

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FQF
Facultad de
Química y Farmacia

Departamento Ingeniería Química

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Diseño de una Planta Procesadora de Helados de Leche en el Municipio de Aguada de Pasajeros.

Autor: Daimarys Abrahantes Cueto

Tutores: Dr. Cs. Erenio González Suárez

Santa Clara , noviembre, 2021
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FQF
Facultad de
Química y Farmacia

Chemical Engineering Academic Department

DIPLOMA THESIS

Title: Design of a milk ice cream processing plant in the municipality of
Aguada de Pasajeros

Author: Daimarys Abrahantes Cueto

Thesis Director: Dr. Cs. Erenio González Suárez

Santa Clara , november, 2021
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos: +53 01 42281503-1419.

Pensamiento

Debe evitarse hablar a los jóvenes del éxito como si se tratase del principal objetivo en la vida. La razón más importante para trabajar en la escuela y en la vida es el placer de trabajar, el placer de su resultado y el conocimiento del valor del resultado para la comunidad.

Albert Einstein

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Odalís y Denis por ser el pilar fundamental en mi formación académica, que con dedicación y sacrificio supieron guiarme en mi camino para lograr este objetivo, sin su apoyo no alcanzaría este logro tan importante en mi vida.

Agradecimientos

Mi gratitud eterna a mi familia, en especial a mis padres, gracias por sus palabras que me encaminaron durante toda mi vida; sus consejos y su apoyo fueron los principales promotores a cumplir esta meta.

A mi hermano, que, a pesar de estar a miles de kilómetros, siempre me ha ayudado en este arduo camino.

De igual manera mi eterno agradecimiento a la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas y a la Facultad de Química y Farmacia por brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser un profesional y conocer excelentes personas las cuales puedo denominar amigos.

A mi tutor por su ayuda y preocupación en la realización de este proyecto.

A todos mis profesores que han tenido un papel fundamental en mi formación.

A la UEB de Combinados Lácteos Escambray por permitirme realizar mi proyecto de tesis en su entidad.

A mis niñas del novecientos, que han sido un pilar fundamental en mis 5 años de carrera y a pesar de todas las dificultades del camino, hemos salido juntas hacia adelante, siempre estarán en mi corazón.

A mis compañeros de aula que siempre han estado ahí como un grupo unido.

A todos los que se han preocupado de una forma u otra,

Muchas Gracias

RESUMEN

El trabajo que a continuación se presenta se realiza en la Empresa de Productos Lácteos Escambray en el municipio de Cumanayagua perteneciente a la provincia de Cienfuegos, donde se pretende realizar el proyecto de diseño de una mini planta de producción de Helados, para el municipio de Aguada de Pasajeros de esa misma provincia, con el propósito de aprovechar la leche que aquí se procesa y así abastecer a varias localidades de esta provincia. Para la realización del trabajo fue necesaria la preparación de la documentación para que se llevara a cabo el mismo en las cuales se buscó información actualizada de la tecnología que se pretende instalar en la planta, así como una revisión bibliográfica detallada sobre este producto. Fueron seleccionados los equipos. Se realizaron los balances de masa y energía en conjunto con el diseño y dimensionamiento de los equipos teniendo en cuenta para esto la capacidad productiva de la planta, flujos y las condiciones de operación. Se realiza el diseño óptimo de uno de los principales equipos del proceso, el intercambiador de calor de placas, para lograr una factibilidad económica y un mayor rendimiento de este. Se efectúa un estudio económico para determinar la rentabilidad del proceso y calcular los costos totales de producción. el costo total de inversión, y los valores dinámicos (VAN y TIR).

SUMMARY

The work presented below is carried out at the Escambray Dairy Products Company in the municipality of Cumanayagua belonging to the province of Cienfuegos, where it is intended to carry out the design project of a mini ice cream production plant, for the municipality of Aguada of Passengers of the same province, with the purpose of taking advantage of the milk that is processed here and thus supply several towns in this province. To carry out the work, it was necessary to prepare the documentation for it to be carried out, in which updated information on the technology to be installed in the plant was sought, as well as a detailed bibliographic review on this product. The teams were selected. The mass and energy balances were carried out in conjunction with the design and sizing of the equipment, taking into account the productive capacity of the plant, flows and operating conditions. The optimal design of one of the main equipment in the process, the plate heat exchanger, is carried out to achieve economic feasibility and higher performance. An economic study is carried out to determine the profitability of the process and calculate the total production costs. the total investment cost, and the dynamic values (VAN and TIR).

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: Revisión bibliográfica.....	4
1.1. Definición de Helados.....	4
1.2. Historia de los Helados.....	5
1.2.1. Evolución de los sistemas utilizados en la elaboración de Helados.....	6
1.3. Clasificación de los Helados.....	7
1.3.1. Según su elaboración.....	7
1.3.2. Según su porcentaje de SNG y Materia Grasa de la Leche.....	7
1.3.3. Según su composición.....	8
1.4. Valor Nutritivo de los helados de base láctea.....	10
1.5. Ingredientes Básicos de los Helados.....	14
1.5.1. La leche como materia prima principal.....	18
1.6. Aplicaciones del Helado.....	20
1.7. Estudio de Mercado y evaluación técnico-económica entre las alternativas de importar o producir.....	22
1.8. Principales etapas del proceso de elaboración de helados.....	23
CAPÍTULO II: Tecnología a emplear.....	29
2.1. Identificación del Proceso Tecnológico de obtención del Helado.....	29
2.2. Selección del Equipamiento.....	35
2.2.1. Recipiente de Almacenamiento.....	35
2.2.2. Mezclador.....	36
2.2.3. Bombas.....	36
2.2.4. Agitadores.....	37
2.2.5. Homogeneizador.....	39
2.2.6. Intercambiador de Calor.....	41
2.2.7. Congeladores o Mantecadores.....	42
2.2.8. Selección de los sistemas auxiliares.....	42
2.3. Diseño de Equipos.....	43
2.3.1. Tanques de Almacenamiento.....	44
2.2.2. Homogeneizador.....	45
2.2.3. Tanque Mezclador y de Maduración.....	48

CAPÍTULO III: Optimización y Análisis económico.....	50
3.1. Diseño Óptimo del Intercambiador de Calor de Placas:	50
3.2. Análisis Económico.....	56
CONCLUSIONES GENERALES.....	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La industria es el motor del desarrollo económico puesto que no puede haber servicios sin desarrollo industrial. En la actualidad, el consumo de alimentos depende de lo que otros cultiven y procesen, lo que ha dado lugar a una de las industrias más importantes del mundo: la industria alimentaria encargada de transformar los productos procedentes del sector agropecuario, es decir de la agricultura y la ganadería.

Denominado en sus primeros tiempos manjares de reyes y hoy el postre del verano es, sin lugar a dudas, el helado, tanto en su versión cremosa como en sorbete o el clásico polo de hielo. Pero hoy en día su consumo ha traspasado los límites estivales y, en consecuencia, el helado se toma en cualquier época del año. En todas sus variedades con distintos sabores llega a ocupar el primer lugar entre los postres.

El helado constituye uno de los triunfos de la tecnología de alimentos, y el aire es uno de sus principales ingredientes. Sin el aire, el helado sería una nieve de leche, pero con el aire se convierte en un sistema coloidal de alta complejidad. Se puede definir al helado como un alimento de sabor dulce procedente de una mezcla homogénea y pasteurizada de diversos ingredientes que es batida y congelada para su posterior consumo en diferentes formas y tamaños.

Desde el punto de vista analítico un helado es un potencial portador de bacterias patógenas que debe ser vigilado en extremo por la industria heladera. A pesar de que las relativas bajas temperaturas no hacen crecer las poblaciones bacterianas, sin embargo, sí permiten el transporte de las mismas al estómago de los posibles consumidores, causando posibles contaminaciones alimentarias en la población si la cadena de producción de helados no es vigilada y manipulada convenientemente.

El perfeccionamiento de la industria alimenticia en nuestro país cada día cobra mayor importancia pues es necesario satisfacer las necesidades de la población y obtener ganancias a partir del logro de una producción limpia que no traiga

INTRODUCCIÓN

afectaciones al medio ambiente y de una mejora notable de la calidad de las materias primas empleadas.

Debido al valor nutricional de este producto, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray del Municipio Cumanayagua en la provincia de Cienfuegos, surge la necesidad de implantar una extensión de la planta procesadora de helados en el municipio vecino, Aguada de Pasajeros, donde se pueda producir este producto de forma tal que el factor calidad y factibilidad vayan de la mano.

Por lo expuesto anteriormente y dada la importancia de este producto para la economía del país y desarrollo de la provincia, se plantea como **problema científico** de la investigación que:

Existe una alta demanda de este producto en el municipio de Aguada de Pasajeros y cercanos de esta provincia y no consta con la tecnología necesaria para su producción en esta localidad.

Hipótesis

Es posible a partir de un análisis investigativo sobre este tipo de industria la implementación de esta tecnología con la propuesta del diseño de una planta de producción de helados de leche, para así abastecer a este municipio y cercanos de la provincia, y por ende contribuir en el aprovechamiento de la leche que ahí se procesa.

Objetivo General:

Diseñar una mini planta de helado para aprovechar la leche del municipio Aguada (Cienfuegos), la cual es de muy buena calidad, y abastecer de helado a ese municipio y otros cercanos de la provincia.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el helado, incluyendo definiciones, tipos y principales proteínas que lo constituyen, así como sus aplicaciones fundamentales.

INTRODUCCIÓN

- Identificar de forma correcta el proceso en estudio a través de diagramas de proceso, donde queden bien presentadas las etapas fundamentales de proceso y los equipos principales.
- Identificar los principales equipos que intervienen en el proceso, sus características y especificaciones para su diseño.
- Calcular el diseño óptimo de uno de los equipos fundamentales que intervienen en el proceso productivo.
- Realizar un análisis económico que permita determinar los costos totales de inversión y de producción de la planta y de los valores dinámicos (VAN y TIR) para conocer la rentabilidad de la inversión.

CAPÍTULO I: Revisión bibliográfica.

1.1. Definición de Helados.

El helado es un lácteo solidificado producido por el congelamiento de una mezcla pasteurizada por agitación para incorporar aire y garantizar una uniformidad en la consistencia. La mezcla está compuesta de una combinación de leche, azúcar, dextrosa, jarabe de maíz en forma seca o líquida, agua y huevos, saborizantes inofensivos, y estabilizadores o emulsificantes, todos de materiales comestibles saludables. (Laban, Zapata et al. 2012.)

Son los 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 fruta, frutas, chocolates, nueces y/o productos similares, aditivos permitidos y otros. (INDECOPI, 2006).

Otros autores como (Walstra, Geurts et al. 2001.), menciona que los helados son esencialmente mezclas de agua, azúcar, aromatizantes y saborizantes, y otros componentes, que se congelan parcialmente y se batan para obtener una espuma sólida. Y a su vez (González. 2012) indica que el helado es una mezcla de ingredientes fluidos o licuados que se vuelve densa y espesa al aplicarle frío y agitarla y removerla simultáneamente.

Cuando un alimento es el resultado de la mezcla de varios componentes puede presentar diversas estructuras físicas dentro de una apariencia general. En el caso de los helados, su estructura puede parecer típicamente sólida cuando están bien congelados; pueden tener una estructura pastosa, semisólida, cuando están cerca de su punto de fusión; o pueden ser líquidos si se dejan fundir a temperatura ambiente. (Mamani. 2011.)

Es el producto comercialmente más importante. Contiene grasa y sólidos lácteos no grasos dependiendo de la normativa.

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

El helado en realidad constituye uno de los triunfos de la tecnología de alimentos, y es que es digno de notarse que el aire es uno de sus principales ingredientes. Sin el aire, el helado sería una nieve de leche, pero con el aire se convierte en un sistema coloidal de alta complejidad. Consiste en una espuma semisólida de celdas de aire rodeadas por grasa emulsificada junto con una red de diminutos cristales de hielo que están rodeados por un líquido acuoso. (Torazno. 2014.)

1.2. Historia de los Helados.

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 permitió extender su consumo a prácticamente todas las clases sociales.

Mucho antes de la era cristiana, en China y otras regiones asiáticas se tomaban bebidas enfriadas con nieve. Además, se enfriaban postres generalmente dulces con hielo picado. Existen versiones que indican que Marco Polo en su famoso viaje al Oriente trajo una bebida compuesta por zumos de frutas y el agregado de hielo picado o nieve, estas bebidas tomaron popularidad rápidamente, evolucionaron y son los actuales granizados. Otra versión habla que, durante la invasión árabe a Europa, éstos introducen un producto llamado “Scherbet”, que significa Dulce Nieve.

En Sicilia con la llegada de los árabes, el sorbete helado se popularizó ya que existían las dos materias primas necesarias: zumos de frutas y nieve del monte Etna. De aquí se extendió por toda Europa. En el siglo XV renace el helado gracias a la difusión de un artista Bernardo Buontalenti quien en los banquetes ofrecidos a sus visitantes presentaba unos helados elaborados con nata, frutas, dulces, aromas, huevos y nieve. Este tipo de helado se conoció rápidamente en toda Europa. En el siglo XVII también en Sicilia, se introducen varias novedades en la preparación con la incorporación de azúcar y la adición de sal al hielo utilizado de modo de prolongar su vida útil. Con esta modificación comenzó también la venta masiva al público, sentando las bases para la aparición de las modernas heladerías. En el siglo XIX, el helado llega a los EE.UU., siendo uno de los países de mayor

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

consumo mundial. En el año 1850 Jacob Fussell comenzó la fabricación industrial de helados en este país. (Mamani. 2011.)

