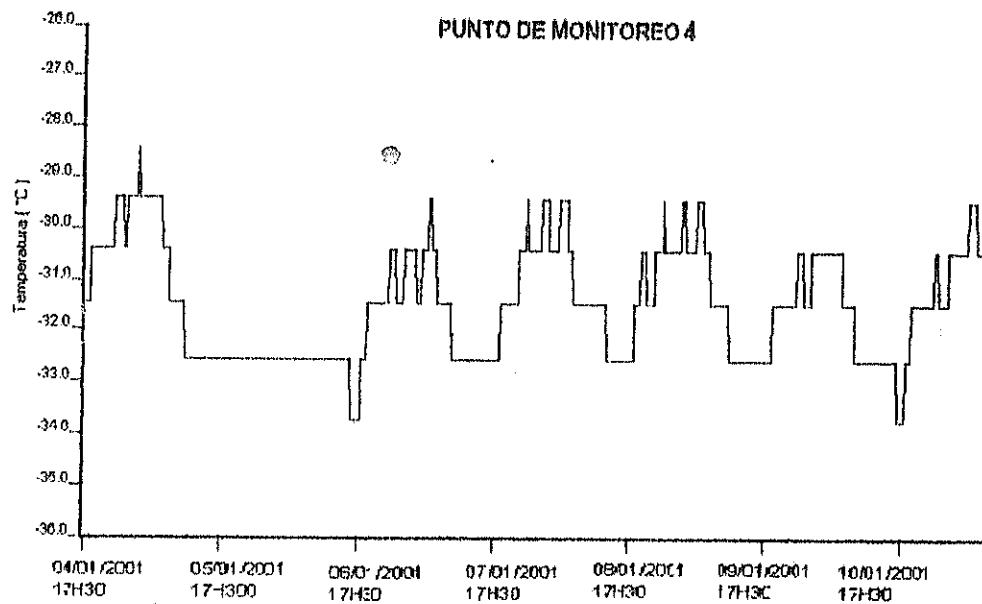


Figura XIII: Lectura Registrador # 5

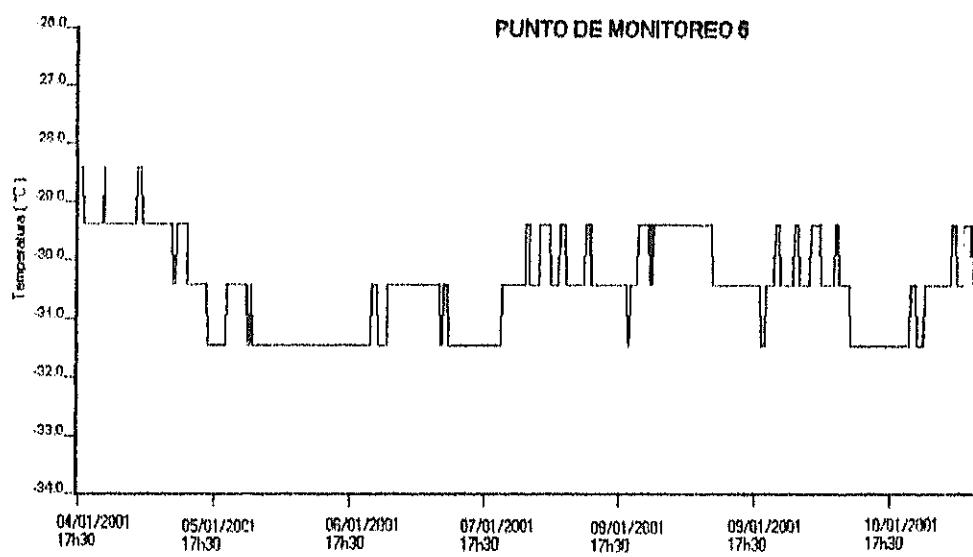


Figura XIV: Lectura Registrador # 6

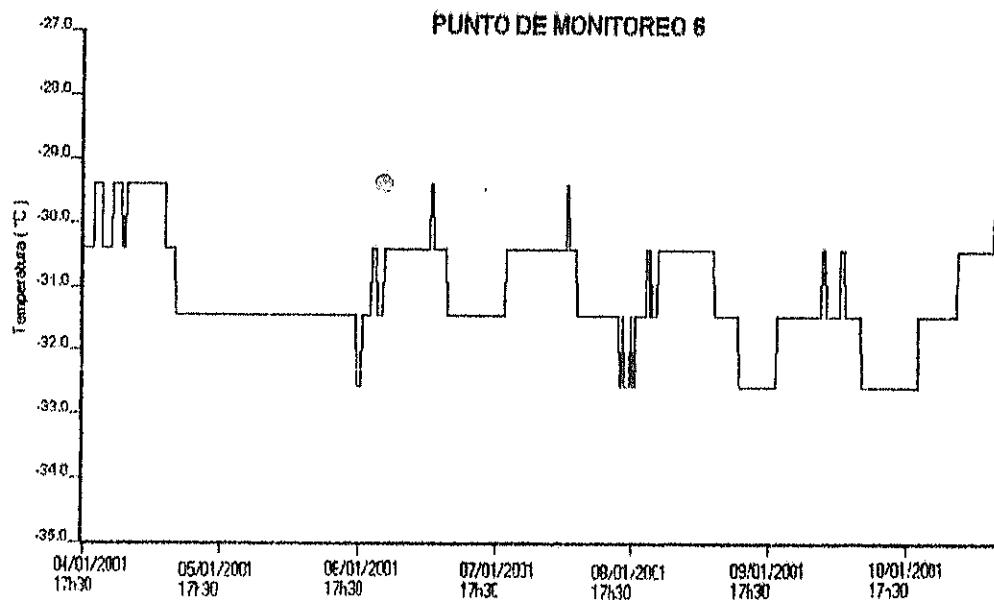
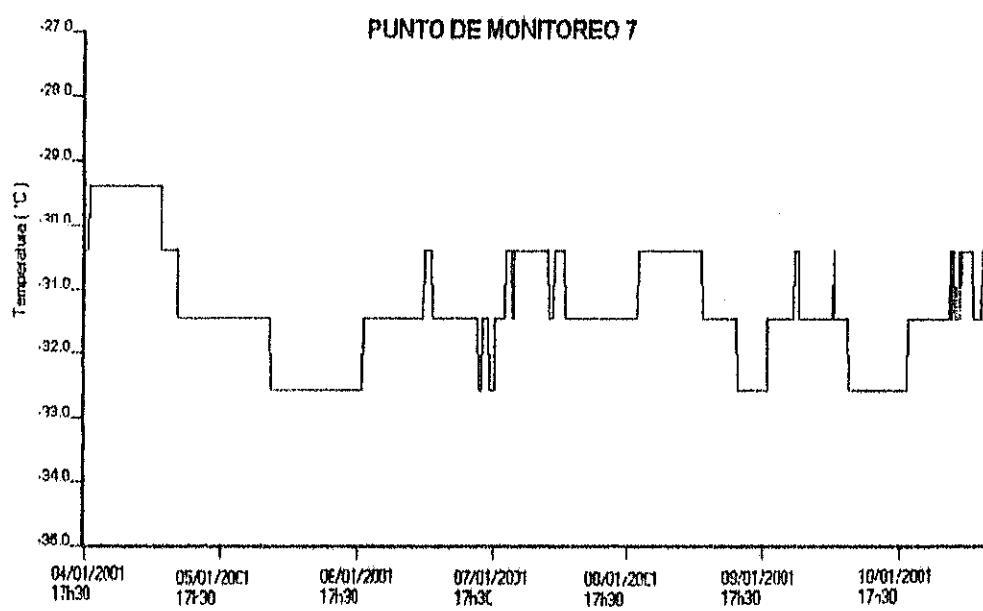


