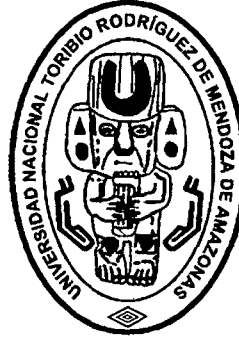


**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**

**EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CMC, GELATINA Y CARREGENINA  
SOBRE LA VISCOSIDAD DE LA MEZCLA, TEXTURA, ÍNDICE DE  
DERRETIMIENTO Y OVERRUN DEL HELADO DE LECHE**

**TESIS**

**Para obtener el Título Profesional de  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Autores: Br. PELÁEZ MUÑOZ, Francisco**

**Br. VÁSQUEZ DÍAZ, César**

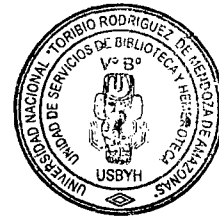
**Asesor: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**Ms.C. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS**

**CHACHAPOYAS - AMAZONAS - PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



18 JUN 2014

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CMC, GELATINA Y CARRAGENINA  
SOBRE LA VISCOSIDAD DE LA MEZCLA, TEXTURA, ÍNDICE DE  
DERRETIMIENTO Y OVERRUN DEL HELADO DE LECHE**

**TESIS**

Para obtener el Título Profesional de  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Autores:** Br. PELÁEZ MUÑOZ, Francisco  
Br. VÁSQUEZ DÍAZ, César

**Asesor:** Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

**Coasesor:** Ms.C. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS

**CHACHAPOYAS – AMAZONAS – PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**EFEECTO DE LA CONCENTRACION DE CMC, GELATINA Y CARRAGENINA  
SOBRE LA VISCOSIDAD DE LA MEZCLA, TEXTURA, ÍNDICE DE  
DERRETIMIENTO Y OVERRUN DEL HELADO DE LECHE**

**TESIS**

Para obtener el Título Profesional de  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Autores:** Br. PELÁEZ MUÑOZ, Francisco  
Br. VÁSQUEZ DÍAZ, César

**Asesor:** Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

**Coasesor:** Ms.C. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS

**CHACHAPOYAS – AMAZONAS – PERÚ**

**2 0 1 4**

## **DEDICATORIAS**

*La presente investigación esta infinitamente dedicada a mis amados padres Fidencio Peláez Grandes y Teresa Muñoz Góngora por su apoyo incondicional y confianza depositada en mí, permitiendo hacer realidad esta misión en mi vida, siendo sinceramente el pilar de mi formación personal y un digno ejemplo a seguir dentro de larga existencia.*

*A mis queridos hermanos por sus humildes consejos y Apoyarme a cumplir esta meta como persona.*

*A toda las personas que se atrevieron a confiar en mí, son y serán parte de mi historia personal,*

*Peláez Muñoz, Francisco.*

*A mis padres, Evelio Vásquez Flores y  
María Díaz Bazán, gracias por  
atreverse a confiar en mí, este sueño  
nunca hubiese podido ser completado,  
simplemente son la base de mi vida  
profesional.*

*A mis hermanos por su apoyo,  
su confianza y por ayudarme a  
cumplir mis objetivos como  
persona.*

*Vásquez Díaz, César.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por demostrarnos su existencia y darnos la fuerza para salir adelante.*

*A nuestros padres por su determinación, entrega, ayuda y humildad, por ser el ejemplo; a nuestros hermanos por sus enseñanzas y consejos.*

*A nuestros amigos porque son parte de nuestra vida, y sus consejos brindándonos.*

*A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A), de manera especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, por los conocimientos transmitidos en las aulas y fuera de ellas, la cual serán base en el campo profesional.*

*Al Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, asesor de la tesis, por sus sabios consejos, confianza, apoyo y experiencia; supo guiar de forma acertada al desarrollo de la presente investigación.*

*Al Ms.C. Elías Alberto Torres Armas, coasesor por su apoyo en la parte estadística y sugerencias importantes en el desarrollo.*

*A todo el personal de laboratorio y la Planta Piloto Agroindustrial de la UNTRM-A, por facilitarnos sus ambientes y equipos para la ejecución de la tesis.*

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Ph.D., Dr. Hab. VICENTE MARINO CASTAÑEDA CHÁVEZ**

**RECTOR**

**Ms.C. ROBERTO JOSÉ NERVI CHACÓN**

**VICERRECTOR ACADÉMICO (e)**

**Dr. ÉVER SALOMÉ LÁZARO BAZÁN**

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO (e)**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**DECANO (e) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

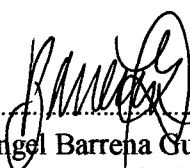
El Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **“EFECTO DE LA CONCENTRACION DE CMC, GELATINA Y CARRAGENINA SOBRE LA VISCOSIDAD DE LA MEZCLA, TEXTURA, ÍNDICE DE DERRETIMIENTO Y OVERRUN DEL HELADO DE LECHE”**, de los tesisistas egresados de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta casa superior de estudios.

- Br. Peláez Muñoz, Francisco
- Br. Vásquez Díaz, César

El suscrito del visto bueno del informe de la mencionada tesis, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen, para su posterior sustentación.

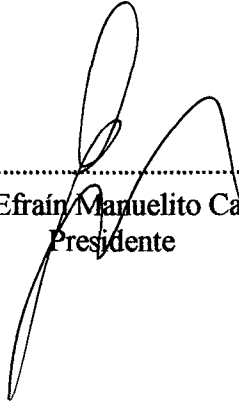
Atentamente,

Chachapoyas 16 de Julio del 2014

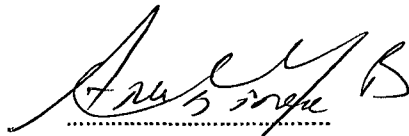
  
.....  
Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón  
*Docente Principal TC*



**JURADO EVALUADOR**



.....  
Ing. Ms.C. Efraín Manuelito Castro Alayo  
Presidente



.....  
Ing. Ms.C. Armstrong Barnard Fernández Jeri  
Secretario



.....  
Ing. Erick Aldo Auquiñivín Silva  
Vocal



# UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE Ingeniería y Ciencias Aplicadas

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 11 de Junio del año 2014 siendo las 12:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing. MSc. Efraim Nolasco Castro Mayo

Secretario: Ing. Américo Fernández Sosa

Vocal: Ing. Carlos Alberto Aguirre Silva

para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller, don(ña) Francisco Peláez Muñoz

titulado Ejecución de la Construcción de C.A.C. Celatma y

Corrección de subsistencia de la Merla, Verónica, Índice de determinación y Verificación del Helado de Leche

Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACIÓN (X), DESAPROBACIÓN ( ) por mayoría ( ), por unanimidad (X); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 13:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.



[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
PRESIDENTE

[Signature]  
VOCAL

Form6- T



# UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE: Ingeniería y Ciencias Agrarias

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 11 de Junio del año 2014, siendo las 12:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing M.Sc. Frayn-Manuelito Castro Alayo

Secretario: Ing. Arístides Penabazco

Vocal: Ing. Erick Aldo Aguirre Silva

para evaluar la sustentación del informe de Tesis presentando por él(la) bachiller, don(ña) César Vargas Díaz

titulado Efectos de la Concentración de CaCl<sub>2</sub>, Gelatina y Carragenina sobre la viscosidad de la masa, la textura, índice de desmenuamiento y dureza del helado de leche



Después de la Sustentación respectiva el Jurado acuerda la **APROBACIÓN (X)**, **DESAPROBACIÓN ( )** por mayoría ( ) por unanimidad (X) en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNTRM-A.

Siendo las 13:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del informe de Tesis.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
PRESIDENTE

[Signature]  
VOCAL

Form 6-T

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	vi
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS .....	vii
JURADO EVALUADOR .....	viii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ix
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. CMC (carboximetil celulosa).....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Usos de la carboximetil celulosa.....	4
<b>1.2. Gelatina comestible.....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Usos de la gelatina comestible.....	4
<b>1.3. Carragenina.....</b>	<b>4</b>
1.3.1. Usos de la carragenina.....	5
<b>1.4. Principales parámetros de calidad del helado.....</b>	<b>5</b>
1.4.1. Viscosidad.....	6
1.4.2. Textura.....	6
1.4.3. Índice de aireación (overrun).....	7
1.4.4. Índice de derretimiento.....	7
<b>1.5. Valor nutricional del helado.....</b>	<b>7</b>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	
<b>2.1. Material biológico.....</b>	<b>10</b>
2.1.1. Análisis fisicoquímicos de la leche.....	10
<b>2.2. Elaboración del helado.....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Insumos.....	10
2.2.2. Formulación.....	11
2.2.3. Dosificación y mezcla.....	11
2.2.4. Homogenización.....	11

2.2.5.	Pasteurización.....	12
2.2.6.	Enfriamiento y maduración.....	12
2.2.7.	Licuada.....	12
2.2.8.	Batido y congelación parcial.....	12
2.2.9.	Envasado.....	12
2.2.10.	Congelación profunda o endurecimiento.....	12
2.2.11.	Almacenamiento.....	12
2.3.	Análisis fisicoquímicos.....	14
2.3.1.	<i>Determinar Viscosidad de la mezcla</i> .....	14
2.3.2.	Determinación del overrun.....	14
2.3.2.1.	Determinación del índice de derretimiento.....	14
2.4.	Análisis sensorial.....	15
2.4.1.	Determinación de textura.....	15
2.5.	Análisis estadístico.....	16
2.5.1.	Optimización de los estabilizantes.....	16
2.5.2.	Evaluación sensorial.....	18
2.5.3.	Modelo aditivo lineal para la evaluación de textura del helado de leche .....	17
2.5.3.1.	Análisis de varianza (ANVA) del modelo.....	17
2.5.4.	Análisis nutricional o proximal del helado de leche.....	18
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b>	
3.1.	Análisis fisicoquímico de la leche cruda entera.....	20
3.2.	Valores obtenidos de las variables respuestas del helado de leche.....	20
3.3.	Aplicación del diseño estadístico de Box – Behnken.....	21
3.3.1.	Estimación de la viscosidad máxima del helado de leche.....	21
3.3.2.	Estimación del mínimo índice de derretimiento del helado de leche.....	23
3.3.3.	Estimación del máximo porcentaje de overrun del helado de leche.....	25
3.4.	Evaluación sensorial.....	28
3.5.	Análisis proximal del helado de leche.....	29
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	30
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	34

<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>36</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Análisis nutrimental de un helado.....	8
<b>Tabla 2.</b> Contenido de sales.....	8
<b>Tabla 3.</b> Vitaminas presentes en leches y helados.....	9
<b>Tabla 4.</b> Formulación del helado de leche.....	11
<b>Tabla 5.</b> Valor de las variables independientes evaluadas con el diseño estadístico de Box – Behnken.....	16
<b>Tabla 6.</b> Diseño estadístico de Box – Behnken para evaluar las tres variables independientes.....	17
<b>Tabla 7.</b> Valores obtenidos de la viscosidad de la mezcla, índice de derretimiento y overrun del helado de leche.....	20
<b>Tabla 8.</b> Valores de las muestras formuladas del helado de leche sobre Textura según el test descriptivo de escala.....	28
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza del DBCA con arreglo (15A*12B) variable textura.....	28
<b>Tabla 10.</b> Características de la leche.....	41
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza para viscosidad.....	47
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza para índice de derretimiento.....	48
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza para overrun.....	49
<b>Tabla 14.</b> Caída de la primera gota del helado de leche con CMC, gelatina y carragenina variables.....	50
<b>Tabla 15.</b> Prueba de múltiples rangos para textura por tratamientos.....	51
<b>Tabla 16.</b> Subconjunto homogéneo Yij.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Flujograma de elaboración del helado de leche.....	13
<b>Figura 2.</b> Gráfica de contorno de superficie de respuesta estimada para viscosidad, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/kg de mezcla para helado de leche.....	22
<b>Figura 3.</b> Gráfica de superficie de respuesta estimada para viscosidad, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/kg de mezcla para helado de leche.....	22
<b>Figura 4.</b> Diagrama de Pareto estandarizado para viscosidad con carragenina contante a 2 g/kg de mezcla del helado de leche.....	23
<b>Figura 5.</b> Gráfica de contorno de superficie de respuesta estimada para índice de derretimiento, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/kg de mezcla para helado de leche.....	24
<b>Figura 6.</b> Gráfica de superficie de respuesta estimada para índice de derretimiento, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/kg de mezcla para helado de leche.....	24
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Pareto estandarizado para índice de derretimiento con carragenina contante a 2 g/kg de mezcla del helado de leche.....	25
<b>Figura 8.</b> Gráfica de contorno de superficie de respuesta estimada para overrun, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/kg de mezcla para helado de leche.....	26
<b>Figura 9.</b> Gráfica de superficie de respuesta estimada para overrun, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/kg de mezcla para helado de leche.....	26
<b>Figura 10.</b> Diagrama de Pareto estandarizado para overrun con carragenina contante a 2 g/kg de mezcla del helado de leche.....	27



## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
<b>Fotografía 1.</b> Dosificación de insumos.....	61
<b>Fotografía 2.</b> Homogenización.....	61
<b>Fotografía 3.</b> Pasteurización de la mezcla.....	62
<b>Fotografía 4.</b> Enfriamiento y maduración.....	62
<b>Fotografía 5.</b> Licuado de la mezcla madurada.....	63
<b>Fotografía 6.</b> Batido y congelación.....	63
<b>Fotografía 7.</b> Envasado y endurecimiento a -25 °C durante 30 horas.....	64
<b>Fotografía 8.</b> Almacenamiento a -15 °C.....	64
<b>Fotografía 9.</b> Medición de la viscosidad del mix para helado de leche.....	65
<b>Fotografía 10.</b> Índice de derretimiento del helado de leche.....	65
<b>Fotografía 11.</b> Evaluación de textura de helado de leche.....	66
<b>Fotografía 12.</b> Panel evaluador.....	66

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto de la concentración de CMC, gelatina y carragenina sobre la viscosidad de la mezcla, índice de derretimiento, overrun y textura del helado de leche; para ello se elaboró quince muestras para determinar las cuatro variables respuestas, empleando el diseño estadístico, de Box - Behnken para optimizar las tres variables independientes de estabilizantes, considerando los resultados de las variables dependientes con el software estadístico Statgraphics v. 15. También se empleó el diseño estadístico de bloques completamente al azar para evaluar la textura a cargo de los panelistas, los resultados se procesaron con el software estadístico SPSS v. 15. El diseño de Box – Behnken permitió considerar a la muestra formulada como la mejor de los experimentos realizados, cuando se trabajó empleando una concentración de 2 g de CMC, 1,5 g de gelatina y 2 g de carragenina por cada kilogramo de mezcla, reportando valores en viscosidad de 12700 cP, derretimiento 40 % y overrun 74,4 %, la misma que presentó una diferencia estadística significativa calificada como una de las mejores en textura del producto por los panelistas. Seguido a ello el análisis proximal indicó grasa cruda 9,2 (g/100 g), sólidos totales 40,9 (g/100 g), proteínas 4,5 (g/100 g), cenizas 1,3 (g/100 g), carbohidratos 25,9 (g/100 g), energía total 204,4 (kcal/100 g).

Palabras claves: Estabilizantes, optimización, textura del helado de leche.

## ABSTRACT

In the present investigation the effect of the concentration of CMC, gelatin and carrageenan on the viscosity of the mixture, melt index, overrun and texture milk ice was evaluated by testing it fifteen samples were prepared to determine the four response variables, using the statistical design of Box - Behnken to optimize of three independent variables of stabilizers, considering the results of the dependent variables with the Statgraphics statistical software v. 15. The statistical block design was also used to assess completely random texture by the panelists; the results were processed using the statistical software SPSS v.15, Box- Behnken design allowed to consider the best formulated as shown from experiments when worked using a CMC concentration of 2 g, 1,5 g of gelatin carrageenan y 2 g per kilogram of mixture , reporting viscosity values of 12700 cP, melt 40 % overrun and 74, 4 %, the same as that presented statistically significant difference rated one of the best in product texture by the panelists. Followed this analysis indicated the proximal 9,2 crude fat (g/100 g ); total solids 40,9 (g/100 g ); protein 4,5 ( g/100 g ); ash 1,3 (g/100 g ) 25,9 carbohydrate (g/100 g ) 204,4 Total energy ( kcal/100 g ).

Keywords: Stabilizers, optimization, texture milk ice.

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día desarrollar investigación en la obtención y estandarización de productos alimenticios para mejorar los productos existentes; es una herramienta clave en la industria, ya que permite que la empresa, optimice sus recursos y se mantenga en el mercado satisfaciendo las necesidades del cliente.