1.2.1. Evolución de los sistemas utilizados en la elaboración de Helados.

Según (Juri and Navas. 2015.) indica que:

Historias antiguas: No se ha descubierto el origen del helado, aunque el primer relato escrito sobre el helado data de hace más de 3000 años atrás encontrado en el Oriente, por lo que algunos creen que fue inventado en China. Pero en Italia es donde el helado toma forma y se difunde por toda Europa.

En un principio, las bebidas y pastas heladas se elaboraban con nieve y productos alimenticios como zumos de frutas, dulces, etc., sin ninguna maquinaria. (Mamani. 2011.)

Los mismos árabes son los primeros en utilizar una vasija con el zumo de frutas dentro de otra, que contenía el hielo picado. Se agitaba el zumo hasta que comenzaba la congelación.

- En el siglo XVII, se incorpora la sal al hielo, con lo cual éste aumenta su duración.
- En el siglo XVIII la agitación manual se reemplaza por otra mecánica.
- A finales del siglo XIX se comienza a pasteurizar el helado.
- A principios del siglo XIX se empiezan a homogeneizar los helados con máquinas a presión inventadas en Francia, que son la base de los homogeneizadores actuales a pistón.

En el año 1913, se inventa en Estados Unidos la primera fabricadora (normalmente llamada “mantecadora”) continua de helado. Pero obviamente la gran evolución en la elaboración de los helados fue la aparición de los modernos equipos de frío, que además de asegurar la producción permite una óptima conservación y distribución. (Mamani. 2011.)

1.3. Clasificación de los Helados.

1.3.1. Según su elaboración.

De acuerdo al procedimiento empleado para elaborarlos, los helados pueden ser: (Ruarte, Martinelli et al. 2013.)

- Artesanales: se elaboran con leche, crema de leche, dulce de leche, chocolate, frutas secas y frescas entre otras materias primas naturales, y se prescinde de aditivos o conservantes, porque el producto se fabricaba casi a diario. Por lo común estos helados se venden en los mismos lugares donde se elaboran, y se expenden en vasos y potes de variado tamaño, desde los 150 grs. hasta 1 Kg.
- Industriales: se producen con leche en polvo, saborizantes, concentrados industriales, esencias y colorantes. Los establecimientos emplean procesos de elaboración automatizados que les permiten manejar grandes volúmenes de producto. La comercialización depende de los mercados que aborda la empresa fabricante.

1.3.2. Según su porcentaje de SNG y Materia Grasa de la Leche.

Según Di Bartolo (2005), los helados se pueden clasificar de acuerdo con sus características y/o a los ingredientes empleados en su elaboración:

Helados de agua o Sorbetes: esta denominación corresponde a los productos en los que el componente básico es el agua. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Extracto seco, Mín.: 20,0% p/p
- Materia grasa de leche, Máx.: 1,5% p/p

Helados o Helados de leche: esta denominación corresponde a los productos que han sido elaborados a base de leche. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Sólidos no grasos de leche, Mín: 6,0% p/p
- Materia grasa de leche, Mín: 1,5% p/p

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Cremas heladas o Helados de crema: Productos elaborados a base de leche y han sido adicionados de crema de leche y/o manteca. Deberán responder a:

- Sólidos no grasos de leche, Mín: 6,0% p/p
- Materia grasa de leche, Mín: 6,0% p/p

Walstra et al. (2001), da algunos ejemplos sobre la composición de los helados en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1: Composición aproximada (porcentaje en peso) de algunos tipos de helados. (Walstra, Geurts et al. 2001.)

Componente	Helado de Leche	Helado con Leche	Sorbete	Polo
Grasa Láctea	10	4	2	0
Sólidos Grasos No Lácteos	11	12	4	0
Azúcar Incorporado	14	13	22	22
Aditivos	0.4	0.6	0.4	0.2
Aumento Porcentual de Volumen	100	85	50	0
Valor Energético	390	300	340	370

1.3.3. Según su composición.

- Helados de Crema:

Preparado alimenticio que deberá contener como mínimo 8% de grasa láctea, 29 % mínimo de sólidos totales y 8% de sólidos no grasos lácteos como mínimo. Con o sin fruta, mermeladas, nueces, pasas, licor y especias dulces, galletas, cobertura blanca cobertura de chocolate y otros. La grasa Láctea podrá ser sustituida total o parcialmente por la grasa vegetal. (Mamani. 2011.)

Según Madrid y Cenzano (2003), los helados de crema son aquellos cuyo ingrediente básico es la nata o crema de leche, por lo que su contenido en grasa de

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

origen lácteo es más alto que en el resto de los otros tipos de helados. La nata, como se sabe, es un producto rico en materia grasa (18 a 55%). Además de nata, este tipo de helado lleva azúcar, aire (que se incorpora durante el batido), espesantes, etc.

- Helados de Leche:

Son aquellos cuyo ingrediente básico es la leche entera, con todo su contenido graso (3-4.5%).

Preparado alimenticio cuyo contenido de grasa debe ser como mínimo 3%, sólidos no grasos de leche 8% mínimo, sólidos totales mínimo 25% con o sin chocolate, frutas, nueces, almendras, etc. (Mamani. 2011.)

Se elabora a partir de leche, generalmente sin adición de grasa. La grasa no láctea está prohibida y en la mayoría de los países la normativa exige un contenido graso mínimo del 2.5 a 3%. (Varnam and Sutherland 1995)

- Helados de Agua:

Preparado alimenticio con una mezcla de agua, azúcar, saborizante, frutas y derivados y colorantes autorizados. Cuando se le agrega el denominado sorbete, con el contenido de sólidos totales mínimo es del 12%, acidez variable de acuerdo al sabor (sabores ácidos mayor cantidad de Ácido Ascórbico). (Mamani. 2011.)

Se hacen a partir de zumo de fruta diluido con adición de azúcar y de ácido. También pueden añadirse estabilizantes, colorantes y aromatizantes. (Varnam and Sutherland 1995)

- Helado Sherbet:

Preparado alimenticio con una mezcla de leche, agua, azúcar y/o glucosa, bajo en sólidos no grasos de leche mínimo 3%, contiene esencias de frutas, colorantes. Los sólidos totales no deben ser menores a 15%. (Mamani. 2011.)

Los sorbetes y granizados, son parecidos a los helados de agua, pero contienen pequeñas cantidades de sólidos lácteos y, en algunos casos, agentes que facilitan

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

el batido para obtener un mayor aumento porcentual en el volumen. (Varnam and Sutherland 1995)

En la Tabla 1.2 se muestran los tipos de Helados y su composición.

Tabla 1.2: Tipo de Helado vs Composición (Tecnología de Elaboración de los Helados (Antonio Madrid Vicente)

Tipo de Helado	Grasa %	Sólidos no grasos %	Sólidos totales %	Azúcar %	Overrum %
Helado de leche	3	8	25	13	70 – 110
Helado de crema	8	8	29	13	70 – 110
Helado de agua	12 – 15	13

1.4. Valor Nutritivo de los helados de base láctea.

Los helados son una mezcla de diversos productos alimenticios entre los que se destacan las proteínas, carbohidratos, grasas, agua, sustancias minerales y vitaminas.

Grasas:

La grasa sólida se denomina manteca o sebo y las líquidas son los aceites, Independientemente de su origen vegetal o animal. Las grasas neutras, son las utilizadas en la fabricación de los helados, ya sean de origen animal (grasa de leche), o de origen vegetal (aceite de coco, palma, etc.). (Mamani. 2011.)

Fundamentalmente, las de la leche o de origen vegetal. La grasa es el macronutriente que presenta más variabilidad cualitativa y cuantitativa entre los diferentes tipos de helados, pero las cantidades oscilan entre los 5 y los 20 gramos por cada 100 gr. de helados. (Márquez. 2007.)

Las grasas desempeñan importantes funciones como ingredientes en la elaboración de los helados, porque:

- Ayudan a dar un mejor cuerpo y sabor a los helados.

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

- Aportan energía. Las grasas aportan 9 cal/g.
- Son una importante fuente de vitaminas.
- Las vitaminas A, D, K y E, son solubles en las grasas presentes en los helados.

Proteínas:

El contenido proteico del helado de base láctea oscila entre el 2.7 % y el 5.5 %. Un consumo de 100 gr. de helado de base láctea proporciona entre un 7 % y un 10 % de la cantidad de proteínas que se necesita diariamente. (Márquez. 2007.)

Dentro de las proteínas que nos interesan como componentes de los helados tenemos:

- Las albúminas, que se encuentran presentes en la leche y suero de la leche, conociéndolas entonces como lactoalbuminas. También se encuentran presentes en los huevos y en algunos vegetales.
- Las globulinas se encuentran presentes en la leche y suero de la leche (lactoglobulinas).

Tanto las albuminas como las globulinas son difíciles de aislamiento en estado puro, no atraviesan las membranas dializables y precipitan fácilmente por ácido tricloroacético al 12%.

La acción del calor (temperaturas de 90 a 100 °C) provoca la precipitación de albúminas y globulinas. En la pasteurización de los helados, se evita llegar a esas temperaturas, recomendándose no pasar de 85-87°C.

La caseína es la proteína más abundante de la leche representando aproximadamente el 77 al 82% de sus proteínas totales. (Mamani. 2011.)

Tabla 1.3: Proteínas de la Leche (Tecnología de Elaboración de los Helados (Antonio Madrid Vicente).

Proteínas de la Leche	
Contenido total en proteínas	32 – 37 g/l
Contenido total en caseínas	25 – 30 g/l

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Contenido total en proteínas sericas (albúmina y globulina)	5 – 6.5 g/l
---	-------------

Sales Minerales:

Los helados son pobres en sodio –con niveles inferiores a 70 ml/100 g- por lo que pueden integrarse sin problemas en la dieta de personas que deban controlar la ingesta de este elemento. Además, aportan otros minerales como magnesio y fósforo. (Márquez. 2007.)

La siguiente tabla nos da la composición en sales de los helados, aunque pueden tener fuertes variaciones según los ingredientes utilizados en su preparación. (Mamani. 2011.)

Tabla 1.4: Contenido de sales en los Helados (Tabla Boliviana de Composición de los Alimentos Ministerio de Salud y Deportes-2005)

Sales minerales	mg/100g
Calcio	80 – 138
Fósforo	45 – 150
Magnesio	10 – 20
Hierro	0.05 – 2
Cloro	30 – 205
Sodio	50 – 180
Potasio	60 – 175

Vitaminas:

Vitamina es una palabra compuesta que viene de vita, que significa vida y amina, de la sustancia química de este nombre.

Vitamina B2: 100 gr de helado de base láctea puede cubrir entre el 10 % y el 15 % de la cantidad diaria recomendada de esta vitamina. La presencia o no de cobertura (generalmente, de chocolate) en los helados es un factor clave para su cualificación ya que modifica cualitativa y cuantitativamente la valoración nutricional de los productos que la contienen con respecto a los que no la incorporan. Por ejemplo,

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

los helados que incorporan cacao y/o derivados pueden significar una aportación de polifenoles (componentes funcionales con efectos antioxidantes). (Márquez. 2007.)

En la tabla 1.5 se muestra la cantidad de vitaminas presente en los helados.

Tabla 1.5: Vitaminas presentes en los Helados (Tabla Boliviana de Composición de los Alimentos Ministerio de Salud y Deportes-2005)

Vitaminas	mg/100g
A	0.02 – 0.13
B1	0.02 – 0.07
B2	0.17 – 0.23
B3	0.05 – 0.1
C	0.9 – 18
D	0.0001 – 0.0005
E	0.05 – 0.7

Calorías:

La aportación de energía de los helados lácteos oscila (en función de los ingredientes) entre las 110 y las 384 kilocalorías cada 100 gramos por lo que pueden ser considerados como productos de contenido energético medio. (Márquez. 2007.)

Calcio:

Las recomendaciones de ingesta de calcio son de alrededor de 800-1000 miligramos al día con variaciones en función de la edad, el sexo y el estado fisiológico de las personas. El mayor contenido medio de calcio se encuentra en los helados de leche (135 mg/100 gr). El consumo de 100 gr. de helado de base láctea supone entre un 8 y un 16 % de la ingesta diaria recomendada de calcio (dependiendo del grupo de población considerado). (Márquez. 2007.)

Glúcidos:

El contenido de glúcidos en los helados oscila entre 20 y 30 gramos/100 gr. En cuanto a la presencia de lactosa en ellos cabe decir que es beneficiosa para la flora intestinal además de favorecer la absorción del calcio (salvo que se sea alérgico a ella). (Márquez. 2007.)

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Como se puede observar los helados, por ser una mezcla de diversos alimentos de alta calidad (leche, crema de leche, huevos, almendras, etc.), son considerados como una importante fuente de nutrientes.

Las enumeraciones de estas propiedades hacen necesario considerar a los helados no sólo como una simple golosina o refresco de verano sino también como un exquisito y nutritivo postre que aporta elementos muy importantes para una alimentación equilibrada en todas las estaciones del año y las etapas de la vida.

1.5. Ingredientes Básicos de los Helados.

A continuación, se describen los ingredientes constituyentes del helado y sus principales funciones:

La leche y sus derivados:

Además de la leche propiamente dicha, se utilizan muchos de sus derivados:

- Leche entera fluida
- Leche descremada fluida
- Leche en polvo entera
- Leche en polvo descremada
- Suero en polvo de leche
- Crema de leche
- Mantequilla
- Leches fermentadas

Con la denominación de leche nos estamos refiriendo a la leche de vaca que es normalmente la utilizada en la elaboración de los helados. Asimismo, nos referimos a leche estandarizada, homogeneizada y pasteurizada industrialmente.

