

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD TÉCNICA
CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL



OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE
ULTRA PASTEURIZACIÓN DE LA
COMPAÑÍA DE ALIMENTOS LTDA. “DELIZIA”.

Trabajo dirigido para obtener el Título de Licenciatura en Química Industrial.

POR: ÁNGEL HÉCTOR JEMIO MENA.

TUTOR: ING. LUIS CHAVES RÍOS.

ASESOR: ING. ROUSSTAM LAURA.

La Paz – Bolivia
Mayo, 2012

AGRADECIMIENTOS

Esta página está dedicada a las personas e instituciones que han participado en este trabajo y a quienes quiero expresar mi gratitud por el apoyo y la confianza que me han prestado de forma desinteresada.

En primer lugar quiero agradecer a Rosita, mi madre que dentro de todas sus preocupaciones me dio la posibilidad de brillar.

También me complace agradecer a Gladys e Isabel que no solo fueron hermanas si no amigas y las mejores consejeras.

No puedo olvidar a mis compañeros y amigos con los cuales he compartido buenos y malos momentos y que sin su ayuda muchas de las páginas de este trabajo estarían vacías. Gracias por aguantarme y por escucharme.

Debo un especial reconocimiento a la Compañía de Alimentos Ltda. Delizia desde el Director Ejecutivo hasta los operadores del área UHT de la misma por abrirme las puertas de la empresa, para que pueda consolidar mis conocimientos profesionales.

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el soporte institucional y académico que me brindo la Universidad Mayor de San Andrés, la Facultad Técnica y la Carrera de Química Industrial, al ofrecerme un plantel docente de lujo.

Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas, conocimientos y diversión. A todos aquellos que durante los cinco años que duro este sueño lograron convertirlo en una realidad.

Gracias.

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo	i
CAPITULO I “Introducción”	1
1.1.-Antecedentes	2
1.1.1.- Antecedentes de la Empresa.....	2
1.1.1.1.- Reseña Histórica.....	2
1.1.1.2.- Misión	4
1.1.1.3.- Visión	5
1.1.1.4.- Política de Calidad.....	6
1.1.1.5.- Ubicación de la Empresa.....	7
1.1.1.6.- Productos	7
1.1.2.- Antecedentes del Proyecto	7
1.1.2.1.- Antecedentes del Proyecto en la Empresa.....	7
1.1.2.2.- Antecedentes del Proyecto en la Universidad Mayor de San Andrés	8
1.2.- Objetivos	10
1.2.1.- Objetivo General	10
1.2.1.- Objetivos Específicos.....	10
1.3.- Justificación del Proyecto	11
1.3.1.- Justificación desde el punto de vista Técnico	11
1.3.2.- Justificación desde el punto de vista Económico	11
1.3.3.- Justificación desde el punto de vista Social	12
CAPITULO II “Marco Teórico”	13
2.1.- Producción de Leche.....	14
2.2.- La Leche	15
2.2.1.- Definición.....	15
2.2.2.- Leche de Vaca	15
2.2.3.- Características y Propiedades de la Leche de Vaca	16

2.2.3.1.- Características	16
2.2.3.2.- Propiedades Físicas	17
2.2.4.- Composición de la Leche	19
2.2.4.1.- La Grasa de la Leche	20
2.2.4.1.1.- Estructura Química de la Grasa	20
2.2.4.2.- Las Proteínas de la Leche	21
2.2.4.2.1.- Clases de Proteínas	22
2.2.4.2.2.- Caseína	23
2.2.4.2.3.- Micelas de Caseína	24
2.2.4.2.4.- Seroproteínas	24
2.2.4.3.- Enzimas	25
2.2.4.4.- Carbohidratos	26
2.2.4.5.- Minerales y Vitaminas.....	28
2.2.4.6.- Otros Constituyentes de la Leche.....	29
2.3.- Microbiología de la Leche	29
2.3.1.- Bacterias	29
2.3.1.1.- Esporas	30
2.3.2.- Bacterias en la Leche	31
2.3.2.1.- Recuento total de Bacterias en la Leche.....	31
2.3.2.2.- Principales Bacterias en la Leche	31
2.3.3.- Hongos	33
2.4.- Procesos Físicos involucrados en la fabricación de productos Lácteos	34
2.4.1.- Tratamiento Térmico	34
2.4.1.1.- Combinación Tiempo/Temperatura	34
2.4.1.2.- Intercambiadores de Calor	37
2.4.2.- Separación y Centrifugación	40
2.4.2.1.- Clarificación	40
2.4.2.1.- Separación	41
2.4.3.- Homogeneización	42

2.4.3.1.- Efectos de la Homogeneización	42
2.4.3.2.- El Homogeneizador	43
2.5.- Conceptos Relacionados con la elaboración de productos Lácteos “Larga Vida”	45
2.5.1.- Calidad de la Materia Prima	45
2.5.2.- Eficiencia de la Esterilización	46
2.5.2.1.- Esterilidad Comercial	46
2.5.3.- Cambios Químicos y Bacteriológicos en un Tratamiento Térmico Intenso	47
2.5.4.- Vida Útil.....	48
2.5.5.- Aspectos Nutricionales.....	48
2.5.6.- Producción de Leche Larga Vida.....	49
2.5.6.1.- Esterilización del Producto en Envase	49
2.5.6.2.- Sistemas de Tratamiento UHT	49
2.5.7.- Limpieza Aséptica Intermedia	50
2.5.8.- CIP.....	50
2.5.9.- Tanque Aséptico.....	51
2.5.10.- Envasado Aséptico	51
CAPITULO III “Método Experimental”	52
3.1.- Diagramas de Flujo.....	53
3.1.1.- Diagrama de Flujo de Elaboración de Productos UHT de la Compañía de Alimentos Ltda.	53
3.1.1.1.- Recepción de Leche Cruda.....	54
3.1.1.2.- Balanza	55
3.1.1.3.- Enfriador de Placas.....	55
3.1.1.4.- Tanques Cisterna	55
3.1.1.5.- Centrifugadora.....	56
3.1.1.6.- Pasteurizador de Placas	56
3.1.1.7.- Primera Homogeneización	56
3.1.1.8.- Sala de Preparación de Concentrados	56
3.1.1.9.- Tanques Pulmón y Mezcladores	57

3.1.1.10.- Tanque de Balanceo o Regulación	57
3.1.1.11.- Bomba Centrífuga	57
3.1.1.12.- Proceso UHT	58
3.1.1.13.- Envasador Aséptico.....	58
3.1.1.14.- Almacenamiento.....	58
3.1.1.15.- Distribución	59
3.1.2.- Diagrama de Flujo del Proceso de Ultra Pasteurización de la Compañía de Alimentos Ltda.	59
3.1.2.1.- Inicio del Proceso	60
3.1.2.2.- Precalentamiento	60
3.1.2.3.- Segunda Homogeneización	61
3.1.2.4.- Esterilización	61
3.1.2.5.- Regeneración	63
3.1.2.6.- Enfriamiento	63
3.1.2.7.- Retorno	64
3.1.2.8.- Fin del Proceso	64
3.2.- Cálculos y Determinaciones	65
3.2.1.- Determinación de Tiempo de Residencia de Producto en el Esterilizador	65
3.2.1.1.- Cálculo y Medición del Área por donde fluye el Producto en lo tubos de Esterilización	65
3.2.1.2.- Cálculo de Caudal de procesamiento	66
3.2.1.3.- Cálculo de Velocidad de Flujo de Producto en el Esterilizador.....	67
3.2.2.- Determinación de Temperatura de Esterilización	68
3.2.3.- Determinación y Calculo del tipo de Flujo en el Esterilizador	69
3.2.3.1.- Determinación de la Viscosidad de Productos de Esterilización	69
3.2.3.2.- Calculo del Numero de Reynolds.....	71
3.2.4.- Balance de Materia.....	72
3.2.4.1.- Determinación de la Densidad de los Productos de Ultra Pasteurización .	72
3.2.4.2.- Calculo de Rendimiento del Proceso para Productos de Formato 150, 200 y 946 mililitros.	73

3.2.4.3.- Calculo del Tiempo de Operación del Proceso UHT para Productos de Formato 150, 200 y 946 mililitros.....	78
3.2.5.- Determinación de la Concentración de Agentes de limpieza del Equipo de tratamiento UHT.....	79
3.3.- Tratamiento estadístico de Datos.....	81
3.3.1.- Construcción de Tablas de Frecuencia.....	82
3.3.2.- Histograma de frecuencia.....	83
3.3.3.- Análisis de Tendencia Central	84
3.3.4.- Análisis de Dispersión.....	84
3.3.5.- Gráficos de Control	85
CAPITULO IV “Resultados y Propuesta de Mejoramiento”	86
4.1.- Resultados.....	87
4.1.1.- Tablas de Resultados para Productos de Ultra Pasteurización	87
4.1.1.1.- Tabla de Resultados para Leche Chocolatada UHT de 150 ml	89
4.1.1.2.- Tabla de Resultados para Leche saborizada de Plátano UHT de 150 ml ..	91
4.1.1.3.- Tabla de Resultados para Ceremilki Leche con Avena UHT de 200 ml ..	93
4.1.1.4.- Tabla de Resultados para Chocoescolar, Desayuno Escolar UHT de 200 ml	95
4.1.1.5.- Tabla de Resultados para Leche Entera UHT de 946 ml	97
4.1.1.6.- Tabla de Resultados para Leche Clarita UHT de 946 ml	98
4.1.2.- Tabla de Valores de Rendimiento del Proceso UHT	99
4.2.- Tratamiento Estadístico de Datos	100
4.2.1.- Tratamiento Estadístico para Datos de producción de Leche Chocolatada de 150 ml	103
4.2.2.- Tratamiento Estadístico para Datos de producción de Leche con Avena de 200 ml	106
4.2.3.- Tratamiento Estadístico para Datos de producción de Leche Entera de 946 ml.....	110
4.3.- Capacidad y Tiempos de producción diaria de la Línea UHT.....	113
4.4.- Propuesta de Mejoramiento	114

4.4.1.- Parámetros Óptimos de Operación de la línea UHT	115
4.4.2.- Parámetros de Control de Concentración de Agentes de Limpieza de la Línea UHT	117
CAPITULO V “Aspectos Finales y Complementarios”	119
5.1.- Conclusiones	120
5.2.- Recomendaciones	121
5.3.- Bibliografía	122
5.4.- Anexos	124

Resumen Ejecutivo.

La Ultra Pasteurización es el método más eficaz para alargar la vida útil de productos lácteos y conservar en gran medida su valor nutricional, además facilitar su distribución y su conservación, evitando costosas y complicadas cadenas de frío. Por otro lado, con los productos lácteos, ultra-pasteurizados se puede solucionar problemáticas latentes de nuestro país, las cuales son el alto índice de desnutrición y los malos hábitos alimentarios. Con una distribución más fácil y una mayor durabilidad, estos se convierten en productos más accesibles a la población Boliviana.

La eficiencia del tratamiento térmico al cual es sometida la leche para su ultra-pasteurización, está en función de la combinación tiempo temperatura, la cual debe ser suficiente para eliminar la mayor cantidad de microorganismos que contiene la Leche, sin afectar el poder nutricional y sus características físicas. Para lo cual se debe tomar en cuenta las variables de operación del equipo de ultra pasteurización, las cuales están definidas por la programación de temperaturas y de flujos de operación de las unidades de procesamiento.

La transferencia térmica del flujo calefactor al producto lácteo, obedece a la naturaleza del fluido sometido a la transferencia de calor, conseguir mayor turbulencia en el fluido, dará una mayor transferencia de calor y por ende una mayor eficiencia energética y menor gasto en generación de energía.

En este proyecto se aplicó los criterios citados anteriormente para aumentar los volúmenes de producción de la empresa, empleando análisis fisicoquímicos y microbiológicos como base selectiva, de la materia prima y de los productos obtenidos a distintas condiciones de operación.

Se estableció tablas y límites de operación para la producción y el saneamiento de los equipos involucrados en la fabricación de productos Ultra Pasteurizados. Duplicando la producción diaria y aprovechando de mejor manera los recursos disponibles en la empresa.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.- ANTECEDENTES.

1.1.1.- ANTECEDENTES DE LA EMPRESA:

1.1.1.1.- RESEÑA HISTÓRICA.

1988

La Compañía de Alimentos Ltda., (CAL) se inicia un 10 de Octubre de 1988 con la fabricación de helados artesanales, con tecnología y maquinaria italiana, con la idea de fabricar un rico postre a la usanza de aquel país. Los envases de 1 litro y vasos individuales se comercializaron con la marca Delizia.

Pero el verdadero desarrollo comienza con la aparición de los bolos; iniciativa de un visionario que comienza su fabricación en la empresa Il Gelato de Cochabamba. Este producto tuvo mucha demanda en el mercado paceño.

1990

En 1990, CAL, bajo la marca Delizia inicia la fabricación de bolos. Momento interesante de una demanda inusual por la novedad del producto. Las agencias distribuidoras de helados hacían largas colas por comprar el producto.