Figura XV: Lectura Registrador # 7



Los resultados fueron muy favorables ya que se pudo concluir que la temperatura de la cámara en toda su área es de – 30 °C y no varía sino solo 2 – 3 grados en todos los puntos de monitoreo. Por lo tanto se puede considerar homogénea la temperatura para toda la cámara.

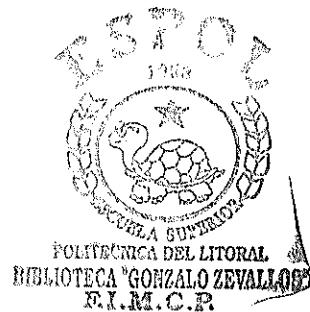
### Preparación de la Muestra

Lo primero que se debe tener para la base de este producto es la leche deslactosada. Para ello el experimento se llevó a cabo desde la fabricación de la muestra. A continuación describiremos la materia prima principal en el proceso enzimático y el proceso en si.

### Enzima

Para la elaboración de helados deslactosados, lo principal es tener la materia prima lista para el proceso: la leche deslactosada. Este proceso se logra a través de la acción de la lactasa ( $\beta$ -galactosidasa) la misma que se puede obtener a partir de la extracción de la enzima de diferentes microorganismos, como son: Mohos, levaduras y bacterias.

Estos enzimas son liofilizados o disueltos y mantenidos en suspensión para su posterior utilización en la leche.



La hidrólisis enzimática se puede realizar en leche fresca o reconstituida, en el caso de los helados se realiza la hidrólisis con leche reconstituida, ya que normalmente se emplea leche en polvo. Debe quedar claro entonces que antes de cualquier acción, lo primero es deslactosar la leche.

#### Especificaciones de la enzima:

Durante el experimento se mantuvieron y controlaron las siguientes condiciones:

- Estabilidad : es estable a - 20 °C por 6 meses
- Peso molecular : aproximadamente 500000 dalton
- pH óptimo: 6.5
- Temperatura óptima : 48 °C
- Estabilidad al pH: 6.5 - 8 (40 °C , 5 horas)
- Termoestabilidad : por debajo de 40 °C (pH 7.0 , 6 horas)
- Inactivación: puede ser inactivada por EDTA hasta -20 °C
- Definición de actividad enzimática: 1 unidad hidroliza 1  $\mu$ mol de o-nitrofenil-B-D galacto-piranósido por minuto a 25 °C y pH 7.5

### Aplicaciones:

- Para lograr el grado de hidrólisis deseado se requiere seleccionar la dosis de enzima , el tiempo de reacción , manteniéndose a pH 6.5 y 7.5
- El grado de hidrólisis se determina mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y se define como:

$$GH = \frac{\text{GLUCOSA} + \text{GALACTOSA}}{\text{LACTOSA}} \times 100$$

- La velocidad de reacción es determinada por el incremento en la absorbancia a 405 nm resultando de la hidrólisis de O-nitrofenil- $\alpha$ -D-galactopiranosido.

La velocidad de reacción es determinada por el incremento en la absorbancia a 405 nm resultando de la hidrólisis de O-nitrofenil- $\alpha$ -D-galactopiranosido.

- El hecho de que la lactosa hidrolizada sea más soluble en agua , evita problemas de cristalización en helados , leche condensada y otros productos lácteos , incrementando además la estabilidad de concentrados de leche congelados .

- También se ha usado lactasa en el procesamiento de leche para yogurt y en la disminución del tiempo de maduración de diferentes quesos.
- Dado el mayor poder edulcorante que presenta la glucosa y la galactosa con respecto a la lactosa , se puede disminuir la cantidad de sacarosa a utilizar en los productos lácteos obtenidos con leche deslactosada.
- La beta-galactosidasa ha abierto amplias posibilidades para la utilización industrial del suero de leche (subproducto de la elaboración de mantequilla y queso) cuya hidrólisis permite obtener siropes de glucosa/lactosa que pueden ser usados como edulcorantes en la elaboración de helados , yogurt , leche saborizada , pan y otros.
- El suero hidrolizado también se puede emplear como componente en la alimentación animal y como sustrato en diversos procesos biotecnológicos.



### Tratamiento Enzimático de la Leche

El primer paso es la dilución de la leche en polvo y derivados lácteos con agua a 40 °C, la temperatura del agua es muy importante ya que la B-galactosidasa tiene su mayor acción a 40 °C, por lo tanto se realiza una operación en donde la temperatura es aprovechada para dos procesos: la dilución de la leche en polvo en el agua y se

obtienen las condiciones necesarias para que el enzima logre su acción catalítica. Esta temperatura permite una hidrólisis rápida y una menor cantidad de enzima utilizada. Las temperaturas bajas retrasan la actividad del enzima y se requiere, por lo tanto, para acelerar el proceso, una cantidad mayor de enzima.

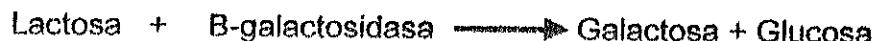
Si la planta tiene un tamaño reducido, lo que nos obliga a tener tanques pequeños, es factible realizar la hidrólisis con un alto contenido de sólidos totales, por ejemplo a 45%, lo que evita tanques de grandes volúmenes, pero en cambio se debe tener un control mucho más estricto, ya que estas concentraciones altas de sólidos totales puede conllevar a una contaminación microbiana de la leche.

La hidrólisis por lo tanto se realiza en tanques a una temperatura de 40 °C ya sea con un alto o bajo contenido de sólidos totales. El enzima actúa bajo estas condiciones a la lactosa para degradarla en galactosa y glucosa.

Una vez que se ha obtenido la galactosa y la glucosa como productos finales, se procede a realizar la mezcla con los demás ingredientes.