Tabla 1.6: Composición de la Leche Fluida en % (Tabla Boliviana de Composición de los Alimentos Ministerio de Salud y Deportes-2005)

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Nutrientes	%
Proteínas	3.2 – 3.9
Materia Grasa	3.2 – 4.3
Lactosa	4.9 – 5
Sales Minerales	0.7 – 0.8
Agua	86 – 87

Grasas:

Compuestos de carbono, hidrogeno y oxígeno, con predominio del hidrogeno; en su combustión desprenden mayor número de calorías que los hidratos de carbono (Madrid y Cenzano, 2003). Proporciona aroma y sabor, cuerpo, textura y suavidad en boca.

Es el componente más importante del helado por ser el responsable del sabor rico, cremoso y suave. El porcentaje de grasa usado más frecuentemente en los helados es el 12% y normalmente es suplido por la crema fresca y leche entera (Revilla, 1996).

Como ingredientes en la fabricación de helados se pueden usar grasas comestibles más baratas en sustitución de la grasa de origen lácteo como la crema y la manteca.

Dentro de las grasas comestibles existen tres grupos:

- Aceites, que son líquidas a la temperatura ambiente de 18-20 °C.
- Grasas vegetales, de estado sólido a 20°C.
- Grasas de animales, que son sólidas a la temperatura ambiente y que incluyen los sebos y las mantecas de origen animal.

Los dos primeros son utilizados en la fabricación de helados, el último grupo no es recomendable por que incorporan sus propios sabores. (Madrid y Cenzano, 2003)

Sólidos no grasos lácteos (SNGL):

Timm et al. (1989), mencionan que los sólidos no grasos de leche son muy necesarios para que los helados obtengan una textura más firme y un cuerpo más cremoso y esponjoso, y con mayor volumen. Si se utiliza en poca cantidad se

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

debilita la estructura del helado, si es excesivo se vuelve arenoso, por lo que es fundamental para obtener un apropiado balance de sólidos en la mezcla. Los SNGL están compuestos por proteínas (mayormente caseína), lactosa y sales minerales (calcio, potasio, fósforo, magnesio, hierro, etc.)

La grasa de la leche se utiliza para fabricar helados de mayor calidad, pero se obtienen helados de calidad aceptable cuando se usan grasas vegetales, como los aceites de coco, palma, semilla de palma y en menor frecuencia de algodón y soja. También es importante asegurar que toda la grasa se funda por debajo de 37 °C para evitar una persistente sensación de grasa en la boca. (Márquez. 2007.)

Estos incluyen las proteínas, el azúcar de la leche y los minerales. Ayudan a mantener un balance apropiado en la mezcla, a asegurar un buen cuerpo y textura y mejorar las propiedades de almacenamiento del helado. Una excesiva cantidad de estos resulta en un sabor salado o cocinado, un cuerpo arenoso y una textura defectuosa (Arbuckle, 1977).

Azúcares:

Son la fuente de energía de los seres vivos, que suministran lo necesario para nuestros movimientos. La glucosa se utiliza mucho en la fabricación de helados y sirve para bajar el punto al cual se realiza la congelación de la mezcla (Madrid y Cenzano, 2003).

Aporta sabor dulce y mejora la textura. Aunque los sólidos no grasos contribuyen al sabor dulce del helado, no es suficiente y se debe añadir edulcorantes. El azúcar más importante en la elaboración de los helados es con diferencia la sacarosa (azúcar de remolacha o azúcar de caña), que es relativamente barato. Después de la sacarosa, el edulcorante más utilizado es el jarabe de glucosa, que además de barato tiene las ventajas de proporcionar una consistencia suave y flexible y de facilitar el batido, aunque tiene la mitad de poder edulcorante. El jarabe de glucosa se suele utilizar en la fabricación de helados hasta un máximo del 25 % del total de azúcares. (Márquez. 2007.)

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Aromatizantes:

Dan los sabores no lácteos. La grasa vegetal tiene muy poco sabor intrínseco y es necesario añadir aromas para contrarrestar esta circunstancia. Por el contrario, la grasa de la leche tiene un sabor intrínseco que puede interferir con el efecto de los aromatizantes añadidos. (Márquez. 2007.)

Colorantes:

Mejoran la apariencia y refuerzan los aromas y sabores.

Emulsionantes:

Mejoran la capacidad de batido de la mezcla y producen un helado de textura suave y seca, además facilitan el proceso de fabricación.

Walstra et al. (2001), no son necesarios como tales (hay proteína en exceso durante la homogenización) y no desempeñan un papel importante en la formación de la espuma. Actúan favoreciendo la agregación de los glóbulos grasos. Entre los más utilizados se pueden citar la yema de huevo, monoglicéridos, ésteres de poli (oxietileno), sorbetón (Tweens), y ésteres del ácido cítrico y monoglicéridos.

Estabilizantes:

Mejoran la viscosidad de la mezcla, la incorporación de aire, la textura y las características de fusión. También aumentan la percepción de untuosidad y reducen los efectos de los cambios de temperatura durante el almacenamiento. La cantidad y tipo de estabilizante depende de la composición de la mezcla, la naturaleza del resto de los ingredientes, los parámetros del tratamiento y de la vida útil prevista para el producto final. (Márquez. 2007.)

Walstra et al. (2001), los más utilizados son gelatina, alginato, carragenano, pectina, goma locust, goma guar, xantano, carboximetilcelulosa y sus mezclas. Evidentemente, estas sustancias influyen sobre la consistencia y, por tanto, en muchos otros aspectos, como, por ejemplo, en la transferencia de calor durante la congelación. Cuando los glóbulos grasos no se aglomeran mucho, como ocurre, por ejemplo, en los helados de bajo contenido de grasa, los agentes espesantes

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

imparten la dureza necesaria y evitan una excesiva maduración de Ostwald en las burbujas de aire; pero estos compuestos pueden impartir una textura demasiado gomosa.

Agua:

Timm et al. (1989), refieren que el helado debe su naturaleza al agua congelada, por ello está es el componente más peculiar. El agua es responsable del carácter refrescante del producto, es el medio disolvente de los ingredientes hidrosolubles (azúcares, proteínas, sales, ácidos, sustancia aromática) y determina consistencia del helado de acuerdo con la proporción congelada. En el helado el agua se encuentra repartida en forma de cristales de hielo en una matriz, que además contiene agua líquida. El número y las dimensiones de los cristales de hielo determinan esencialmente la consistencia del helado.

1.5.1. La leche como materia prima principal.

Leche

La leche es un producto nutritivamente muy completo y aporta las proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que un recién nacido necesita para sobrevivir y para desarrollarse. Es por ese motivo por el que la leche es el primer y único alimento que ingieren los mamíferos al nacer. Con esto, se denota la importancia que tiene la leche en la dieta de cualquier persona. (Vergara. 2007.)

Por definición, la leche materna cumple la función de nutrir a los hijos hasta que son capaces de digerir otros alimentos, sin embargo, los humanos de la gran mayoría de las civilizaciones (a excepción de algunas de oriente), hemos adoptado a la leche de mamíferos domesticados como parte de nuestra dieta, principalmente de vaca, pero también de oveja, cabra, yegua, camella y otros. (Fragosa. 2010.)

Propiedades Físicas

El aspecto opaco de la leche se debe a su contenido en partículas en suspensión, de grasa, proteínas, y ciertas sales minerales. El color varía desde blanco a

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

amarillento, según la coloración de la grasa (determinada por el contenido de caroteno). (Vergara. 2007.)

Es una mezcla compleja y heterogénea compuesta por un sistema coloidal de tres fases: (Badui, 1981)

- Solución: los minerales, así como los hidratos de carbono se encuentran disueltos en el agua.
- Suspensión: las sustancias proteicas se encuentran con el agua en suspensión.
- Emulsión: la grasa butírica de la leche es una emulsión en agua.

Propiedades químicas y composición

Los principales constituyentes de la leche son agua, grasa, proteínas, lactosa y sales minerales, también tiene otras sustancias tales como enzimas, vitaminas, fosfolípidos y gases. (Vergara. 2007.)

El pH de la leche es ligeramente ácido (pH entre 6,6 y 6,8). Otra propiedad química importante es la acidez, o cantidad de ácido láctico, que suele ser de 0,15-0,16% de la leche (Badui, 1981).

La Tabla 1.7 muestra la composición media de la leche de vaca:

Tabla 1.7: Composición media de la leche. (Fragosa. 2010.)

Composición Media de la Leche		
Componente	Composición Media (g/L)	%
Agua	900	87.4
Extracto Seco	130	12.6
Materia Grasa	35 – 40	3.4 – 3.9
Proteínas	30 – 35	2.9 – 3.4
Carbohidratos	45 – 50	4.36 – 4.85
Minerales	8 – 10	0.77 – 0.97

Propiedades microbiológicas

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

La leche es un excelente medio de cultivo para numerosos microorganismos por su elevado contenido en agua, su pH casi neutro y su riqueza en alimentos microbianos. Posee una gran cantidad de alimentos energéticos en forma de azúcares (lactosa), grasa y citrato, y compuestos nitrogenados. Los alimentos nitrogenados se hallan en numerosas formas: proteínas, aminoácidos, amoníaco, urea, etc.

Por poseer azúcares fermentables, en condiciones ordinarias lo que más frecuentemente ocurre es una fermentación ácida a cargo de las bacterias; si no existen gérmenes formadores de ácido o si las condiciones son desfavorables para su actividad, pueden sufrir otros tipos de alteración. (Vergara. 2007.)

La tabla 1.8 muestra las familias de bacterias que se desarrollan en la leche de acuerdo al efecto que producen en ella (Badui, 1981).

Tabla 1.8 Bacterias que se producen en la leche.

Bacterias que se producen en la leche	
Tipo de Bacterias	Efecto en la leche
Lácticas	Fermentadoras de carbohidratos.
Propiónicas	Degradan la leche para formar ácido.
Butíricas	Degradan grasa
Patógenas	Descomposición y enfermedades como: tuberculosis, difteria, polio, salmonelosis, fiebre escarlata y tifoidea.

1.6. Aplicaciones del Helado.

Ayuda a reducir la sudoración, es nutritivo, aporta fósforo, calcio y vitaminas y también energía, por el azúcar que contiene. Es el mejor complemento a una buena comida y tomado tras estas, el helado ayuda a realizar la digestión. Para demostrar lo anteriormente explicado, les podemos decir que tiene su base científica que lo explica. El helado está realizado con los componentes naturales antes comentados, (leche, azúcar, huevo, chocolate o cacao, miel, frutos secos, frutas) que perfectamente combinados conforman el sabor y el alimento.

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

La leche contiene los ácidos grasos y vitaminas liposolubles. Constituye una fuente de energía que el organismo utiliza para mantener la temperatura corporal, para mover el cuerpo, para mantener las funciones vitales y también para sintetizar proteínas de los músculos o de las enzimas que catalizan las múltiples reacciones que ocurren dentro de las células. Los azúcares, aportan carbohidratos, que son la energía lista para usar, disponible ya, que cumplen funciones similares a los lípidos. El huevo tiene proteína considerada de valor biológico base 100%. Al igual que la proteína de la leche son recomendadas en una dieta equilibrada. Los chocolates y frutos secos como las nueces aumentan más la cuantía de proteínas y el chocolate también aporta un principio estimulante cerebral. De más está decir que las frutas son ricas en vitaminas y minerales, virtudes que todos conocemos. Entre las vitaminas habituales podemos mencionar A, B1, B2, C, D, E. Entre los minerales hay calcio, fósforo, hierro, potasio y otros.

Además, los helados contribuyen a la hidratación, combaten la sequedad de las vías respiratorias, facilitan la digestión y crean una sensación de bienestar. Todas estas características hacen de este un producto adaptable a casi todas las edades y dietas. El valor alimenticio y nutritivo del helado depende de los componentes del mismo. En todo caso siempre será igual o superior al de los productos lácteos, ya que la leche y sus derivados constituyen el ingrediente mayoritario. En cuanto a los sorbetes, tienen otras cualidades, basadas en el porcentaje de frutas que contienen, y su contribución es principalmente energética y refrescante. El helado es una mezcla de distintos ingredientes (agua, leche y derivados azúcares, grasas vegetales, frutas y frutos secos, huevos y derivados, etc.) que suponen un aporte de proteínas, azúcares, grasas de origen lácteo o vegetal, vitaminas y sales minerales. El valor nutricional del helado depende de sus componentes: cantidad de agua (85%-90% en polos y sorbetes, y 50%-60% en los de crema o leche), de leche (entera, desnatada, en polvo), mantequilla, nata, grasas vegetales (fundamentalmente, grasa de coco o palma hidrogenadas), azúcar común o sacarosa, jarabe de glucosa (líquido viscoso constituido por solución de azúcar en agua), frutos secos, concentrados de zumos, frutas (frescas, almíbar, pralines, yema de huevo, chocolate, turrón, galletas, bizcochos, etc. Podemos considerar

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

definitivamente a los helados no como una simple golosina o refresco veraniego, sino como un postre delicioso y nutritivo compatible con una dieta equilibrada, tanto en la niñez como en la etapa adulta. (Mamani. 2011.)

1.7. Estudio de Mercado y evaluación técnico-económica entre las alternativas de importar o producir.

En gran parte de los países el consumo de helados se engloba bajo el de lácteos, por tal motivo no se dispone de gran información a nivel mundial.

La Empresa de Productos Lácteos Escambray se encuentra integrada a la unión láctea, el cual pertenece al ministerio de la industria alimenticia. El objetivo principal es elaborar productos lácteos con un alto nivel nutricional que garantiza la canasta básica y consumo social con una calidad acorde a las exigencias del mercado actual. Sus producciones son de gran importancia en la industria del turismo específicamente el helado el cual es uno de los postres más codiciados en todas las redes hoteleras del territorio nacional, además también son de gran utilidad en la gastronomía del municipio dando un gran aporte al Coopelia del mismo.