1991

El primer reto que enfrentó la joven marca Delizia era cómo congelar los bolos fabricados para atender este gran mercado potencial. Invirtió en un túnel de congelamiento, y construyó una pequeña planta industrial en Alto Miraflores.

Por el año 1991 introduce nuevos productos, como la paleta de agua “Alfredo” que existe hasta hoy, y una variedad de productos destinados al mercado escolar.

1994

Delizia inicia la fabricación de yogurt en 1994, con un gran desarrollo en el mercado escolar. También incursiona en la elaboración de refrescos en sachet personales.

La empresa se equipó paulatinamente con maquinaria para la producción y a la vez con vehículos para la distribución de sus productos. El crecimiento fue continuo, en un escenario donde convivían varias empresas del mismo rubro, como Frigo, Superel, Piccoli, Panda, Sabor y otras menos conocidas.

1998-2000

Las transnacionales Unilever y Nestlé hicieron su ingreso a partir del año 1998 con las marcas Bresler y Savory (Chile), las que desarrollaron un marketing muy agresivo para aprovechar de mejor modo el potencial que hasta ese momento no había sido desarrollado por las industrias locales; alta cobertura de equipos de frío, difusión en medios, pintados de murales, instalación de sombrillas, etc. Este desarrollo fue aprovechado también por la industria nacional, que se vio obligada a invertir en tecnología y en mercadeo para no quedarse rezagada frente a los líderes del mercado.

Lejos de ver disminuidas sus ventas, las industrias bolivianas que reaccionaron positivamente, encontraron un nuevo escenario ofertando al consumidor buenos productos a menor precio que los importados

Durante los años 1998 al 2000, muchos puntos de venta aceptaron comercializar las cuatro marcas, que competían palmo a palmo. Coincidente con la recesión económica del país en estos años, las empresas transnacionales no encontraron un retorno apropiado a sus inversiones, y fueron achicando su operación. UniLever (Bresler) decidió dejar Bolivia a fines del año 2000, dejando un gran espacio de mercado a las empresas nacionales.

Compañía de Alimentos salió fortalecida de los años de dura competencia, e inició una etapa de mayor inversión al ver consolidada la marca Delizia en el mercado. La empresa se reorganizó profesionalizando sus mandos, y estructurando una fuerza de ventas que le permitió expandir su mercado a nivel nacional.

2001-2002

El 2001 inauguró una nueva planta industrial en El Alto, cuya infraestructura es la mayor dedicada a helados y jugos de fruta en el país.

El hecho de contar con una infraestructura industrial moderna posibilitó que CAL tome la franquicia de Tampico. Desde los primeros meses de 2002, el desarrollo de Tampico fue muy importante, y ha merecido premios a nivel de la franquicia.

El reto de CAL es difundir la marca Tampico a todos los rincones de Bolivia e introducir nuevas presentaciones y sabores.

Actualmente la empresa continúa promocionando nuevos productos, como los de la línea UHT y productos del desayuno escolar de La Paz y Viacha.

1.1.1.2.- MISIÓN.

La Misión de la Compañía de Alimentos Ltda. es:

- ❖ Producir y comercializar bebidas, helados, leche, derivados lácteos y otros alimentos con los estándares de calidad que satisfagan a nuestros consumidores.

- ❖ Crecer en forma sostenida y racional, aportando al desarrollo de la industria nacional.

- ❖ Generar beneficios para los accionistas, sus empleados y la comunidad a través de la eficiencia de los procesos productivos y de comercialización.
- ❖ Conformar un equipo humano capaz, con sólidos principios éticos, comprometido con la empresa y orientado al servicio de sus consumidores.

1.1.1.3.- VISIÓN.

La visión de Compañía de Alimentos Ltda. pretende:

- ❖ Contribuir al desarrollo de la industria nacional buscando que sus productos y marcas sean reconocidos por su calidad, innovación y precio justo.
- ❖ Tener presencia a nivel nacional desarrollando una eficiente red de operaciones y distribuidores; sus certificaciones de calidad que avalen sus buenas prácticas industriales y comerciales que permitan a la Compañía expandirse a mercados internacionales.
- ❖ Ser reconocida por sus prácticas y actitudes alineadas con la ética y valores humanos.
- ❖ Que el equipo humano que trabaje en la Compañía de Alimentos este comprometido con los objetivos de la empresa y sus valores: encontrar un adecuado ambiente de trabajo y ser reconocido en su esfuerzo personal y de grupo.
- ❖ Buscar mantener la confianza de los inversionistas, de la comunidad empresaria y de sus clientes y proveedores manejando sus operaciones con prudencia financiera.

- ❖ Lograr su sostenibilidad a través de su eficacia y competitividad, acorde a las condiciones del entorno.

1.1.1.4.- POLÍTICA DE CALIDAD.

La Compañía de Alimentos Ltda.:

- ❖ Fundamenta su desarrollo de mercado, rentabilidad y competitividad en la satisfacción de sus clientes, comprometiéndose al cumplimiento de requisitos y el mejoramiento continuo del sistema de gestión de la calidad.
- ❖ Asegura su desarrollo organizacional, por medio del respeto y la promoción de los valores humanos y éticos, inculcados a su personal, aplicando sistemas de capacitación y entrenamiento orientados al mejoramiento continuo de la calidad.
- ❖ Exige el compromiso de todos los miembros de Compañía de Alimentos, involucrados en la fabricación y comercialización de sus productos, para preservar la calidad de los mismos y la satisfacción de los consumidores.
- ❖ Asegura que las relaciones con nuestros proveedores, estén orientadas al beneficio mutuo y a la mejora continua de la calidad.

Compromete los recursos que sean necesarios para hacer realidad las políticas de la calidad.

1.1.1.5.- UBICACIÓN DE LA EMPRESA.

La Compañía de Alimentos Ltda. “Delizia”, se encuentra ubicada en la Ciudad de El Alto, Av. Abrojo No. 5100, Carretera a Viacha Km. 7 y en la Ciudad de La Paz en la Av. Mario Mercado, Calle “E” No. 100, Bajo Llojeta.

1.1.1.6.- PRODUCTOS.

Los productos elaborados y comercializados por la Compañía de Alimentos Ltda. son:

- ❖ Yogurt
- ❖ Helados de crema y agua
- ❖ Jugos
- ❖ Desayuno Escolar
- ❖ Leche UHT (Natural y Saborizada)

1.1.2.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

1.1.2.1.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO EN LA EMPRESA.

La Compañía de Alimentos Ltda. cuenta con un equipo de Ultra Pasteurización “REDA” de industria Argentina y una envasadora Aséptico “BUANLIR” de industria Uruguay. Ambos fueron adquiridos en febrero de 2008. La instalación del equipo se la finalizó en agosto del mismo año. Desde esa fecha se empezó a producir y comercializar productos de Larga Vida.

Inicialmente produjo leche Saborizada de chocolate, mora y de plátano en formato de 150 ml y leche reconstituida “Clarita” de 946 ml. Posteriormente el 2009 inicio la producción de leche “Entera” de 946 ml y este mismo año gano la licitación del desayuno escolar de La Paz y Viacha.

Desde el momento de la instalación de todo el equipo de proceso UHT hasta el inicio de este proyecto se realizaron los siguientes trabajos técnicos:

- ❖ Automatización de la válvula que permite la entrada de vapor al intercambiador de calor que calienta el agua de calefacción del proceso (2010).
- ❖ Instalación de un enfriador secundario en el retorno del producto (2010).

Desde el punto de vista de la gestión económica se realizaron investigaciones acerca de la productividad y rentabilidad de la línea de productos lácteos UHT, plasmadas en dos memorias técnicas realizadas por Juan Víctor Aguirre (estudiante de Ingeniería Industrial UMSA): "Gestión de la producción y Operaciones" (15/junio/2009) y "Operaciones II" (15/febrero/2011).

1.1.2.2.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO EN LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.

"Leche larga vida en Bolivia"

El año 2000 en la Universidad Mayor de San Andrés, en la Facultad de Ingeniería y para ser más concretos en la carrera de Ingeniería Química se realizó un proyecto de Grado denominado "Leche larga vida en Bolivia" del egresado Eddy Aliendre La Fuente.

Como una alternativa interesante se planteo en "PIL ANDINA" elaborar un proyecto que mejore la distribución de productos lácteos llegando a una mayor cobertura en el mercado. Fruto de este análisis se puso en marcha atacar el problema de la distribución evitando la cadena de frio, necesaria hasta ese tiempo en los productos lácteos poniendo en marcha el proyecto de Leche UHT o larga vida, bajo este sistema moderno de procesamiento en la industria láctea.

El proyecto del egresado Eddy Aliendre La Fuente, apuntó especialmente a producir y comercializar productos dirigidos al segmento de los niños, infantes y jóvenes con productos como leche Chocolateada, leche frutilla, leche vainilla, leche entera y leche descremada en todos los casos enriquecidos con vitaminas y minerales.

“Estudio para la recirculación y enfriamiento del agua en la línea de producción UHT y procesos, Planta Pil Andina S.A. La Paz”

El trabajo realizado por el egresado Juan David Melendres Aranibar, de la carrera de Ingeniería Química, Universidad Mayor de San Andrés, estaba enfocado en la implementación de alternativas para afrontar el tema del consumo de agua dentro de la línea de producción UHT de una industria. Este tema se había convertido en un aspecto importante debido al costo del agua, no solamente de la red urbana de distribución, sino también debido a la Ley de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, que se refería al costo que debe cubrir el usuario por el consumo de agua de pozos subterráneos que estén dentro los límites de una propiedad.

1.2.- OBJETIVOS.

1.2.1.- OBJETIVO GENERAL:

Optimizar las condiciones de operación para Ultra Pasteurizar productos de La Compañía de Alimentos Ltda. “Delizia” y aumentar de esta manera el volumen de producción actual.

1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Analizar condiciones actuales de producción para establecer la diferencia al finalizar el trabajo.
2. Determinar temperaturas óptimas de operación para el procesamiento de productos de Ultra Pasteurización.
3. Determinar flujos óptimos de operación para el procesamiento de productos de Ultra Pasteurización.
4. Determinar tiempos óptimos de operación para el procesamiento de productos de Ultra Pasteurización.
5. Relacionar variables; tiempo, temperatura y flujos de operación, para mejorar el rendimiento y calidad de producción en el proceso de Ultra pasteurización.
6. Determinar comportamiento del sistema de Ultra Pasteurización mediante herramientas estadísticas.

1.3.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

1.3.1.- JUSTIFICACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO.

Actualmente los volúmenes de producción de Ultra Pasteurización de la Compañía de Alimentos Ltda. se hallan limitados por la incrustación de la materia proteica en el esterilizador tubular, que precipita y coagula a altas temperaturas. Esto involucra más horas de saneo e incluso el desarmado del equipo para proceder al decapado mecánico (raspado) de los tubos de esterilización.

El proyecto de Trabajo Dirigido está enfocado en solucionar este problema que atraviesa la Compañía de Alimentos Ltda. Para lo que se cuenta con el apoyo y disponibilidad de la empresa para modificar condiciones en su proceso, también se cuenta con el recurso tecnológico, económico y humano que permita el desempeño de este proyecto de Trabajo Dirigido.

1.3.2.- JUSTIFICACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO.

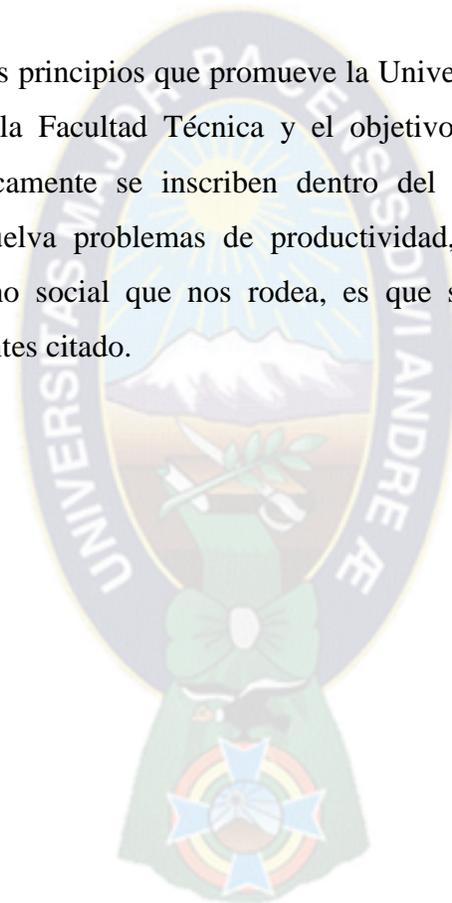
El problema principal se relaciona con la rentabilidad que ha representado para la empresa la línea de productos UHT, los cuales están por debajo de la media respecto a las otras líneas; además se debe competir en un mercado dominado por PIL Andina empresa que maneja un porcentaje mayor de producción con relación a las demás empresas del rubro.

Con el desarrollo del presente proyecto se busca optimizar el uso de los recursos disponibles para aumentar la producción diaria e incrementar las utilidades netas para darle a la Compañía de Alimentos Ltda. mayor rentabilidad sobre activos de la empresa.