- Reacción Enzimática:



- Parámetros exigidos para el desarrollo del enzima:

- Temperatura de 40 °C
- Adición de la concentración adecuada de enzima ( 200 g por cada 100 Kilos de leche)
- Calidad Microbiológica de la leche
- Higienización completa de los tanques de cultivo donde actuará el enzima

### Influencia de las Etapas Anteriores al Proceso Enzimático

Las etapas anteriores no influyen de manera significativa puesto que la actividad enzimática de la lactasa solo depende de la calidad de la leche, más aún si esta es fresca. Parámetros como por ejemplo la acidez de la leche, así como el pH, podrían desnaturalizar el enzima, lo que obviamente trae como consecuencia la incapacidad de acción catalítica del enzima.

- Eficiencia enzimática del proceso:

Las condiciones de temperatura, pH, acidez son las óptimas para realizar la hidrólisis de la lactosa por lo que podemos decir que si es eficiente el proceso enzimático. Los rangos de temperatura en la que el enzima es termoestable es de 40 °C y la temperatura óptima de acción es de 48 °C, las temperaturas utilizadas en este proceso (40 °C) cumplen con el parámetro y a medida que la temperatura aumente, el proceso podrá realizarse más rápidamente, en este caso mayores temperaturas podrían incidir en la calidad de la leche, sobre todo si esta ha sufrido tratamientos térmicos previos.

El medio en que se desarrolla el enzima (leche) tiene un pH de 6.6 a 6.7, siendo el pH cercano al neutro el de mayor estabilidad, específicamente tiene mayor acción catalítica a pH de 6.5 a 7.5.

Por lo tanto las condiciones en que se desarrolla el proceso enzimático son las más acertadas para el tipo de producto y para que el enzima pueda realizar su trabajo.

#### **Inhibidores:**

Iones de calcio y sodio

#### **Activadores:**

Iones de potasio

Una vez que se tuvieron listas las muestras, se procedió a colocar el sensor , para posteriormente analizar los resultados.

### **3.1.1 Puntos de Monitoreo**

Los puntos de monitoreo se establecieron de una manera muy sencilla, tomando como partida las siguientes consideraciones:

- Forma del embalaje
- Tipo de producto
- Características del Producto
- Apilamiento en el palet

Tomando en cuenta estos puntos se estableció que el punto de monitoreo sería el centro geométrico de la U.E. En este punto se colocó un sensor del mismo tipo de los que utilizaron para determinar el punto caliente en la cámara.

### **3.2 Materiales y Métodos**

En este punto veremos los tipos de sensores utilizados para las mediciones, de qué manera se realizaron las mismas y describiremos el producto desarrollado.

#### **3.2.1 Sensores de Temperatura**

Los sensores que fueron utilizados durante el experimento, son los que normalmente se utilizan para realizar monitoreos y controles estadísticos de la cámara de endurecimiento en la fábrica..

Estos sensores son los que actualmente se utilizan para los desarrollos de productos nuevos para monitoreo de proceso gracias a su versatilidad y facilidad de uso.

Funcionan con un chip que almacena los datos de temperatura en función del tiempo. Previo a esto es importante mencionar que este sensor puede ser programado, por medio de un programa de computadora.

Al programarlo se le puede definir los parámetros, intervalos y rango de tiempo de las mediciones, según los requerimientos. En nuestro caso se lo programó para que tome mediciones durante 4 días, a intervalos de tiempo de cada 7 min.

Luego esta información almacenada en el chip puede ser impresa a través del programa. Se debe conectar el sensor a la computadora y ordenar la impresión.

Estas impresiones de los puntos de medición son básicos como registro y sustento para demostrar el experimento práctico. Con estos gráficos vemos claramente el punto de congelación y el tiempo de endurecimiento.

La clave en este experimento es colocar el sensor en el punto medio exacto de la caja tomada como muestra objetivo.

A su vez esta caja fue colocada en el centro geométrico del palet, simulando condiciones reales de proceso y manipuleo.

### **3.2.2 Formulación del helado**

En base a la formulación del helado se concluyeron la mayoría de los cálculos. Como se ha mencionado antes, el helado es una mezcla de varios ingredientes con características diferentes que otorgarán propiedades de calidad específicas al producto. Así un helado con grasa láctea netamente tendrá otra calidad sensorial comparado con uno que tenga en su composición un porcentaje elevado de grasa vegetal.



En este caso se optó por un helado premium, es decir de alta calidad con un 12% de materia grasa láctea , con un pequeño porcentaje de grasa vegetal.

**TABLA IV: FORMULACIÓN DEL HELADO DESLACTOSADO**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>%</b>
Leche en polvo entera 26% MG	12,31
Suero de leche en polvo	2,78
Crema al 34% MG	8,88
Grasa vegetal	3,7
Azúcar	15
Estabilizante	0,42
Agua	56,91
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

### **3.2.3 Descripción de las muestras utilizadas**

Las muestras utilizadas fueron preparadas especialmente para el experimento. Estas muestras tienen como base la misma fórmula que un helado normal con variaciones en la cantidad de azúcar y, como es lógico con el proceso enzimático.