El helado producido en esta fábrica tiene gran impacto económico nacional ya que es un producto rico en proteínas que logra conservar las cualidades nutricionales de la leche.

A continuación, se mencionan los principales destinos del helado producido en la Empresa de Productos Lácteos Escambray:

- Sucursal Comercial CARACOL CIENFUEGOS
- Cadena TRD Caribe CIENFUEGOS
- Villa Internacional Guajimico
- Corporación CIMEX S.A Sucursal CIENFUEGOS
- Grupo Empresarial Hotelero Gran Caribe Hotel Jagua
- Sucursal Náutica Marlin Cienfuegos
- ARTEX S.A Sucursal CIENFUEGOS
- Grupo Empresarial Hotelero Islazul. Sucursal Cienfuegos
- Grupo Empresarial Hotelero Islazul. Sucursal Villa Clara

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

- G. Emp. Hot. Gran Caribe Comp Rancho Luna-Faro Luna
- Empresa Extrahotelera PALMARES S.A. Sucursal Cfgos
- Cadena TRD Caribe CIENFUEGOS
- Corporación CIMEX S.A. Sucursal CIENFUEGOS

1.8. Principales etapas del proceso de elaboración de helados.

Recepción y almacenamiento de ingredientes líquidos:

Los productos líquidos que se reciben tales como la leche, nata, glucosa líquida y grasas vegetales se entregan en cisternas. Los productos lácteos recibidos se enfrían hasta unos 5 °C antes de su almacenamiento, mientras que la glucosa y las grasas vegetales se almacenan a temperaturas relativamente altas (30-50 °C), con objeto de mantener su viscosidad lo suficientemente baja como para que puedan ser bombeadas. El agua utilizada viene directamente de la red y es analizada diariamente antes de proceder a la mezcla. Los aromas y colorantes llegan en bidones de diferente capacidad, y son almacenados en el almacén de materias primas. (Márquez. 2007.)

Recepción y almacenamiento de los ingredientes sólidos:

Los ingredientes sólidos utilizados en la elaboración son leche en polvo desnatada, azúcar, aditivos como emulgentes y espesantes, y mantequilla (aunque en la mezcla se añade la mantequilla derretida, ésta se recibe y almacena en estado sólido). El azúcar y la leche en polvo se pueden entregar en contenedores y por medio de sistemas de transporte neumático pasan a los silos de almacenamiento. El resto de los ingredientes sólidos se reciben generalmente en sacos. (Márquez. 2007.)

Pesaje y dosificación de los ingredientes:

Todos los ingredientes sólidos son pesados, mientras que los líquidos pueden ser pesados o dosificados mediante medidores volumétricos. Como se trata de materias primas caras que deben dar un producto final homogéneo y uniforme en su composición, se deben utilizar sistemas de pesado y dosificación fiable y de precisión. (Márquez. 2007.)

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Mezclado de los ingredientes:

Todos los ingredientes líquidos (leche, leche condensada, jarabe de glucosa, agua, etc.) son vertidos en un tanque de doble pared en el que se inicia la agitación y el calentamiento. Es recomendable usar agua caliente como medio de calentamiento en vez de vapor, ya que el vapor puede causar requemado.

Los ingredientes secos (SLNG, azúcar, estabilizante/emulsificante) se añaden durante la agitación y antes de que la temperatura llegue a 50 °C. (Nielsen, 2000)

Las mezcladoras para líquidos, consisten en un recipiente o tanque (cerrado o abierto) provisto de un agitador mecánico, montado en un eje suspendido en la parte superior del tanque y accionado por un motor eléctrico.

El fondo del tanque debe ser redondeado, con el fin de eliminar los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes del fluido.

El agitador fuerza al fluido a que adquiera un tipo de flujo en el interior de la mezcladora. (Torazno. 2014.)

Pasteurización:

Según Earle (1998), la pasteurización es un tratamiento térmico aplicado a los alimentos, menos drástico que la esterilización, pero suficiente para inactivar los microorganismos. La pasteurización inactiva la mayor parte de las formas vegetativas de los microorganismos, pero no las esporas resistentes al calor.

Dentro de las diversas combinaciones de tiempo y temperatura, en los helados se tiende en la actualidad a la pasteurización a 80–85 °C durante 15 a 20 segundos. (Madrid, 1996)

Según Madrid y Cenzano (2003), la pasteurización puede hacerse de dos maneras distintas. Normalmente los pequeños productores usan la pasteurización de temperatura baja (batch) mientras que la pasteurización continua en un pasteurizador de placas (HTST) se usa por las fábricas grandes. Las temperaturas más usadas son las siguientes:

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

- Batch: 65–70 °C por 30 minutos
- HTST: 80–85 °C de 20 a 25 segundos

Otros autores como CEA (2001), indica que los métodos de pasteurización más usados son:

- Método lento: 72 °C por 30 minutos.
- Método rápido: 80 °C por 25 segundos.
- Temperatura ultra alta: 118 °C instantáneo.

Homogeneización:

El propósito de la homogeneización es desintegrar y dividir finamente los glóbulos de grasa en la mezcla con objeto de conseguir una suspensión permanente, evitando que la grasa se separe del resto de los componentes y ascienda hacia la superficie por su menor peso.

Cuando un glóbulo de grasa no ha sido homogenizado presenta los glóbulos de grasa enteros, con un diámetro medio de 3 a 4 micras, cuando la mezcla es homogenizada los glóbulos pueden reducirse hasta un diámetro medio de 0,3 a 0,4 micras, un decimo de su diámetro inicial (Madrid y Cenzano, 2003).

Según Nielsen (2000), hace referencia que los objetivos de la homogeneización son:

- Obtener un tamaño uniforme de los glóbulos de grasa en la emulsión.
- Conseguir una buena distribución del emulsificante y las proteínas lácteas en la superficie de los glóbulos de grasa.

La temperatura de homogeneización puede variar desde 70 a 85 °C, la temperatura óptima es de 80 °C para una mezcla con cierta composición. Las temperaturas bajas pueden producir la formación de grumos en la mezcla al salir de la homogenizadora. (Nielsen, 2000).

CEA (2001), la homogeneización reduce el tamaño de los glóbulos de grasa a menos de dos micrones. Las presiones usadas son entre 105 a 250 Kg/cm² para los de dos etapas, siendo de 35 a 70 Kg/cm² la presión usada en la segunda etapa.

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

Como una regla empírica puede decirse que cuanto más grasa contenida en la mezcla tanto más baja la presión de homogenización, pero es la relación entre la grasa y SLNG lo que decide la presión a aplicar. Cuanto más alto el contenido de SLNG en la mezcla en relación a la grasa tanto más alta la presión de homogenización (Nielsen, 2000).

Maduración:

Una vez que la mezcla ha sido homogeneizada y pasteurizada, debe ser conducida a depósitos, a una temperatura de 4 o 5° C por un periodo de 4 a 5 horas. Este tiempo es fundamental para obtener los siguientes beneficios: (Torazno. 2014.)

- Cristalización de la grasa
- Tanto las proteínas como los estabilizantes absorben agua obteniendo una buena consistencia del helado
- La mezcla absorberá mejor el aire que se le incorpora en el proceso de batido
- Mayor resistencia al derretimiento

En algunos casos y por razones de producción la mezcla puede permanecer en los tanques maduradores hasta 24 h sin riesgos para la calidad del producto.

Según Nielsen (2000), tanto las proteínas lácteas como los estabilizantes se hidratan parcialmente en las etapas anteriores del proceso. El proceso de hidratación continúa durante la maduración y se puede observar cómo un aumento en la viscosidad de la mezcla. Además, el reposo resulta en una cristalización parcial de la grasa, lo que significa que los ácidos grasos con un punto de fusión alto están presentes en forma de cristales que se orientan hacia la superficie de los glóbulos de grasa, mientras que la grasa líquida está en el medio del glóbulo.

La capacidad de los maduradores está en relación con la capacidad de pasteurización. Así los hay desde 40 litros a 150 litros en el caso de unidades pequeñas pudiendo alcanzar los varios cientos de litros para instalaciones industriales y de pasteurización continua. Los tanques de maduración están equipados con agitadores especiales con variador de velocidad y frecuencia,

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

dándole a la mezcla un tratamiento suave que evita romper el coágulo formado. Además, poseen termómetros indicadores de temperatura de la mezcla.

En general y para poder elaborar distintos sabores se utilizan varios de estos maduradores, que una vez pasteurizada la mezcla de un sabor, esta se envía a un madurador en particular. (Torazno. 2014.)

Congelación o Mantecación de la mezcla:

Este proceso juega un papel muy importante en la calidad, palatabilidad y rendimiento de los helados, consta de dos pasos que son: el congelamiento inicial con agitación constante y el endurecimiento en la cámara de congelación. La congelación inicial se hace para lograr congelar la parte acuosa de la mezcla, de tal manera que forme una gran cantidad de pequeños cristales de hielo y al mismo tiempo incorpore una determinada cantidad de aire, que se conoce como sobreabundamiento. (Chávez 2000)

La congelación o mantecación de la mezcla es una de las etapas que más influyen en la calidad del helado final.

En esta etapa se realizan dos importantes funciones: (Torazno. 2014.)

- Incorporación de aire por agitación vigorosa de la mezcla, hasta lograr el cuerpo y la textura deseada.
- Congelación rápida del agua de la mezcla, de forma de evitar la formación de cristales grandes, dando una mejor textura al helado.

La temperatura de esta operación está comprendida entre los 4 y -10°C . Cuanto más baja sea esta temperatura, mayor proporción de agua se congelará con una proporción mayor de cristales pequeños. A -4°C se congela el 30% del agua mientras que a -10°C puede llegar al 70%.

Además, cuanto más baja sea la temperatura mayor será la viscosidad.

Resumiendo, luego de esta etapa el helado posee una nueva estructura:

Capítulo I: Revisión bibliográfica.

- Agua congelada en forma de pequeños cristales (30 a 70% dependiendo de la temperatura final de congelación).
- Agua sin congelar.
- Aire incorporado en distintas proporciones (20 al 60%).
- Compuestos sólidos.

Conclusiones Parciales:

- El helado es rico en proteínas, Vitaminas A, B2, B6, C, D, E, fósforo, magnesio, sodio y potasio.
- Las etapas más importantes del proceso de obtención de helados son la pasteurización, homogeneización y maduración.

CAPÍTULO II: Tecnología a emplear.

Fundamentación de la tecnología:

Como ya se conoce para la fabricación de cualquier producto se tiene que pasar la materia prima por diferentes procesos tecnológicos que involucran diversas operaciones ya sean físicas o químicas, para lograr el producto final, la fabricación de helado y sus derivados no está exenta de estas características casi universales para cualquier tipo de producción.

2.1. Identificación del Proceso Tecnológico de obtención del Helado.

a) Recepción de leche

Objetivo de la operación: Recepcionar la leche fresca

Procedimiento de trabajo: Una vez estacionado el carro cisterna se realiza mediante mangueras las conexiones entre el thermo y la bomba centrífuga se abre la válvula y se enciende la bomba la cual impulsará las leches hasta los tanques de acero inoxidable de almacenamiento de capacidad de 1 000 litros. La leche se enfriará en el tanque hasta una temperatura de 2 a 8 °C. A la llegada del thermo el operador del recibo tomara una muestra y la enviara al laboratorio tomándole la temperatura, acidez, densidad y grasa.

Especificaciones de salida del producto en proceso: Temperatura: no mayor de 10 °C.

b) Almacenamiento de leche

Objetivo de la operación: Almacenar la leche fresca

Procedimiento de trabajo: El producto luego de enfriado es almacenado en el mismo tanque del evento anterior de acero inoxidable con una capacidad máxima de 1 000 litros. La temperatura de almacenamiento será de 2 a 8 °C.

Especificaciones de salida del producto en proceso: Temperatura: no mayor de 10 °C.

Capítulo II: Tecnología a emplear.

c) Estandarización

Objetivo de la operación: Llegar a parámetros la mezcla para helados mediante cálculos con el objetivo de ajustar su composición en los valores establecidos, se puede utilizar la grasa vegetal como fuente de grasa en la mezcla.

Procedimiento de trabajo: Efectuar la estandarización de la mezcla para helados mediante cálculos para ajustar la composición de grasa, Sólidos No Grasos (SNG), Azúcar y Sólidos totales.

d) Pesaje

Objetivo de la operación: El objetivo de este evento es pesar los componentes de la estandarización del evento anterior.

Procedimiento de trabajo: En esta etapa se procede al pesaje de cada componente según la estandarización. Una vez terminado el primer paso se va seleccionando los demás componentes en la misma forma.

e) Disolución y mezclado de las materias primas

Objetivo de la operación: Disolver los ingredientes tales como: leche fresca de vaca, grasa vegetal, azúcar, estabilizador, sal, cocoa.

Procedimiento de trabajo: Una vez efectuado el pesaje de las materias primas según la estandarización de la mezcla se procede a la adición de las mismas tales como: leche fresca de vaca, grasa vegetal, azúcar, estabilizador, sal, cocoa; en el tanque mezclador (de acero inoxidable de doble pared) donde se mezclarán todos los ingredientes que garanticen el contenido de grasas y sólidos no grasos mediante un agitador y un emulsionador.

f) Pasteurización

Objetivo de la operación: Destruir las bacterias patógenas que existen en la mezcla para helados.

Procedimiento de trabajo: La mezcla preparada en el tanque mezclador es bombeada al intercambiador de calor de placas hasta alcanzar la temperatura de

Capítulo II: Tecnología a emplear.

76 a 80 °C, con un tiempo de retención de 15 a 20 segundos. Si la mezcla alcanza la temperatura deseada pasa a la sección de regeneración en el sentido inverso, donde es enfriada con agua helada (proveniente de una torre de enfriamiento) a una temperatura no mayor de los 25 °C.

g) Homogenización

Objetivo de la operación: Disminuir el tamaño de los glóbulos de grasas de macro a micromoleculares, para obtener la mezcla uniforme en forma de emulsión permanente para obtener un rendimiento estable en el helado.