La elaboración de helados tanto a nivel nacional como internacional ha adquirido una importancia económica y social de singular importancia. Desde la antigüedad hasta nuestros días el consumo de helados experimentó cambios desde el punto de vista tecnológico que posibilitó extender su consumo a prácticamente todas las clases sociales (Di Bartolo, 2005).

En la actualidad la industria heladera presenta una demanda creciente de sus productos, además se observa que el cliente es cada vez más exigente en la selección de un producto, por la cual la investigación presenta una secuencia tecnológica de mejora, en las propiedades reológicas y estructurales del helado de leche, las cuales contribuyen en la calidad del producto final, mediante la utilización y combinación de los estabilizantes (CMC, Gelatina y Carragenina), conjuntamente con los demás insumos utilizados; en rangos aceptables según las normativas vigentes.

Según ITINTEC 202.057 (1975), define que los helados son productos alimenticios llevados al estado sólido o pastoso por medio de la congelación, elaborados con dos o más de los ingredientes siguientes: leche o productos lácteos en sus diferentes formas, grasa de leche, grasas vegetales deodorizadas; edulcorantes permitidos, huevos, agua, jugos y pulpa de frutas, frutas, chocolate, nueces y/o productos similares, aditivos permitidos y otros. Además define al helado de leche como aquel producto que tiene un alto contenido de grasa vegetal deodorizada o de grasa de leche, predominando una mayor cantidad de sólidos de leche no grasos. Que cumple con los siguientes requisitos: grasa vegetal deodorizada o grasa de leche, mínimo 2,5 %; sólidos de leche no grasos, mínimo 5,0 %; azúcar, mínimo 12,0 %; sólidos totales, mínimo 27,0 % y una incorporación de aire, no mayor del 100 % del volumen de la crema base.

ITINTEC 202.057 (1975), clasifica a los helados:

- Helados de Crema: es aquel que tiene un alto contenido de grasa vegetal deodorizada o de grasa de leche.
- Helados de Leche: es aquel que tiene un alto contenido de grasa vegetal deodorizada o de grasa de leche, predominando una mayor cantidad de sólidos de leche no grasos.
- Helados de Agua: es aquel elaborado con agua, azúcar, esencias certificados o jugos de frutas y en algunos casos, glucosa y espesantes.

El objetivo básico de un estabilizante es mantener la estructura típica del helado. Considerando la inestabilidad del sistema que constituye el helado, la adición de estabilizantes en la mezcla, resulta imprescindible para mejorar la textura y la resistencia a las fluctuaciones de temperatura (Mahaut, *et al.*, 2004).

Los estabilizantes son compuestos macromoleculares que absorben agua y forman soluciones coloidales. El objetivo del uso de estos es mejorar el cuerpo y la textura, retardar y reducir el crecimiento durante el almacenamiento, de los cristales de lactosa y hielo, especialmente cuando hay fluctuación de temperatura, dar uniformidad al producto y resistencia al derretimiento (Goff, 1997).

Los estabilizantes, presentan propiedades funcionales que están relacionadas, estrechamente, con su habilidad para retener y conservar grandes cantidades de agua, lo que influye en la modificación de las características reológicas de las mezclas (Zubair, 2001), mejoran las propiedades fisicoquímicas, incrementando la viscosidad, mejorando la estabilidad de la emulsión; evitan defectos de textura, controlando la suavidad durante el almacenamiento, impidiendo la formación de cristales de hielo de tamaño mayor, dando cuerpo (Arbuckle, 1981).

Los estabilizantes realizan varias funciones en el helado, la mayor parte se relaciona con el aumento en la viscosidad de la matriz, la prolongación del tiempo de batido con lo cual hay una distribución más uniforme de la estructura interna de los componentes, ayudan en la correcta incorporación de aire y controlan el rendimiento de la mezcla, proporcionando las propiedades deseadas de firmeza y sequedad, retrasan el índice del derretimiento, enmascaran la percepción de los cristales de hielo grandes en la boca pues producen una textura más suave, controlan las características de cuerpo y textura (Soto, 2006; Wagner, 2000; Wastra *et al.*, 2006).

En el caso de los helados, los estabilizadores que más nos interesan son los sistemas complejos o mixtos que proporcionan propiedades de cremosidad, textura, agradable sensación en el paladar y una clara liberación del sabor en el producto (Wagner, 2000).

Comúnmente los estabilizantes más utilizados son los hidrocoloides. Son sustancias poliméricas dispersables en agua que incluyen proteínas como la gelatina y polisacáridos como almidón y gomas (carragenina, carboximetil celulosa (CMC)). Como característica principal y común se puede destacar que son moléculas altamente hidrofílicas que actúan sobre el agua que se encuentra libre en el medio donde se aplican, llegando a reducir su movilidad y aumentando así la viscosidad del sistema. En este sentido la estructura del polímero es de gran importancia ya que de ella depende la capacidad de retención de agua y, por tanto, las características reológicas y de textura que impartirá al producto terminado (Cubero, 2002).

#### **1.1. CMC (carboximetil celulosa)**

Es un ligante del agua del medio que tiene buena funcionalidad a diferentes temperaturas ya que es soluble tanto en frío como en caliente. Controla la viscosidad y reología del sistema, es un agente de suspensión, auxiliar para la retención de agua, inhibe la formación de cristales, da una textura suave y blanda y también ayuda al batido correcto de la mezcla. No da una estructura fuerte al helado, por lo que se utiliza en combinación con otros estabilizantes. Estabiliza las dispersiones de proteínas de manera especial a aquellas que se encuentran cerca de su punto de pH isoelectrico (Badui, 2006; Cubero *et al.*, 2002; Soto, 2006).

### **1.1.1. Usos de la carboximetil celulosa**

El ADI (consumo diario aceptado) es de 25 mg/Kg de la persona. Es utilizada en alimentos como agente auxiliar en el batido de helados, cremas y natas, como auxiliar para formar geles en gelatinas y pudines, como espesante en aderezos y rellenos, como agente suspensor en jugos de frutas (Gerlat, 2000).

## **1.2. Gelatina comestible**

La gelatina es una proteína compleja, es decir, un polímero compuesto por aminoácidos. Como sucede con los polisacáridos, el grado de polimerización, la naturaleza de los monómeros y la secuencia en la cadena proteica determinan sus propiedades generales. Una notable propiedad de las disoluciones de esta molécula es su comportamiento frente a temperaturas diferentes: son líquidas en agua caliente y se solidifican en agua fría. Al ser proteína en estado puro, ésta es su mayor propiedad nutritiva: proteína (84-90 %), sales minerales (1-2 %) y agua (el resto). La gelatina cuaja cuando está a la temperatura ambiente, a 18 °C o menos, pero siempre por encima del punto de congelación. Si se le calienta a 27 °C, poco a poco se convertirá en una mezcla acuosa; si se le enfría, volverá a cuajar. Este comportamiento está determinado por un ingrediente especial que cuaja la mezcla: la gnetina, que está hecha de colágeno, proteína fibrosa que se encuentra en el tejido conjuntivo del cuerpo (Gelco, 2013).

### **1.2.1. Usos de la gelatina comestible**

Es utilizada ampliamente como un estabilizante en la industria láctea, la gelatina comestible proporciona una suave textura al producto en la elaboración de helados, mientras mantiene el material libre de cristales de hielo. Debido a que la gelatina es capaz de producir una espuma estable, los productores de helados consideran que la gelatina comestible es ideal para disminuir la tensión superficial líquido-aire durante la producción (Gelco, 2013).

## **1.3. Carragenina**

Polisacárido sulfatado proveniente de la pared celular de las algas marinas rojas. Están conformadas por varias estructuras en grupos de polisacáridos de galactosa, estas estructuras son de varios tipos, las comerciales son: las carrageninas, kappa ( $\kappa$ ), iota ( $\iota$ ) y lambda ( $\lambda$ ). Dependiendo del tipo de carragenina forma soluciones

de alta viscosidad o forma un gel, las moléculas de la carragenina desarrollan estructuras helicoidales creando la red tridimensional; después de hidratarse a 80°C, se enfría induciéndose una transición a gel que origina la estructura tridimensional. Es estable a un amplio intervalo de pH puesto que los grupos sulfato están siempre ionizados. Es un agente espesante y texturizante (confieren cuerpo a distintos niveles o llegan a un estado sólido obteniéndose geles), es un captador y retenedor de humedad, estabiliza emulsiones y espumas y tiene un efecto matriz (se consigue a bajas concentraciones que da lugar a la formación de un gel tridimensional imperceptible que permite suspender sólidos sin impartir mucha viscosidad) (Soto, 2006).

#### **1.3.1. Usos de la carragenina**

Las aplicaciones de la carragenina están concentradas en la industria alimentaria. Las aplicaciones pueden ser divididas en sistemas lácticos, acuosos y bebidas. Sin embargo, ya existen actualmente otras diversas aplicaciones de carragenina para una gran variedad de aplicaciones industriales. La carragenina posee diversas funciones de acuerdo con su aplicación: gelificación, espesamiento, estabilización de emulsiones, estabilización de proteínas, suspensión de partículas, control de fluidez y retención de agua (Porto, 2010).

#### **1.4. Principales parámetros de calidad del helado**

Existen distintos elementos que participan en la calidad del helado, las propiedades reológicas de la fase acuosa. La reología del helado es muy compleja: depende del número, el tamaño y la forma del hielo suspendido, las partículas de la grasa y de aire, la concentración de los azúcares, las proteínas y los polisacáridos, y la temperatura, otros factores pueden también tener efectos. La mayor parte de estos factores cambian perceptiblemente durante el proceso de fabricación. Se crean las partículas del hielo, de la grasa y de aire, la concentración de la solución aumenta y disminuye la temperatura, consecuentemente la viscosidad del helado aumenta en varios órdenes de magnitud (Clarke, 2004).



#### **1.4.1. Viscosidad**

La viscosidad es una característica de los fluidos en movimiento, que muestra una tendencia de oposición hacia su flujo ante la aplicación de una fuerza. La viscosidad es medida con un viscosímetro que muestra la fuerza con la cual una capa de fluido al moverse arrastra las capas contiguas. Los fluidos más viscosos se desplazan con mayor lentitud. Además hay que mencionar la influencia de la viscosidad de la mezcla, en el rendimiento, derretimiento y textura del helado (Bolliger *et al.*, 2000). Las mezclas para helado, presentan, por lo general comportamiento de fluido no newtoniano; las características de este tipo de productos varían desde los líquidos viscosos con propiedades elásticas hasta las de los sólidos con propiedades viscosas. La viscosidad de estos fluidos, no permanece constante, cuando la temperatura y la composición permanecen invariables, sino que depende del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad y, a veces del tiempo de aplicación del esfuerzo y de la historia previa del producto (Kelco, 2001).

La viscosidad es un indicador de la calidad del estabilizante, ya que este debe desarrollar una adecuada viscosidad en la mezcla para principalmente estabilizar al producto final, además influye en las características del cuerpo y textura, porcentaje de rendimiento al batido y masa derretida del helado. Si la viscosidad es muy alta, el helado no bate bien, el porcentaje de rendimiento al batido es bajo, dando un cuerpo y una textura duras y secas. Si la viscosidad es muy baja, se obtiene una mezcla similar a la espumilla, sin un cuerpo adecuado, con una textura pobre (Villacís, 2010).

#### **1.4.2. Textura**

Uno de los aspectos a tener en cuenta para definir la calidad del helado es que tenga la textura apropiada, este es un concepto inicialmente visual, y después se percibe en la boca al consumirlo (Soto, 2006). La microestructura de los cristales de hielo, de los glóbulos de grasa y de la matriz es fundamental para las características sensoriales del helado (Clarke, 2004). Se considera que la textura para un helado de leche es la óptima cuando: el conjunto de componentes

proporciona una estructura uniforme, suave y sin presencia de arenocidad, por lo que se refiere a la disposición y dimensión de las partículas que lo componen, cuando las partículas sólidas son lo suficientemente pequeñas para no ser detectadas en la boca (Soto, 2006).

#### **1.4.3. Índice de aireación (overrun)**

Es el aumento de volumen de un mix de helado, determinado por el aire incorporado. El porcentaje de aire en el helado incide directamente en su calidad. Una cantidad insuficiente de aire hace que éste salga pesado, mientras que un exceso hace que no tenga cuerpo, pierde frescor y se dispersa el sabor, presentando una apariencia de espuma.

El índice de aireación del helado nos da la cantidad de aire incorporada a la mezcla en tanto por ciento sobre la misma, en volumen (Madrid y Cenzano, 2003). La cantidad de aire incorporado en la espuma es reportado en términos del overrun (Clarke, 2004).

#### **1.4.4. Índice de derretimiento**

Es la cantidad de helado que se funde en un determinado tiempo por la acción de la temperatura ambiental a partir de una masa inicial de helado de un determinado peso o un determinado volumen. Se determina la cantidad de helado que cae en un beaker, al colocar sobre una malla estándar de 20.00 x 10.00 cm con orificios cuadrados de 3.00 mm de lado soportado en un marco de madera, en un tiempo fijo; desde el momento que cae la primera gota, hasta la hora de derretimiento, a temperatura ambiente (Posada, 2009).

#### **1.5. Valor nutricional del helado**

El helado es una fuente de aminoácidos de las proteínas de leche, vitaminas y minerales (Clarke, 2004). La Tabla 1 muestra el análisis nutrimental de 100 mL de una porción de helado.

Tabla 1. Análisis nutrimental de un helado

<b>Ingredientes</b>	<b>g/100mL</b>
Carbohidratos	14
Azucares	13,5
Grasas totales	7-8
Grasas saturadas	5
Proteínas	1,8
Fibras	0,5
Vitaminas	5,1-39,30 mg/L
Energía	593 KJ

Fuente: Clarke 2004, Mahaut, *et al*, 2004.

Los helados tienen de 0,6 a 1,0 % de sales minerales, procedentes en su mayoría de la leche en polvo, suero de leche en polvo y otras materias primas tales como frutas, zumos de frutas, etc. Ver Tabla 2 (Madrid y Cenzano, 2003).

Tabla 2. Contenido en sales

<b>Minerales</b>	<b>mg/100g de helado</b>
Calcio	80 – 138
Fosforo	45 – 150
Magnesio	10 – 20
Hierro	0.05 – 2
Cloro	30 – 205
Sodio	50 – 180
Potasio	60 – 175

Fuente. Madrid y Cenzano, 2003.

La Tabla 3 muestra la cantidad de algunas vitaminas presentes en un litro de leche y en un litro de helado. Un litro de helado es más rico en vitaminas que un litro de leche, ello es debido a que el helado, además de leche lleva otros ingredientes que aportan un contenido vitamínico importante (Madrid y Cenzano, 2003).

Tabla 3. Vitaminas presentes en leche y helados

<b>Vitamina</b>	<b>Leche (mg/L)</b>	<b>Helado (mg/L)</b>
A	0,2 -1	0,2-1,3
B <sub>1</sub>	0,4	0,2-0,7
B <sub>2</sub>	1,7	1,7-2,3
C	5-20	3-35
D	0,002	0,002

Fuente: Madrid y Cenzano, 2003.

El presente trabajo consistió en determinar la concentración óptima de CMC, gelatina y carragenina en el helado de leche, así mismo establecer los efectos de los estabilizantes usados sobre la viscosidad de la mezcla, textura, índice de derretimiento y overrun del producto en mención; para ello se elaboró quince formulaciones para evaluar las cuatro variables respuestas. Se empleó dos diseños estadísticos. Box - Behnken para optimizar las tres variables independientes y el de bloques completamente al azar, para determinar la mejor muestra elaborada en cuanto a la textura del helado de leche.

Los datos procesados arrojan los resultados óptimos del diseño de Box - Behnken permitiendo considerar a la formulación ocho, como la más cercana de los experimentos realizados, cuando se trabajó empleando una concentración de 2 g de CMC, 1,5 g de gelatina y 2 g de carragenina por cada kilogramo de mezcla, reportando valores en viscosidad 12700 cP, derretimiento 40 % y overrun 74, 4 %, la misma que presentó una diferencia estadística significativa calificada como una de las mejores en textura del producto por los panelistas.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Material biológico

Se utilizó 50 litros de leche cruda entera, provenientes de las fincas lecheras de Chontapampa y Levanto, que abastecen al mercado local de Chachapoyas. Las propiedades fisicoquímicas de la leche cumplen la NTP verificadas por los análisis; la leche se conservó en cámara de frío a 4 °C para la elaboración del helado.

#### 2.1.1. Análisis fisicoquímico de la leche

- a) **Densidad:** se determinó mediante el uso del lactodensímetro calibrado.
- b) **Acidez titulable:** se determinó mediante una titulación ácido-base, con una bureta, fenolftaleína como sustancia indicadora y como titulante hidróxido de sodio (0,1N). el resultado se expresó en términos de ácido láctico (%) por que se encuentra en mayor proporción en la leche.
- c) **Humedad y sólidos totales:** se determinó el contenido de humedad en la muestra de leche con un analizador automático de humedad (ADAM, modelo AMB 50) que funciona a base de radiación infrarroja.
- d) **pH:** se determinó con un pH-metro que mide el potencial de hidrógeno.
- e) **Proteínas:** se determinó con el método Walker (titulación con formol).  
Ver anexo A, métodos de análisis.