1.3.3.- JUSTIFICACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIAL.

En el marco que los proyectos deben solucionar problemas de instituciones o de comunidades y que estas generen un impacto social, se identifico que a mayor producción, mayor será el requerimiento de leche, esto beneficiara a las comunidades productoras y por ende a los pequeños productores de leche.

En cumplimiento a los principios que promueve la Universidad mayor de San Andrés, la visión y misión de la Facultad Técnica y el objetivo que tiene la carrera Química Industrial, que básicamente se inscriben dentro del concepto de formar un perfil profesional que resuelva problemas de productividad, servicio, tecnología y medio ambiente, del entorno social que nos rodea, es que se plantea este proyecto como respuesta a todo lo antes citado.





CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- PRODUCCIÓN DE LECHE.

La producción de leche se conoce desde hace más de 6000 años. Los animales productores de hoy en día han evolucionado a partir de animales salvajes.

El hombre comenzó a domesticar a los animales prácticamente en todas las zonas de la tierra. Pero empezó domesticando herbívoros, eligiendo aquellas especies que puedan proveerle leche, carne, vestido, etc.

El animal productor de leche más extendido en todo el mundo es la vaca, que puede encontrarse en todos los continentes y países. Sin embargo, no se ha de olvidar que existen otras especies animales cuya leche es de gran importancia como fuente de proteínas y otros constituyentes de alto valor nutritivo.

La tabla 2.1 muestra la composición de la leche procedente de diferentes especies animales. Las cifras dadas son valores medios ya que la composición de la leche de diversas especies depende de factores de producción, manejo, cría, alimentación, clima, etc.

Tabla 2.1

Composición de la Leche procedente de diferentes especies						
Especie	Proteína Total %	Caseína %	Seroproteína %	Grasa %	Carbohidrato %	Cenizas %
Humana	1,2	0,5	0,7	3,8	7,0	0,2
Caballo	2,2	1,3	0,9	1,7	6,2	0,5
Vaca	3,5	2,8	0,7	3,7	4,8	0,7
Búfalo	4,0	3,5	0,5	7,5	4,8	0,7
Cabra	3,6	2,7	0,9	4,1	4,7	0,8
Oveja	5,8	4,9	0,9	7,9	4,5	0,8

Fuente: Manual de Industrias Lácteas.

2.2.- LA LECHE.

2.2.1.- DEFINICIÓN.

Es el producto natural de secreción de las glándulas mamarias de hembras sanas, esto es desde el punto de vista fisiológico, desde el punto de vista comercial o industrial se puede definir como el producto del ordeño higiénico efectuado en hembras de ganado lechero bien alimentado y en buen estado de salud, no debiendo contener calostro (Calostro es una secreción líquida de color amarillento, de aspecto viscoso y amargo, ácido que segrega la vaca aproximadamente 6 o 7 días después del parto).

2.2.2.- LECHE DE VACA.

La leche es el único alimento de los animales mamíferos durante el primer periodo de su vida. Las sustancias de la leche les proveen de energía y de materiales estructurales fundamentales para su crecimiento. La leche también contiene anticuerpos que protegen al mamífero cachorro contra las infecciones. Un ternero necesita alrededor de 1000 litros de leche para su crecimiento. Precisamente esta es la cantidad que la vaca primitiva producida, ya que era la que necesitaba el ternero.

La crianza selectiva ha dado como resultado vacas lecheras con rendimientos de más de 6000 litros de leche por ternero.

Antes que una vaca pueda empezar a producir leche debe tener un ternero. Las novillas llegan a su madurez sexual a la edad 7 u 8 meses, pero normalmente no son fertilizadas hasta que tiene 15 a 18 meses. El periodo de gestación es de 265-300 días, variando en función de la crianza de la vaca, por lo que una novilla puede tener su primer ternero a la edad de 2-2,5 años. Tras el parto la vaca da leche durante 10 meses, 1 o 2 meses tras el parto la vaca será de nuevo preñada. Después de tener unos cinco partos, la vaca generalmente será sacrificada.

La leche es un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias que se encuentran ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua.

Por ejemplo:

Caseína, la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas se llaman micelas y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal.

La **grasa** y las **vitaminas solubles** en grasa de la leche se encuentran en forma de emulsión; esto es una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche.

La **lactosa** (azúcar de la leche), algunas proteínas (proteínas séricas), sales minerales y otras sustancias son solubles; esto significa que se encuentran totalmente disueltas en el agua de la leche.

Las micelas de caseína y los glóbulos grasos le dan a la leche la mayoría de sus características físicas, además le dan el sabor y olor a los productos lácteos tales como mantequilla, queso, yogurt, etc.

2.2.3.- CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA LECHE DE VACA.

2.2.3.1.- CARACTERÍSTICAS.

- ❖ **Aspecto:** La leche fresca es de color blanco, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La leche descremada o muy pobre en contenido graso presenta un color blanco con ligero tono azulado.
- ❖ **Olor:** Cuando la leche es fresca casi no tiene un olor característico, pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se la

guarda; una pequeña acidificación ya le da un olor especial al igual que ciertos contaminantes.

- ❖ **Sabor:** La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado por su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas.

2.2.3.2.- PROPIEDADES FÍSICAS.

- ❖ **Densidad:** La densidad de la leche puede fluctuar entre 1.028 a 1.034 g/cm³ a una temperatura de 15°C; su variación con la temperatura es 0.0002 g/cm³ por cada grado de temperatura.

La densidad de la leche varía entre los valores dados según sea la composición de la leche, pues depende de la combinación de densidades de sus componentes, que son los siguientes:

Agua:	1.000 [g/cm ³]
Grasa:	0.931 [g/cm ³]
Proteínas:	1.346 [g/cm ³]
Lactosa:	1.666 [g/cm ³]
Minerales:	5.500 [g/cm ³]

Los datos de densidades citados, son valores promedio ya que estos dependen de variables como temperatura y composición.

La densidad mencionada (entre 1.028 y 1.034 [g/cm³]) es para una leche entera, pues la leche descremada está por encima de esos valores (alrededor de 1.036 [g/cm³]), mientras que una leche con agua añadida tendrá valores menores de 1.028 [g/cm³].

- ❖ **pH de la leche:** La leche es de característica cercana a la neutra. Su pH puede variar entre 6.5 y 6.65.

Valores distintos de pH se producen por deficiente estado sanitario de la glándula mamaria, por la cantidad de CO₂ disuelto; por el desarrollo de microorganismos, que desdoblan o convierten la lactosa en ácido láctico; o por la acción de microorganismos alcalinizantes.

- ❖ **Acidez de la Leche:** Una leche fresca posee una acidez de 0.14 a 0.16% ácido Láctico. Esta acidez se debe en un 40% a la anfotérica, otro 40% al aporte de la acidez de las sustancias minerales, CO₂ disuelto y acidez orgánicos; el 20% restante se debe a las reacciones secundarias de los fosfatos presentes. Una acidez menor al 15% puede ser debido a la mastitis (infección de las ubres de la vaca), al aguado de la leche o bien por la alteración provocada con algún producto alcalinizante. Una acidez superior al 16% es producida por la acción de contaminantes microbiológicos.

- ❖ **Viscosidad:** La leche natural, fresca, es más viscosa que el agua, tiene valores entre 1.7 a 2.2 centipoise para la leche entera, mientras que una leche descremada tiene una viscosidad de alrededor de 1.2 cp.

La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura hasta alrededor de los 70°C, por encima de esta temperatura aumenta su valor.

- ❖ **Punto de Ebullición:** La temperatura de ebullición es de 100.17°C.
- ❖ **Punto de Congelación:** El valor promedio es de -0.54°C (varía entre - 0.513 y - 0.565°C). Como se precia es menor a la del agua, y es consecuencia de la presencia de las sales minerales y de la lactosa.
- ❖ **Calor Específico:** La leche completa tiene un valor de 0.93 - 0.94 [cal/g°C], la leche descremada 0.94 a 0.96 [cal/g°C].

2.2.4.- COMPOSICIÓN DE LA LECHE.

Los principales constituyentes de la leche son agua, grasa, proteínas, lactosa y sales minerales. La leche también contiene trazas de otras sustancias tales como pigmentos, enzimas, vitaminas, fosfolípidos y gases.

La leche es un producto muy complejo. Con objeto de describir sus distintos constituyentes y como se ven afectados por las diferentes etapas de procesado en la industria láctea es necesario recurrir a la terminología química.

Las cantidades de los distintos componentes principales de la leche pueden variar considerablemente entre vacas de diferentes razas e incluso entre individuos de la misma raza. Por lo tanto solo se pueden especificar valores para esas variaciones.

Tabla 2.2

Composición Cuantitativa de la Leche		
Constituyente Principal	Limites de Variación	Valor Medio
Agua	85,5 - 89,5	87,5
Sólidos totales	10,5 - 14,5	13,0
Grasa	2,5 - 6,0	3,9
Proteínas	2,9 - 5,0	3,4
Lactosa	3,6 - 5,5	4,8
Minerales	0,6 - 0,9	0,8

Fuente: Manual de Industrias Lácteas

La composición de la leche varía considerablemente con la raza de la vaca, el estado de lactancia, alimento, época del año y muchos otros factores. Aún así, algunas de las relaciones entre los componentes son muy estables y pueden ser utilizados para indicar si ha ocurrido alguna adulteración en la composición de la leche.

2.2.4.1.- LA GRASA DE LA LECHE.

La leche y la nata son ejemplos de emulsiones de grasa en agua. La grasa de la leche se presenta en pequeños glóbulos o gotitas dispersas en el suero de la leche. El tamaño medio de dichos glóbulos es de 3-4 micrómetros y se tiene unos 15000 millones de glóbulos por mililitro.

La emulsión es estabilizada por una membrana muy delgada de solo 5-10 nanómetros de espesor que rodea a los glóbulos.

La grasa de la leche está compuesta por triglicéridos (componentes mayoritarios), di-y mono glicéridos, ácidos grasos, esteroides, carotenoides, vitaminas (A, D, E y K) y otros componentes en trazas.

La membrana está compuesta de fosfolípidos, lipoproteínas, cerebrosidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas, elementos traza (metales) y agua ligada. se debe resaltar que el espesor y composición no son constantes debido a que sus constituyentes están continuamente intercambiándose con el suero de la leche que le rodea.

Los glóbulos de grasa no solamente son las partículas más grandes de la leche sino que también las partículas más ligeras con una densidad de $0,93 \text{ g/cm}^3$ a 15°C , por lo que tienden a subir a la superficie cuando la leche se deja reposar en un envase.

2.2.4.1.1.- ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA GRASA.

La grasa de la leche es líquida cuando la leche sale de la ubre a 37°C . Esto significa que los glóbulos grasos pueden cambiar fácilmente su forma cuando se exponen a tratamientos mecánicos moderados sin romper sus membranas.

La grasa es una mezcla de diferentes ésteres de ácidos grasos llamados glicéridos. La tabla 2.3 muestra la lista de los ácidos grasos más importantes presentes en los triglicéridos de la grasa de la leche.

Tabla 2.3

Principales Ácidos Grasos de la Leche			
Ácido Graso		% sobre el cont. total de ácidos gr	Punto de Fusión [°C]
Butírico	(4 Carbonos)	3.5	- 7.0
Caproico	(6 Carbonos)	2.0	- 4.0
Caprílico	(8 Carbonos)	1.0	16.0
Cáprico	(10 Carbonos)	2.0	31.3
Laurico	(12 Carbonos)	2.5	43.6
Mirístico	(14 Carbonos)	10.0	54.0
Palmítico	(16 Carbonos)	27.0	62.0
Esteárico	(18 Carbonos)	10.5	70.0
Araquídico	(20 Carbonos)	0.5	77.0
Oleico	(18 Carbonos)	33.0	13.0
Linoléico	(18 Carbonos)	4.0	-5
Linolénico	(18 Carbonos)	4.0	-5

Fuente: Manual de Industrias Lácteas.

La tabla 2.3 muestra que los cuatro ácidos grasos más abundantes de la leche son los ácidos mirístico, palmítico, esteárico y oleico. La grasa con alto contenido de ácidos grasos de elevado punto de fusión será dura. La grasa con alto contenido de ácidos grasos de bajo punto de fusión será blanda.

2.2.4.2.- LAS PROTEÍNAS DE LA LECHE.

La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína (Figura 1). Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas. El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético, y le otorga a la

proteína una conformación única. Posteriormente, la conformación espacial de la proteína le otorga su función específica.

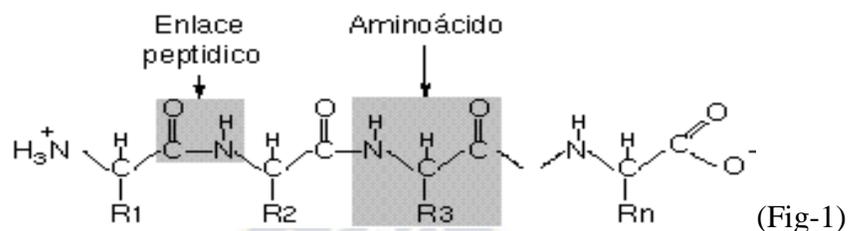


Figura 1: Estructura de las proteínas (R1, R2, etc., son los radicales específicos de cada aminoácido. El número de aminoácidos en la caseína de la leche varía de 199 a 209).