Procedimiento de trabajo: La mezcla pre-calentada en el pasteurizador pasa al homogeneizador donde es sometido a una presión de determinada de acuerdo al tipo de mezcla y el % de grasa que contenga.

h) Saborización

Objetivo de la operación: El objetivo de este evento es incorporar a la mezcla pasteurizada ingredientes y aditivos alimentarios.

Procedimiento de trabajo: Los sabores y colores preparados son vaciados por encima de los tanques de maduración o de envejecimiento, manteniendo las debidas condiciones higiénicas que permita que el producto no se contamine.

i) Maduración o envejecimiento

Objetivo de la operación: El objetivo de este evento es la formación de un gel en la fase líquida producto de la acción del carboximetil celulosa, además permita la hidratación de las proteínas para darle suavidad, textura y disminuir el derretimiento del helado.

Procedimiento de trabajo: La mezcla para el helado con la incorporación de los ingredientes y aditivos alimentarios es enviada a los tanques de envejecimiento por un tiempo de 4 horas. En las mismas es sometido a un intercambio calórico con agua helada, proveniente de una torre de enfriamiento, alcanzando una temperatura de 4 °C.

Capítulo II: Tecnología a emplear.

j) Congelación

Objetivo de la operación: Congelar la mezcla mientras es batida.

Procedimiento de trabajo: Una vez que la mezcla ha sido saboreada en los tanques de envejecimiento es succionada por la bomba de mezcla del congelador para ser congelada mientras es batida, a la vez se le incorpora aire provocando la formación de pequeños cristales de hielo, así como el rendimiento deseado.

k) Llenaje a granel.

Objetivo de la operación: EL objetivo de este evento es envasar el helado procedente de los congeladores en envases apropiados.

Procedimiento de trabajo: El helado ya semi-congelado es envasado en los envases a través del congelador mediante un tubo llenador, el mismo puede ser rizado con sirope o acondicionado con conservas de frutas. El sirope es extraído de los motores y agitados manualmente. Este es verificado en los comportamientos que para ese fin existe en la máquina rizadora pudiendo la misma incorporar siropes de distintos sabores de una sola vez. El sirope es impulsado mediante dos bombas de engranaje a través de una conexión de manguera hasta una tubería por donde circula el helado procedente de los congeladores.

Incorporación de conservas: La incorporación de conservas se realiza mediante un incorporador el cual consta de un embudo y un disco del cual gira y va distribuyendo las frutas a través de una abertura y dosifica las conservas de una manera uniforme en la masa.

l) Almacenamiento de producto terminado.

Nombre del producto: Helados.

Procedimiento y parámetros de almacenamiento: El helado se almacena sobre pallets o estantes en nevera limpias e higiénicas a una temperatura no mayor de -20 °C y a una distancia no mayor de 0.10 m de la pared con el helado no podrán almacenarse otros tipos de productos que puedan afectar su integridad y calidad.

CAPÍTULO II: Tecnología a emplear.

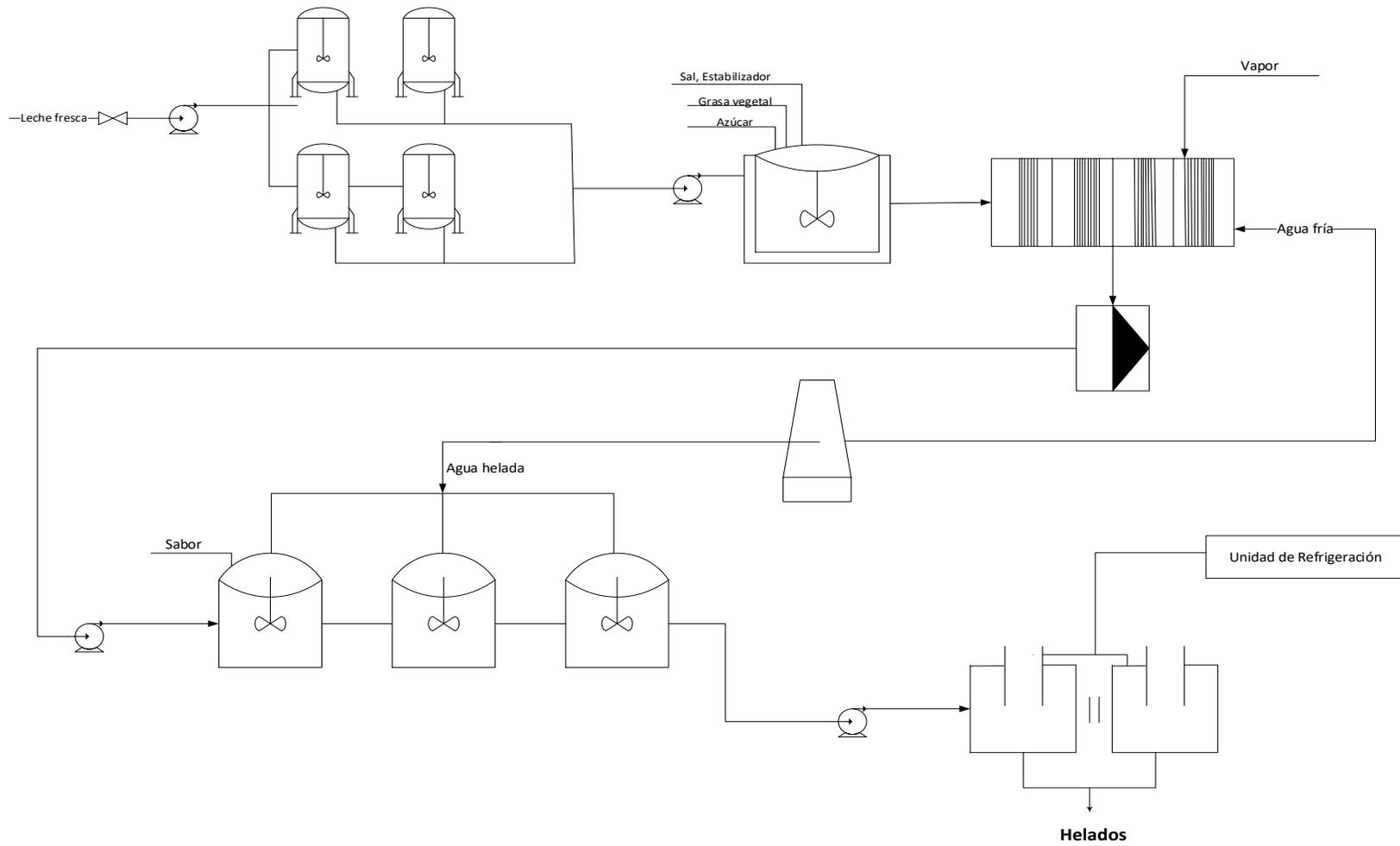


Figura 2.1. Diagrama de Flujo del proceso de producción de Helados en Agua de Pasajeros

Capítulo II: Tecnología a emplear.

La planta de producción de Helado se ubicará en el municipio de Aguada de Pasajeros en la provincia de Cienfuegos, Cuba.

Las entidades que intervienen en el proyecto y construcción de la planta serán:

- Como inversionista: MINAL
- Como proyectista: Ingenieros Químicos
- Como asesoría científica: UCLV
- Como entidad constructora: MICONS

La planta pertenece a la Empresa de Productos Lácteos Escambray, pero no se ubicará dentro de ella, sino en el poblado de Aguada, Cienfuegos.

La obra tendrá como objetivo procesar 3 840 L/día de helado.

Requerimientos funcionales:

- Obras de Ingeniería mecánica: Para el montaje de los equipos, tuberías y sistema auxiliares.
- Obras de ingeniería eléctrica: Para el montaje de los circuitos eléctricos.
- Obras de ingeniería automática: Para la conexión de lazos de control.

La planta a diseñar incluye como aspectos fundamentales en su equipamiento:

- Tanques de almacenamiento (Isotérmico), para almacenar la leche fresca
- Bomba centrífuga, para impulsar la leche hacia los tanques
- Tanque mezclador (de acero inoxidable de doble pared), donde se mezclan todos los ingredientes que garanticen el contenido de grasas y sólidos no grasos.
- Homogeneizador, donde se disminuye el tamaño de los glóbulos de grasas de macro a micromoleculares
- Intercambiador de calor a placas, donde ocurre la etapa de pasteurización
- Tanques de almacenamiento, donde ocurre la etapa de envejecimiento de helado.
- Congeladores continuos, donde se congela la mezcla de helado.

Capítulo II: Tecnología a emplear.

En primer lugar se realizarán los movimientos de tierra para preparar el terreno, por lo que se necesitará la contratación de obras industriales tales como obras de Arquitectura e Ingeniería Civil para la construcción de los cimientos que sean necesarios, edificios y naves, garantizando la ventilación y el aprovechamiento de la luz solar; obras de Ingeniería Mecánica auxiliados por ingenieros químicos para llevar a cabo el montaje de los equipos, tuberías y accesorios dentro de la misma planta, incluyendo las conexiones para el vapor y el agua de la planta aledaña. Unido a esto se encuentran las obras de Ingeniería Eléctrica para realizar toda la instalación requerida, así como obras de Ingeniería Automática para establecer los lazos de control necesarios manteniendo así el proceso controlado y garantizando de esta manera no solo la calidad del producto final, sino también la seguridad del personal que opere en la planta.

2.2. Selección del Equipamiento.

2.2.1. Recipiente de Almacenamiento.

Los tanques son receptáculos empleados para retener, transportar o almacenar líquidos o gases. El diseño preliminar de un tanque de almacenamiento es directo y elemental. Sólo se necesita saber su tamaño, temperatura, presión y condiciones de exposición. Las reglas para determinar el tamaño se basan en el sentido común y la experiencia. (Ulrich, G., 1985)

Tabla 2.1. Tipos de tanques de Almacenamiento

Crterios	Fondo cilíndrico	Fondo cónico
Tiempo de almacenamiento	hasta 30 días	hasta 30 días
Intervalo de temperatura	Desde -250 hasta 800 °C	Desde -250 hasta 800 °C
Presión	Presión máx. de 17 atm	Presión máx. de 14 atm
Volumen	V: 1600 m ³	V: 15000 m ³
Costo	Menos costosos	Costosos

Capítulo II: Tecnología a emplear.

Selección:

Se escogen tanques de fondo cilíndrico pues cumplen con los requisitos para lograr un buen almacenamiento de la materia prima, el producto para la etapa de pasteurización y el producto final en la maduración. Además, son los más baratos.

2.2.2. Mezclador.

En la creencia de mucha gente, los agitadores y los mezcladores son sinónimos. El diseño del equipo en sí depende no tanto de la función sino de la naturaleza del fluido o del sólido que se esté procesando.

La mezcla de los fluidos miscibles se efectúa muy eficientemente por medio de dispositivos simples que crean turbulencia por el movimiento relativo del fluido o por su pasaje a través de restrictores de flujo. Conforme aumenta la viscosidad, inmiscibilidad o ambos se agrega energía mecánica en diversas formas y a intensidad creciente. (Ulrich, G., 1985)

Algunos tipos de Mezcladores: (Guerrero 2017)

- Mezcladores Móviles. Consiste en una carcasa de diferentes geometrías ya sean cilíndricos, cúbicos o cónicos. La carcasa va montada sobre un eje que al rotar sobre este se genera el mezclado. La velocidad de mezclado oscila entre los 300 y 1000 rpm dependiendo el tamaño, la forma del mezclador y el tipo de materias primas que se van a mezclar.
- Mezcladores de carcasa estacionaria. Son equipos donde la carcasa permanece estática, en su interior poseen una serie de elementos que ejecutan el mezclado como aire a chorro, cuchillas, tornillos o paletas.

2.2.3. Bombas.

Se denominan bombas a las máquinas hidráulicas que transforman la energía mecánica de un motor en energía de un fluido, con aumento de la presión. El transporte del líquido se basa en la diferencia de presión entre la bomba y la tubería.

Capítulo II: Tecnología a emplear.

De acuerdo con su constitución o forma, las bombas se clasifican en: desplazamiento positivo o volumétricas, centrífugas o de álabes, de turbina o torbellinos y de flujo axial. (Rosabal, 2006)

Existen diversas variedades de bombas dentro de las que se destacan para el uso industrial las bombas centrífugas y las recíprocas.

Tabla 2.2. Tipos de Bombas. (Ulrich, G., 1985)

Criterios	Bomba centrífuga (flujo axial)	Bomba de desplazamiento positivo (recíprocas)
Capacidad	5m ³ /s	0.03m ³ /s
Temperatura	-240 a 500 °C	-30 a 370 °C
Eficiencia	50 a 85 %	60 a 85%
Viscosidad	menores de 0.2Pa*s	0.001-400Pa*s
Costo	Baratas.	Caro.

Selección:

La bomba seleccionada fue la bomba centrífuga de flujo axial la cual se encuentra dentro de las más usadas en la industria, con bajos diferenciales de presión además de ser una de las más baratas y la que más se adecua al proceso.

Cuando el producto esté casi terminado se utilizan bombas de desplazamiento positivo, por ejemplo, en la etapa de congelación, se utiliza este tipo de bomba pues aumenta la viscosidad de la mezcla (helado).

2.2.4. Agitadores.

Tipos de Agitadores: (Rosabal 2006).

- Agitadores de hélice: Trabajan a altas velocidades de rotación y crean una alta turbulencia en la zona cercana a la propela. Son baratos, consumen poca

Capítulo II: Tecnología a emplear.

energía y dan buen resultado cuando se agitan líquidos pocos viscosos o cuando se agitan grandes volúmenes de líquidos.