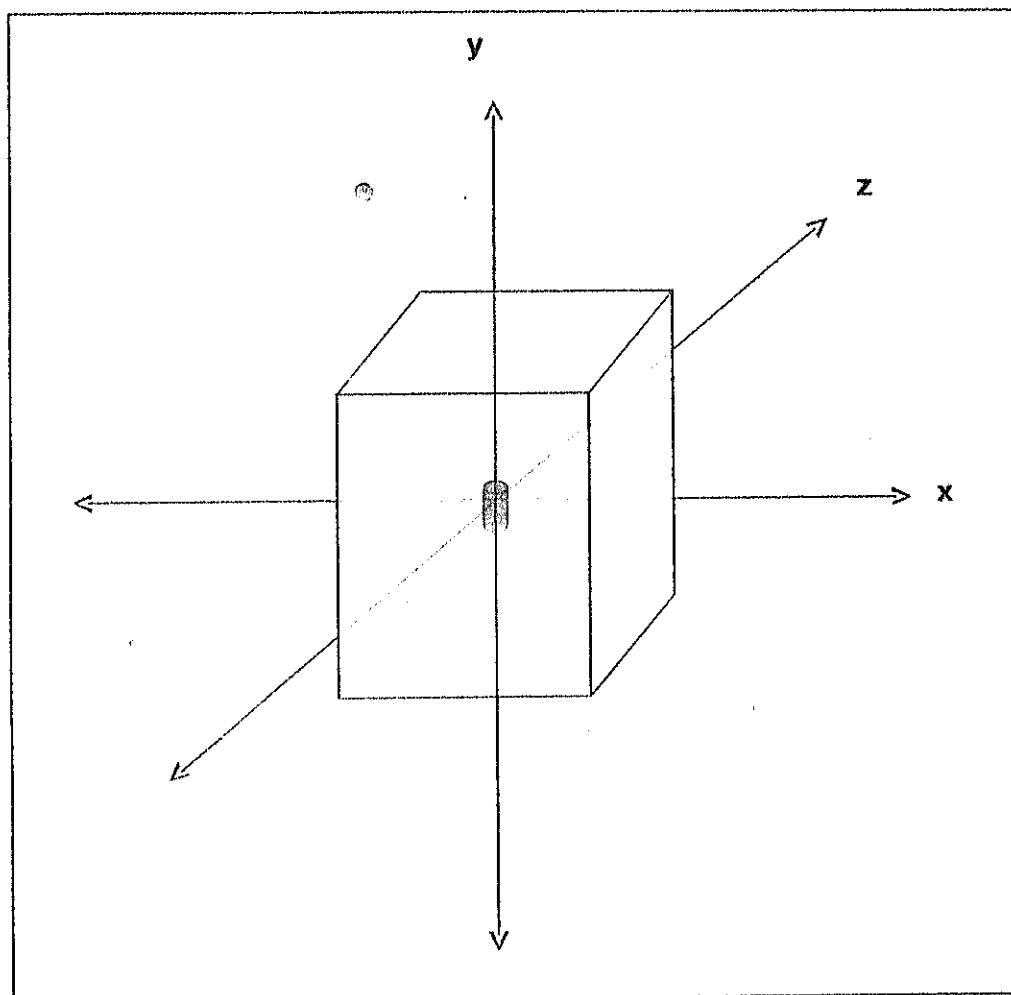
### 3.3 Descripción del Experimento Realizado

Como se ha descrito antes, para el experimento se utilizaron las instalaciones de la cámara frigorífica ya existente. Además de ello se consideró todo tipo de actividades normales de producción, como se detalla a continuación:

- Personal que trabaja en las cámaras
- Entradas y salidas de producto terminado
- Entradas de personal para realizar controles de calidad y muestreos
- Iluminación de la cámara
- Motores existentes
- Tipo de productos que están almacenados en la cámara

Con estas condiciones, se llevó a cabo la prueba. Además la muestra fue colocada en el centro geométrico del palet y a su vez, el palet fue colocado en el centro de la cámara, una vez que se comprobó que la temperatura de la cámara es, efectivamente uniforme en toda su área. A la muestra que se preparó se le colocó un sensor en el centro geométrico del embalaje, como se observa en la figura:

Figura XVI: Ubicación del Sensor dentro del Embalaje



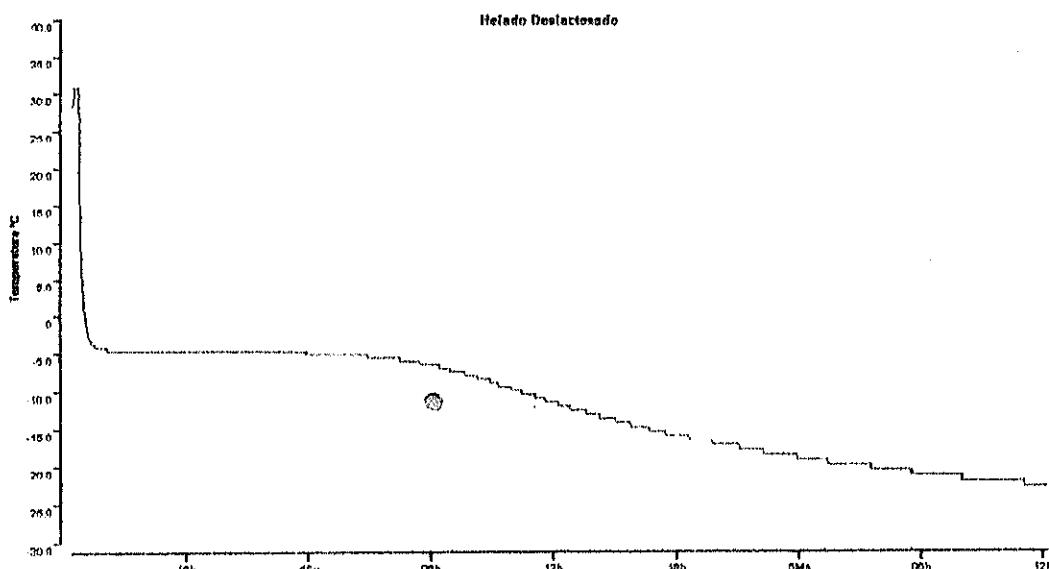
De esta forma se colocó el sensor dentro del embalaje, para garantizar la lectura y obtener los resultados más exactos.

### 3.3.1 Determinación de la velocidad de congelación

Una vez que se prepararon las muestras y fueron colocados los sensores se procedió a tomar las medidas (por medio del chip del sensor) desde el momento en que se colocó el sensor.

Cada una de las lecturas se grabó en el chip y los resultados obtenidos se pueden observar en el gráfico:

**Figura XVIII: Velocidad de Congelación del Helado Deslactosado.**



El gráfico demuestra que el producto llegó a la temperatura final deseada en 48 horas. Cabe recalcar que ese tiempo es el tiempo normal de liberación del producto. El tiempo de liberación está dado por la temperatura final, en este caso ~23 °C.

### 3.4 Pruebas de Aceptabilidad

En las pruebas de aceptabilidad se evalúa el producto terminado a nivel organoléptico. Para este tipo de experimentos, sobretodo si es un producto que se maneja como un proyecto para lanzar al mercado, es de vital importancia, ya que es una forma de medir al consumidor e identificar lo que se debe mejorar en el producto que se quiere lanzar.

El caso de estudio es un producto que no existe en el mercado como tal, pero que a pesar de ello tiene un patrón a seguir. El patrón en este caso, sería un helado sin deslactosar.

Las pruebas de aceptabilidad deberán , por lo tanto, enfocarse al la diferencia que puede o no existir frente al patrón. De esta forma se escogió la prueba triangular, que determina si existe diferencia significativa entre 3 muestras. Al panelista se le entregan 3 muestras y el lo único que debe hacer es identificar, si existe una muestra diferente.

La muestras fueron repartidas entre 20 panelistas entrenados, los cuales dieron su opinión. Las tres muestra se rotularon de la siguiente forma:

**325 Helado de Vainilla – sin tratamiento enzimático**

**754 Helado de Vainilla -- sin tratamiento enzimático**

**831 Helado de Vainilla – Deslactosado**



Se sirvió de la siguiente forma:

Panelista	Muestra 325	Muestra 754	Muestra 831
A	1	2	3
B	2	3	1
C	3	2	1
D	3	1	2
E	2	1	3
F	1	3	2
G	1	2	3
H	2	3	1
I	3	2	1
J	3	1	2
K	2	1	3
L	1	3	2
M	1	2	3
N	2	3	1
O	3	2	1
P	3	1	2
Q	2	1	3
R	1	3	2
S	1	2	3
	2	3	1

Los resultados demostraron que solo 5 panelistas identificaron la muestra diferente, por lo tanto no existe diferencia significativa.