Algunas proteínas de la leche presentan grandes diferencias entre sus moléculas con respecto a la compatibilidad con el agua y algunas propiedades muy importantes de las proteínas dependen de tales diferencias.

Los aminoácidos de las proteínas de la leche llevan una carga eléctrica que viene dada por el pH de la misma. Cuando el pH de la leche es modificado por la adición de un ácido o una base, la distribución de las cargas en las proteínas también cambia. El estatus eléctrico de una molécula de proteína a pH 6,6 tiene una carga negativa.

A pH normal de la leche (pH=6,6), una molécula de proteína tiene una carga negativa. Las moléculas de las proteínas permanecen separadas debido a que poseen la misma carga y se repelen entre sí.

2.2.4.2.1.- CLASES DE PROTEÍNAS LÁCTEAS.

La leche contiene cientos de tipos distintos de proteínas muchas de las cuales se encuentran en muy pequeñas cantidades. El antiguo criterio de clasificación de las proteínas en caseínas, albúmina y globulina ha sido cambiado en la actualidad por un sistema de clasificación más adecuado, excluyendo de este los grupos de proteínas que se encuentran presentes en muy pequeña proporción.

Tabla 2.4

CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS EN LA LECHE		
Caseína	Concentración g/Kg	% de proteína total
α – caseína	12,6	38,6
β – caseína*	10,1	30,8
k – caseína	3,3	10,1
Total caseínas	26,0	79,5
Seroproteína	Concentración g/Kg	% de proteína total
α – lactoalbúmina	1,2	3,7
β – lactoglobulina	3,2	9,8
Albumina de suero sanguíneo	0,4	1,2
Inmunoglobulina	0,7	2,1
Otras (incluyendo peptona-proteasa)	0,8	2,4
Total seroproteínas	6,3	19,3
Proteínas de la membrana del glóbulo de la grasa	0,4	1,2
Proteínas Totales	32,7	100
*) <i>Incluyendo γ – caseínas</i>		

(Fuente “Manual de Industrias Lácteas”)

2.2.4.2.2.- CASEÍNA.

La caseína da nombre a un grupo de proteínas que son las dominantes en la leche. Como todas las proteínas las caseínas forman fácilmente polímeros. Los polímeros están constituidos por centenares o miles de moléculas individuales y forman solución coloidal que puede ser observada en la leche desnatada por su apariencia azul blanquecina. Estos complejos moleculares se conocen como micelas de caseína. Estas micelas de caseína pueden medir hasta 0,4 micras, pudiendo observarse solamente con microscopio electrónico.

2.2.4.2.3.- MICELAS DE CASEÍNA.

Los tres sub grupos de caseínas (α -caseína, β -caseína y κ -caseína) tienen en común el hecho de que uno de cada dos aminoácidos que contienen grupos hidroxilo están esterificados con el ácido fosfórico. El ácido fosfórico se une con el calcio y magnesio, así como con algunas sales complejas, para formar uniones entre moléculas y dentro de las propias moléculas.

Las sales de calcio de α -caseína y β -caseína son casi insolubles en agua, mientras que las de κ -caseína son claramente solubles. Debido a la localización dominante de la κ -caseína en la superficie de las micelas, la solubilidad del κ -caseinato cálcico prevalecerá sobre la insolubilidad de los otros dos tipos de sales en las micelas, y la micela completa será soluble como un coloide.

2.2.4.2.4.- SEROPROTEÍNAS.

Es el nombre comúnmente empleado para las proteínas del suero de la leche. Cuando se calienta la leche parte de las proteínas del suero de la misma se desnaturalizan y forman complejos con la caseína.

Las proteínas del suero de la leche en general y la α -lactoalbúmina en particular son de un alto valor nutritivo. Su composición en aminoácidos es muy cercana a la que es considerada como biológicamente óptima.

❖ α -lactoalbúmina

Esta proteína está presente en la leche de todos los mamíferos y juega un papel importante en la síntesis de la lactosa en la ubre.

❖ β -lactoglobulina.

Es la proteína más abundante en el suero de la leche de vaca. Cuando se calienta la leche a más de 60°C esta se comienza a desnaturalizar.

❖ **Inmunoglobulinas y proteínas relacionadas.**

Este grupo de proteínas es muy heterogéneo y pocos de sus componentes han sido estudiados de forma precisa. La lactoferrina y la lactoperoxidasa son sustancias de posible utilización en las industrias farmacéutica y alimentaria.

❖ **Proteínas de la membrana del glóbulo de grasa.**

Este grupo de proteínas se caracteriza por formar una especie de capa protectora de la membrana del glóbulo de grasa, que consigue en estabilizar la emulsión. Algunas de estas proteínas contienen residuos de lípidos y se las llama lipoproteínas.

2.2.4.3.- ENZIMAS.

Las enzimas son un grupo de proteínas producidas por organismos vivos. Tienen la capacidad de provocar reacciones químicas y de afectar el curso de la velocidad de tales reacciones. Las enzimas llevan a cabo su tarea sin ser consumidas, por ello son llamadas con frecuencia biocatalizadores. Trabajan óptimamente a temperaturas entre 25° a 50°C.

Las enzimas presentes en la leche tienen su origen en la ubre de la vaca o en las bacterias. Las primeras son componentes normales de la leche, son denominadas enzimas originales. Las otras llamadas enzimas bacteriológicas varían en tipo y abundancia según la naturaleza y tamaño de la población bacteriana. Entre las más importantes están la peroxidasa, catalasa, fosfatasa y lipasa.

❖ **Peroxidasa.**

La peroxidasa transfiere oxígeno del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) hacia sustancias oxidables. Esta enzima se inactiva a 80°C durante unos pocos segundos.

❖ **Catalasa.**

La catalasa desdobra el peróxido de hidrogeno en agua y oxígeno libre. La leche de ubres enfermas tiene un mayor contenido de catalasa, mientras que la leche fresca de ubres sanas contiene cantidades pequeñas. Sin embargo, hay muchas bacterias que producen este tipo de enzima. La catalasa se destruye a 75°C durante 60 segundos.

❖ **Fosfatasa.**

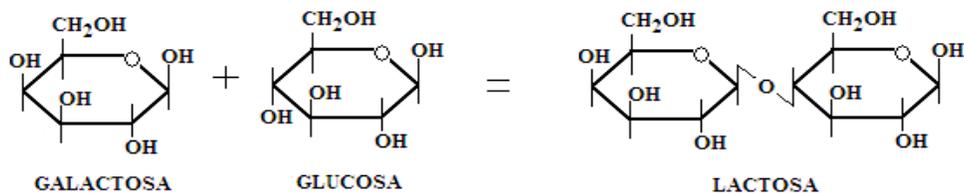
Tiene la propiedad de desdoblar ciertos esteres del acido fosfórico en acido fosfórico y los correspondientes alcoholes. Esta enzima se destruye mediante una pasteurización ordinaria (75°C durante 15 a 20 segundos).

❖ **Lipasa.**

La lipasa desdobra la grasa en glicerol y ácidos grasos libres. El exceso de ácidos libres en la leche da lugar a un sabor rancio. La cantidad de lipasa en la leche se cree que aumenta al final del ciclo de lactación. Esta enzima es inactivada en una gran medida mediante la pasteurización, pero se requieren temperaturas mayores para su total eliminación.

2.2.4.4.- CARBOHIDRATOS.

El principal carbohidrato en la leche es la lactosa (Figura 2), que es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 4.8% (3,6%-5.5%).



(Fig-2)

Figura 2: La lactosa se sintetiza en la ubre a partir de la glucosa y galactosa.

A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación. Las moléculas de las que la lactosa se encuentra constituida se encuentran en una concentración mucho menor en la leche: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/ 100 g).

En la leche se hallan dos isómeros de la lactosa: la α - lactosa y la β - lactosa; es poco soluble en agua y cristaliza muy rápido. La β - lactosa (63%) es la más soluble (hasta 17 g en 100 ml de agua), siendo la α - lactosa (37%) la que cristaliza.

La alta temperatura degrada a la lactosa por encima de los 110°C; a esta temperatura la lactosa hidratada (α - lactosa) pierde su agua y se transforma en lactosa anhídrido. Después, a temperaturas superiores a 130°C se produce la caramelización de la lactosa, tendiendo a combinarse, con los componentes nitrogenados de la leche (reacción de Mayllard, entre el grupo carboxilo de la lactosa y los grupos aminos de las proteínas); esto hace que la leche tienda a tomar un tono pardo, siendo característico también en este caso el sabor a leche cocida, tal como se da en leches muy esterilizadas.

Por acción de bacterias lácticas, la lactosa fermenta da ácido láctico, dando también algunos compuestos aromáticos tales como el acetil - metil carbinol y diocétilo. El ácido láctico puede a su vez transformarse por acción bacteriana (*Propioni bacterium shermanii*) en ácido propionico, ácido acético y CO₂.

El ácido láctico puede también ser transformado a ácido butírico por bacterias anaerobios.

La lactosa es el factor limitante en la producción de leche, o sea que la cantidad de leche que se produce dependerá de la formación de lactosa. Se distingue de los demás azúcares por su estabilidad en el tracto digestivo del hombre y es la única fuente de galactosa para el hombre.

2.2.4.5.- MINERALES Y VITAMINAS.

La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante. Su concentración total es menor al 1% La digestibilidad del calcio y fósforo es generalmente alta, en parte debido a que se encuentran en asociación con la caseína de la leche.

Las sales más importantes son las de calcio, magnesio, sodio y potasio. Se encuentran como fosfatos, cloruros, citratos y caseinatos. Otro mineral de interés en la leche es el hierro.

Las bajas concentraciones de hierro en la leche no alcanzan a satisfacer las necesidades del lactante, pero este bajo nivel pasa a tener un aspecto positivo debido a que limita el crecimiento bacteriano en la leche el hierro es esencial para el crecimiento de muchas bacterias.

La leche es el alimento que contiene la variedad más completa de vitaminas, sin embargo, estos se hallan en pequeñas cantidades y algunos no alcanzan para los requerimientos diarios de consumo humano. Entre las más conocidas figuran A, B₁, B₂, C y D. La vitamina A y D son solubles en grasa, mientras que el resto son solubles en agua.

2.2.4.6.- OTROS CONSTITUYENTES DE LA LECHE.

Las células somáticas en la leche (glóbulos blancos o leucocitos) no afectan la calidad nutricional. Ellas son solamente importantes como indicadores de otros procesos que pueden estar sucediendo en el tejido mamario, incluyendo inflamación. Cuando las células se encuentran presentes en cantidades mayores de medio millón por mililitro, existe una razón para sospechar que se trata de una ubre enferma.

La leche también contiene gases disueltos, que significa el 5-6% en volumen de la leche fresca de la ubre. Principalmente se trata de anhídrido carbónico, nitrógeno y oxígeno. Estos gases están en la leche de tres formas: disueltos en la leche, ligados y dispersos en la leche.

2.3.- MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE.

La ciencia que estudia a los microorganismos se denomina microbiología. Actualmente, la microbiología se interesa por el estudio de los pequeños seres vivientes.

Los microorganismos se encuentran en todas partes; en la atmósfera, el agua, sobre plantas, animales y en el suelo. Los microorganismos actúan en la descomposición de la materia orgánica, por lo que juegan un papel muy importante en el ciclo de la naturaleza.

Algunos microorganismos como las bacterias y los hongos se utilizan en muchos procesos de elaboración de alimentos, como en la fabricación de queso, yogur, la cerveza y el vino, en la producción de ácidos que se utiliza como conservantes de alimentos.

2.3.1.- BACTERIAS.

Las bacterias son organismos unicelulares que se multiplican principalmente por división binaria, es decir, mediante partición en dos nuevas células. El método más sencillo de clasificar a las bacterias es según su apariencia. Pero para poder ver a las

bacterias, primero se las debe teñir para a continuación estudiarlas al microscopio con un aumento de 1000X

El sistema más utilizado para la coloración de bacterias fue introducido por el bacteriólogo danés Gram y a dicho método se lo conoce como tinción de Gram. Las bacterias se dividen en dos grupos principales según sus características de coloración Gram: Gram negativas (rojas) y Gram positivas (azules). Otra de las formas de clasificación de las bacterias es por su morfología (forma de las bacterias). Estas pueden presentarse en forma de esferas denominadas cocos, si es que se encuentra sola, pero si se agrupa en pareja se la denomina diplococos, si se agrupa en racimos se las denominara estafilococos y si estas forman cadenas largas se las denominara estreptococos. Otras familias de bacterias presentan forma de bastones y se las denomina bacilos.