- Agitadores de turbina: Son semejantes a los rodetes de una bomba centrífuga los agitadores más usados. Provocan un flujo radial del líquido, pero cuando las paletas del rodete se inclinan hacia arriba o hacia abajo en el sentido de la rotación, también inducen un flujo axial. Son los agitadores más usados para provocar la mezcla de un gas con un líquido.
- Agitadores de paletas: Se usan ampliamente en la industria química cuando el grado de agitación necesario es pequeño. Se usan en sistemas discontinuos, o en sistemas que el contenido de sólidos es muy pequeño y en reactores en que se desarrollan reacciones químicas lentas.

Tabla 2.3. Tipos de Agitadores

Parámetros	Tipo de agitador		
	Hélice o propela	Turbina	De Paleta
Velocidad de rotación	300-1000 rpm	300 rpm máx	150 rpm máx
Viscosidad del medio.	< 100 cP	>2000 cP	< 1000 cP
Velocidad circunferencial en función de la viscosidad	3.8-16 (100 Cp) 3.8-10 (4000 Cp)	2.5-10 (100 Cp) 2.5-7 (4000Cp)	1.5-5 (500 Cp) 1.5-3 (3000Cp)
Costo	Bajo costo	Costo moderado	Bajo costo
Consumo energético	Bajo consumo energético (el más bajo)	Alto consumo de energía	Bajo consumo energético
Volumen de agitación	Grandes volúmenes	Volúmenes menores de 2500 m ³	Grandes volúmenes

Capítulo II: Tecnología a emplear.

Suspensiones	Hasta 50% masa de sólidos	Hasta 80% masa de sólidos	Admite solo bajos contenidos de sólidos
---------------------	---------------------------	---------------------------	---

Selección:

Se seleccionan los agitadores teniendo en cuenta en cada caso las propiedades de las mezclas que se van a agitar, su viscosidad y densidad, así como el bajo costo y consumo energético que estos propician.

- Para la etapa de homogeneización se selecciona el agitador de tipo hélice, pues maneja productos con bajas viscosidades y alcanza una alta velocidad de rotación.
- Para la etapa de mezclado y maduración se selecciona un agitador de paleta pues para esta etapa se requiere de una agitación más lenta.

2.2.5. Homogeneizador.

Un homogeneizador es una bomba de émbolo muy potente de alta presión. Por medio de alta presión se hace pasar a la mezcla a través de pequeñas ranuras existentes entre la válvula y el asiento, lo que produce la rotura de los glóbulos. El efecto conseguido en la homogeneización se produce por la unión de tres factores:

- Paso de los glóbulos de grasa por una estrecha ranura a alta velocidad, lo que les somete a poderosas fuerzas de rozamiento que los deforman y rompen.
- La aceleración de la mezcla a su paso por esa estrecha franja, va acompañada de una caída de presión, lo que crea un fenómeno de gravitación en el que los glóbulos de grasa se ven sometidos a poderosas fuerzas de implosión.
- Choque de los glóbulos de grasa contra las paredes del cabezal de homogeneización, lo que les provoca la rotura y división.

La presión óptima de homogenización depende de las siguientes condiciones:

- La composición de la mezcla base (Porcentaje de la materia grasa relación entre la materia y los sólidos lácteos no grasos)

Capítulo II: Tecnología a emplear.

- Cónica
- Liquid Whirl (LW)

Los mejores resultados se obtienen con una válvula de homogenización LW como señala la bibliografía de Henning Nielsen en el manual de Producción de Helados.

2.2.6. Intercambiador de Calor.

Los intercambiadores de calor son importantes y omnipresentes en la industria de los procesos químicos, ya que son instrumentos fundamentales para la conservación y transferencia de energía. El intercambio de calor no es sólo una operación unitaria en aislamiento, sino un elemento importante en muchas otras.

Tabla 2.4. Tipos de intercambiadores de calor

Criterios	Tipo de Equipos		
	Tubo y coraza	Placa plana	Doble tubo
Presión Máxima	30.7 MPa	2 MPa	100 MPa
Temperatura máxima	600 °C	260°C	150°C
Área de transferencia de calor máxima	800 m ²	1500 m ²	10 m ²
Caída de presión	0.6 y 1	0.5-1.5	0.2 y 0.6
Tamaño	De 10 a 100 m ² por concha, son adaptables y flexibles	De 0.25 a 200 m ² , construcción modular estándar
Dimensiones	Espesor máximo de la concha: 2 in DI: 57-108 mm DE: 76- 159 mm	DI: 6 mm, los más comunes son 12 o 17.25 mm

Capítulo II: Tecnología a emplear.

Mantenimiento	Más difícil	fácil	Necesita de espacio.
Costo de adquisición	Caros	Caros	Baratos

Selección:

Tomando en cuenta los datos plasmados anteriormente el intercambiador de calor seleccionado es el de placas ya que suple todas las necesidades del proceso. Además, por la alta eficiencia de estos intercambiadores de calor, capaces ellos de ser pequeños, uno construido de acero inoxidable puede costar menos que uno de tubo y coraza de acero al carbono para la misma aplicación.

2.2.7. Congeladores o Mantecadores.

Tipos de mantecadores:

Podemos clasificar los equipos mantecadores o comúnmente llamados Freezers en dos tipos: Discontinuos o por cargas y Continuos. (Torazno. 2014.)

- Mantecadores O Freezers Discontinuos O Por Cargas: Son los que reciben una determinada cantidad de carga (de acuerdo a su capacidad), se la somete a batido y congelación durante un tiempo determinado, se descarga el helado ya elaborado y la máquina queda en condiciones de recibir una nueva carga.
- Mantecadores Continuos: En las heladerías de tipo medio se utilizan equipos continuos. Por un extremo ingresa la mezcla madurada y por otro sale el helado terminado. El ingreso es a 5°C y sale a -6/-10°C, dependiendo del tipo de helado.

Selección:

De acuerdo a los requerimientos y características del proceso se selecciona un mantecador continuo.

2.2.8. Selección de los sistemas auxiliares.

- Caldera

Capítulo II: Tecnología a emplear.

El medio más común para utilizar el calor en las plantas de procesos es el vapor debido a su bajo costo, limpieza, no corrosividad, gran contenido de energía y gran tasa de transferencia de calor. Para disminuir la corrosión, generalmente el agua de alimentación de la caldera lleva un tratamiento y se desmineraliza. La economía de operación dictamina, por tanto, que el condensado se recircule siempre que sea posible. Las calderas industriales son de dos tipos: Las llamadas tubos de humo y las calderas de tubos de agua.

- Torre de enfriamiento

Las torres de refrigeración o enfriamiento son estructuras diseñadas para disminuir la temperatura del agua y otros medios. Su uso principal en las grandes industrias es el de rebajar la temperatura del agua de refrigeración utilizada. Las torres de enfriamiento usan la evaporación del agua para rechazar el calor de un proceso tal como la generación de energía eléctrica. Varían en su tamaño desde pequeñas a estructuras muy grandes que pueden sobrepasar los 220 metros de altura y 100 metros de longitud. Las torres más pequeñas son las que usualmente se construyen en fábricas, mientras que las más grandes son construidas en los sitios donde se requieran.

2.3. Diseño de Equipos.

En el proceso de obtención de helado para conocer las cantidades de materia prima (azúcar, sal, estabilizadores, etc.) se realizan balances de estandarización.

Todos los ingredientes sólidos son pesados, mientras que los líquidos pueden ser pesados o dosificados mediante medidores volumétricos. Como se trata con materias primas que deben dar un producto final homogéneo y uniforme en su composición, se deben utilizar sistemas de pesado y dosificación, fiables y de precisión.

En resumen, los ingredientes sólidos se añaden de acuerdo a una fórmula prefijada y los líquidos son dosificados en dosificadores volumétricos.

Capítulo II: Tecnología a emplear.

Como el componente fundamental es la leche se realizan los cálculos en base a una hora de trabajo (480 L/h)

2.3.1. Tanques de Almacenamiento.

Metodología de Diseño: (Valles 2019)

El volumen de operación del tanque se estimó de acuerdo a datos brindados en la empresa (1 m³).

Se consideró un factor de seguridad del 20 % (Peters y Timmerhaus, 1991, p. 37), con lo cual se calculó el volumen nominal. Para determinar las dimensiones del tanque, se consideró una relación de altura a diámetro de 1, recomendada para tanques atmosféricos y con la que se garantiza la hidrodinámica dentro del tanque (Moss, 2004, p. 89; Perry y Green, 1999, p. 10-137).

$$V_{nominal} = V_{op} * 1.2$$

$$V_{nominal} = 1.2$$

Se obtuvieron el diámetro y la altura asumiendo una relación H/D de 1, recomendada para tanques atmosféricos. Se inició por asumir un valor de altura para luego calcular un volumen nominal, hasta obtener un valor de volumen similar al volumen nominal.

$$V = \frac{\pi * D^2 * H}{4}$$

Donde:

V: Volumen del Cilindro (m³)

D: Diámetro (m)

H: Altura (m)

Tabla 2.5. Dimensiones obtenidas para los tanques de almacenamiento

Altura (m)	Diámetro (m)	Relación H/D	Vol. Nominal (m ³)
0,65	0,65	1	0,215580625
0,7	0,7		0,269255
0,75	0,75		0,331171875
0,8	0,8		0,40192

Capítulo II: Tecnología a emplear.

0,85	0,85		0,482088125
0,9	0,9		0,572265
0,95	0,95		0,673039375
1	1		0,785
1,1	1,1		1,044835
1,151	1,151		1,197004072
1,153	1,153		1,203254733

2.2.2. Homogeneizador.

En la tabla 2.6 se muestran las dimensiones obtenidas para el tanque de homogeneización. Para su dimensionamiento se utilizó la misma metodología empleada en los tanques de almacenamiento.

El volumen de operación del tanque se estimó de acuerdo a datos brindados en la empresa (0.5 m³).

Tabla 2.6. Dimensiones obtenidas para el tanque de homogeneización.

Altura (m)	Diámetro (m)	Relación H/D	Volumen Nominal (m ³)
0,6	0,6	1	0.16956
0,7	0,7		0.269255
0,8	0,8		0.40192
0,9	0,9		0.572265
0,91	0,91		0.591553235
0,915	0,915		0.601357787

El sistema de agitación comprende un agitador de hélice marina (el cual se ha seleccionado anteriormente), cuyas dimensiones se presentan en la Figura 2.3.

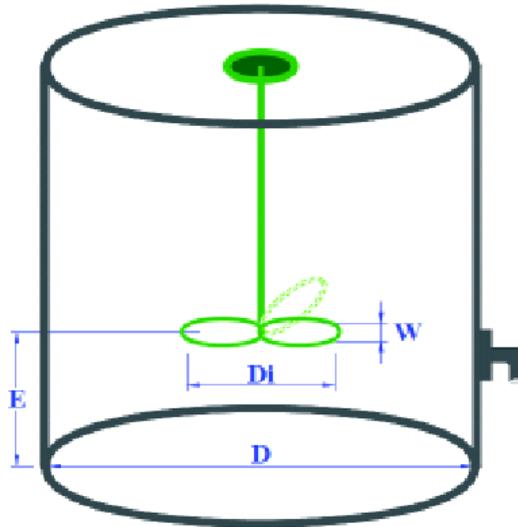


Figura 2.3. Esquema de dimensiones del agitador de hélice marina (Valles 2019)

Las relaciones geométricas estándar empleadas para dimensionar el agitador se indican en la Tabla 2.6 (Metcalf y Eddy, 2003, p. 359)

Tabla 2.7. Relaciones geométricas estándar para el dimensionamiento del agitador.

Dimensión	Notación	Relación
Diámetro del agitador	Di	1/3 D
Ancho de la paleta del agitador	W	1/3 Di
Distancia desde el fondo hasta el centro del agitador	E	1/3 D

Con el número de Reynolds se determinó la potencia del agitador según la ecuación (Perry y Green, 1999, p. 6-34).

$$Re = \frac{D_I^2 * N * \rho}{\mu}$$

$$P = \rho * N^3 * D_I^5 * N_p$$

Donde:

Re: Reynolds del impulsor, adimensional

N: Velocidad Rotacional, (rpm)

ρ : Densidad de la mezcla, (kg/m³)

Capítulo II: Tecnología a emplear.

μ : Viscosidad de la mezcla, (Pa*s)

P: Potencia del agitador, (J/s)

N_p : Número de potencia, adimensional

El número de potencia se determinó gráficamente de la Figura 2.4.