## Capítulo IV

### 4. COMPARACIÓN DE MÉTODOS

Una vez que hemos llevado a cabo ambos métodos, procederemos a analizar los resultados de cada método y a determinar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

#### 4.1 Análisis de Resultados según el Método Teórico

Como se ha visto, se ha utilizado el modelo matemático según Plank, quien realizó varios estudios basados en las leyes de la transferencia de calor y los cambios que ocurren en cada tipo de alimento. Estos modelos matemáticos han considerado características específicas de cada alimento como por ejemplo:

coeficiente de transferencia de calor, punto de congelación, temperatura final de almacenamiento deseada, masa a congelar, forma del producto, etc.

De esta forma se seleccionó el modelo de Plank como la fórmula básica del cálculo teórico. Es importante recalcar que la formulación real del producto también afecta al cálculo, es por ello que al hablar de un nuevo producto como es el helado deslactosado, calculamos específicamente punto de congelación y coeficiente de transferencia de calor para este producto.

EL método teórico da como resultado: 61,1 horas, como tiempo de endurecimiento. Este valor está algo alejado de la realidad, sin embargo analicemos las ventajas y desventajas de la aplicación de este método:

#### Ventajas:

- El resultado tiene un tiempo en contra que puede asegurarse dejando el producto más tiempo en la cámara.
- El método es económico.
- No implica la preparación de muestras, ni organización especial en la cámara.

**Desventajas:**

- El valor obtenido no es exactamente el valor que se obtiene en la práctica.
- Se requiere de mucha investigación para lograr encontrar datos que son la base del cálculo.

**4.2 Análisis de Resultados según el Método Práctico**

Ya hemos comprobado que para el método práctico, es decir llevar a cabo el experimento, preparar las muestras, configurar los sensores, establecer un lugar en la cámara para el ensayo, se trabajó de tal forma que todas las condiciones normales de trabajo se den.

A partir del experimento se obtuvieron las lecturas de los sensores, de lo cual se concluye que el tiempo de endurecimiento del helado deslactosado es de **48 horas**.

**Ventajas:**

- Se obtiene el valor exacto del tiempo de endurecimiento
- Se puede ver el resultado final del producto.
- Si las condiciones del experimento son prácticamente exactas a la realidad, el valor obtenido es confiable.

### Desventajas

- Es el método más caro
- Requiere de mucha elaboración y preparación de muestras.
- Para este tipo de pruebas se debe interrumpir la producción normal, lo que genera pérdidas.
- Un experimento siempre debe ser reprocesado o eliminado.

### 4.3 Resultados

Finalmente en la siguiente tabla tenemos los resultados teóricos y prácticos de estudio realizado.

Método	Resultado: Tiempo de Endurecimiento
Teórico: Según Plank	61,1 h
Práctico: Experimento	48 h

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### CALCULO DE PUNTO DE CONGELACIÓN DEL HELADO

Este método se basa en el contenido de sólidos y en el tipo de sólidos que componen la mezcla de helado, específicamente en la curva de congelación de la sacarosa y la glucosa.

**Fórmula para el cálculo del equivalente en sacarosa por 100 partes de agua:**

$$\frac{[(\text{MSNF} \times 0.545) + S] \cdot 100}{W}$$

**MSNF:** Porcentaje de Sólidos no Grasos en la mezcla  
**0.545:** Fracción de lactosa en los MSNF  
**S:** Porcentaje de Azúcar  
**W:** Porcentaje de Agua

Con el valor obtenido a partir de esta fórmula se debe ubicar el dicho valor en la tabla con su correspondiente decrecimiento en °C.

Partes de sacarosa por 100 partes de agua	Decrecimiento en °C
22.58	1.37
25.64	1.58
28.51	1.77
32.22	1.99
35.14	2.15
37.86	2.33

Este decrecimiento es posteriormente sumado al valor que se obtiene de la fórmula para las sales. Para obtener el resultado absoluto.

**Fórmula para las sales:**

$$\frac{\text{MSNF} \times 2.37}{W}$$

**MSNF:** Porcentaje de Sólidos no Grasos en la mezcla  
**2.37:** Constante basada en el peso molecular de las sales  
**W:** Porcentaje de Agua

**Para el Helado sin tratamiento enzimático:**

$$\frac{[ (9.25 \times 0.545) + 13.76 ] \times 100}{67.19} = 27.98$$

Tenemos que: para 22.57, equivale 1.85 °C de decrecimiento del punto de congelación.

$$\frac{9.25 \times 2.37}{67.19} = 0.33$$

Finalmente sumando los 2 resultados tenemos:  $0.33 + 1.85 = 2.18$  °C  
Lo que se traduce en  $0 - 2.18$  °C:  $-2.18$  °C

**Para el Helado Deslactosado (con tratamiento enzimático):**

$$\frac{[(9.25 \times 0.05) + 13.76] \cdot 100}{63} = 22,57$$

Interpolando tenemos que: para 21.17, equivale 1.37 °C de decrecimiento del punto de congelación.

$$\frac{9.25 \times 2.37}{63} = 0.34$$

Finalmente sumando los 2 resultados tenemos:  $0.33 + 1.37 = 1.7$  °C  
Lo que se traduce en  $0 - 1.7$  °C:  $-1.7$  °C

## ANEXO B

### CALCULO DEL PORCENTAJE DE SOBREAUMENTO

Cuanto más aire se le incorpore al helado más bajo será su costo, sin embargo una excesiva aireación influye en la calidad del producto final dando como resultado un producto de mala consistencia, sin cuerpo y que se deshace en la boca sin dejar una sensación agradable.

Por otro lado un producto con poca incorporación de aire, además de tener un costo elevado, da una sensación de un producto muy duro y muy pesado que tampoco es agradable.

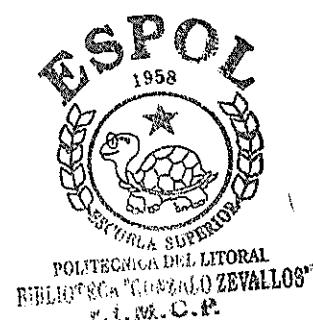
$$\text{Indice de aireación} = \frac{\text{Volumen del helado} - \text{Volumen de la mezcla}}{\text{Volumen de la mezcla}} \times 100$$

Ejemplo:

Si tenemos 1000 cm<sup>3</sup> de un helado como producto terminado hecho a partir de una mezcla con un volumen de 500 cm<sup>3</sup>, tenemos:

$$\text{Indice de aireación} = \frac{1000 \text{ cm}^3 - 500 \text{ cm}^3}{500 \text{ cm}^3} \times 100 = 100 \%$$

Esto quiere decir que si el overrun es del 100 %, el helado tiene un 50 % de aire y un 50 % de mezcla en volumen.