Por su rango de temperatura óptima de crecimiento y desarrollo se puede clasificar a las bacterias en: sicrotrofas (7°c o menos), sicrofilas (por debajo de los 20°c), mesófilas (20° a 44°c), termófilas (45° a 60°c) y termodúricas (mayor a 70°c de sobrevivencia no de desarrollo ni reproducción).

2.3.1.1.- ESPORAS.

Muchas de las bacterias utilizan una forma de protección ante condiciones adversas extremas para su supervivencia, formando una barrera dura que las mantiene vivas por largos periodos paralizando su crecimiento y metabolismo hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables para su supervivencia. Para eliminar a las esporas con una seguridad del 100% se debe someterlas a una temperatura de 130°C durante 30 minutos, si utilizamos un calor húmedo y a una temperatura de 160°C por 2 horas si se trata de un calor seco.

2.3.2.- BACTERIAS EN LA LECHE.

Cuando la leche es segregada en la ubre estéril. Pero incluso antes de abandonarla es infectada por bacterias que están atreves del canal del pezón. Estas bacterias son normalmente inofensivas y reducidas en número (de 10 a 100 por mililitro).

Sin embargo en caso de inflamación bacteriana de la ubre (mamitis) la leche es fuertemente contaminada con bacterias y puede incluso no ser apropiada para su consumo.

El grado de contaminación de a la que es sometida la ubre de la vaca estará en función de la limpieza de los establecimientos de ordeño y establos, de la asepsia de las maquinas ordeñadoras o en el caso de ordeño manual, de la persona que efectúe la operación.

2.3.2.1.- RECUESTO TOTAL DE BACTERIAS EN LA LECHE.

En la leche considerada de más alta calidad el recuento de bacterias, el UFC (Unidades Formadoras de Colonias), debe ser inferior 100000 por mililitro.

El enfriamiento rápido por debajo de los 4°C contribuye de gran medida a la buena calidad de la leche en granja. Este tratamiento frena el crecimiento de las bacterias de la leche, mejorando así en gran medida sus cualidades para una mejor conservación.

2.3.2.2.- PRINCIPALES BACTERIAS EN LA LECHE.

Los grupos de bacterias presentes en la leche pueden dividirse en bacterias acidolacticas, bacterias coliformes, bacterias del acido butírico, bacterias formadoras de acido propionico y bacterias de la putrefacción.

❖ **Bacterias Acidolacticas:**

Estas se encuentran sobre las plantas, algunas especies se encuentran en grandes cantidades en la leche. El grupo incluye bacilos y cocos que pueden formar cadenas de longitud variable pero que nunca dan lugar a la formación de esporas. Estas bacterias son anaerobias facultativas y prefieren la lactosa como fuente de carbono. La fermentan y dan lugar al ácido láctico.

❖ **Bacterias Coliformes:**

Son anaerobias facultativas con una temperatura óptima de 30 a 37°C. Se encuentran en los intestinos, estiércol, suelo, aguas contaminadas y en plantas. Fermentan la lactosa en ácido láctico y otros ácidos orgánicos, también descomponen las proteínas de la leche dando lugar olor y un sabor desagradable. Las bacterias coliformes son destruidas con una pasteurización HTST ().

❖ **Bacterias formadoras de Ácido Butírico:**

Estas son muy comunes en la naturaleza y llegan muy fácilmente a la leche. Estas bacterias pueden formar esporas, además de ser anaerobias, la temperatura óptima de crecimiento es de 37°C.

❖ **Bacterias formadoras de Ácido Propiónico:**

La categoría de estas bacterias comprende un número de especies variadas en apariencia. No forman esporas, su temperatura óptima de crecimiento es de alrededor de 30°C y varias de estas especies sobreviven a la pasteurización HTST. Fermentan el lactato dando lugar a ácido propiónico, anhídrido carbónico y otros y otros productos.

❖ **Bacterias de la Putrefacción:**

Son aquellas que segregan enzimas proteolíticas, pueden por lo tanto descomponer la proteína hasta llegar a aminoácidos. La categoría de las bacterias de la putrefacción comprende un gran número de especies, tanto cocos como bacilos. Muchas de ellas producen la enzima lipasa por lo que también descomponen la grasa de la leche.

2.3.3.- HONGOS.

Son un grupo de microorganismos presentes en la naturaleza, plantas, animales y seres humanos. Las diferentes especies de hongos varían enormemente en estructura y modo de reproducción. Los hongos se dividen en levaduras y mohos.

❖ **Levaduras:**

Son organismos celulares de forma esférica, elíptica o cilíndrica. El tamaño de las células de levadura varía considerablemente y pueden llegar a alcanzar una longitud de 100 micrómetros. Dentro de las condiciones para el crecimiento de levaduras se encuentra la humedad, acidez, temperatura y oxígeno. Las levaduras son por lo general organismos no deseados desde el punto de vista de la industria láctea. Se clasifican entre organismos formadores de esporas y los que no forman esporas. Son destruidas a temperaturas entre 58 a 62°C durante pocos minutos.

❖ **Mohos:**

La categoría de los mohos comprende un grupo bastante heterogéneo de hongos multicelulares y con forma de fibras. Su reproducción puede ser sexual o asexual, son formadores de esporas y suelen morir con pasteurización normal de

72 a 74°C durante 10 a 15 segundos. Son utilizados en la fabricación de algunas variedades de quesos. Entre los más importantes para la industria láctea se encuentran el *Penicillium* y el Moho de la leche.

2.4.- PROCESOS FÍSICOS INVOLUCRADOS EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.

2.4.1.- TRATAMIENTO TÉRMICO.

Al final del siglo XIX, el tratamiento térmico era ya algo habitual, de tal forma que la mayoría de las industrias lácteas realizaban el calentamiento de la leche.

El término "pasteurización" conmemora a Louis Pasteur, quien a mediados del siglo XIX realizó estudios sobre los fundamentos del efecto letal del calor sobre los microorganismos y el uso del tratamiento térmico como técnica de conservación.

La pasteurización es un tratamiento térmico especial de la leche que se basa en la destrucción del bacilo de la tuberculosis principalmente, porque es uno de los microorganismos patógenos más resistentes. Este será el parámetro para la pasteurización efectiva ya que el bacilo de la tuberculosis muere a 63°C por un tiempo de 10 minutos.

Al margen de la destrucción de microorganismos patógenos existen bacterias y enzimas que pueden deteriorar el sabor, olor y aspecto de la leche y por ende su tiempo de vida.

2.4.1.1.- COMBINACIÓN TIEMPO/TEMPERATURA.

La combinación de temperatura y el tiempo de mantenimiento son muy importantes, ya que determina la intensidad del tratamiento térmico en función de la destrucción de microorganismos y la conservación de las propiedades físicas y características de la leche.

El tratamiento térmico fuerte de la leche es deseable desde el punto de vista microbiológico. Sin embargo ello supone aumentar el riesgo de aparición de defectos en el sabor, valor nutritivo y apariencia de la leche. Las proteínas presentes en la leche son desnaturalizadas a altas temperaturas.

Como el tratamiento térmico de la leche constituye la parte más importante del procesado de la misma, y cada vez se conoce mejor su influencia sobre la calidad de la leche, es interesante analizar las diferentes categorías establecidas de tratamiento térmico, para esto se describe a continuación los tratamientos térmicos más utilizados en el procesamiento de productos lácteos en las industrias (ver tabla 2.5).

Tabla 2.5

PRINCIPALES CATEGORÍAS DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA INDUSTRIA LÁCTEA		
Proceso	Temperatura	Tiempo
Termización	63 – 65 °C	15 s
Pasteurización LTLT	63 °C	30 min
Pasteurización HTST de la leche	72 – 75 °C	15 -20 s
Pasteurización HTST de la nata, etc.	<80 °C	1 – 5 s
Ultra Pasteurización	125 – 138 °C	2 – 4 s
Esterilización UHT	135 – 140 °C	Pocos segundos
Esterilización en el envase	115 – 120 °C	20 – 30 min

Fuente: Manual de Industrias Lácteas

❖ **Termización:**

Muchas industrias precalientan la leche hasta una temperatura inferior a la pasteurización para inhibir eventualmente el crecimiento bacteriano. Este proceso se denomina Termización. La Leche se calienta a 63 – 65 °C durante 15 segundos, una combinación tiempo / temperatura que no inactiva la enzima fosfatasa. La doble

pasteurización está prohibida por la ley en muchos países, ya que la termización no cumple las condiciones de pasteurización. La termización debe de aplicarse solamente en casos excepcionales. El objetivo debe ser pasteurizar toda la leche que entra en la industria dentro de las 24 horas desde su recepción.

❖ **Pasteurización LTLT:**

Al principio el tratamiento de la leche se realizaba de manera discontinua, de forma que la leche se calentaba hasta 63 °C en envases abiertos y se mantenía a esta temperatura durante 30 minutos. Éste método se denomina “Método Discontinuo o Método de Baja Temperatura, Largo Tiempo” (LTLT, del inglés *low temperatura, long time*).

❖ **Pasteurización HTST:**

HTST es la abreviatura del inglés *High Temperature Short Time* (temperatura alta – tiempo corto). La combinación de tiempo / temperatura, aplicada en cada caso, varía según la calidad de la leche cruda, el tipo de producto tratado y las propiedades del mismo.

En la leche el procesado HTST implica su calentamiento hasta 72 – 75 °C con un tiempo de mantenimiento de 15 – 20 segundos antes de proceder a su enfriamiento. La enzima fosfatasa es destruida por esta combinación de tiempo y temperatura. Por ello, la prueba de la fosfatasa se utiliza para comprobar si la leche ha sido correctamente pasterizada. El resultado de la prueba debe ser negativo ya que no debe existir actividad detectable de la fosfatasa.

❖ **Ultra pasteurización:**

La Ultra pasteurización se puede utilizar cuando se necesita conseguir una determinada vida útil. Para algunas industrias conseguir dos días extras es suficiente, mientras que otras tratan de conseguir 30 – 40 días además de los 2 – 16 días que tradicionalmente se asocian a los productos pasteurizados. La base de la ampliación de la vida útil es el calentamiento de la leche a 125 -138 °C durante 2 – 4 segundos y su enfriamiento a menos de 7 °C.

❖ **Tratamiento UHT:**

UHT es la abreviatura en inglés de *Ultra High Temperature* (Temperatura Ultra Elevada). El tratamiento UHT es una técnica aplicada para la conservación de productos alimenticios líquidos, por exposición del mismo a un breve pero intenso calentamiento, a temperaturas que suelen oscilar entre los 135 y 140 °C. De esta forma se destruyen los microorganismos que podrían estropear los productos alimenticios.

❖ **Esterilización:**

La forma original de esterilización, aún utilizada, consiste en la esterilización en el envase, normalmente a 115 – 120 °C durante unos 20 – 30 minutos. Tras la normalización del contenido en grasa, la homogeneización y calentamiento a unos 80 °C, la leche se envasa en envases limpios –normalmente botellas de vidrio o plástico para leche líquida, y latas para leche evaporada. El producto, aún caliente, se transfiere a las autoclaves discontinuas o a una torre hidrostática con funcionamiento continuo.

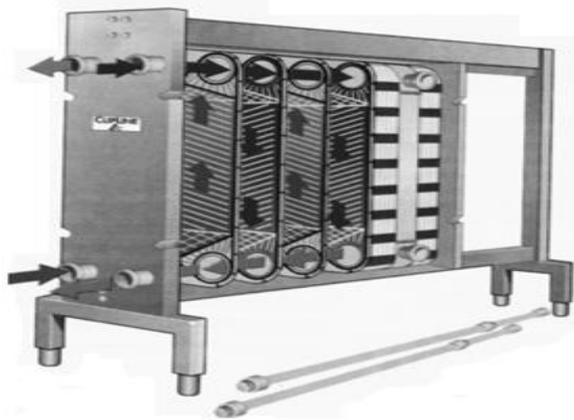
2.4.1.2.- INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Uno de los requisitos más importantes en una moderna industria láctea es la capacidad de controlar la temperatura de los productos en cada etapa de su procesado. Para

transferir calor por el método indirecto se utilizan los intercambiadores de calor. Los tres tipos de intercambiadores de calor que se describirán a continuación son los más ampliamente utilizados actualmente.

❖ Intercambiador de calor de Placas:

Casi todo el intercambio de térmico en las industrias lácteas se realiza en intercambiadores de placas. Este intercambiador de calor consta de un paquete de placas de acero inoxidable, sujetas por un bastidor (figura 3). El bastidor puede contener varios paquetes de placas separadas, formando secciones en las cuales se efectuaran diversos procesos como los de precalentamiento, calentamiento final o enfriamiento. El medio de calentamiento puede ser el agua caliente y el medio de enfriamiento puede ser el agua fría, helada o glicolada, dependiendo de las temperaturas de salida requeridas para el producto.