### 2.2. Elaboración del helado

#### 2.2.1. Insumos

En los procesos realizados durante el estudio se utilizaron los insumos que se describen a continuación.

**Leche en polvo entera instantánea:** este insumo fue adquirido en el mercado modelo de la ciudad de Chachapoyas, en cajas que contenían 12 unidades de leche entera en polvo instantánea marca Gloria, con un contenido de 120 g aproximadamente por unidad.

**Margarina:** se utilizó este insumo comercial de marca Gloria en presentación sólido a temperatura ambiente, en envases blancos a semitransparentes.

**Glucosa:** producto semigelatinoso fue adquirido envasado en presentación de medio Kg.

**Azúcar blanca doméstica:** adquirido en cantidades de acuerdo a las requeridas para la elaboración de helados.

**Estabilizantes:** CMC y carragenina empacado en bolsas de polipropileno en polvo en cantidades de medio y un cuarto de kilogramo respectivamente, la gelatina se adquirió en el mercado modelo.

### 2.2.2. Formulación

Para la elaboración del helado se empleó la formulación indicada en la Tabla 4.

Tabla 4. Formulación del helado de leche

Componentes	%
Leche	68%
Leche en polvo entera	9%
Mantequilla o margarina	5%
Glucosa	3,4%
Azúcar	14%
Estabilizantes (CMC, Gelatina y Carragenina)	0,6%

Fuente: elaboración propia.

Se utilizó balanza analítica para medir la cantidad de insumos que entraron en la mezcla.

### 2.2.3. Dosificación

En una balanza digital se pesó los insumos, teniendo en cuenta la formulación de la Tabla 4 (leche cruda entera 2 kg, leche en polvo entera instantánea 277 g, margarina 154 g, glucosa 105 g, azúcar 430 g y estabilizantes de 3,5 g a 5,5 g (Anexo J).

### 2.2.4. Mezcla y homogenización

La olla teniendo leche fue puesta sobre la hornilla encendida de la cocina semi-industrial a gas. A una temperatura de 30 °C; se añadió la leche en polvo, glucosa y margarina, a 70 °C se adicionó el azúcar mezclado con los estabilizantes (CMC, gelatina y carragenina) manteniendo una agitación constante (Anexo J, Fotografía 2).

### **2.2.5. Pasteurización**

Inmediatamente al terminar la homogenización se alcanzó una temperatura de 85 °C por 30 segundos, se apagó la cocina y se trasladó la mezcla base del helado a envases de plástico (baldes de 4L) con escala de medición, codificados y luego puesto en la cámara de frío a temperatura de 4 °C. Al mismo tiempo se separó una muestra en un vaso de precipitación de 200 mL, para determinar la viscosidad de la mezcla (Anexo J, Fotografía 3).

### **2.2.6. Enfriamiento y maduración**

En esta operación se mantuvo las muestras pasteurizadas a una temperatura de 4 °C, durante 18 a 24 horas (Anexo J, Fotografía 4).

### **2.2.7. Licuado**

Se tomó el volumen inicial de la mezcla madurada, luego se procesó en una licuadora industrial de 40 L de capacidad, durante 10 minutos, evidenciando un incremento de volumen (Anexo J, Fotografía 5).

### **2.2.8. Batido y congelación parcial**

La mezcla licuada fue trasladada a la (maquina heladera), con capacidad de 5L por bach. Se batió por 40 minutos en frío de -1 a -2°C, se tuvo en cuenta el volumen de cada mezcla elaborada (Anexo J, Fotografía 6).

### **2.2.9. Envasado**

Las mezclas batidas se colocaron en envases de plástico (balde) con escala de medición, para los volúmenes (Anexo J, Fotografía 7).

### **2.2.10. Congelación profunda o endurecimiento**

Las formulaciones elaboradas y envasadas en baldes, se colocaron en una congeladora manteniendo a condiciones de extra frío (-25 °C) aproximadamente. Con la finalidad de permitir dar sus cualidades finales del producto (Anexo J, Fotografía 7).

### **2.2.11. Almacenamiento**

Se siguió manteniendo la cadena de frío en el producto en la misma congeladora, considerando una temperatura a nivel de conservación (-15 °C).

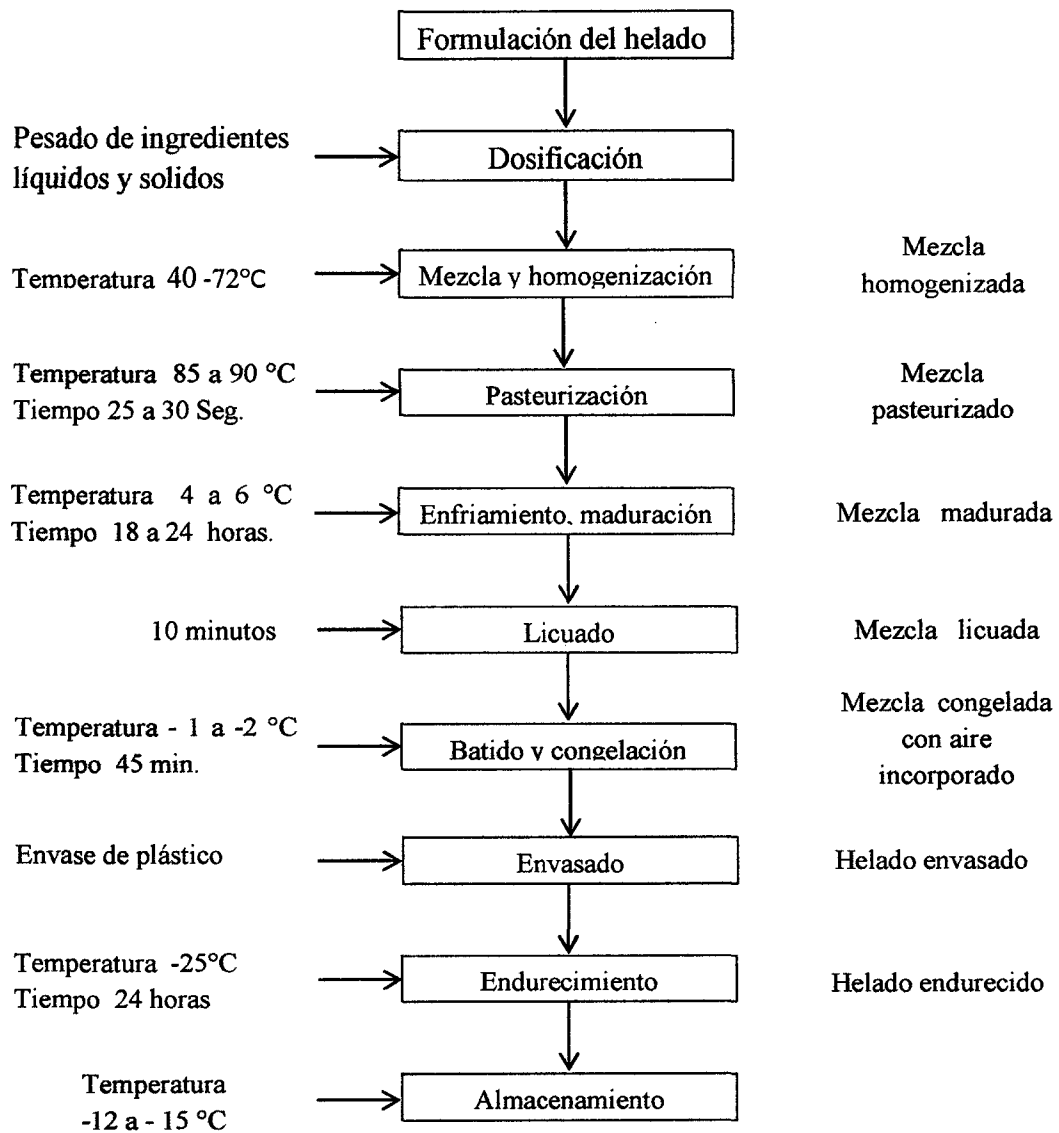


Figura 1. Flujograma de elaboración de helado de leche.



### **2.3. Análisis fisicoquímicos**

#### **2.3.1. Determinar Viscosidad de la mezcla**

Para determinar la viscosidad de la mezcla para helado de leche se utilizó un viscosímetro Brookfield y se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Se colocó 200 mL de la mezcla en un vaso de precipitación, teniendo en cuenta su temperatura.
- b) Se preparó el viscosímetro colocando cuidadosamente el spindle (S5).
- c) Se verificó que el porcentaje de torque se sitúe en el rango de medición confiable, cercana o igual al 100 %.
- d) Se eligió una velocidad de rotación del spindle de 30 y 20 para las mediciones.
- e) Se encendió el motor del viscosímetro, la pantalla del viscosímetro mostró la viscosidad de la muestra en centipoises, la velocidad de rotación del spindle en RPM, el porcentaje de torque (10 - 100 %); (Anexo J, Fotografía 9).

#### **2.3.2. Determinación del overrun**

- a) Se consideró la medición del volumen de la mezcla madurada.
- b) Se midió el volumen final del helado obtenido después del batido.
- c) Se remplazó los datos obtenidos en el siguiente modelo matemático

$$\%Overrun = \left( \frac{VH - VM}{VM} \right) \times 100$$

Donde:

VH: Volumen del helado

VM: Volumen de la mezcla

#### **2.3.3. Determinación del índice de derretimiento**

Se determinó el porcentaje de masa derretida en un tiempo estándar (Anexo J, Fotografía 10).

- a) Se pesó los envases que se encontraban en la parte inferior del equipo según la dirección de la muestra (P1).

- b) Se taró un vaso de mica en la cual se ponía las muestras de helado con la cuchara heladera.
- c) Se pesó cada muestra colocada en los vasos (P2).
- d) Se colocó la muestra en el equipo de acuerdo a la codificación que la correspondía.
- e) Se controló un tiempo estándar de 23 minutos desde la caída de la primera gota en cada muestra.
- f) Se pesó los envases que estaban en la parte inferior con el contenido de helado derretido (P3).
- g) Se determinó porcentaje de derretimiento con la ecuación:

$$\% \text{Derretimiento} = \left( \frac{P3 - P1}{P2} \right) \times 100$$

## **2.4. Análisis sensorial**

Se procedió a realizar la evaluación sensorial para determinar la variable textura, empleando la prueba descriptiva de escala, con 12 panelistas semientrenados que evaluaron el producto (Anexo J, Fotografía 11 y 12).

### **2.4.1. Determinación de textura**

Se determinó la textura con panelistas semientrenados, las muestras de 60 g de helado fueron codificadas y presentadas en vasos de tecnopor de 2 onzas.

- a) Se codificó 15 vasos de tecnopor para cada panelista.
- b) Se colocó en cada vaso 60 g de helado, con la ayuda de la cuchara heladera.
- c) Se llevó las muestras para su evaluación en la mesa de degustación.
- d) Se explicó a los panelistas el formato del test de evaluación.
- e) Los panelistas degustaron las muestras y llenaron los formatos correspondientes.

## 2.5. Análisis estadístico

El valor de las variables dependientes permitió determinar el valor de las variables independientes para la producción de helados con calidad y gran aceptabilidad. El diseño estadístico de Box – Behnken contribuyó a evaluar diferentes formulaciones de estabilizantes con respecto a su efecto sobre la calidad y aceptabilidad del helado de leche.

Tabla 5. Valor de las variables independientes evaluadas con el diseño estadístico de Box- Behnken.

Valor	Carragenina g/kg	Gelatina g/kg	CMC g/kg
Alto (+)	2	2	2
Medio (0)	1,5	1,5	1,5
Bajo (-)	1	1	1

Fuente. elaboración propia, Según (ITINTEC 202.057,1975).

### 2.5.1. Optimización de los estabilizantes

Para el estudio se consideró tres valores de concentración de CMC, gelatina y carragenina la cual se evaluó aplicando el diseño de Box – Behnken según se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Diseño estadístico de Box – Behnken para evaluar las tres variables independientes.

Número experimento	Variables		
	A	B	C
1	-	-	0
2	-	+	0
3	+	-	0
4	+	+	0
5	-	0	-
6	-	0	+
7	+	0	-
8	+	0	+
9	0	-	-
10	0	-	+
11	0	+	-
12	0	+	+
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Fuente: Montgomery, 2004.

Se identificó como Factor A (CMC), B (Gelatina) y C (Carragenina).

El nivel óptimo de cada variable independiente se determinó usando las técnicas de optimización de respuesta en superficie (Daniel, 1976), la cual se aplicó a las tres variables independientes.

Se utilizó la siguiente letras (X, Y, Z) para identificar las variables respuestas viscosidad de la mezcla, índice de derretimiento y Overrun del helado de leche, respectivamente.

En base a los resultados de la Tabla 6. Se procedió a introducir los valores usando el software estadístico Statgraphics v. 15, en una computadora compatible, aplicando así el diseño estadístico de Box – Behnken.

### **2.5.2. Evaluación sensorial**

La variable textura se determinó mediante una evaluación sensorial según las concentraciones y valores de los estabilizantes utilizados, mediante la prueba descriptiva de escala, en la que intervinieron panelistas semientrenados, utilizando el formato test que se muestra en el Anexo D.

Los datos de los test, de las muestras del helado fueron sometidos a un diseño en bloque completamente al azar Tabla 8. Para determinar la mejor aceptabilidad de las muestras de helado.

### **2.5.3. Modelo aditivo lineal para la evaluación de textura del helado de leche**

$$y_{ij} = \mu + A_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1,2,3, \dots, 15$$

$$j = 1,2,3, \dots, 12$$

Dónde:

$y_{ij}$  = textura del helado de leche de la  $i$  – ésima muestra elaborada y  $j$  – ésimo panelistas

$\mu$  = Efecto de la media general

$A_i$  = Efecto de la  $i$ - ésima muestra de helado

$B_j$  = Efecto del  $j$ - ésimo panelistas

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental

#### **2.5.3.1. Análisis de varianza (ANVA) del modelo**

Los valores de la evaluación de textura se analizaron e interpretaron utilizando el software estadístico SPSS v.15, en una computadora compatible.

**Comparaciones de medias:** Las comparaciones de medias se realizaron mediante el **Método Tukey**.

Nivel de significancia ( $\alpha$ ) : 5%

Nivel de confianza ( $1-\alpha$ ) : 95%

#### **2.5.4. Análisis nutricional o proximal del helado de leche**

La mejor muestra del helado de leche, se analizó para determinar el valor proximal de sus componentes, dicho análisis se realizó en el La Molina Calidad Laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina ubicada en la ciudad de Lima, con la finalidad de identificar de manera cuantitativa los componentes del helado.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis fisicoquímico de la leche cruda entera

La leche utilizada presentó una densidad de 1,029 Kg/m<sup>3</sup>, acidez titulable de 18 °Dornic; pH 6,6; sólidos totales 12,61 % (p/p); humedad de 87,39 % (p/p) y 3 % de proteínas.

#### 3.2. Valores obtenidos de las variables respuestas del helado de leche

En base a los valores de concentración de CMC, gelatina y carragenina, se determinó los valores analizados aplicando el diseño de Box – Behnken según se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores obtenidos de la Viscosidad de la mezcla, índice de derretimiento y overrun del helado.

Número experimento	Variables			Viscosidad (cP)	ID (%)*23 min. Overrun (%)	
	A	B	C		X	Y
1	1	1	1,5	11700	49,73	53,33
2	1	2	1,5	10700	57,82	57,89
3	2	1	1,5	12790	34,12	45,45
4	2	2	1,5	10000	35,35	58,33
5	1	1,5	1	11870	52,06	47,83
6	1	1,5	2	10730	12,23	73,68
7	2	1,5	1	12520	54,70	55,00
8	2	1,5	2	12700	40,00	74,4
9	1,5	1	1	12760	56,17	65,00
10	1,5	1	2	12290	72,65	59,52
11	1,5	2	1	12600	55,36	58,14
12	1,5	2	2	12070	49,56	72,50
13	1,5	1,5	1,5	12600	43,55	63,37
14	1,5	1,5	1,5	12170	47,72	55,00
15	1,5	1,5	2,5	13200	62,35	50,00

Fuente: elaboración propia.

Factor A: CMC

Factor B: Gelatina

Factor C: Carragenina

### **3.3. Aplicación del diseño estadístico de Box – Behnken**

En base a los resultados de la Tabla 7, se procedió a evaluar los valores con el software estadístico Statgraphics v. 15, las variables a optimizar fueron A: CMC, B: gelatina y C: carragenina. Se aplicó la distribución que se muestra en la Tabla 6 y para cada combinación se evaluó la viscosidad de la mezcla, overrun y derretimiento para ubicar la respuesta óptima.