## ANEXO C

### CALCULO DEL CALOR ESPECÍFICO Y EL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE LOS HELADOS

El Calor Específico se puede estimar, si se conoce el contenido de Humedad (p) del Helado:

Por debajo de la congelación:

$$Cp_{cong} = (0,5 p / 100) + 0,2 (100 - p) \quad \text{kCal / kg } ^\circ\text{C}$$

**Crema Clásica:**

$$p = 69 \%$$

$$Cp_{cong} = (0,5 \times 69) / 100 + 0,2 (100 - 69) / 100$$

$$Cp_{cong} = 0,407 \text{ kCal / Kg } ^\circ\text{C}$$

**Crema Premium Deslactosada:**

$$p = 63 \%$$

$$Cp_{cong} = (0,5 \times 63) / 100 + 0,2 (100 - 63) / 100$$

$$Cp_{cong} = 0,389 \text{ kCal / Kg } ^\circ\text{C}$$

El Coeficiente de Transferencia de Calor se puede estimar también,  
si se conoce el contenido de Humedad (p) del Helado:

Por debajo de la congelación:

$$Cp_{\text{cong}} = (0,48 p / 100) + 0,22 (100 - p) / 100 \quad \text{kCal / m h } ^\circ\text{C}$$

Crema Premium Deslactosada

$$p = 63 \%$$

$$Cp_{\text{cong}} = (0,48 \times 63) / 100 + 0,22 (100 - 63) / 100$$

$$Cp_{\text{cong}} = 0,3838 \text{ kCal / m h } ^\circ\text{C}$$

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. El helado deslactosado, a pesar de no tener un mercado tan amplio, como lo es el de el helado normal, es una buena alternativa para aquellas personas que sufren de intolerancia a la lactosa, lo que cubre una necesidad del mercado con crecimiento potencial.
2. Este estudio es fácilmente aplicable a cualquier desarrollo de productos de heladería, considerando los cambios necesarios en las fórmulas, esto es: punto de congelación, calor específico.
3. La base de cálculo en este estudio fue la Unidad de Estiba ( U.E ), sin embargo puede aplicarse por caja.
4. Durante el experimento práctico es de vital importancia simular todas las condiciones reales que se dan en la fábrica, esto nos garantizará resultados reales y más cercanos a la respuesta.
5. Para este estudio fue necesario tener amplio conocimiento de las instalaciones de la fábrica, las condiciones de operación, el proceso de fabricación y las condiciones e instalaciones frigoríficas de almacenamiento, donde se centra nuestro estudio.

# Gemini Data Sheet ANEXO D

## Tinytalk Temperature Range G

TK-0014

Issue 2: 2<sup>nd</sup> July 1999

EIA-488

### TinyTalk

Temperature

Range G

-40°C

+185°F

TK-0014

### Mechanical Data

Case Style : Splashproof 35mm  
Tilt canister

#### Case Dimensions

Diameter : 34mm / 1.34  
Length : 54mm / 2.13  
Weight : 30g / 1 oz. (approx.)

### Features

Memory Size : 2k (Non-volatile)  
No. of Readings : 1800  
Resolution : 8 bit  
Delayed Start : Relative / Actual  
up to 45 days  
Stop Options : When Full  
After n Readings  
Never (Wrap around)  
Reading Types : Actual, Min, Max.  
Logging Interval : 1 sec to 4.5 hours  
Offload : When not logging  
Functional Range : -40°C to +85°C /  
-40°F to +185°F  
IP Rating : IP20 splashproof  
Battery Life : Up to 5 years

### Sensor Details

Range : -40°C to +85°C /  
-40°F to +185°F  
Sensor Type : 10k NTC Thermistor  
(Encapsulated)  
Sensor location : Internally mounted  
Response Time : 5min to 90% (water)  
40 min to 90% (air)  
Sensor accuracy : ± 0.2°C / ± 0.36°F  
From 32°F to 158°F /  
0°C to 70°C  
Resolution : 0.4°C at +25°C /  
0.72°F at +77°F

#### Note:

The response time can be greatly improved by removing the logger PCB from the canister. However, great care must be taken to avoid touching the PCB or allowing moisture to come into contact with it.

### Approvals

This equipment complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause any harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

This product is manufactured within the Orion Group to ISO EN 9002 part 2 (Certificate No. 6134), and is CE approved to EN50081 part 1:1992 and EN50082 part 1 and 2:1992/95 with any standard leads or probes supplied.



NAMAS traceable calibration certificates are available on individual units.

### Special Notes

When using the units at low temperatures, condensation may form. Before opening the case for any reason, allow the units to reach room temperature.

The canister lid must be removed to gain access to the 3.5mm jack socket for the RS232 interface cable.

### Interface Information and Related Products

#### To use your Tinytalk Data Logger you will require:

Tinytalk interface cable (CAB-0005), PC with GLM for Windows™ (SW-0009) or Easyview for Windows 95™ (SW-0500); or Psion handheld computer, with Tinylink version 2.0 or above (SW-1101) and suitable cable (See Tinylink Data Sheet).

#### Further Related Products:

SER-9510      Tinytalk Service Kit including battery, canister and silica gel pack  
TK-0023      Tinytalk Range G (-40°C to +125°C / -40°F to +257°F) with external sensor probe for remote sensing & faster response time  
TK-0040      Tinytalk Range H (-30°C to +50°C / -22°F to +122°F) Less range but higher resolution.

### Applications

Schools

Transportation

Research

Gemini Data Loggers Pty  
Australia

<http://www.geminidataloggers.com>

Gemini Data Loggers UK Ltd  
UK

e-mail: [sales@geminidataloggers.com](mailto:sales@geminidataloggers.com)

Gemini Data Loggers Inc  
USA

## ANEXO E

*Gemini Data Loggers*

## EMC Compliance Certificate

9800-440 Issu 26<sup>th</sup> Januar 2001

## Compliance statement

The product covered by the scope of this certificate are in conformity with the essential protection requirement of the EMC Directive 89/336/EEC at determined by the application of the harmonised standards quoted below. The harmonised standards applied are:

EN 5008 part 1992 (Electromagnetic compatibility - general emission standard part 1 residential, commercial and light industry);

EN 5008 part 1992 (Electromagnetic compatibility - general immunity standard part 1 residential, commercial and light industry);

and where indicated

EN 5008 part 1995 (Electromagnetic compatibility - general immunity standard part 2 Industrial)

As referenced in the Official Journal of the European Communities no C90/2 of 10.4.92 and no C241/2 of 16.9.95.