(Figura 3)

❖ Intercambiadores de calor Tubulares:

Estos intercambiadores de calor tubulares se utilizan en algunos casos en los tratamientos de pasteurización/esterilización UHT de productos lácteos. Los intercambiadores tubulares a diferencia de los de placas no tienen puntos de contacto en

los canales de producto y también pueden trabajar durante más tiempo entre limpieza que los intercambiadores de placas en el tratamiento UHT. (Figura 4)



(Figura 4)

❖ Intercambiadores de calor de Superficie Rascada:

Los intercambiadores de calor de superficie rascada (figura 5) están diseñados para el calentamiento o enfriamiento de productos viscosos, pegajosos y grumosos. Estos consisten en un cilindro por el cual se bombea el producto en flujo en contracorriente con relación al flujo caloprotador que circula por la camisa exterior. El producto entra en el cilindro vertical a través de la entrada inferior y fluye continuamente de abajo hacia arriba a través del cilindro.

Intercambiador de calor de Superficie Rascada de Tipo Vertical



(Figura 5)

2.4.2.- SEPARACIÓN Y CENTRIFUGACIÓN.

La primera patente de un equipo para separar la nata de la leche fue descrita en la revista alemana de industria "Milch-Zitung" un 18 de abril 1877. Este equipo se describía como un tambor fabricado con la capacidad de rotar y que tras girar durante cierto tiempo, conseguía que la nata quede flotando sobre la superficie de forma que se pueda separar posteriormente de manera manual.

El hecho de hacer fluir la leche a través de una separadora centrífuga, se basa en dos aspectos fundamentales, el primero es el de separar sólidos no deseables en la leche, como polvo, glóbulos rojos, pelos y otras partículas extrañas, con la finalidad de clarificar esta y el segundo es el de normalizar el contenido de grasa en la leche mediante la separación.

2.4.2.1.- CLARIFICACIÓN.

En una clarificadora centrífuga de leche, ésta es introducida entre los canales de separación por el borde exterior del paquete de discos, fluye de forma radial por el interior de los canales hacia el eje de rotación y abandona dichos canales a través de una salida axial superior. (Ver fig. 6).

En su camino a través de los canales las impurezas sólidas son separadas y arrojadas por los lados interiores de los discos hacia la periferia del rotor de la clarificadora.

La diferencia más típica entre una clarificadora centrífuga y una separadora está en el diseño del paquete de discos –la clarificadora no tiene orificios de distribución- y el número de salidas –la clarificadora una y la separadora dos.

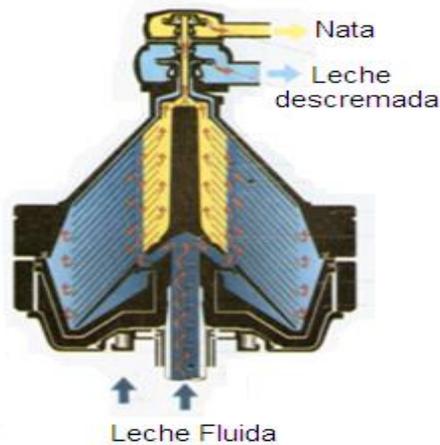


Fig. 6 Clarificadora Centrífuga

2.4.2.2.- SEPARACIÓN.

En una separadora centrífuga el paquete de discos está equipado con unos orificios de distribución alineados verticalmente. La fig. 7 muestra de forma esquemática cómo se produce la separación de los glóbulos de grasa de la leche en el paquete de discos de una centrífuga desnatadora.

Fig. 7 Separadora Centrífuga



2.4.3.- HOMOGENEIZACIÓN.

La homogeneización es un proceso utilizado generalmente como medio de estabilización de la emulsión de grasa frente a la separación espontánea que se produce por la acción de la gravedad. La homogeneización en primer lugar provoca la rotura de los glóbulos de grasa en otros glóbulos más pequeños, como consecuencia de este proceso disminuye la tendencia a la separación de la nata y puede también disminuir la tendencia de los glóbulos a agruparse.

Los procedimientos de homogeneización a alta presión dan lugar a la formación de pequeños glóbulos de grasa. La dispersión de la fase lipídica se incrementa con el aumento de la temperatura de homogeneización aumenta también con la disminución de la viscosidad de la leche que se produce a elevadas temperaturas. La temperatura de homogeneización que normalmente se aplican son de 55-88°C y la presión de homogeneización están entre 10 a 25 Mpa (100 – 250 bares), dependiendo del producto.

2.4.3.1.- EFECTOS DE LA HOMOGENEIZACIÓN.

El efecto de la homogeneización sobre la estructura física de la leche presenta muchas ventajas.

- ❖ Glóbulos de grasa más pequeños, sin formación de nata en la superficie.
- ❖ Color más blanco y atractivo.
- ❖ Reducción de la sensibilidad de a los procesos de oxidación de la grasa.
- ❖ Sabor con más cuerpo.

Sin embargo, existen también ciertas desventajas asociadas al proceso de homogeneización.

- ❖ La leche homogeneizada no puede ser desnatada de forma eficiente.
- ❖ Aumenta la sensibilidad a la luz del sol y fluorescente.
- ❖ Baja estabilidad térmica, especialmente en el caso de homogeneización en simple etapa, con contenidos altos de grasa.

2.4.3.2.- EL HOMOGENEIZADOR.

El Homogeneizador puede estar equipado con uno o dos dispositivos de homogeneización conectados en serie. De aquí la denominación en simple y doble etapa. Los dos sistemas se ilustran en la fig. 8 y 9.

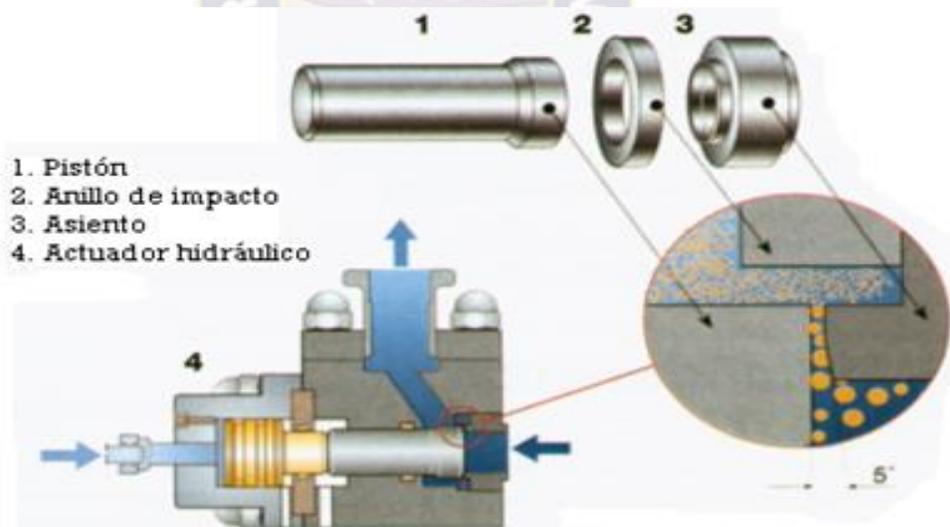


Fig. 8 Componentes de un dispositivo de homogeneización de Simple Etapa

En la homogeneización de simple etapa la caída de presión total se provoca en un dispositivo. En la homogeneización en doble etapa se mide la presión total en la primera etapa P1 y antes de la segunda etapa P2. El método de dos etapas normalmente se

prefiere cuando se quiere conseguir una óptima eficiencia de homogeneización. Los mejores resultados se obtienen cuando la relación P1/P2 es del orden de 0.2.

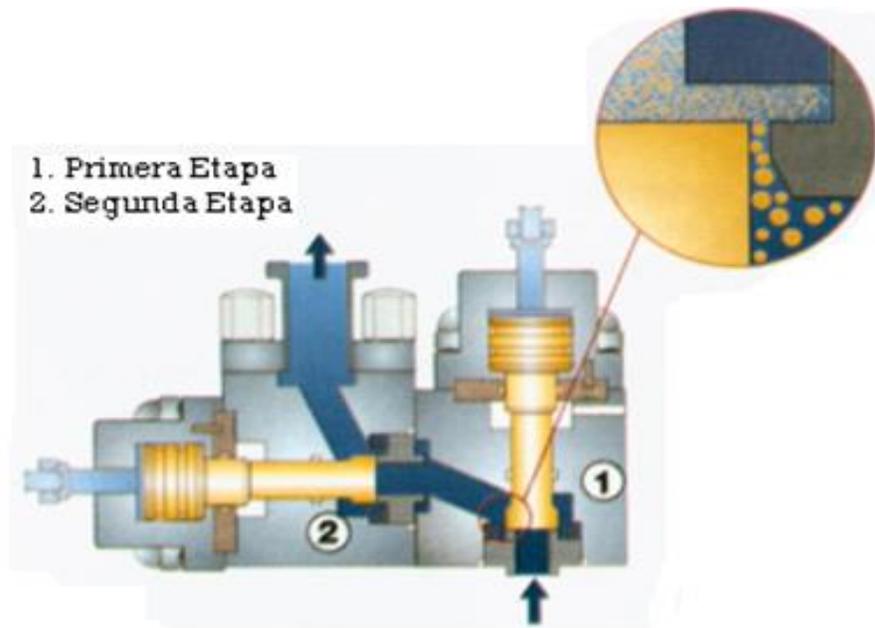


Fig. 9. Cabezal de Homogeneización de Dos Etapas

La homogeneización en simple etapa se puede utilizar en el tratamiento de:

- ❖ Productos con bajo contenido graso.
- ❖ Productos que requieren una elevada viscosidad (una cierta formación de grumos).

La homogeneización en dos etapas se utiliza sobre todo para romper grumos de grasa en:

- ❖ Productos con elevado contenido de grasa.
- ❖ Productos con alto contenido de materia seca.
- ❖ Productos donde se desea una viscosidad relativamente baja.
- ❖ Óptima homogeneización (micronización).

2.5.- CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS “LARGA VIDA”

Un producto que puede almacenarse durante largos periodos de tiempo sin estropearse y sin necesidad de refrigeración, ofrece muchas ventajas tanto para el fabricante, como el vendedor detallista y el consumidor. El producto puede alcanzar mercados más amplios alejados geográficamente. El manejo se simplifica para el detallista, que no necesita vitrinas refrigeradas y puede simplificar su plan de almacenamiento. Finalmente el consumidor gana en comodidad ya que ira menos veces a aprovisionarse de estos productos e incluso tener reservas de estos disponible para cualquier situación.

2.5.1.- CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA.

La leche que se va a ser expuesta a alta temperatura debe ser de muy buena calidad. Es importante que las proteínas de la leche cruda no causen inestabilidad térmica. La estabilidad térmica de las proteínas puede ser rápidamente determinada mediante la prueba del alcohol. Los problemas de producción y de vida útil normalmente se pueden evitar si la leche permanece estable a una concentración mínima de alcohol de 75%.

La prueba de alcohol se utiliza para rechazar toda aquella leche que no es adecuada para su tratamiento UHT, por:

- ❖ Ser acida, debido a un elevado recuento de bacterias (microorganismos productores de ácido).
- ❖ Tener un equilibrio salino inaceptable.
- ❖ Contener demasiadas seroproteínas, típicas de la leche calostrada.

2.5.2.- EFICIENCIA DE LA ESTERILIZACIÓN.

Cuando los microorganismos y/o esporas se someten a un tratamiento térmico, no todos estos son destruidos de una vez.

El efecto letal de la esterilización puede expresarse matemáticamente como una función logarítmica como la que se muestra a continuación:

$$K + t = \log N/N_t$$

Donde:

N = numero de microorganismos (esporas) originalmente presentes.

N_t = numero de microorganismos (esporas) presentes tras un determinado tiempo de tratamiento (t).

K = una constante.

t = tiempo de tratamiento.

Una función logarítmica nunca puede alcanzar el cero, esto quiere decir que la esterilidad definida como ausencia de esporas bacterianas vivas en un volumen ilimitado de producto es imposible de conseguir. Efecto esterilizante o eficiencia de esterilización, son términos que expresan el numero de reducciones decimales en recuento de bacterias conseguidas por un proceso de esterilización. (Los métodos para determinar la eficiencia de la esterilización se detallaran en el Capítulo III).