El diseño permitió calcular el análisis del experimento como: el análisis de varianza, las ecuaciones, gráficas de superficie de respuesta y contorno de respuestas en superficies versus nivel de variables, que indicaron que la respuesta óptima ha sido identificada o al menos sugerir la región donde el óptimo está localizado.

#### **3.3.1. Estimación de la viscosidad máxima del helado de leche**

La aplicación del diseño estadístico de Box – Behnken, permitió identificar los valores óptimos de estabilizantes del helado de leche, maximizando su viscosidad. Al mismo tiempo generó la ecuación polinomial cuadrática ajustada a los datos analizados de la viscosidad de la mezcla, mostrada a continuación:

$$X = 2475,42 + 12462,5A + 6947,5B - 5055,0C - 3668,33A^2 - 1790,0AB + 1320,0AC - 1768,33B^2 + 861,667C^2$$

Donde X es la viscosidad de la mezcla del helado; A, B, C son las variables independientes.

El software además permitió identificar la gráfica de contorno estimada (Figura 2), otra de superficie (Figura 3) y optimizar respuesta, que se muestran a continuación:



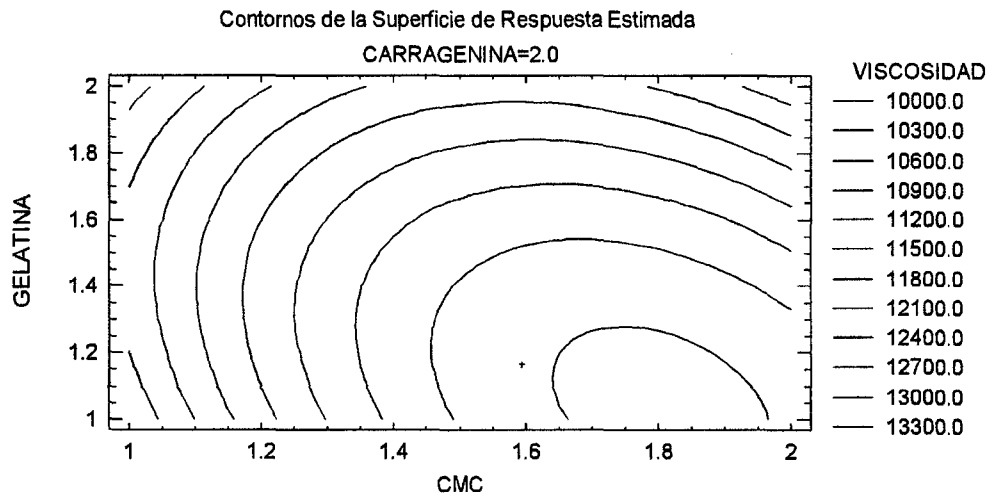


Figura 2. Gráfica de contornos de la superficie de respuesta estimada para Viscosidad, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/Kg de la mezcla para helado de leche.

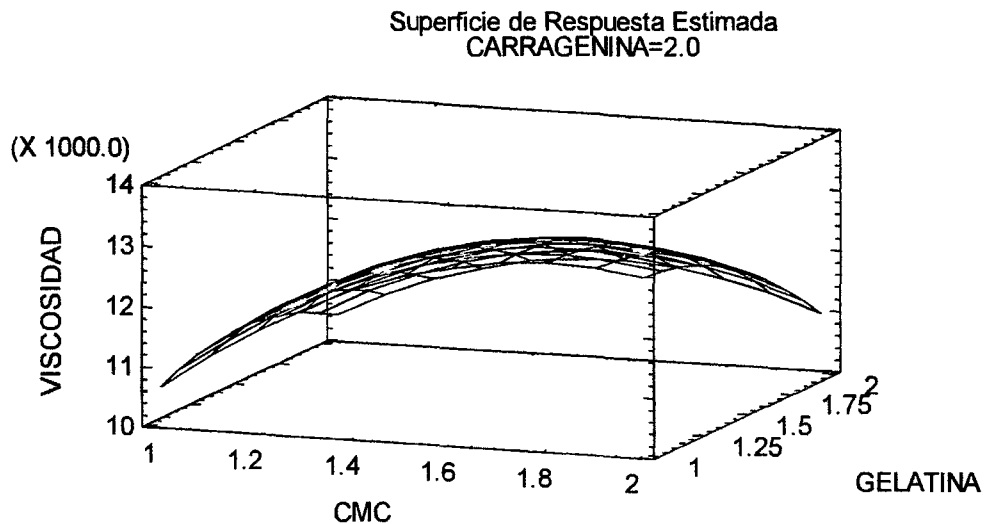


Figura 3. Gráfica de superficie de respuesta para viscosidad, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/Kg de la mezcla para helado de leche.

Optimizar Viscosidad

Valor óptimo = 13300,6 cP

En el diagrama de Pareto estandarizado (Figura 4) para la viscosidad, se observa la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 % (Tabla ANVA, ver anexos).

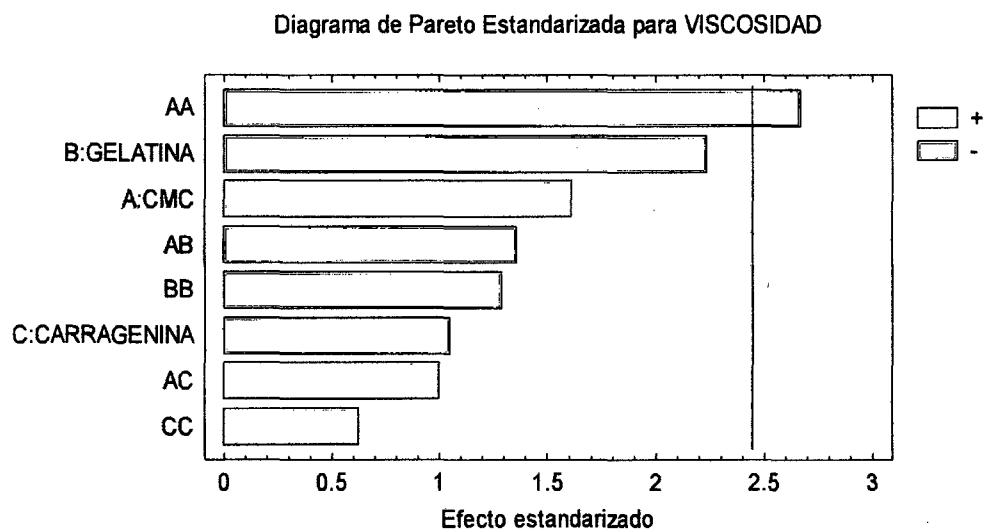


Figura 4. Diagrama de Pareto estandarizado para viscosidad con carragenina constante a 2 g/Kg de la mezcla del helado de leche.

### 3.3.2. Estimación del mínimo índice de derretimiento del helado de leche

La aplicación del diseño estadístico de Box – Behnken, permitió identificar los valores óptimos de estabilizantes del helado de leche, mínimo índice de derretimiento. Al mismo tiempo generó la ecuación polinomial cuadrática ajustada a los datos analizados del porcentaje de derretimiento, que se muestran a continuación:

$$Y = 16,6504 + 124,512A - 30,35B - 31,5625C - 51,2783A^2 - 6,86AB + 25,13AC + 23,4717B^2 - 22,28BC + 5,44167C^2$$

Donde Y es el índice de derretimiento del helado; A, B, C son las variables independientes.

En el software además permitió identificar la gráfica de contorno estimada (Figura 5), de superficie (Figura 6) y optimizar respuesta, que se muestran a continuación:

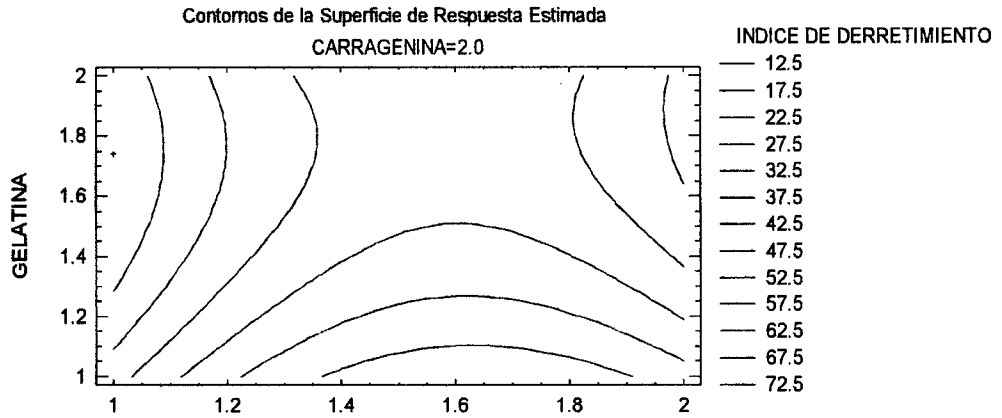


Figura 5. Gráfica de contornos de la superficie de respuesta estimada para índice de derretimiento, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/Kg de la mezcla para helado de leche.

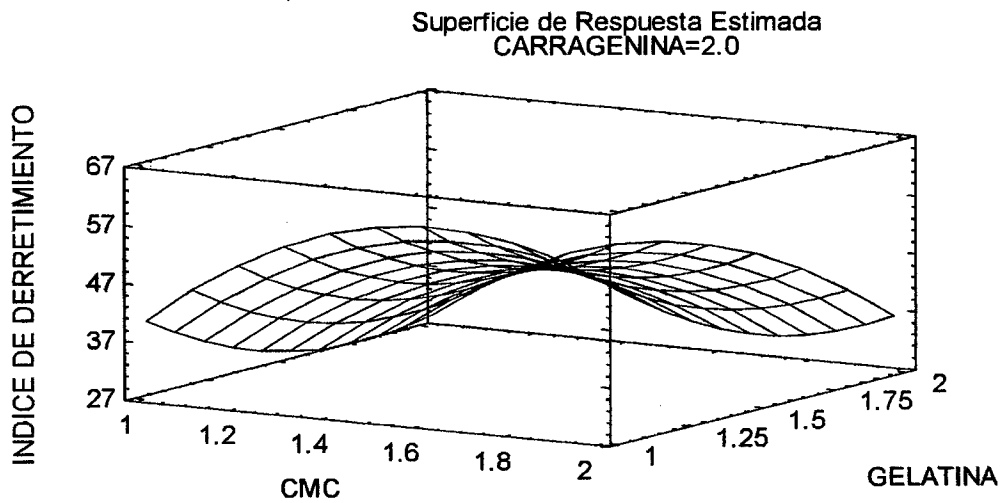


Figura 6. Gráfica de superficie de respuesta para índice de derretimiento, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/Kg de la mezcla para helado de leche.

Optimizar índice de derretimiento

Valor óptimo = 27,5693 %

En el diagrama de Pareto estandarizado (Figura 7) para el índice de derretimiento se observa la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen una valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 % (Tabla ANVA, ver anexos).

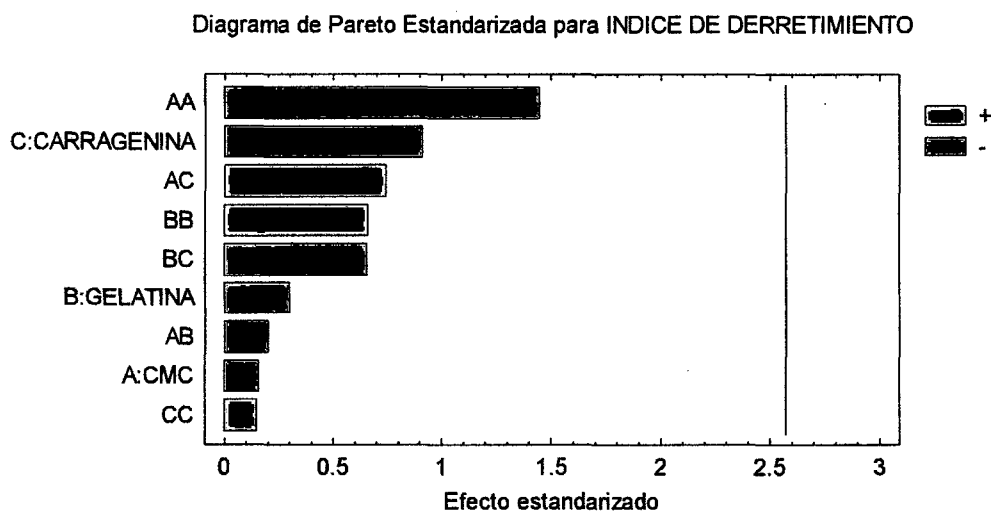


Figura 7. Diagrama de Pareto estandarizado para índice de derretimiento con carragenina constante a 2 g/Kg de la mezcla del helado de leche.

### 3.3.3. Estimación del máximo porcentaje de overrun del helado de leche

La aplicación del diseño estadístico de Box – Behnken, permitió identificar los valores óptimos de estabilizantes del helado de leche, maximizando el porcentaje de overrun. Al mismo tiempo generó la ecuación polinomial cuadrática ajustada a los datos analizados, mostrado a continuación:

$$Z = 135,61 + 17,3175A - 36,35B - 107,022C - 6,67A^2 + 8,32AB - 6,45AC + 19,84BC + 33,49C^2$$

Donde Z el porcentaje de overrun del helado; A, B, C son las variables independientes. En el software además de la ecuación presentada permitió identificar la gráfica de contorno estimada (Figura 8) y otra de superficie (Figura 9), que se muestran a continuación:

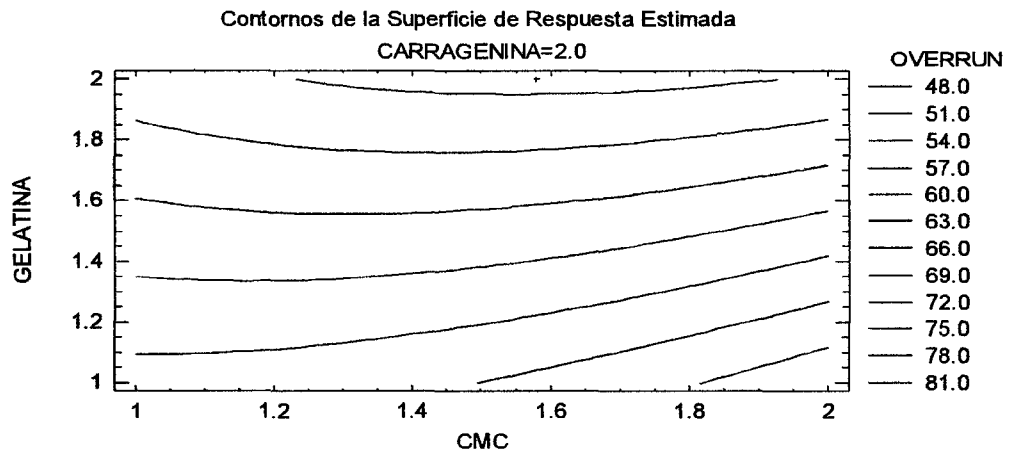


Figura 8. Gráfica de contornos de la superficie de respuesta estimada para overrun, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/Kg de la mezcla para helado de leche.

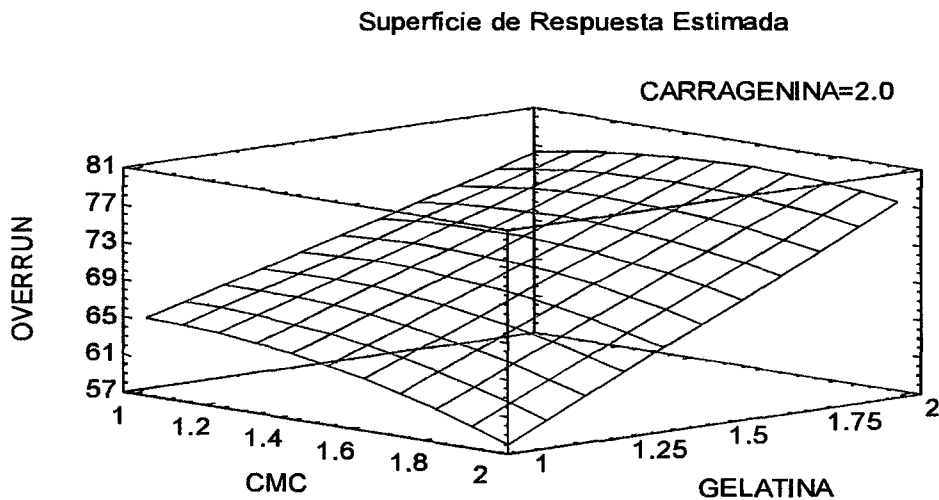


Figura 9. Gráfica de superficie de respuesta para overrun, donde la concentración de carragenina es constante a 2 g/Kg de la mezcla para helado de leche.