List of products covered by EN 5008 part 1 & 2				
Tinytag datalogger part number : TK-0102 TK-0302 TK-0702	TK-0014	TK-0023	TK-0040	TK-0063
Tinytag Transi datalogger part number :	TG-0050			
Tinyta Ultra datalogger part number : TGU2K-0104 TGU-0017 TGU-0020 TGU-1500 TGU-1510 TGU-1515	TGU2K-0017 TGU-0050	TGU2K-0020 TGU-0073	TGU2K-0050 TGU-0104	TGU2K-0073 TGU-0304
Tinyta Plus datalogger part number : TGP-0104 TGP-0204 TGP-0304 TGP-1500 TGP-1510 TGP-1515	TGP-0017 TGP-0204 TGP-1510	TGP-0020 TGP-0605 TGP-1520	TGP-0050 TGP-0650	TGP-0073 TGP-0901
Tinyta Plus Re-e datalogger part number : TGPR-1000 TGPR-1001 TGPR-1200	TGPR-0700 TGPR-1001	TGPR-0704 TGPR-1201	TGPR-0800	TGPR-0804
Tinyta Intrinsicall Safe datalogger part number :		TGIS-0017	TGIS-0020	TGIS-0304
Tinyview Plus datalogger part number : TV-0020 TV-0050 TV-0073 TV-1500 TV-1501 TV-1505	TV-0078	TV-0104 TV-1510	TV-0204 TV-1515	TV-0304
Probe and Lead part number : PB-4750 PB-4770 PB-3225	PB-3221 PB-3230	PB-3224 CAB-0005	PB-4724 CAB-0007	PB-4730

## EN 50081 part 1 and EN 50082 part 1

Tinytag Plus datalogger part numbers :	TGP-0903
Tinyta Plus 12bit datalogger part number :	TG12-0017
Tinyta Plus Re-e datalogger part number :	TGPR-0705

1. User-supplied or non-standard lead longer than 3m may invalidate the EMC compliance status of the units.

Some degradation in accuracy of the logger variable may occur in the unit subject to electromagnetic disturbance compared to general immunity standard EN 5008 part 1 & 2).

An product based on one of the above datalogger part number followed by suffix -S1 is also covered by this certificate.

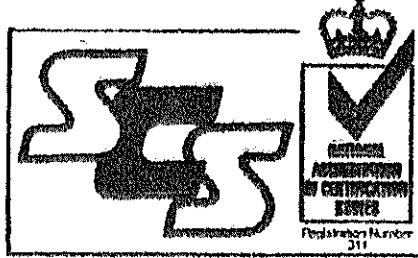
Gemin Dat Logger Pty  
Australia

<http://www.geminidataloggers.com>

Gemin Dat Logger U Ltd  
UK

e-mail: [sales@geminidataloggers.com](mailto:sales@geminidataloggers.com)

Gemin Dat Logger Inc  
USA



**GROUP II**

**1 CERTIFICATE OF CONFORMITY - Apparatus**

**2 SCS No.** Ex 96D2069X

**3 This Certificate is issued for the electrical apparatus:**

'Tinytag' Datalogger

**4 Manufactured by:**

Orion Components Chichester Ltd  
Scientific House  
Terminus Road  
Chichester  
PO19 2UJ  
England

**5 Submitted for certification by:**

The Manufacturer

**6 This electrical apparatus and any acceptable variation thereto is specified in the schedule to this Certificate and the documents therein referred to.**

**7 Sira Certification Service being an Approved Certification Body in accordance with Article 14 of Directive 76/117/EEC of the Council of the European Communities of 18 December 1975 certifies that the apparatus has been found to comply with the following harmonised European Standards:**

EN 50 014:1977 (including amendments A1 to A5)

EN 50 020:1977 (including amendments A1 to A5)

and has successfully met the examination and test requirements which are recorded in a confidential test report (No. R/510/3628/A)

**8 The apparatus marking shall include the code:**

EEx ia IIC T4 ( $T_{amb} = 40^\circ\text{C}$ ), T3 ( $T_{amb} = 75^\circ\text{C}$ )

◎

*I.D.Knott*

**I.D.Knott  
Chief Executive**

**Dated** 10 September 1996

**File No.** PS/1619/00

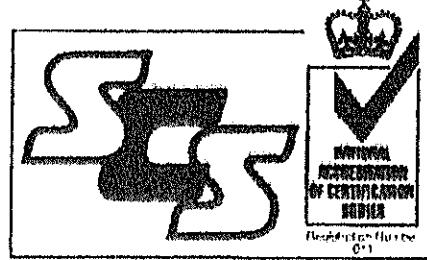
*This certificate and its schedules may only be reproduced in its entirety and without change*

**Page 1 of 4**

**Sira Certification Service**

South Hill, Chislehurst, Kent, BR7 5EH, England  
Tel: 0181 467 2636 Fax: 0181 295 1990

SCS is the certification service of Sira Test & Certification Ltd



GROUP II

CERTIFICATE OF CONFORMITY SCS No. Ex 96D2069X

Dated 10 September 1996

- 9 The supplier of the electrical apparatus referred to in this Certificate has the responsibility to ensure that the apparatus conforms to the specification laid down in the Schedule to this Certificate and has satisfied the routine verifications and tests referred to therein.
- 10 This apparatus may be marked with the Distinctive Community Mark defined in Annex II of Commission Directive 84/47/EEC of 16 January 1984. This mark is reproduced on each page of this certificate; it shall be affixed to the apparatus in such a way as to be visible, legible and durable.

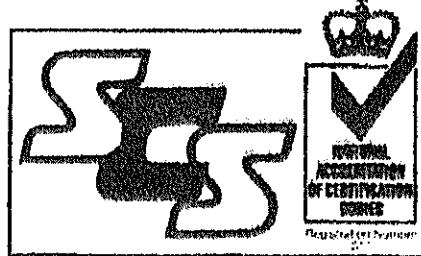
The use of this apparatus will normally be the subject of National Legislation and/or Installation Codes.

*This certificate and its schedules may only be reproduced in its entirety and without change*

Page 2 of 4 **Sira Certification Service**

SCS/SF/055  
August 1996

South Hill, Chislehurst, Kent, BR7 5FH, England  
Tel: 0181 467 2636 Fax: 0181 295 1990  
SCS is the certification service of Sira Test & Certification Ltd



## SCHEDULE

CERTIFICATE OF CONFORMITY SCS No. Ex 96D2069X

Dated 10 September 1996

### APPARATUS

The Tinytag is a single-channel self-contained datalogger. Versions of the Tinytag covered by this report measure temperature (either using an in-built thermistor or an external thermistor mounted in a probe) and humidity. Tinytag loggers operate from a single 3.7 V lithium cell (1/2 AA size).