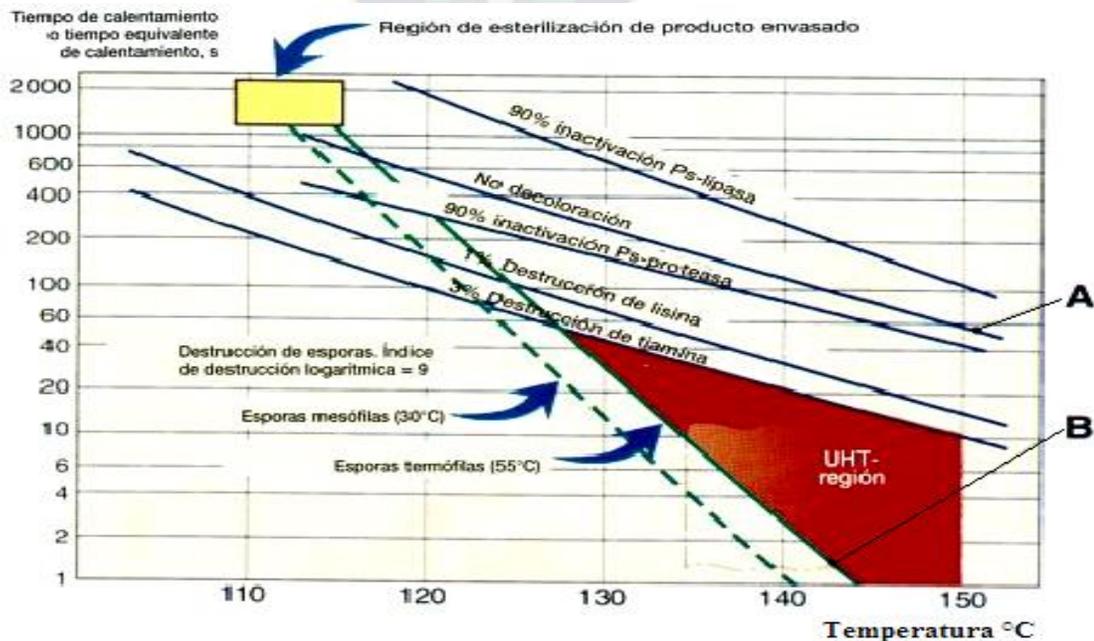
2.5.2.1.- ESTERILIDAD COMERCIAL.

Es frecuente encontrar la expresión "esterilidad comercial", sobre todo para los productos tratados con el método UHT. Un producto comercialmente estéril se define como aquel que está libre de microorganismos que crecerían en condiciones normales.

2.5.3.- CAMBIOS QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS EN UN TRATAMIENTO TÉRMICO INTENSO.

Cuando la leche se mantiene a una temperatura elevada durante mucho tiempo se forman ciertos productos fruto de diversas reacciones químicas, que dan lugar a una alteración del color (oscurecimiento). También adquiere un sabor a cocido y a caramelo, formando a veces cierta cantidad de sedimento. Estos efectos se evitan fácilmente mediante tratamiento térmico a una temperatura más elevada pero durante un tiempo más corto. Es importante que la combinación tiempo/temperatura sea elegida de manera que la destrucción de esporas sea satisfactoria y al mismo tiempo que el daño producido por el calor a la leche se mantenga al nivel más bajo posible.

La figura 10 muestra la relación entre el efecto de esterilización y la reacción de oscurecimiento. La línea **A** representa el límite inferior de la combinación tiempo /temperatura que provoca que la leche se oscurezca. La línea **B** es el límite inferior de las combinaciones para una completa esterilización. Las regiones para la esterilización de producto envasado y tratamiento UHT también de indican en la figura.



2.5.4.- VIDA ÚTIL.

Otro término utilizado en relación al tratamiento UHT para caracterizar la calidad del tratamiento es la vida útil del producto. Esta se define como el tiempo durante el cual el producto puede almacenarse sin que la calidad decaiga por debajo de un cierto valor aceptable o mínimo. El concepto es subjetivo, ya que la vida útil puede ser muy larga si el criterio de calidad del producto es poco exigente.

Los factores de tipo físico químico limitantes de la vida útil son la incipiente gelificación, el incremento de la viscosidad, la sedimentación y la separación de la nata. Los factores organolépticos limitantes son el deterioro del sabor, aroma y color.

2.5.5.- ASPECTOS NUTRICIONALES.

Cuando se estudia cualquier tipo de procesado de alimentos, es importante considerar los aspectos nutricionales. El efecto del calor del tratamiento UHT sobre los constituyentes de la leche se puede resumir en la tabla 2.6.

Tabla 2.6.

Constituyente	Efecto del Calor
Grasa	Sin cambios
Lactosa	Cambios marginales
Proteínas	Desnaturalización parcial de las seroproteínas
Sales Minerales	Precipitación parcial
Vitaminas	Pérdidas marginales

(Fuente: Manual de Industrias Lácteas)

La proteína más importante de la leche, la caseína, no es afectada por el tratamiento térmico. La desnaturalización de las seroproteínas no sugiere que el valor nutritivo de la

leche UHT sea más bajo que el de la leche cruda. La estructura es menos compleja por lo que las enzimas en el estomago podrán atacar más fácilmente las proteínas.

En general la leche pasteurizada y la leche UHT son de la misma calidad, mientras que la leche esterilizada en el envase tiene una calidad inferior en lo que se refiere a su valor nutricional.

2.5.6.- PRODUCCIÓN DE LECHE LARGA VIDA.

Para la producción de leche de larga duración se utilizan dos métodos:

- a) Esterilización del producto envasado, calentándose el producto y el envase a unos 116°C durante aproximadamente 20 minutos. Almacenamiento a temperatura ambiente.
- b) Tratamiento UHT, donde el producto se calienta a 125° - 150°C durante 2-30 segundos, seguido de un envasado aséptico en envases que protejan al producto frente a la luz y al oxígeno atmosférico. Almacenamiento a temperatura ambiente.

2.5.6.1.- ESTERILIZACIÓN DEL PRODUCTO EN ENVASE.

Se utilizan dos procesos para la esterilización en botellas, botes o latas. Procesado discontinuo en autoclaves y los sistemas de procesado continuos como las torres verticales hidrostáticas y esterilizadores horizontales.

2.5.6.2.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO UHT.

Existen dos tipos de tratamiento UHT.

- ❖ **Sistemas Directos:** El producto entra en contacto directo con el medio de calentamiento y después sufre un enfriamiento flash en un depósito al vacío. A veces se realiza posteriormente un enfriamiento indirecto hasta la temperatura de envasado. Los sistemas de directos pueden ser de Inyección de vapor, donde el vapor es inyectado en el producto, y de Infusión de vapor donde el producto se introduce en un envase lleno de vapor.

- ❖ **Sistemas Indirectos:** El calor es transferido desde el medio de calentamiento hasta el producto a través de una pared de separación (placa o pared tubular). Los sistemas indirectos pueden utilizar intercambiadores de calor de placas, tubulares o de superficie rascada (ver 2.4.1.2.- Intercambiadores de calor. Pag.28). además es posible combinar los intercambiadores de calor en los sistemas indirectos de acuerdo con el producto y las necesidades del proceso.

2.5.7.- LIMPIEZA ASÉPTICA INTERMEDIA.

El ciclo completo de limpieza CIP necesita de 70 a 90 minutos y normalmente se lleva a cabo inmediatamente después de la producción.

La limpieza intermedia aséptica (AIC, Aseptic Intermediate Cleaning), es una herramienta muy útil en los casos en que se utilice la planta durante tiempos de funcionamiento muy largos. Una limpieza AIC de 30 minutos se puede llevar a cabo cuando sea necesario eliminar suciedades de la línea de producción sin perder las condiciones asépticas.

2.5.8.- CIP.

El ciclo CIP (Cleaning In Place), de las plantas UHT directas o indirectas puede comprender secuencias de pre-enjuague, limpieza con soda, enjuagado con agua

caliente, limpieza con un agente ácido y un enjuague final, todo controlado automáticamente por un programa pre-establecido de temperaturas y de tiempos. El programa CIP se debe optimizar de acuerdo con las diferentes condiciones de operación de las distintas industrias lácteas.

2.5.9.- TANQUE ASÉPTICO.

Los tanques asépticos de almacenamiento intermedio proveen flexibilidad permitiendo líneas de producción más extensas con menos desperdicio y mayor eficiencia. Con un tanque de almacenamiento intermedio entre la unidad UHT y la máquina llenadora, la producción puede continuar con una calidad de producto consistente aún cuando haya una parada en otra máquina, por ejemplo por limpieza o mantenimiento.

2.5.10.- ENVASADO ASÉPTICO.

El envasado aséptico se ha definido como un procedimiento que consiste en la esterilización del material de envasado o envase, en el llenado de un producto comercialmente estéril en un ambiente estéril, y en la producción de envases que permitan ser adecuadamente cerrados para prevenir la recontaminación.

Para productos no refrigerados con una larga vida útil el envase debe también proporcionar una completa protección frente a la luz y al oxígeno atmosférico. Un envase de leche de larga duración debe ir provisto de una fina capa de hoja de aluminio, encerrado entre películas de polietileno.

Primeramente se efectúa la esterilización de la envasadora antes de comenzar la producción. La esterilización de la máquina se lleva a cabo por pulverización de peróxido de hidrógeno, que luego es secado con aire caliente estéril. Durante la producción, la esterilidad del área es mantenida generando una sobrepresión de aire estéril enfriado provisto por la unidad de aire estéril.



CAPITULO III

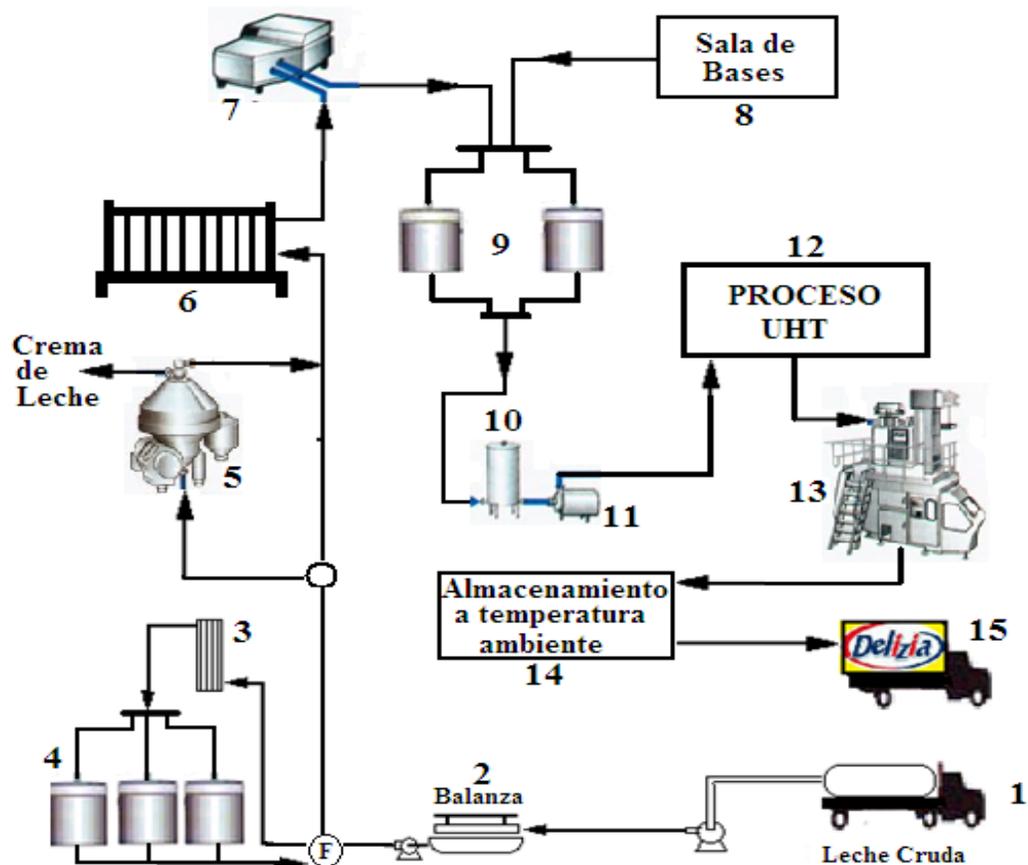
MÉTODO EXPERIMENTAL

3.1.- DIAGRAMAS DE FLUJO.

Dentro del estudio de transformación de materia prima en productos terminados y comercializables, se establece todos los pasos y actividades que involucran el desempeño del mismo. Se ve por conveniente describir el proceso de producción mediante diagramas de flujo globales y específicos.

3.1.1.- DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS UHT DE LA COMPAÑÍA DE ALIMENTOS LTDA.

Este diagrama de flujo detalla de manera esquemática el proceso de elaboración de productos UHT de la Compañía de Alimentos Ltda. desde la recepción de leche hasta el envasado del producto para su almacenamiento y posterior distribución.



(Fuente Propia)

- (1) Recepción de leche Cruda.
- (2) Balanza.
- (3) Enfriador de Placas.
- (4) Tanques Cisterna y Termizadores.
- (5) Centrifugadora.
- (6) Pasteurizador de Placas.
- (7) Primer Homogeneizado.
- (8) Sala de preparación de Concentrados.
- (9) Tanques Pulmón y Mezcladores.
- (10) Tanque de Balanceo.
- (11) Bomba Centrifuga.
- (12) Proceso UHT (se especificara más adelante).
- (13) Envasador Aséptico.
- (14) Almacenamiento.
- (15) Distribución del Producto.

3.1.1.1.- RECEPCIÓN DE LECHE CRUDA.

En esta primera etapa del proceso, se analiza la calidad de la leche que llega de poblaciones del Altiplano, y según los resultados se la clasifica para destinarla a los distintos procesos de producción. La leche que va ser destinada a un tratamiento UHT debe ser de gran calidad caso contrario será destinada a otro proceso o será rechazada. La leche debe ser evaluada según los siguientes parámetros (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1.