Optimizar overrun

Valor óptimo = 78,8049 %

En el diagrama de Pareto estandarizado (Figura 10) para el overrun se observa la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 % (Tabla ANVA, ver anexos).

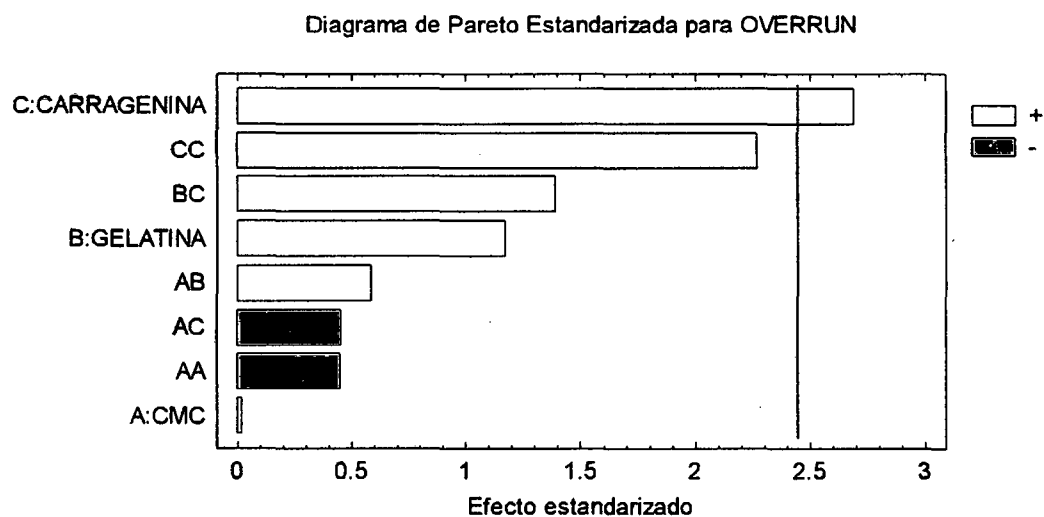


Figura 10. Diagrama de Pareto estandarizado para overrun con carragenina constante a 2 g/Kg de la mezcla del helado de leche.

### 3.4. Evaluación sensorial

Tabla 8. Valores de las muestras formuladas del helado de leche sobre textura, según el test descriptivo de escala.

Panelistas	Muestras de helado de leche															Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	6	4	6	7	6	3	7	6	5	3	3	6	5	7	3	77
2	5	6	4	5	6	4	7	8	7	5	6	7	7	7	5	89
3	5	5	6	7	6	6	7	6	6	4	5	6	5	7	5	86
4	9	7	9	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7	6	116
5	7	5	6	7	7	5	5	7	7	5	6	7	6	8	5	93
6	4	3	6	6	7	6	5	7	7	6	6	8	8	8	7	94
7	7	4	6	7	7	6	7	8	7	7	7	9	7	8	7	104
8	8	5	8	7	6	5	8	7	8	5	6	8	7	7	4	99
9	8	7	7	7	8	5	7	7	8	5	6	8	6	7	5	101
10	7	1	6	6	6	2	7	7	7	2	4	7	7	7	3	79
11	3	3	3	4	5	7	5	9	5	4	3	7	8	8	7	81
12	6	4	7	5	5	4	7	6	8	5	6	6	6	7	5	87
Total	75	54	74	75	76	61	80	86	83	59	66	87	80	88	62	1106

Fuente: test de los panelistas.

Tabla 9. Análisis de varianza del DBCA con arreglo (15A \* 12B)

Variable dependiente (Textura): Yij

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. C.	Significación
Tratamiento	139,078	14	9,934	8,173	,000
Panelistas	95,978	11	8,725	7,178	,000
Error	187,189	154	1,216		
Total corregida	422,244	179			

(a R cuadrado = ,557 (R cuadrado corregida = ,485)

Fuente: elaboración propia.

$F_t = 1,76$ ; Obsérvese que  $FC > F_t$  para 5 %. Por lo tanto existe diferencia altamente significativa entre los efectos de los tratamientos de la textura del helado de leche.

Las comparaciones de medias se realizaron mediante el Método Tukey. Tabla 15 (Anexos) la cual se puede apreciar la significancia de las muestras.

Con la Tabla 16 (Anexos), podemos afirmar a un nivel de significación del 5 % de probabilidad que las muestras o tratamientos 14, 12, 8 son mejores que los otros en muestras en cuanto a textura del helado de leche considerando parámetros como uniformidad, suavidad y gomosidad, alcanzando un calificativo por los 12 panelistas gusta el atributo sensorial.

### **3.5. Análisis proximal del helado de leche**

El análisis proximal fisicoquímico realizado en La Molina Calidad Total Laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, determinó los siguientes componentes: grasa cruda 9,2 (g/100 g de helado); sólidos totales 40,9 (g/100 g); proteínas 4,5 (g/100 g); cenizas 1,3 (g/100 g); carbohidratos 25,9 (g/100 g); energía total 204,4 (kcal/100 g).



## DISCUSIÓN

Las variables independientes consideradas influyentes en la elaboración de helados de leche fueron la combinación de 2 g de CMC con 1,5 g de gelatina y 2 g de carragenina por cada kilogramo de mezcla; que produjo un helado de leche con 12700 cP en viscosidad, 40 % de índice de derretimiento en 23 minutos evaluado y 74,4 % de overrun. La optimización de los valores de estas variables aplicando el diseño estadístico de Box – Behnken permitió obtener un máximo de 13300,6 cP en viscosidad de la mezcla, un mínimo de derretimiento de 27,56 % y 78,8 % de overrun manteniendo constante la carragenina en 2 g, las cuales se interpretaron y sugirió estos valores antes dicho de estos estabilizantes ya que cumplieron y se adecuaron más a los datos reales reportados por los experimentos realizados (Tabla 7) y también por ser esta una de las muestras con mayor puntuación en textura del producto en mención ver (Anexos, Tabla 16).

Según Arbuckle (1999), el estudio de la reología de los helados comienza por el conocimiento de la viscosidad de la mezcla. Este elemento corresponde a la mezcla inicial antes del enfriamiento y maduración, la viscosidad de una mezcla varía de 50 a 300 cP, y debe alcanzar un valor bastante alto para permitir una buena retención de aire; en presente trabajo los valores de viscosidad de la mezcla variaron de 10000 cP – 13200 cP a una temperatura promedio de 50 °C (Tabla 7), combinando concentraciones de estabilizantes a diferentes niveles (0,35 - 0,55 %), mostrando valores más elevados. Esto se debe al nivel de incorporación de los hidrocoloides, en las mezclas, debido a la capacidad de hidratación de los hidrocoloides y a su capacidad de poder establecer puentes de hidrogeno y ligar el agua (Minhas *et al.*, 2000); son moléculas altamente hidrofílicas que actúan en el agua libre reduciendo su movilidad y aumentando así su viscosidad (Cubero *et al.*, 2002). Mientras que Posada (2009), evaluó el efecto de una mezcla de gomas algarrobo, karaya y guar como agentes espesantes sobre las propiedades relacionadas con la calidad de los helados de crema. Se aplicó en diferentes niveles (0,3; 0,35 y 0,4 %) en las mezclas de helado y se usa un estabilizante comercial al 0,35 % como testigo, los valores de viscosidad obtenidos después de 24 h de maduración de la mezcla son 347,5; 522 y 1645,5 cP frente al testigo (336 cP), a una temperatura de 20 °C. También siendo inferiores de los obtenidos de los experimentos.

Según Miranda *et al.* (2011), el uso de los ingredientes funcionales influye directamente en la calidad del helado de crema, no así los tiempos de batido. En cuanto a la aceptabilidad general el mejor tratamiento fue 0,4 % de estabilizante (Obsicream CR), 20 % de crema y 10 minutos de batido, el cual se ubica también como uno de los mejores tratamientos en cuanto al porcentaje de overrun 89,54 %. La concentración de valores de estabilizantes (CMC, gelatina y carragenina) a 0,55 g/Kg de mezcla representó un overrun de 74,4 % y una gran aceptación en textura por el panel de degustación de la investigación realizada, debido a que la maquina batidora de helado no es tan eficiente y las condiciones de batido se desarrolló en un rango mínimo de frío -1 a -2 °C, notando débil habilidad al batido, por la cual la incorporación de aire no fue tan significativa; Por otra parte, la homogeneización de la mezcla facilita el batido y la incorporación de aire. Esto se debe a que en el proceso de homogeneización los glóbulos grasos son finamente divididos aumentando la superficie de los mismos y los espacios interglobulares ocupados por aire (Di Bartolo, 2005). Sin embargo el porcentaje de rendimiento al batido de 60,5 – 80 %, tiene una calificación de la calidad como muy buena (Medina, 2002).

Según Shane (2006), encontró que las gomas guar y algarrobo, las carrageninas y la carboximetil celulosa, usadas en concentraciones entre 0,2 – 0,4 %, dan a los helados, excelentes propiedades sensoriales de textura. Los valores estimados como los mejores en textura del helado de leche al considerar sus parámetros como: uniformidad, suavidad y gomosidad, fue al utilizar una concentración de 0,55 % de estabilizantes (CMC 2 g, gelatina 1,5 g y 2 g de carragenina por cada kilogramo de mezcla) debido a que estas gomas confieren al producto una textura uniforme y suave pues enmascaran la detección de los cristales de hielo en la boca durante su consumo (Clarke, 2004; Mahaut, *et al.*, 2004).

Según Posada (2009), evaluó el efecto de una mezcla de gomas algarrobo, karaya y guar como agentes espesantes sobre las propiedades relacionadas con la calidad de los helados de crema, aplicó en diferentes niveles (0,3; 0,35 y 0,4 %) en las mezclas de helado y se usa un estabilizante comercial al 0,35 % como testigo, considera que los helados, deben presentar tiempos de caída de la primera gota, superiores a 15 minutos

lo que coincide con los resultados obtenidos, donde tanto el testigo (18 min.), como los diferentes tratamientos (18; 20 y 22,2 min.), superan este tiempo, además evidencia que a medida que se aumenta el nivel de estabilizante, se retarda el tiempo de caída de la primera gota y está directamente correlacionado con un menor porcentaje de derretimiento, en el presente investigación se obtuvieron diferentes tratamientos altos (17; 18; 20 y 24 min.) de caída de la primera gota al exponer a temperatura ambiente de 20 °C, las concentraciones de estabilizantes (0,35 - 0,55 %) de la mezcla elaboradas, también se evidencia que hubieron muestras por debajo del tiempo deseado (Anexo F, Tabla 14), asimismo el porcentaje de derretimiento del helado de leche no existe diferencia significativa (Anexo E, Tabla 12), lo cual se debe a las propiedades que pueden presentar estos estabilizantes notando el efecto positivo o negativo en derretimiento (Figura 7).

Según Clarke (2004), las gomas reducen el crecimiento de los cristales de hielo y lactosa durante el almacenamiento, reducen la velocidad de derretimiento (la velocidad a la cual el helado pierde masa), estabilizan los elementos dispersos, facilitan el control de la incorporación de aire en el congelador y ayuda a estabilizar la espuma, impartiendo textura, en los análisis hechos se evidencia que las gomas utilizadas CMC, gelatina y carragenina se diferencian significativamente en el porcentaje de overrun, ya que la carragenina tiene un efecto positivo (Figura 10). Es un agente espesante y texturizante (confieren cuerpo a distintos niveles o llegan a un estado sólido obteniéndose geles), es un captador y retenedor de humedad, estabiliza emulsiones y espumas (Badui, 2006; Cubero *et al.*, 2002; Soto, 2006), mientras que en la CMC se nota una diferencia significativa negativa en cuanto a viscosidad del helado de leche (Figura 4), debido a que da una textura suave y blanda y también ayuda al batido correcto de la mezcla. no da una estructura fuerte al helado, por lo que se utiliza en combinación con otros estabilizantes (Badui, 2006; Cubero, 2002; Fennema, 2004; Soto, 2006); la gelatina se observó que necesita obligatoriamente la combinación con otros estabilizantes ya que al momento de la maduración esta se separó de los componente de la mezcla, y combinándola con CMC y carragenina se evidencia buenas características al helado, por la cual se utilizó por sus propiedades estabilizantes,

también por su gran capacidad de absorción de agua previene la formación de cristales, dándole además una estructura suave (Di Bartolo, 2005).

Según ITINTEC 202.057 (1975), determinó que el helado de leche deberá cumplir con los siguientes requisitos: grasa vegetal deodorizada o grasa de leche, mínimo 2,5 %; sólidos de leche no grasos mínimo 5,0 %; azúcar, mínimo 12,0 %; sólidos totales, mínimo 27,0 %. Mientras que en la investigación, el análisis proximal físico químico analizado de la muestra ocho con (CMC 2 g, gelatina 1,5 g y 2 g de carragenina por cada kilogramo de mezcla), considerada como la mejor se observó los siguientes componentes con los ensayos realizados en La Molina Calidad Total Laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina: grasa cruda 9,2 (g/100 g de helado); sólidos totales 40,9 (g/ 100 g); proteínas 4,5 (g/ 100 g); cenizas 1,3 (g/100g); carbohidratos 25,9 (g/100 g), energía total 204,4 (kcal/100 g), la cual se evidencia valores aceptables, además se nota un mayor aporte energético frente la composición del helado de crema (por 100 g de producto), calorías 198 kcal; agua 63,0 g; grasa 11,00 g; proteína 4,15 g, carbohidratos 20,50 g; cenizas 0,85 g (Ospina y Aldana, 1995).

#### IV. CONCLUSIONES

- La formulación más aceptable del helado de leche fue cuando se utilizó una concentración de 2 g de CMC con 1,5 g de gelatina y 2 g de carragenina por cada kilogramo de mezcla.
- La mejor muestra estimada del helado de leche fue aquella que presentó una viscosidad de 12700 cP, un porcentaje de derretimiento de 40 % y un overrun de 74,4 %, con una buena textura considerando sus parámetros de uniformidad suavidad y gomosidad del helado.
- Las muestras con mejor textura del helado de leche fueron la ocho, la doce y catorce, evaluados por los panelistas mediante el test descriptivo de escala.
- El análisis proximal reportó los siguientes componentes: grasa cruda 9,2 (g/100 g de helado); sólidos totales 40,9 (g/100 g); proteínas 4,5 (g/100 g); cenizas 1,3 (g/100 g); carbohidratos 25,9 (g/100 g); energía total 204,4 (kcal/100 g). Cumpliendo con los valores que la NTP de helados que pide como: grasa mínimo 2,5 %; mínimo 5 %, de sólidos de leche no grasos; azúcar mínimo 12 % y sólidos totales, mínimo 27 %.

## **RECOMENDACIONES**

- Al centro de producción (Planta Piloto Agroindustrial) y demás empresas de la región, adaptar la formulación de 2 g de CMC con 1,5 g de gelatina y 2 g de carranina por cada kilogramo de mezcla, en la elaboración de los helados de leche.
- Desarrollar trabajos de investigación a nivel industrial referente al helado de leche mediante la aplicación de la secuencia tecnológica de procesos.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbuckle, WS. 1981. "Ice Cream", 3era Edición, Editorial A.V.I. Publishing Company, Inc., Westport – Connecticut, United States Of America pp. 59,-290.
- Arbuckle, WS. 1999. Ice Cream. New York. 349 p.
- Badui B.S. 1994. Química de los Alimentos., Tercera edición, Alhambra.
- Bolliger S., Wildmoser, H. Goff H. D and Tharp B. W., 2000. Relationships between Ice Cream Mix Viscoelasticity and Ice Crystal Growth in Ice Cream. International Dairy Journal 10 (11), pp 791-797.
- Cubero Nuria, Monferrer Albert y Villalta Jordi. 2002. Aditivos Alimentarios. 240p. España.
- Clarke, C. 2004. The science of ice cream, Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Davenat y Bernard. 1993. La Tecnología de los Helados y Sorbetes. Materias Primas, Formulación y Elaboración. Montagud Editores, 1a Edicion, p. 90. España.
- Di Bartolo. 2005. Guía de elaboración de helados. Secretaria de Agricultura, Alimentos Pesca y Ganadería. Argentina.
- Gerlat, P. 2000. Beverage Stabilizers  
Disponibile en: <http://www.foodingredientsonline.com/article.mvc/Beverage-Stabilizers-0001>. Acceso 08-09-13.
- Gelco S.A. Líderes en la fabricación de gelatina para uso comestible y farmacéutico, Barranquilla, Colombia.  
Disponibile en: <http://www.gelco-s-a.com>. Acceso 08-10-2013.
- Goff D. 1997. Review: colloidal aspects of ice cream – a review. International dairy journal, 7; 363 – 373.
- Hombre R, Banguela S, Otero M, Rodríguez T. 1996. Determinación de la viscosidad de las mezclas para crema helada: Comparación de Métodos. Alimentaria.