To begin a logging run and to retrieve data afterwards, Tinytag loggers are designed to be connected by an RS232 link to a computer running suitable host software, but connection to the host computer only takes place in a non-hazardous area. A 10 mA fuse, which is encapsulated, protects the internal cell from excessive voltages up to 125 Vrms when connected to a computer; there are no other safety-critical components.

The Tinytag is manufactured by Orion Components Chichester Ltd but marketed through Gemini Data Loggers (UK) SCS Trade Agent Certificate No. 96/021 refers.

### DRAWINGS

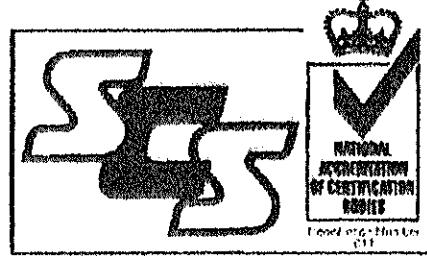
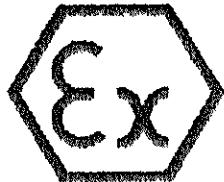
Drawing No	Sheets	Issue	Date	Description
4178	1 of 1	3	15 Jul 96	Tinytag Temp/RH IS PCB 4178
4198	1 of 1	8	21 Aug 96	Tinytag IS Circuit
4201	1 to 4	8	21 Aug 96	Parts list 4201 for Tinytag IS Dataloggers
4205	1 of 1	8	29 Aug 96	Intrinsic Safety Potting Drawing For 10 mA Fuse Assy 9200-4205
4214	1 of 1	2	15 Aug 96	Warning Label drawing for IS Tinytag Data Loggers
4223	1 of 1	2	13 Aug 96	IS IP68 Box
4224	1 of 1	1	14 Aug 96	IS Thermistor Probe
4227	1 of 1	1	15 Aug 96	Front Label drawing for IS Approved Tinytag Data Loggers

*This certificate and its schedules may only be reproduced in its entirety and without change*

Page 3 of 4 **Sira Certification Service**

SC8/8F/035  
August 1996

South Hill, Chislehurst, Kent, BR7 5EH, England  
Tel: 0181 467 2636 Fax: 0181 295 1990  
SCS is the certification service of Sira Test & Certification Ltd



## SCHEDULE

CERTIFICATE OF CONFORMITY SCS No. Ex 96D2069X

Dated 10 September 1996

### CONDITIONS OF CERTIFICATION

- 1 The use of the Sira Certification Service Mark is subject to the regulations applicable to the holders of SCS certificates.
- 2 This certificate relates only to the apparatus specified herein as executed in the samples supplied for evaluation.
- 3 In affixing the SCS certificate number to the apparatus the manufacturer attests on his own responsibility that the apparatus conforms to the documents listed herein.  
If the marked apparatus is found not to comply Sira Certification Service should be notified immediately at its office at South Hill, Chislehurst, Kent BR7 5EH, England.
- 4 The apparatus and that part of the manufacturer's quality management system controlling the production of the apparatus covered by this certificate shall be subject to periodic surveillance by SCS in accordance with the regulations applicable to the holders of SCS certificates.

### SPECIAL CONDITIONS FOR SAFE USE (denoted by presence of an X at end of certificate number).

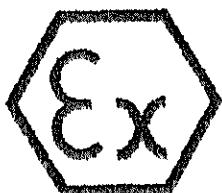
- 1 Connection to the 3-pin socket may only be made when the Tinytag logger is in the non-hazardous area and the installer shall ensure that the maximum voltage supplied does not exceed 125 Vrms.

*This certificate and its schedules may only be reproduced in its entirety and without change*

Page 4 of 4 **Sira Certification Service**

South Hill, Chislehurst, Kent, BR7 5EH, England  
Tel: 0181 467 2636 Fax: 0181 295 1990

SCS is the certification service of Sira Test & Certification Ltd



## CERTIFICATE OF CONFORMITY VARIATION

<b>CERTIFICATE NUMBER</b>	Sira Ex96D2069X	<b>Dated</b>	10 September 1996
<b>VARIATION NUMBER</b>	1 (ONE)	<b>Dated</b>	17 August 2000

### VARIATION TO APPARATUS

To permit:

1. The inclusion of an alternative thermistor probe.
2. The change of the manufacturer's name from Orion Components Chichester Ltd to Gemini Data Loggers (UK) Limited and the removal of the trade agent's symbol from the label drawing.

### DESCRIPTIVE DOCUMENTS

Number	Sheet	Rev	Date	Description
4224	1 of 1	2	03 May 00	IS Thermistor Probe
4227	1 of 1	2	09 Aug 00	Front Label Drawing for IS Approved Tinytag Data Loggers

### ADDITIONAL CONDITIONS OF CERTIFICATION

None

File No. 52V6877

**M D Shearman**  
Certification Manager

Report No. NA

This Variation and its schedules may only be reproduced in its entirety and without change

Page 1 of 1

ST&C (Chester) Form 9054A Issue 4

### Sira Certification Service

Roke Lane, Ecclesall, Chester, CH4 9JN, England  
Tel: +44 (0) 1244 670900 Fax: +44 (0) 1244 681330

Email: exhazard@sira.co.uk  
Sira Certification Service is a service of Sira Test & Certification Ltd

## ANEXO E

### FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL: PRUEBA TRIANGULAR

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Estimado Panelista:

Frente a Usted encontrará 3 muestras, de las cuales, dos son iguales y una es diferente, marque por favor en el casillero cual es la muestra que usted encontró diferente.

325	745	831
-----	-----	-----

Muchas Gracias!

## BIBLIOGRAFIA

1. INCROPERA F. Fundamental of Heat and Mass Transfer. Tercera Edición. Editorial Singapore. 1976
2. ARBUCKLE J. Ice Cream. Tercera Edición. Editorial AVI. EE.UU. 1971
3. BRENNAN J. Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 1980.
4. CENZANO I. Elaboración, Análisis y Control de Calidad de los Helados. Tercera Edición. Editorial AMV. Madrid – España. 1996
5. EARLE R. Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia Zaragoza – España. 1979
6. MADRID A. Curso de Industrias Lácteas. Primera Edición. Editorial AMV. Madrid –España. 1996
7. PLANK R. El empleo del Frío en la Industria de la Alimentación. Editorial Reverté S.A. Barcelona – España. 1980

8. VARGAS A. Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros.  
Segunda Edición.
9. REED G. Enzymes in Food Processing. Segunda Edición. Editorial.  
Academic Pres. EE.UU. 1975.
10. [www.geminidatalogger.com](http://www.geminidatalogger.com)