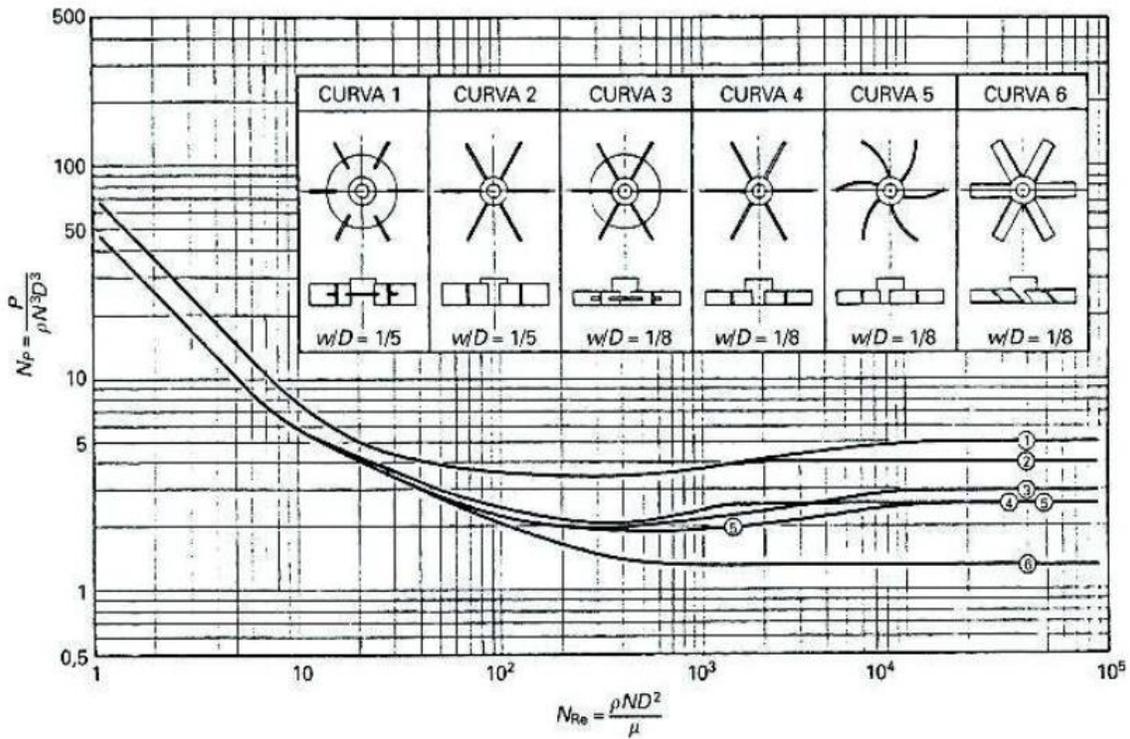


Figura 2.4 Número de Potencia adimensional en tanques agitados (Perry y Green, 1999, p. 6-35)

Los resultados del diseño se muestran en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Resultados del diseño del homogeneizador.

Resultados del Diseño del Homogeneizador	
Tanque Cilíndrico	Volumen de Operación = 0.5 m ³ Volumen Nominal = 0.6 m ³ Altura (H) = 0.915 m Diámetro (D) = 0.915 m Altura del líquido (L) = 0.696 m

Capítulo II: Tecnología a emplear.

Agitador de Hélice	<p>Diámetro (Di) = 0.305 m</p> <p>Ancho de paleta (W) = 0.101 m</p> <p>Distancia desde el fondo hasta el centro del agitador (E) = 0.305 m</p> <p>Largo de la Paleta (g) = 0.025 m</p> <p>Velocidad rotacional (N) = 400 rpm</p> <p>Potencia Consumida (P) = 3.88 kW</p>

2.2.3. Tanque Mezclador y de Maduración.

Para estos tanques se toman las mismas dimensiones (ya calculadas) del homogeneizador, en este caso varía el tipo de agitador, de acuerdo a los requerimientos de estas etapas. Como ya se había seleccionado anteriormente, se requiere un agitador de paleta, por lo cual se procede a su dimensionamiento.

La metodología de diseño es la misma, donde ocurren variaciones es en la velocidad de rotación, ya mencionadas en la selección del agitador.

Los resultados del diseño se muestran en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Resultados del diseño.

Resultados del Diseño	
Tanque Cilíndrico	<p>Volumen de Operación = 0.5 m³</p> <p>Volumen Nominal = 0.6 m³</p> <p>Altura (H) = 0.915 m</p> <p>Diámetro (D) = 0.915 m</p> <p>Altura del líquido (L) = 0.696 m</p>
	<p>Diámetro (Di) = 0.305 m</p> <p>Ancho de paleta (W) = 0.101 m</p>

Capítulo II: Tecnología a emplear.

Agitador de Paleta	Distancia desde el fondo hasta el centro del agitador (E) = 0.305 m Largo de la Paleta (g) = 0.025 m Velocidad rotacional (N) = 150 rpm Potencia Consumida (P) = 0.205 kW
--------------------	--

CAPÍTULO III: Optimización y Análisis económico

3.1. Diseño Óptimo del Intercambiador de Calor de Placas:

- Consideraciones térmicas de los fluidos:

Para el régimen de fluido se establecen datos de temperatura de entrada a 25 °C para la leche y a 90 °C para el vapor de agua, la temperatura deseada para la pasteurización de la leche es de 80 °C

Tabla 3.1. Balance de Energía en el intercambiador de calor de Placas.

Datos	Ecuación de balance	Resultados
$Q_{v\text{leche}} = 480 \text{ L/h}$ $C_{p\text{leche}} = 3.91 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ $\rho_{\text{leche}} = 1027.3 \text{ kg/m}^3$ $T_o = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ $\eta = 90\%$ <u>Vapor</u> $T_o = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ $\lambda = 2285 \text{ kJ/kg}$	$Q_g = -\eta * Q_c$ $m * C_p * \Delta T = -\eta * m * \lambda$ <u>Otras ecuaciones:</u> $Q_v = \frac{m}{\rho}$ <u>Conversiones:</u> $1\text{m}^3 = 1000\text{L}$	$m_{\text{leche}} = 493.104 \text{ kg/h}$ $m_{\text{vapor}} = 51.56 \text{ kg/h}$

Metodología ejecutada en hoja de cálculo: Método de Factor Térmico (Capa and Avalos 2020)

1. Cálculo de la carga de calor: Q

$$Q = m * C_p * (T_1 - T_2)$$

2. Determinación de las propiedades físicas de los fluidos a su respectiva temperatura media.

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

Tabla 3.2. Propiedades Físicas de los Fluidos

Propiedades		
	Vapor de agua	Leche
Te (°C)	90	25
Ts (°C)	60	80
Caudal	46,51	0,48
	kg/h	m ³ /h
Cp (kJ/kg°C)	2,135	3,89
μ (kg/mh)	0,0468	5,04
k (W/m°C)	0,23701	0,53
τ (W/m ² °C) ⁻¹	0,000005	0,0000017

Propiedades del Vapor de Agua (Pavlov, 1976)

Propiedades de la Leche (Suárez 1980)

3. Fijar las resistencias a la incrustación (σ)

4. Calcular la temperatura media logarítmica.

$$ML\Delta T = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

5. Calcular el número de unidades de cada fluido: HTU

$$\text{Fluido Caliente: } HTU = \frac{T_1 - T_2}{ML\Delta T}$$

$$\text{Fluido Frío: } HTU = \frac{t_2 - t_1}{ML\Delta T}$$

6. Suponer un valor de U (Tabla 8. Kern).

7. Calcular un área provisional requerida: A_o .

$$A_o = \frac{Q}{U * ML\Delta T}$$

8. Fijar el tipo y característica de las placas (Características de las placas estándar Alfa Laval según proveedor). Se elige un modelo provisionalmente.

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

Tabla 3.3. Características de las placas estándar Alfa Laval según proveedor

TIPO	P 20	P 0	P 2	P 5	P 45	P 25	P 4	P 16	P 13	P 14	P 3	P 15
Ancho de las placas: mm	280	180	320	350	800	1000	844	1080	630	670	500	800
Area de intercambio/placa: m2	0.031	0.032	0.12	0.14	0.55	0.61	0.75	0.81	0.18	0.32	0.32	0.53
Espesor de las placas : mm	0.5	0.6	0.6	0.8	0.6	1	0.6	1.1	0.9	0.7	0.6	1
Espacio entre placas: mm	1.7	2.5	3	2.9	4.9	5.1	2.7	5	3.1	5	3	5.2
Flujo/canal: m3/h	0.05 - 0.15	0.14 - 0.25	0.45 - 0.7	0.36 - 0.9	3.0 - 5.0	4.0 - 10	1.1 - 2.5	5 - 12.5	0.9 - 2.2	1.8 - 2.9	0.7 - 1.25	1.45 - 4.0
Area de intercambio máx.:m2	5.4	2.4	30	28	193	366	375	243	57	88	128	170
Temperatura máxima °C												
- Elastómeros	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
- Asbesto	280	280	280				280				280	
Número máximo de placas	175	75	250	200	350	600	500	300	318	275	400	320
Flujo total máximo: m3/h	2.5	11	50	16	125	450	260	400	30	140	140	65
Presión máx. de diseño: atm	10	16	16	16	10	12	12	6	11	16	16	11

Fuente: Intercambiadores de calor, Moncada Arbitres.

9. Determinar el número de placas térmicas (N_p) y número total de canales (N_c):

$$N_p = \frac{A_o}{2 \cdot A_p} \quad N_c = N_p + 1$$

10. Determinar el número de canales: n_p

$$n_p = \frac{V}{v}$$

dónde: v —caudal/canal

V ---Caudal mayor entre los fluidos o mayor flujo volumétrico, m^3/h

11. Determinar el arreglo del intercambiador y número de pasos.

12. Determinar el factor térmico (Albitres 2015) (Fig. 5.54)

Para un intercambiador con igual número de pasos para ambos fluidos, se toma NTU total

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

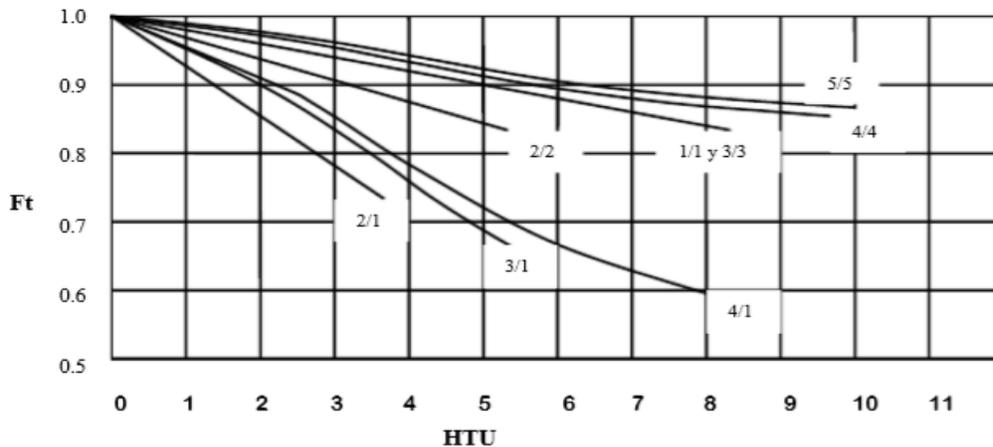


Figura 3.1. Factor Térmico vs HTU (Albitres 2015)

13. Calcular los coeficientes de película para cada uno de los fluidos como función del número de Reynolds.

$$Re = \frac{De * G}{\mu} \quad De = 2 * b \quad G = \frac{m}{a} \quad Pr = \frac{Cp * \mu}{k}$$

Para régimen laminar ($Re < 400$): $h = 0,742 * Cp * G * (Re)^{-0,62} * (Pr)^{-0,667} * \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$

Para régimen turbulento: ($Re \geq 400$): $h = 0,2536 * \left(\frac{k}{De}\right) * (Re)^{0,65} * (Pr)^{0,4}$

14. Calcular el coeficiente total de transferencia de calor.

$$\frac{1}{Ud} = \frac{1}{Uc} + Rd \quad Uc = \frac{h_1 * h_2}{h_1 + h_2}$$

15. Calcular el área total necesaria para la transferencia de calor: A

$$A = \frac{Q}{Ud * ML\Delta T * Ft}$$

y comparar con el área disponible o de diseño: Ad

$$Ad = 2 * Ap * Np$$

Ad debe ser mayor que Ao (el exceso no debe ser mayor del 15 %)

Resultados:

Tabla 3.4 Estimaciones de Temperaturas y HTU

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

"Q" Carga de Calor (kJ/h)	29525.1
Temperatura Media Logarítmica (MLΔT)	19.95 °C
Número de Unidades de Transferencia de Calor para cada fluido "HTU"	4.25
U _{supuesto} (W/m ² °C)	319

Tabla 3.5 Variables de dimensiones de componentes del intercambiador de placa

Área provisional	Ao (m ²)	4.63
Tipo y Características de las Placas (Ref. Tabla 3.3)	Ap: área lateral de cada placa (m ²)	0.031
	b: distancia entre placa (mm)	1.7
	x: espesor de las placas (mm)	0.5
	W: ancho de cada placa (mm)	280
Número de Placas Térmicas (Np)	< al máximo # de placas del tipo de intercambiador seleccionado en la Tabla 3.3	154
Número Total de Canales (Nc)		155
Número de canales paralelos por paso (n _p)		4.8
Factor Térmico	Ref. Fig. 3.1 como función de HTU total y para el intercambiador seleccionad	0.87

Tabla 3.6 Datos de coeficiente de película y coeficientes convectivo

	Reynolds (Re)	1573.87
	De	0.0034 m
	»»» m	
	Área de sección transversal de un canal (m ²) "a"	0.000476

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

Coeficiente de películas para el fluido caliente en función de Reynolds	Área de sección transversal ofrecida por el conjunto de canales de cada paso (m ²) "a"	0.00238
	Velocidad Másica (kg/hm ²) "G"	21663.8655
	Pr	0.1138
	h (W/m ² °C)	239.5118

Coeficiente de películas para el fluido frío en función de Reynolds	Reynolds (Re)	140.816
	De	0.0034 m
	>>> m	
	Área de sección transversal de un canal (m ²) "a"	0.000476
	Área de sección transversal ofrecida por el conjunto de canales de cada paso (m ²) "a"	0.00238
	Velocidad Másica (kg/hm ²) "G"	208739.5
	Pr	9.98
h (W/m ² °C)	1631.217	

Tabla 3.7 Datos de coeficiente global, área necesaria y exceso de área.

COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR		208.55
ÁREA NECESARIA PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR		8.15
ÁREA DISPONIBLE	Ad	9.3 m ²
	Exceso de Área = (Ad-Ao)/Ao*100%	14.05 %

A partir del diseño óptimo del intercambiador de calor de placas, se obtiene como resultado que el área de transferencia de calor es de 8.15 m², mientras que la disponible tiene un valor de 9.3 m².