- Iliana R. y Posada D. 2009. Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad y reológicas en mezcla para helado. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Medellín.
- ITINTEC 202.057, 1975. Norma Técnica Peruana: Helados: Definiciones, Clasificación y Requisitos.
- Kelco Oil Feld Group. 2001. Reología. En Boletín Técnico Houston. Disponible en: <http://www.kofg.com>. Acceso 08-09-2013.
- Laura A. y Rebollo A. 2008. Manual de procedimientos para el desarrollo de un helado reducido en calorías. Cuautitlán Izcalli, Edo. México.
- Madrid A. y Cenzano I. 2003. Helados: elaboración, análisis y control de calidad. Madrid, España. Edición, Mundi-Prensa.
- Mahuat M., Jeanent R., Schuck P., Brule G. 2004. Productos lácteos industriales. Acribia, Zaragoza.
- Minhas KS, Sidhu JS, Mudahar GS, Singh AK. 2000. Effect of different concentrations of stabilizers and ageing times on the viscosity of plain ice cream mix made from buffalo milk. J Food Sci Technol. 37 (6): 602-608.
- Miranda M., Ulcuango T. y Wilma E., 2011. Evaluación de los Ingredientes Funcionales (crema y estabilizante), en la elaboración de helados de crema tipo paleta. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela Académico Profesional de Agroindustrial, Universidad Tecnológica del Norte, Ecuador.
- Montgomery. 2004. Diseño y Análisis de Experimentos. 2da. edición. Editorial Linusa wiley. México.
- Martínez. 2002. Elaboración de una mezcla de estabilizantes y emulsionantes en la elaboración de un helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de la mezcla base y del producto final.
- Ospina J. y Aldana H. (1995). Ingeniería y Agroindustria.
- Posada, Valencia y Molina. 2009. Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado



duro. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

- Velastegui H. 2010. Calidad nutritiva, microbiológica y organoléptica del jamón de espalda con la adición de diferentes niveles de carragenina. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias. Chimborazo, Ecuador.
- Villacís. 2010. Helados aptos para diabéticos.
- Soto R. 2006, Módulo IV: Hidrocoloides como aditivos alimentarios., 6° diplomado en aditivos alimentarios, Facultad de Química, UNAM.
- Walstra P, Wuters J, Geurts T. 2006. Dairy science and technology, second edition. Taylor & Francis.
- Wagner, S., 2000. Sistemas estabilizantes; la clave para obtener buena calidad y vida útil en postres helados., Industria alimenticia.
- Zubair, I.A. 2001. Comparative Study of Commercially Available (stabilizers/emulsifiers, blends) on the Quality of Dairy Ice Cream. University of Agriculture, Faisalabad Pakistan. 87 p.

ANEXOS

## ANEXO A

Descripción de los métodos de análisis fisicoquímicos de la leche cruda entera.

### A. Determinación de densidad

Para la realización de esta prueba necesitamos:

#### Instrumentos

- Lactodensímetro a  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( con o sin termómetro)
- Probeta de 500 mL, de PVC o Vidrio.
- Termómetro de canastilla o digital

#### Procedimiento

- Poner 500 mL de leche en una probeta, por las paredes de la misma sin hacer espuma.
- Colocar suavemente el lactodensímetro dentro de la probeta y dejarlo flotar.
- Cuando está en reposo, sin tocar las paredes de la probeta se realiza la lectura.
- Medir la temperatura de la leche.

Si utilizamos un lactodensímetro de  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la lectura es directa lo que marca el lactodensímetro) pero si solo la leche se encuentra a temperatura  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Si utilizamos un lactodensímetro de  $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la lectura es directa lo que marca el lactodensímetro) pero si solo la leche se encuentra a temperatura  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , si no fuera se deberá realizar las siguientes correcciones:

- Por cada grado Celsius sobre  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  aumentar 0,2.
- Por cada grado Celsius bajo  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  disminuir 0,2.

### B. Determinación de la acidez titulable

La acidez es un parámetro muy importante para determinar la calidad de la leche; es un indicador del contenido de carga microbiana presente en la leche y esto se da debido al manejo inadecuado y la falta de higiene, desde el momento

de ordeño, hasta su recepción. Por consiguiente, la determinación del grado de acidez es un criterio más para evaluar la calidad de la leche, para lo cual hay que considerar los siguientes rangos:

Tabla 10. Características de la leche.

Acidez	Característica
Menor de 15°D	Presencia de antibióticos.
De 15 a 17°D	Leche normal.
Mayor a 19 °D	Leche con excesiva carga microbiana.

Fuente. SAYNA S.A.

### Procedimiento

1. Se uniformiza la muestra, agitándola cuidadosamente controlando que la temperatura de la misma se encuentre de 15 a 20 °C. o menor.
2. Se extrajo 9 mL de la muestra con la ayuda de una pipeta y vertió en un vaso de precipitación de 10mL.
3. Se añade 3 gotas de fenolftaleína y agita lentamente.
4. Se abre la llave de la bureta dejando caer gota a gota la solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N sobre la leche, simultáneamente se agita el vaso con movimientos circulares suaves, hasta que la mezcla vire a un color rosa tenue, sin cambiar de color durante 20 segundos.
5. Se observó en la bureta la cantidad de NaOH que se había utilizado.

La utilización de hidróxido de sodio a la concentración 0,1N permite expresar los grados Dórmic en contenido de ácido láctico según la siguiente ecuación:

$$\text{°1D} = 0,01\% \text{ DE ÁCIDO LÁCTICO} = 0,1\text{ml. NaOH}$$

### C. Determinación de humedad y sólidos totales

La humedad de la leche es el peso de la cantidad de agua que contiene en función de su peso seco. Para determinar el contenido de humedad en la muestras de leche se utilizara un analizador automático de humedad (ADAM, modelo AMB50) que funciona a base de radiación infrarroja.

### **Procedimiento por balanza de humedad**

- Tarar la balanza.
- Pesar 2 g. de muestra en un platillo de balanza de humedad.
- Espaciar la muestra uniformemente.
- Presionar el botón "ESTART" dos veces seguidas, las luces halógenas de la balanza se prenderán para empezar a extraer la humedad de la muestra. Cuando toda la humedad se haya extraído, la balanza emitirá un sonido, en ese momento anotar la lectura obtenida en porcentaje de humedad.
- Obtener el porcentaje de sólidos totales por diferencia, mediante la ecuación.

$$\%ST = (100 - H)$$

Donde:

- %ST :Sólidos Totales, %
- H :Lectura de la balanza

### **D. Determinación de pH**

#### **Procedimiento**

- Realizar la calibración del pH-metro microprocesador Q400MT.
- Preparar la muestra y colocar en un vaso de precipitación
- Lavar el electrodo y sensor de temperatura del pH- metro con agua destilada y secarlos
- Colocar el electrodo y sensor de temperatura en la muestra.
- Elegir la opción pH, que aparece en la pantalla del pHmetro y presionar el botón ENTER.
- Dejar estabilizar el valor del pH y temperatura en la pantalla hasta que aparezca la palabra OK.

## **E. Determinación de proteínas y caseína**

### **Método Walker (Titulación con formal)**

#### **Procedimiento**

- Adicionar 9 mL de leche en un vaso de precipitación y añadir 3 gotas de fenolftaleína.
- Titular con NaOH 0,1 N hasta viraje a color rosado persistente.
- Adicionar 2 mL de formol haciendo que su coloración rosada se torne algo amarillenta.
- Volver a titular con NaOH hasta viraje de color rosado pálido, anotar el gasto, V.
- Calcular los resultados mediante las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Proteína} = 2 * V$$

$$\% \text{ Caseína} = 1,63 * V$$

## ANEXO B

### Diagrama de flujo para la elaboración de helado de leche

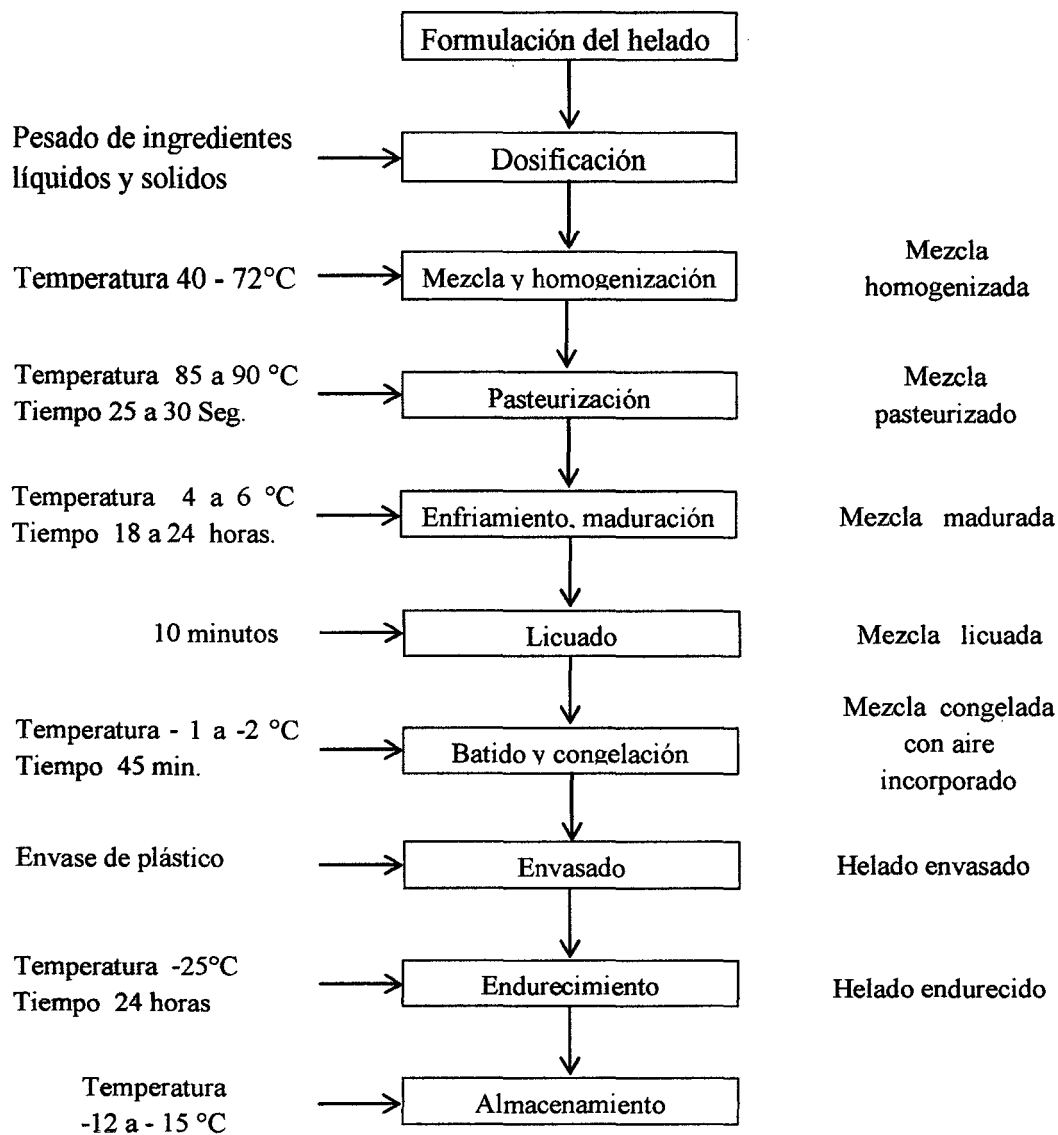


Figura 1. Flujograma de elaboración de helado de leche.

## ANEXO C

### Variables de Estudio

#### Variables Independientes

##### A. Concentraciones de CMC

###### (Factor A)

- 2 g/Kg
- 1,5g/Kg
- 1 g/Kg

##### B. Concentraciones de Gelatina

###### (Factor B)

- 2 g/Kg
- 1,5 g/Kg
- 1 g/Kg

##### C. Concentración de Carragenina

###### (Factor C)

- 2 g/Kg
- 1,5 g/Kg
- 1 g/Kg

##### D. Variables Dependientes

###### a. Viscosidad

(Variable respuesta)

###### b. Overrun

(Variable respuesta)

###### c. Índice de derretimiento (ID)

(Variable respuesta)

###### d. Textura

(Variable respuesta)



**ANEXO D**

**Test del helado de leche**

Muestra elaborada:..... Fecha.....

Frente a Ud. Hay 15 muestras de helado de leche, la cual debe evaluar, embocando y dejándolo derretir en el paladar, para describir las características de textura.

Marque con números del 1 al 9 al pie, en la casilla del término que más describa lo que Ud. Percibe en cada muestra.

Parámetros	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
Uniformidad (U)															
Suavidad (S)															
Gomosidad (G)															

**ESCALA DE VALORACIÓN**

- 9            Excelente
- 8            Muy bueno
- 7            Bueno
- 6            Satisfactoria
- 5            Regular
- 4            Suficiente
- 3            Defectuosa
- 2            Mala
- 1            Muy mala

**Comentario**

.....  
 .....

**Muchas Gracias**

.....

## ANEXO E

Análisis de varianza realizado en el software estadístico Statgraphics v. 15, del diseño de Box – Behnken a las variables respuestas

Tabla 11. Análisis de varianza para VISCOSIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CMC	1,13251E6	1	1,13251E6	2,60	0,1579
B:GELATINA	2,17361E6	1	2,17361E6	4,99	0,0668
C:CARRAGENINA	480200	1	480200	1,10	0,3340
AA	3,10539E6	1	3,10539E6	7,13	<b>0,0370</b>
AB	801025	1	801025	1,84	0,2237
AC	435600	1	435600	1,00	0,3557
BB	721616	1	721616	1,66	0,2453
CC	171339	1	171339	0,39	0,5535
Error total	2,61149E6	6	435249		
Total (corr.)	1,16171E7	14			

R-cuadrada = 77,5203 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 47,5475 porciento

Error estándar del est. = 659,734

Error absoluto medio = 374,111

Estadístico Durbin-Watson = 1,85017 (P=0,3490)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,0361739

Tabla 12. Análisis de varianza para INDICE DE DERRETIMIENTO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CMC	7,35361	1	7,35361	0,03	0,8797
B:GELATINA	26,572	1	26,572	0,09	0,7744
C:CARRAGENINA	240,353	1	240,353	0,83	0,4045
AA	606,8	1	606,8	2,09	0,2078
AB	11,7649	1	11,7649	0,04	0,8484
AC	157,879	1	157,879	0,54	0,4939
BB	127,135	1	127,135	0,44	0,5373
BC	124,1	1	124,1	0,43	0,5420
CC	6,83348	1	6,83348	0,02	0,8840
Error total	1450,8	5	290,161		
Total (corr.)	2812,99	14			

R-cuadrada = 48,4248 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 porciento

Error estándar del est. = 17,0341

Error absoluto medio = 8,22544

Estadístico Durbin-Watson = 3,07163 (P=0,9836)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,60819

Tabla 13. Análisis de varianza para OVERRUN

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CMC	0,0253125	1	0,0253125	0,00	0,9829
B:GELATINA	69,3842	1	69,3842	1,37	0,2860
C:CARRAGENINA	366,257	1	366,257	7,24	<b>0,0360</b>
AA	10,3278	1	10,3278	0,20	0,6673
AB	17,3056	1	17,3056	0,34	0,5800
AC	10,4006	1	10,4006	0,21	0,6662
BC	98,4064	1	98,4064	1,94	0,2126
CC	260,367	1	260,367	5,15	0,0638
Error total	303,598	6	50,5997		
Total (corr.)	1144,91	14			

R-cuadrada = 73,4827 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 38,1263 porciento

Error estándar del est. = 7,11335

Error absoluto medio = 3,875

Estadístico Durbin-Watson = 1,99228 (P=0,5047)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,1057

## ANEXO F

Tabla 14. Caída de la primera gota del helado de leche con CMC, gelatina y carragenina variables.

Número experimento	Variables			Tiempo de caída primera gota (min.)
	A	B	C	T
1	1	1	1,5	16
2	1	2	1,5	14
3	2	1	1,5	11
4	2	2	1,5	5
5	1	1,5	1	18
6	1	1,5	2	6
7	2	1,5	1	16
8	2	1,5	2	17
9	1,5	1	1	18
10	1,5	1	2	16
11	1,5	2	1	20
12	1,5	2	2	24
13	1,5	1,5	1,5	9
14	1,5	1,5	1,5	17
15	1,5	1,5	2,5	11

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO G

Análisis de los datos de la textura con el diseño bloques completamente al azar

**Tabla 15. Pruebas de múltiple rangos para textura por tratamiento**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	12	4,5	0,318265	X
10	12	4,91667	0,318265	XX
6	12	5,08333	0,318265	XX
15	12	5,16667	0,318265	XXX
11	12	5,5	0,318265	XXXX
3	12	6,16667	0,318265	XXXX
1	12	6,25	0,318265	XXXX
4	12	6,25	0,318265	XXXX
5	12	6,33333	0,318265	XXXX
7	12	6,66667	0,318265	XXX
13	12	6,66667	0,318265	XXX
9	12	6,91667	0,318265	XX
8	12	7,16667	0,318265	X
12	12	7,25	0,318265	X
14	12	7,33333	0,318265	X

...Continuación de la Tabla 15.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1,75	1,55155
1 - 3		0,0833333	1,55155
1 - 4		0,0	1,55155
1 - 5		-0,0833333	1,55155
1 - 6		1,16667	1,55155
1 - 7		-0,416667	1,55155
1 - 8		-0,916667	1,55155
1 - 9		-0,666667	1,55155
1 - 10		1,33333	1,55155
1 - 11		0,75	1,55155
1 - 12		-1,0	1,55155
1 - 13		-0,416667	1,55155
1 - 14		-1,08333	1,55155
1 - 15		1,08333	1,55155
2 - 3	*	-1,66667	1,55155
2 - 4	*	-1,75	1,55155
2 - 5	*	-1,83333	1,55155
2 - 6		-0,583333	1,55155
2 - 7	*	-2,16667	1,55155
2 - 8	*	-2,66667	1,55155
2 - 9	*	-2,41667	1,55155
2 - 10		-0,416667	1,55155
2 - 11		-1,0	1,55155
2 - 12	*	-2,75	1,55155
2 - 13	*	-2,16667	1,55155
2 - 14	*	-2,83333	1,55155
2 - 15		-0,666667	1,55155

3 - 4		-0,0833333	1,55155
3 - 5		-0,166667	1,55155
3 - 6		1,08333	1,55155
3 - 7		-0,5	1,55155
3 - 8		-1,0	1,55155
3 - 9		-0,75	1,55155
3 - 10		1,25	1,55155
3 - 11		0,666667	1,55155
3 - 12		-1,08333	1,55155
3 - 13		-0,5	1,55155
3 - 14		-1,16667	1,55155
3 - 15		1,0	1,55155
4 - 5		-0,0833333	1,55155
4 - 6		1,16667	1,55155
4 - 7		-0,416667	1,55155
4 - 8		-0,916667	1,55155
4 - 9		-0,666667	1,55155
4 - 10		1,33333	1,55155
4 - 11		0,75	1,55155
4 - 12		-1,0	1,55155
4 - 13		-0,416667	1,55155
4 - 14		-1,08333	1,55155
4 - 15		1,08333	1,55155
5 - 6		1,25	1,55155
5 - 7		-0,333333	1,55155
5 - 8		-0,833333	1,55155
5 - 9		-0,583333	1,55155
5 - 10		1,41667	1,55155
5 - 11		0,833333	1,55155
5 - 12		-0,916667	1,55155



5 - 13		-0,333333	1,55155
5 - 14		-1,0	1,55155
5 - 15		1,16667	1,55155
6 - 7	*	-1,58333	1,55155
6 - 8	*	-2,08333	1,55155
6 - 9	*	-1,83333	1,55155
6 - 10		0,166667	1,55155
6 - 11		-0,416667	1,55155
6 - 12	*	-2,16667	1,55155
6 - 13	*	-1,58333	1,55155
6 - 14	*	-2,25	1,55155
6 - 15		-0,0833333	1,55155
7 - 8		-0,5	1,55155
7 - 9		-0,25	1,55155
7 - 10	*	1,75	1,55155
7 - 11		1,16667	1,55155
7 - 12		-0,583333	1,55155
7 - 13		0,0	1,55155
7 - 14		-0,666667	1,55155
7 - 15		1,5	1,55155
8 - 9		0,25	1,55155
8 - 10	*	2,25	1,55155
8 - 11	*	1,66667	1,55155
8 - 12		-0,0833333	1,55155
8 - 13		0,5	1,55155
8 - 14		-0,166667	1,55155
8 - 15	*	2,0	1,55155
9 - 10	*	2,0	1,55155
9 - 11		1,41667	1,55155
9 - 12		-0,333333	1,55155

9 - 13		0,25	1,55155
9 - 14		-0,416667	1,55155
9 - 15	*	1,75	1,55155
10 - 11		-0,583333	1,55155
10 - 12	*	-2,33333	1,55155
10 - 13	*	-1,75	1,55155
10 - 14	*	-2,41667	1,55155
10 - 15		-0,25	1,55155
11 - 12	*	-1,75	1,55155
11 - 13		-1,16667	1,55155
11 - 14	*	-1,83333	1,55155
11 - 15		0,333333	1,55155
12 - 13		0,583333	1,55155
12 - 14		-0,0833333	1,55155
12 - 15	*	2,08333	1,55155
13 - 14		-0,666667	1,55155
13 - 15		1,5	1,55155
14 - 15	*	2,16667	1,55155

\* indica una diferencia significativa.

Tabla 16. Subconjuntos homogéneos  $Y_{ij}$

Muestras	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	1
2,00	12	4,5000					
10,00	12	4,9167	4,9167				
6,00	12	5,0833	5,0833				
15,00	12	5,1667	5,1667	5,1667			
11,00	12	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000		
3,00	12		6,1667	6,1667	6,1667	6,1667	6,1667
100	12		6,2500	6,2500	6,2500	6,2500	6,2500
4,00	12		6,2500	6,2500	6,2500	6,2500	6,2500
5,00	12		6,3333	6,3333	6,3333	6,3333	6,3333
7,00	12			6,6667	6,6667	6,6667	6,6667
13,00	12			6,6667	6,6667	6,6667	6,6667
9,00	12				6,9167	6,9167	6,9167
8,00	12						7,1667
12,00	12						7,2500
14,00	12						7,3333
Significación		0,649	0,115	0,070	0,115	0,384	

Continúa...

...Continuación de la Tabla 16.

Muestras	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	1
2,00	12	4,5000					
10,00	12	4,9167	4,9167				
6,00	12	5,0833	5,0833				
15,00	12	5,1667	5,1667				
11,00	12	5,5000	5,5000	5,5000			
3,00	12		6,1667	6,1667	6,1667		
1,00	12		6,2500	6,2500	6,2500		
4,00	12		6,2500	6,2500	6,2500		
5,00	12		6,3333	6,3333	6,3333		
7,00	12			6,6667	6,6667		
13,00	12			6,6667	6,6667		
9,00	12			6,9167	6,9167		
8,00	12				7,1667		
12,00	12				7,2500		
14,00	12				7,3333		

Fuente: elaboración propia.

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 1,216.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

b Alfa = ,05.

## ANEXO H

Análisis proximal de la muestra de helado

### LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

#### INFORME DE ENSAYOS

N° 001847 - 2014

**SOLICITANTE** : FRANCISCO PELAEZ MUÑOZ  
**DIRECCIÓN LEGAL** : AMAZONAS-PERU  
RUC: --- Teléfono: ---  
**PRODUCTO** : HELADO DE LECHE-SABOR VAINILLA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : S.I.  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 979,1 g (+ envase)  
**MARCA(S)** : S.M  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : A granel, ingresa la muestra en un taper de plástico, a temperatura ambiente.  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001074 -2014  
**REFERENCIA** :  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 17/03/2014  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

#### RESULTADOS :

##### ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS

ENSAYO	RESULTADOS
1.- Grasa Cruda (g / 100 g de muestra original)	9,2
2.- Sólidos Totales / Humedad (g / 100 g de muestra original)	40,9 / 59,1
3.- Proteína(g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,38)	4,5
4.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	1,3
5.- Carbohidratos(g / 100 g de muestra original)	25,9
6.- % Kcal. proveniente de Proteínas	8,8
7.- % Kcal. proveniente de Grasa	40,5
8.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	50,7
9.- Energía Total(Kcal / 100 g de muestra original)	204,4

##### MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO

- 1.- FIL-IDF 116A 1997
- 2.- FIL-IDF 15B 1991
- 3.- NTP 202.118 1998
- 4.- NTP 202.172 1998
- 5.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 6.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 9.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 17/03/2014 Al 21/03/2014.

CONTINÚA INFORME DE ENSAYOS N° 001847 - 2014

Pág 1/2

Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
E-mail: calitot@ifonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



# LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

## INFORME DE ENSAYOS N° 001847 - 2014

**ADVERTENCIA :**

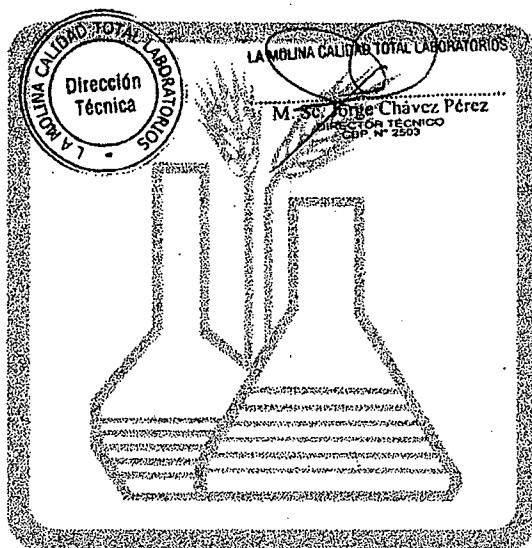
El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son responsabilidad de LMCTL.

Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.

Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 21 de Marzo de 2014



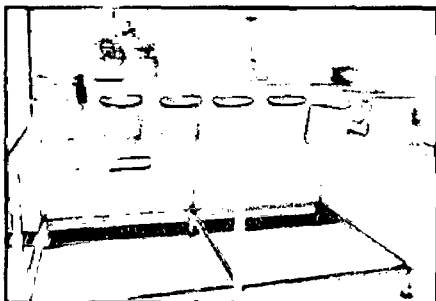
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA



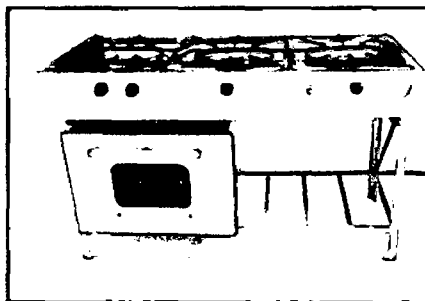
Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

## ANEXO I

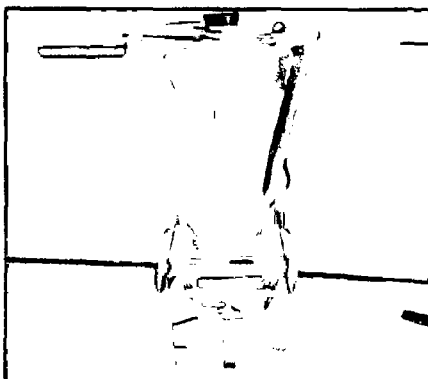
### Fotografía de los materiales y equipos



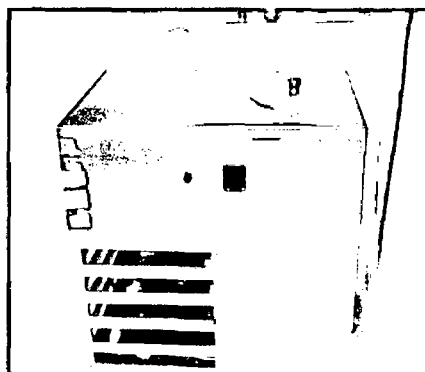
Envases para helado



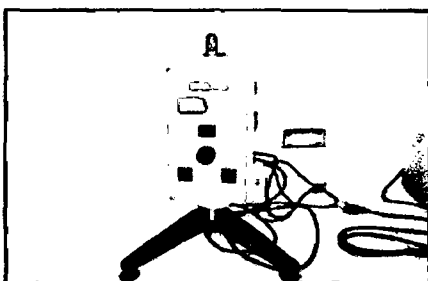
Cocina sami industrial



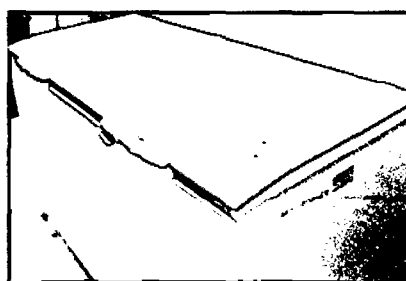
Licuada industrial



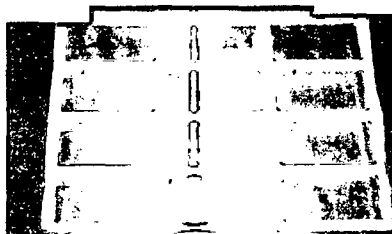
Máquina heladera



Viscosímetro Brookfield



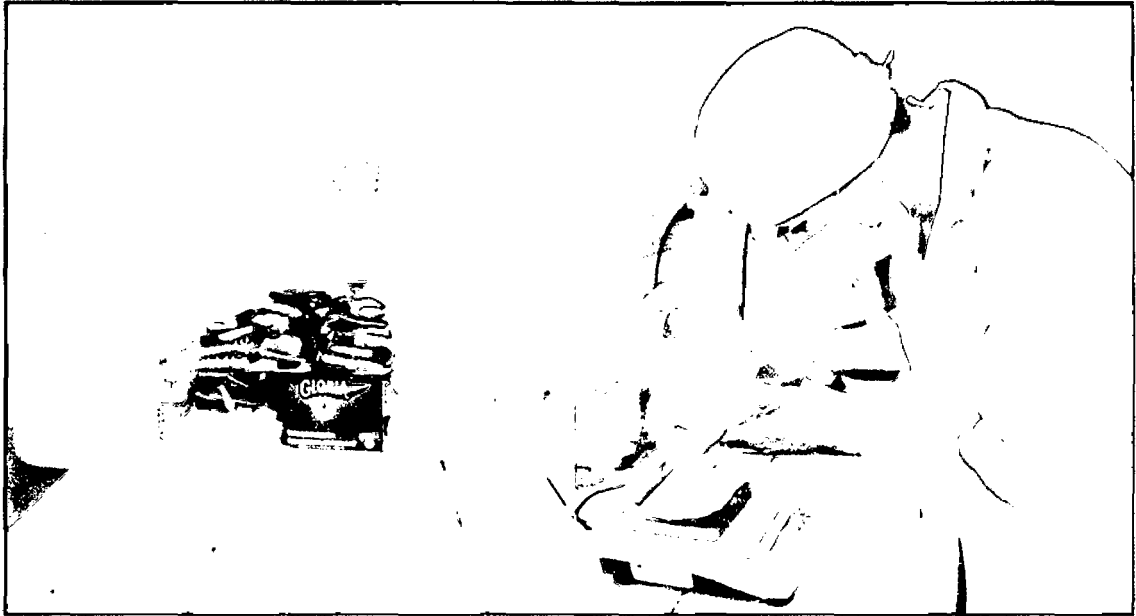
Congeladora



Equipo para determinar índice de derretimiento

## ANEXO J

Fotografías de los procesos aplicados en la elaboración de las muestras del helado