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

A partir del costo de referencia de un intercambiador de calor de placas para 1pie² se calcula el costo de este equipo.

Área óptima de TC 8,154182397 m²
87,08 ft²

Costo Ref. del ICP 106,47 \$/ft²

Costo Total del ICP 9271,4076 \$

3.2. Análisis Económico.

Costo total de inversión.

La estimación del costo total de inversión se realizó utilizando los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes según la tabla 17 del Peters (1991), adaptándola a las condiciones de nuestra inversión.

CTI = Costo Fijo de Inversión (CFI) + Inversión de Trabajo (IT)

CTI = CFI + IT

IT = 15 % CTI

CFI = Costos directos+ C indirectos + Derecho de contrato + Contingencia

La siguiente tabla muestra el costo del equipamiento de referencia (Peter, 1991) así como el costo actual teniendo en cuenta los índices de costos y las ecuaciones siguientes:

Índice actual.....630 año 2021 (Suárez and Galiano 2012)

Índice de referencia.....355 año 1990

$$\text{Costo actual} = \text{Costo ref.} * \frac{I_{\text{actual}}}{I_{\text{ref.}}}$$

Tabla 3.8. Costo de equipamiento.

Equipos	Costo Referencia	Costo Actual
Tanque de almacenamiento (1000L)---4	3800	26974,64789

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

Tanques Agitados (500L)---3	6500	34605,6338
Bomba de desplazamiento positivo (1)	1500	7985,915493
Bombas----4	10000	70985,91549
Tanque Mezclador-Pasteurizador (500L)	7900	14019,71831
Homogeneizador	8500	15084,50704
Intercambiador de Calor		9271,4076
Congeladores Continuos---2	1000	3549,295775
	Total	182477,0414

Tabla 3.9. Estimación de los costos de inversión.

Componentes de la Inversión		
Componente	Rango de %	Costo USD
Adquisición de los equipos.	35	182477,04
Instalación de los equipos.	7	12773,3929
Adquisición e instalación de los instrumentos y controles.	4	7299,081656
Adquisición e instalación de las tuberías.	10	18247,70414
Adquisición e instalación de materiales eléctricos.	5	9123,85207
Construcción de los edificios.	4	7299,081656
Preparación del terreno.	2	3649,540828
Servicios o requerimientos.	8	14598,16331
Terrenos.	1	1824,770414
Costos Directos:		255467,86
Ingeniería y supervisión.	10	18247,70414
Gastos en construcción.	5	9123,85207
Contratos.	3	5474,311242
Imprevistos	6	10948,62248
Costos Indirectos:		43794,48994
TOTAL:	100	299262,35

Otros componentes		%	Costo \$
Derecho de contrato		5%(CD+CI)	14963,1174

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

Contingencia		10%(CD+CI)	29926,23479
Costo Fijo de la Inversión (CFI)			344151,70
Costo Total de la Inversión (CTI)			404884,35

Costo total de producción.

Para la estimación del costo total de producción se utilizaron los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes que se encuentran en la tabla 27 del Peters (1991).

CTP = Costo de fabricación (CF) + Gastos Generales (GG)

CTP = CF+ GG

CF = Costos directos (CD) + Cargos Fijos (Cf) + Costos Indirectos (CI)

CF= CD + Cf + CI

GG = Distribución y venta (DV) + Admón. (A) + Inves. y Des. (ID)

$Depreciación = \frac{CFI - VR}{Vd}$ Dónde: VR: valor residual, VR=0 VD: vida útil, 15

años.

Depreciación = **22943.4467** USD /año

Tabla 3.10. Estimación de los Costos de producción.

Estimación de los Costos Directos		
Componentes	%	Costo \$
Materia prima		25740,0013
Mano de obra	10 %CTP	----
Supervisión	15 % Mano de obra	----
Requerimientos		331,220833
Mantenimiento y reparación	2 %CFI	6883,034
Suministro	0.5 % CFI	1720,7585

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

CD = 34675,0146 + 0.1 CTP		
Estimación de Cargos Fijos		
Componentes	%	Costo \$
Depreciación		22943,4467
Impuestos	1 %CFI	3441,517
Seguros	0.4 % CFI	1376,6068
Cf		27761,5705
Estimación de los Costos Indirectos		
Costos indirectos	5% CTP	----
CI = 0.05 CTP		

Teniendo en cuenta la ecuación expuesta anteriormente del CF y con las ecuaciones resultantes de la tabla anterior se obtiene la siguiente ecuación:

$$CF = 62436,5851 + 0,15CTP$$

Tabla 3.11. Determinación de los gastos generales:

Gastos Generales	
Componentes	%
Administrativos	2 % CTP
Distribución y ventas	2 %CTP
Investigación y desarrollo	5 %CTP
GG = 0.09 CTP	

Como $CTP = CF + GG$, sustituyendo las ecuaciones obtenidas en las tablas anteriores tenemos que:

$$CTP = 62436,5851 + 0,24CTP$$

$$CTP = 82153,4 \text{ \$/año}$$

Cálculo de los indicadores dinámicos.

El valor real de las utilidades obtenidas en el período de evaluación, teniendo en cuenta la pérdida anual del valor del dinero, constituye el Valor Actualizado Neto

Capítulo III: Optimización y Análisis económico.

(VAN). El valor de la tasa de descuento para un VAN igual a cero, constituye la Tasa Interna de Retorno (TIR), que es una medida de la efectividad o rendimiento de los fondos invertidos. Se considera que una inversión comienza a ser atractiva desde el punto de vista económico cuando el TIR > 20 %. El período de tiempo que se requiere para recuperar el valor invertido a partir del flujo de capital generado por la inversión, constituye el Período de Recuperación al Descuento (PRD).

$$\text{Valor Actual Neto} = \sum_{k=1}^n \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+i)^k} - \text{Inversión Total}$$

Determinación de los indicadores dinámicos:

VAN	731592,936
TIR	41%
PRD	3

El proyecto es factible pues al transcurrir 3 años se paga la inversión y se obtiene un alto valor de VAN y positivo, el valor de TIR es también elevado por lo que el proyecto es implementable.

El periodo de recuperación 3 años, por tanto, de acuerdo a los 15 años de vida útil que tiene el proyecto, hace que sea factible su implementación.

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

- Se propuso la documentación del proyecto, tales como las características fisicoquímicas del helado, sus aplicaciones y nutrientes fundamentales.
- Se identificaron las principales etapas del proceso de producción de helados, como la pasteurización, la homogeneización y la maduración.
- Se identificó y caracterizó a los principales equipos del proceso y se llevó a cabo el dimensionamiento de los mismos.
- Se analizó y efectuó el diseño óptimo del intercambiador de calor de placas, como equipo fundamental del proceso, logrando así una mejora en la factibilidad de su instalación.
- Se realizaron los costos totales de inversión (404884.35 \$) y costos totales de producción (82153.4 \$/año).
- Se efectuó un análisis de los valores dinámicos VAN y TIR y se concluyó que el proceso es rentable y la inversión se recupera en 3 años.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Proponer la implementación de una línea de producción de quesos en esta entidad, con el fin de dar un aprovechamiento de la leche.
- Proponer vías de recirculación de la mezcla para el enfriamiento, con el objetivo de evitar el consumo excesivo de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albitres, L. M. (2015). Diseño de Plantas de Procesos Químicos. Intercambiadores de Calor. Trujillo, Perú.
2. ARBUCKLE, W. S. 1977. Ice Cream. 3ed. Westport Connecticut. AV1 publishing company, Inc. 5 17 p.
3. Badui, D.S. Química de los Alimentos. Alhambra Mexicana 1981
4. Capa, L. M. S. M. and E. R. B. Avalos (2020). DISEÑO ÓPTIMO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS PARA CALENTAMIENTO DE ETIL ESTER RESIDUAL EN UNA PLANTA REFINADORA DE ACEITE DE PESCADO. Facultad de Ingeniería. Nuevo Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa.
5. CEA (CENTRO DE ESTUDIOS AGROPECUARIOS). 2001. Productos lácteos. México, Iberoamérica.
6. Chávez, Á. R. L. (2000). Estudio técnico, económico y de mercadeo de un helado reducido en calorías. Carrera de Agroindustria. Honduras, Zamorano.
7. Di Bartolo, E. 2005. Guía para la elaboración de helados.
8. Earle, RL. 1998. Ingeniería de los alimentos. 2 ed. Zaragoza, España, Acribia.
9. Fragosa., L. G. (2010.). Diseño y optimización de un sistema pasteurizador de leche para productores pequeños, mediante simulación en EES (Engineering Equation Solver). Chihuahua, México.
10. González., J. (2012). Elaboraciones y presentaciones de helados. España, IC Editorial.
11. Guerrero, J. E. R. (2017). DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA, AUTOMÁTICA, DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE JABONES LÍQUIDOS, SUAVIZANTES Y DESENGRASANTES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INDUSTRIALES, PARA LA EMPRESA QUÍMICOS ZOREL. Facultad de Ingenierías. Bogotá, Colombia, Fundación Universidad de América.
12. INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2006. NTP 202.057: 2006. Leche y productos lácteos: Helados. Requisitos. 2 ed. Perú.
 13. Industria de la leche tratada térmicamente. Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Punto Críticos (ARCP) / ed. por Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Agencia Española de Cooperación Internacional. -- San José, C. R.: IICA, 1999
 14. Jorge Danilo Eras López. Determinación de parámetros técnicos para la elaboración de Helados. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 2013
 15. Juri, G. and J. R. Navas. (2015.). "El helado desde la antigüedad hasta nuestros días."
 16. Keenan, Joseph H. Steam Tables. Thermodynamic Properties of Water Including Vapor, Liquid and Solid Phases (SI UNITS). Edición Revolucionaria. 1988.
 17. Kern, D.Q. (1999) Procesos de transferencia de calor". Compañía Editorial Continental. S.A de S.V México.
 18. Laban, R. A., et al. (2012.). Elaboración y localización de una planta procesadora de Helados. Piura, Perú.
 19. M. A. Mijeev. Fundamentos de Termotransferencia
 20. Madrid, A. 1996. Curso de Industrias Lácteas. 1 ed. Mundi Prensa. AMV.
 21. Madrid, A; Cenzano, I. 2003. Tecnología de la elaboración de los helados. Ediciones/Mundi-Prensa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

22. Mamani., M. S. (2011.). Propuesta de diseño y desarrollo para la elaboración de helado de leche enriquecido con las proteínas de la soya para la empresa "Delizia". La Paz., Universidad Mayor de San Andrés.
23. Márquez., M. J. G. (2007.). Diseño de un pasteurizador para helados. Cádiz, España.
24. Mazala, N. Sistema Internacional de Unidades". La Habana Editorial Pueblo y Educación 1991.
25. Metcalf & Eddy. (2003). Wastewater Engineering. (4ta ed.). Nueva York, Estados Unidos: Mc Graw Hill.
26. Molina López Tania. Análisis de fallos en la producción de leche pasteurizada en la Empresa Productos Lácteos "Río Zaza" Sancti Spíritus. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. 2015
27. Moss, D. (2004). Pressure Vessel Design Manual. (3era ed.). Oxford, Reino Unido: Elsevier.
28. Nielsen, H. 2000. Manual de producción de helados. In. Seminario Grindsted sobre Nuevos aspectos en la fabricación de helados y postres congelados.
29. Pavlov (1976). Problemas ejercicios de operaciones básicas y aparatos químicos en la industria química.
30. Perry, R. y Green, D. (199). Perry's Chemical Engineers' Handbook. (7ma ed.). Estados Unidos: Mc Graw Hill.
31. Peters, M. y Timmerhaus, K. (1991). Plant Design and Economics for Chemical Engineers. (4ta. ed.). United States. McGraw-Hill.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

32. Pons Hernández, Antonio. Termodinámica Técnica para Ingenieros Químicos. Procesado en el Combinado Poligráfico Alfredo López.
33. Renzo Alejandro Ruiz de Castilla Loo. Producción de helados a nivel industrial. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 2017
34. REVELA, A. 1996. Tecnología de la leche. 3 ed, Escuela Agrícola Panamericana, Zarnorano, Honduras, Centro América. 396 p.
35. Rosabal, J. Garcell Pugans, L. Hidrodinámica y separaciones mecánicas. Editorial Félix Varela. La Habana 2006.
36. Ruarte, S. M., et al. (2013.). Producción de Helados Industriales. San Rafael, Mendoza, Argentina, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional San Rafael.
37. Suárez, E. G. (1980). Transferencia de Calor. Ciudad de La Habana, Cuba.
38. Suárez, E. G. and E. C. Galiano (2012). Aspectos técnicos-económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar. España.
39. Tabla Boliviana de Composición de los Alimentos (Ministerio de Salud y Deportes-2005)
40. Timm, F; Hirsing, I; Buchner, H., Lips, P; Geyer, J. 1989. Tecnología de la elaboración de helados. Zaragoza, España, Acribia.
41. Torazno., J. R. (2014.). Procesamiento de Helados, determinación de humedad, centrifugación. Arequipa, Perú.
42. Ulrich, G. Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química. 1985. Valles, J. G. C. (2019). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE PROVENIENTE DE LA ELABORACIÓN DE

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRITURAS MEDIANTE BIOFILTRACIÓN EN LECHO ESTÁTICO. Quito, Ecuador.

43. Varnam, A. H. and J. P. Sutherland (1995). Leche y productos lácteos: Tecnología, química y microbiología.
44. Vergara., C. S. (2007.). Diseño de una planta de producción de leche pasteurizada, yogurt y postres lácteos. Cádiz, España., Universidad de Cádiz.
45. Walstra, P., et al. (2001.). Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Zaragoza, España