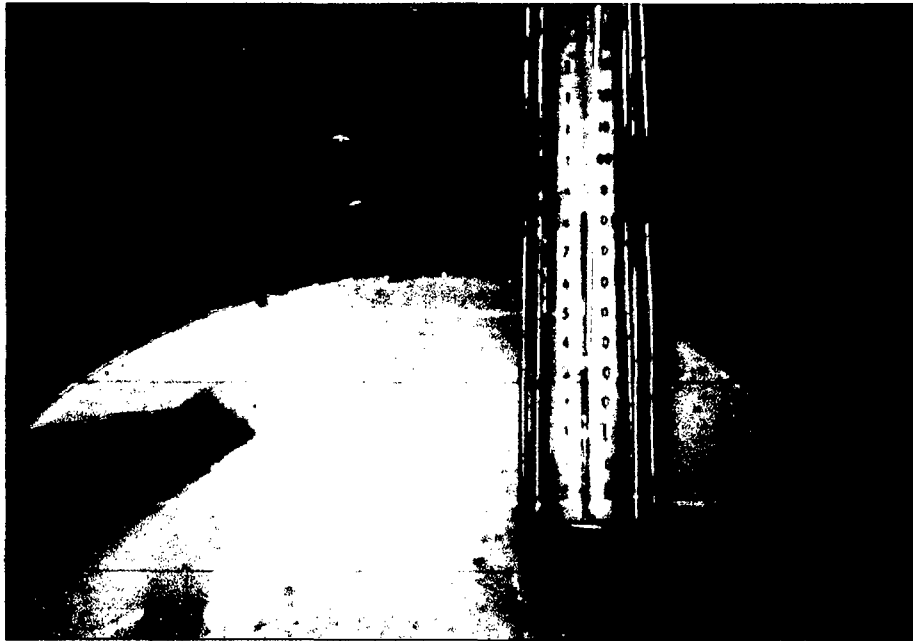


Fotografía 1. Dosificación de insumos

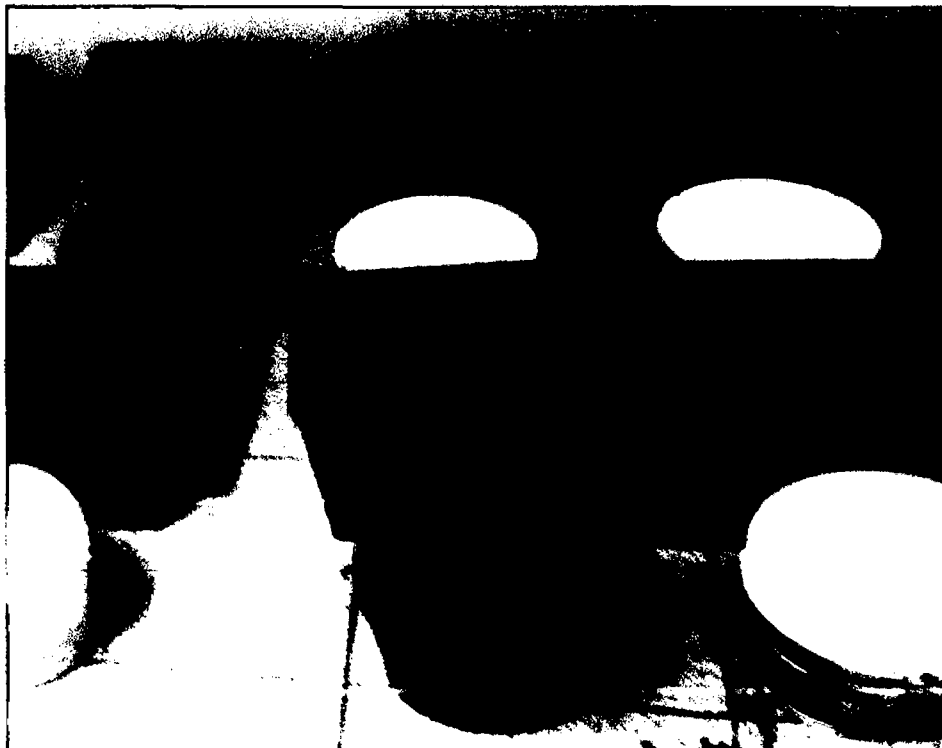


Fotografía 2. Mezcla y homogenización

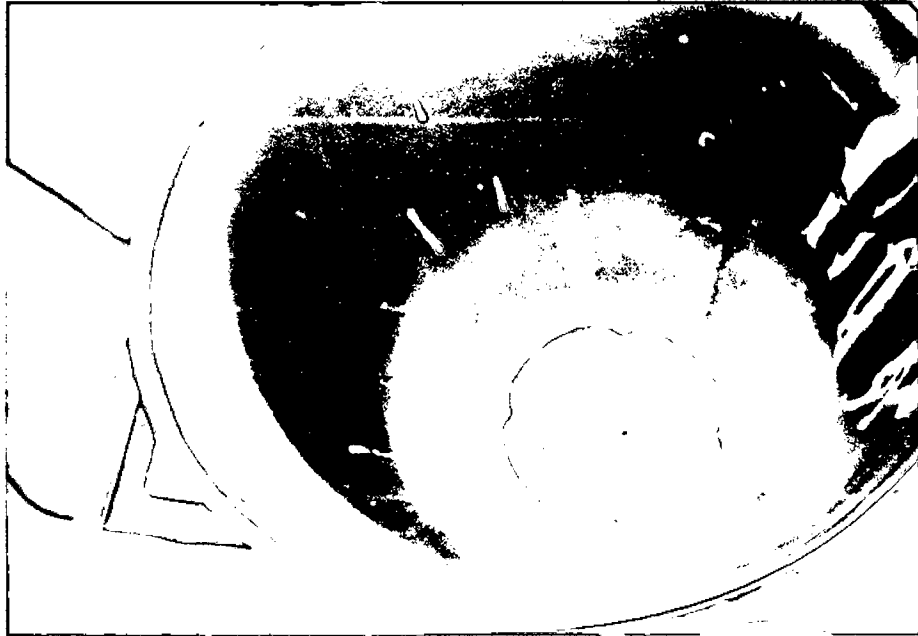




Fotografía 3. Pasteurización de la mezcla



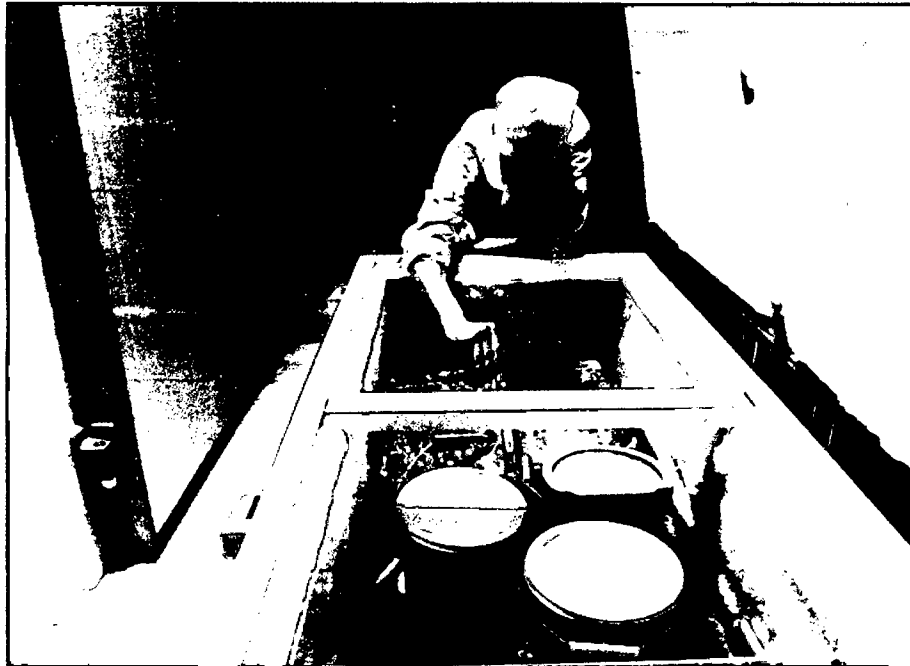
Fotografía 4. Enfriamiento, maduración



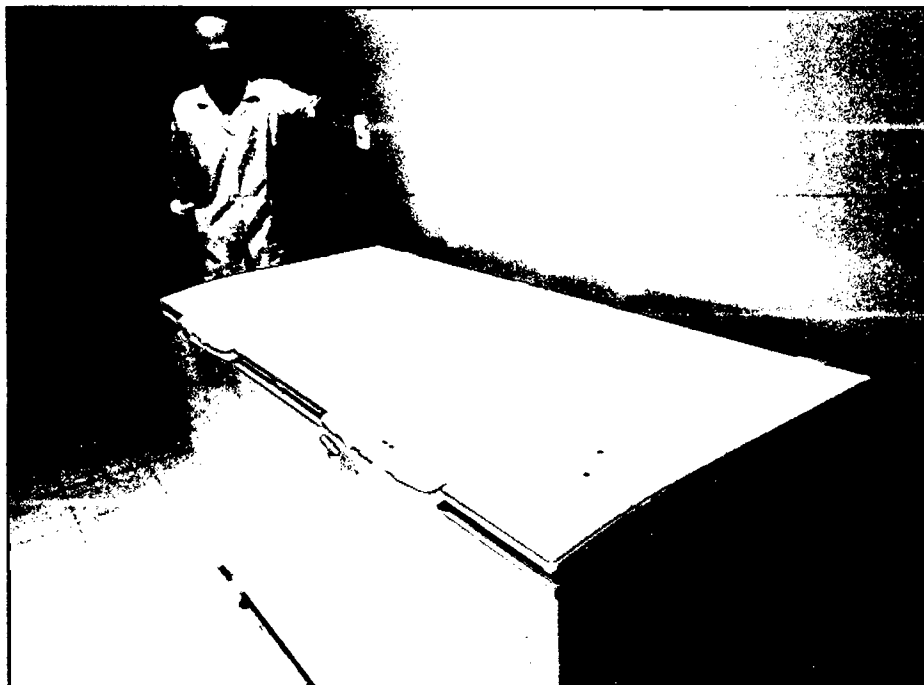
Fotografía 5. Licuado de la mezcla madurada



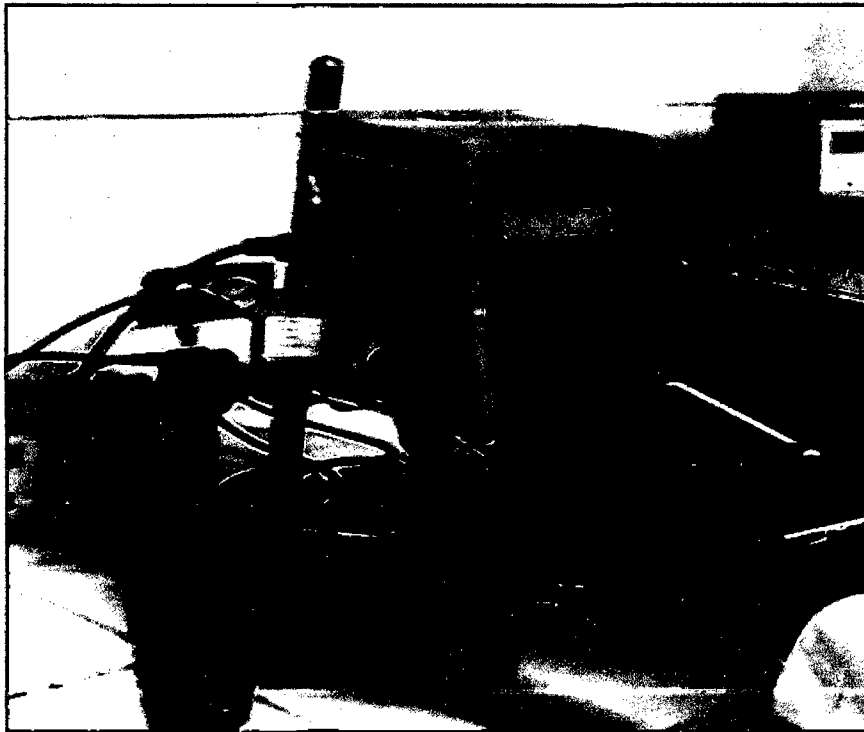
Fotografía 6. Batido y congelación



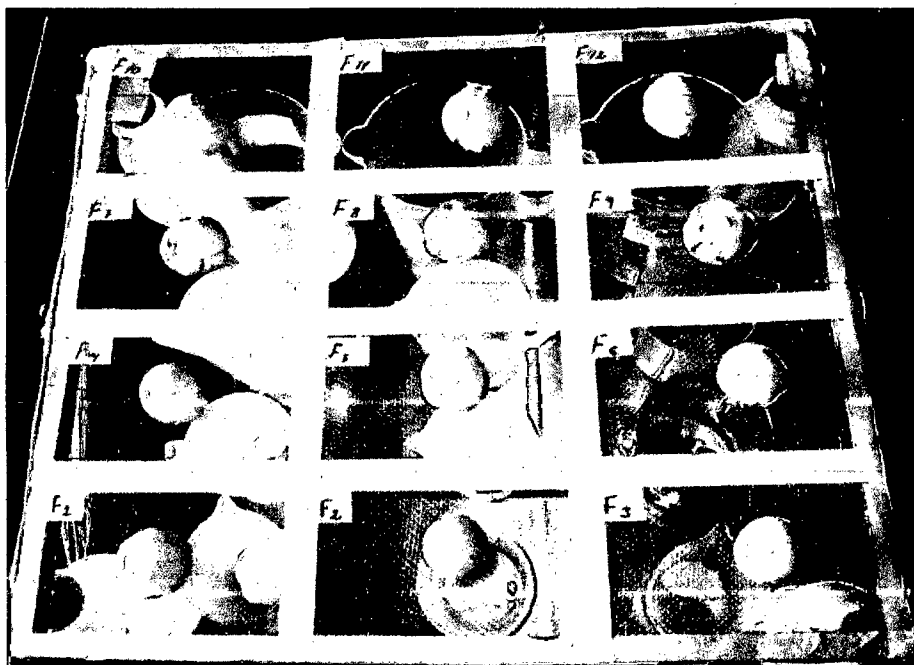
Fotografía 7. Envasado y endurecimiento a  $-25^{\circ}\text{C}$  durante 30 horas.



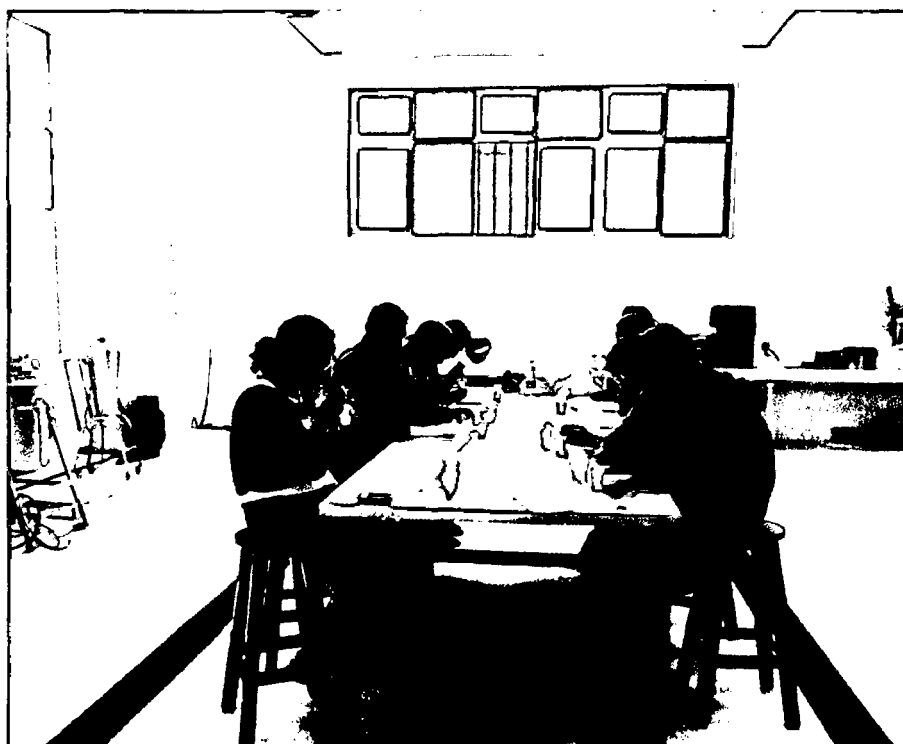
Fotografía 8. Almacenamiento a  $-15^{\circ}\text{C}$ .



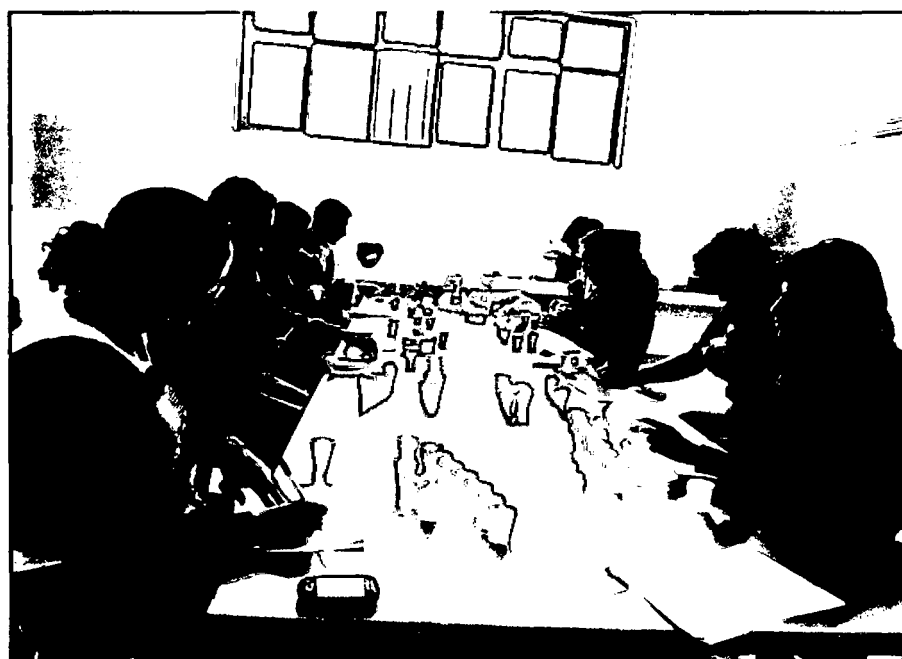
Fotografía 9. Medición de la viscosidad del mix para helado de leche



Fotografía 10. Índice de derretimiento del helado de leche



Fotografía 11. Evaluación de textura de helado de leche



Fotografía 12. Panel evaluador.