Parámetros de Recepción de Leche	
Parámetro	Limite aceptable
Acidez	0,16% A.L. (máximo)
pH	6,6 (mínimo)
Sólidos Solubles	9,5% (mínimo)
Prueba de Alcohol	3 segundos (76% de concentración de alcohol)

(La especificación de los análisis de estos parámetros se muestra en el ANEXO - B)

Las poblaciones que proveen de leche a la empresa son:

Kallutaca, Avichaca, Guaqui, Pucarani, Achocalla, Laja, Viacha, Patacamaya y Huacullani. La leche que llega a la empresa lo hace en cisternas y en el caso del último proveedor lo hace en tachos. En estas localidades se realiza una valoración general de la calidad de la leche antes de ser transportada a la planta, este control solo verifica la cantidad de sólidos totales y temperatura de la leche.

3.1.1.2.- BALANZA.

Para cuantificar la cantidad de leche recibida por día, cuenta con una balanza de 7000 Kg de capacidad (ver figura B-1 del ANEXO - B). La cantidad de leche que ingresa a la planta se encuentra entre 20000 a 32000 Kg / día. Dicha cantidad se registra en el sistema de pesado que la industria utiliza para comparar después con la cantidad de producción terminada.

3.1.1.3.- ENFRIADOR DE PLACAS.

Una vez aceptada la leche traída a la planta por las cisternas y después de controlar la cantidad en la balanza, la leche es almacenada para su posterior uso. Previo al almacenado en los tanques cisterna, la leche cruda pasa por un intercambiador de calor de placas (ver figura B-2 del ANEXO - B) que enfría la leche por debajo de los 4°C con la finalidad de inactivar el metabolismo y desarrollo de microorganismos presentes en la leche.

3.1.1.4.- TANQUES CISTERNA.

La leche que llega a la planta debe ser almacenada hasta disponer su uso para algún proceso de producción, para lo cual la planta cuenta con tres tanques cisternas, dos de los cuales son de 10000 litros de capacidad y uno de 20000 litros de capacidad (ver figura B-3 del ANEXO-B), El almacenado en los tanques cisterna no puede sobrepasar las 24 horas.

3.1.1.5.- CENTRIFUGADORA.

En el proceso de elaboración de algunos productos UHT se normaliza la cantidad de grasa en la leche, en estos casos cierta cantidad de leche pasa directamente al Pasteurizador de placas, mientras que otro porcentaje de leche es enviado previamente a la centrifugadora separadora de grasa, o comúnmente llamada descremadora o desnatadora, con la finalidad de obtener un producto con un porcentaje final de grasa menor al 3% de acuerdo a norma NB 228 (ver ANEXO - C).

3.1.1.6.- PASTEURIZADOR DE PLACAS.

En el intercambiador de calor de placas se realiza una pasteurización HTST (revisar CAP. II – 2.4.1.1.- Combinación Tiempo/Temperatura – Pasteurización HTST) con la finalidad de disminuir la carga microbiana activa que puede ser eliminada a esta temperatura y por este lapso de tiempo (75°C durante 15 segundos). Al realizar este procedimiento no se eliminan las esporas, pero da un margen de tiempo para trasladar la leche hasta el tanque de almacenamiento y mezclado estéril. Otra de las funciones de este procedimiento es de calentar la leche para una mejor homogeneización primaria.

3.1.1.7.- PRIMER HOMOGENEIZADO.

Con el primer Homogeneizado se consigue reducir el tamaño de los glóbulos de grasa (ver fig. B-4 del ANEXO-B) y de esta manera aumentar la estabilidad de la leche evitando la separación de grasa. Este homogeneizado se lo realiza a una presión de 2000 psi con un homogeneizador de dos etapas.

3.1.1.8.- SALA DE PREPARACIÓN DE CONCENTRADOS.

En esta área de la planta se preparan los concentrados o bases de todos los productos de la empresa (productos lácteos, jugos y Tampico). Algunos productos UHT requieren al margen de leche entera y/o descremada concentrados, para darle el sabor y la especificación nutricional requerida, en el caso del desayuno escolar por ejemplo.

3.1.1.9.- TANQUES PULMÓN Y MEZCLADORES.

Una vez que la leche ha sido pasteurizada (HTST), homogeneizada y enfriada, esta es transportada mediante tuberías a un tanque de almacenamiento estéril, el cual también posee en su diseño interno agitadores neumáticos los cuales hacen posible el mezclado de leche con otros componentes del producto. El concentrado preparado en la Sala de Bases también es bombeado mediante tuberías hasta el tanque de almacenamiento estéril o tanque pulmón, para ser mezclado con leche entera y/o descremada, en el caso de algunos productos saborizados. La planta cuenta actualmente con dos tanques de estas características (ver fig. B-5 del ANEXO-B), de una capacidad de 6000 litros cada uno.

3.1.1.10.- TANQUE DE BALANCEO O REGULACIÓN.

En este dispositivo de 300 litros de capacidad (ver fig. B-6 del ANEXO-B) convergen varios flujos del proceso, entre los cuales se pueden citar los flujos provenientes del tanque pulmón, retorno del envasado y agua tratada. El único flujo de salida que tiene este tanque está conectado a una bomba centrífuga.

Otra de las funciones de este tanque es el de arranque de saneo de los dispositivos de procesamiento UHT, ya que es en este donde se prepara la concentración requerida de agentes limpiadores (soda y ácido nítrico) que son bombeados al sistema y retornados al tanque, cumpliendo una recirculación óptima para la limpieza.

3.1.1.11.- BOMBA CENTRIFUGA.

Esta unidad permite bombear el producto, agua o agente limpiador hacia el homogeneizador de procesamiento UHT, el cual ya es parte del proceso mismo y se describirá detalladamente más adelante.

3.1.1.12.- PROCESO UHT.

Esta parte es la que delimita las fronteras de análisis y de optimización de sus variables de operación. Se describirá con detalles más adelante (CAP. III – 3.1.2.- Diagrama de Flujo del Proceso de Ultra Pasteurización).

3.1.1.13.- ENVASADOR ASÉPTICO.

Junto con el esterilizador, este es el equipo más importante de la producción UHT (revisar CAP. II – 2.5.10.- Envasado Aséptico). La empresa cuenta con un envasador aséptico de dos cabezales, programables a 3100 unidades por hora en formato 150 ml y de 1250 unidades por hora en formato 946 ml, como máximo por cada cabezal.

El material de envase es suministrado en bobinas por la empresa “KANSEN” y “PERUPLAST”. Las bobinas se ubican en una caseta en la parte posterior de la máquina (ver fig. B-7 del ANEXO-B), el material de envase pasa a través de un baño de peróxido de hidrógeno (concentración al 35% en peso), para acortar el tiempo de exposición necesario para la esterilización, el peróxido de hidrógeno del baño es mantenido a una temperatura elevada: por lo menos 45 °C. La remoción del peróxido de hidrógeno de la superficie se hace por medio de escurridores.

Una vez que el producto es envasado se toman muestras para su análisis y verificación de calidad del producto (La especificación de los análisis se muestra en el ANEXO - B).

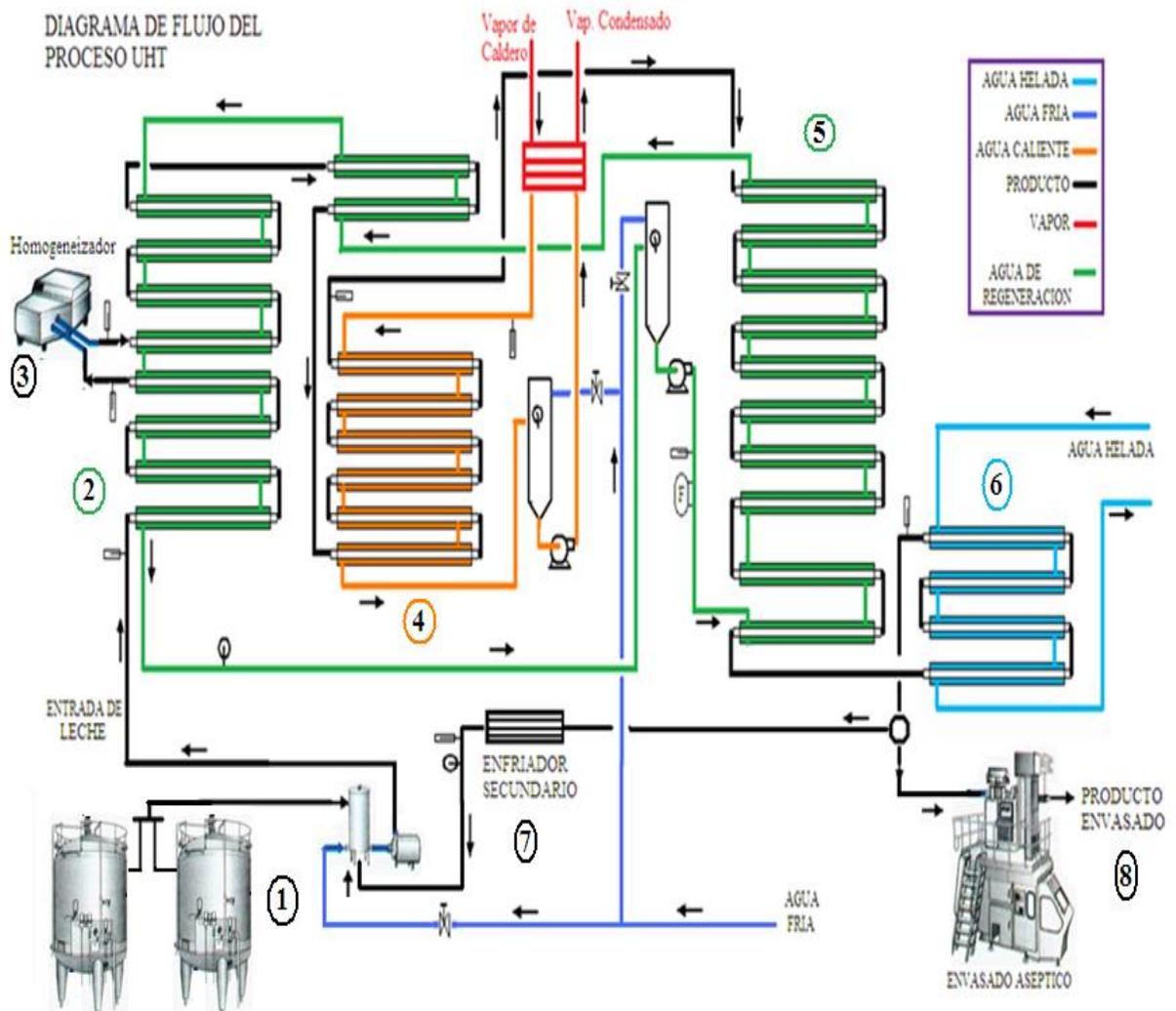
3.1.1.14.- ALMACENAMIENTO.

Después de terminar el proceso productivo con el producto envasado y codificado, este es llevado al los almacenes donde es guardado a temperatura ambiente ya que por las características de tratamiento no requiere refrigeración. El producto será liberado y distribuido cuando los resultados de análisis microbiológico verifiquen su eficaz esterilización.

3.1.1.15.- DISTRIBUCIÓN.

Una vez liberado, el producto es transportado a los lugares de mayoreo y posteriormente a los minoristas, en camiones distribuidores que no necesitan refrigeración. Este aspecto hace a los productos UHT fácilmente comercializables, evitando una cadena de frío hasta su venta y posterior consumo.

3.1.2.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ULTRA PASTEURIZACIÓN DE LA COMPAÑÍA DE ALIMENTOS LTDA.



(Fuente Propia)

- (1) Inicio del proceso.
- (2) Precaentamiento.
- (3) Segunda Homogeneización.
- (4) Esterilización.
- (5) Regeneración.
- (6) Enfriamiento.
- (7) Retorno.
- (8) Fin del Proceso.

3.1.2.1.- INICIO DEL PROCESO.

El proceso se inicia cuando el producto está correctamente aforado en uno de los dos tanques pulmón y es liberado por el departamento de Control de Calidad después de su análisis respectivo (la especificación de los análisis de liberación se muestra en el ANEXO - B). Posteriormente el producto pasa al tanque de regulación (revisar CAP. III – parte 3.1.1.10), inicialmente llega a este tanque por diferencia de nivel, pero cuando la producción ya está por concluir se activa una bomba que realiza el trabajo.

El tanque de Balanceo o de Regulación al margen de suministrar una cantidad constante a la bomba centrífuga para no generar un vacío, también es un dispositivo de control visual, para el operador del equipo y mediante una bomba el producto es enviado a la zona de precaentamiento.

3.1.2.2.- PRECALENTAMIENTO.

El precaentamiento tiene el objetivo de subir la temperatura del producto de aproximadamente 15°C alrededor de 75°C, para lo cual cuenta con diez intercambiadores de calor de diseño tubular conectados en serie, con un suministro de agua semi-caliente proveniente de la zona de regeneración, esto quiere decir que el agua es calentada por el producto caliente.

Es importante mencionar que en la salida del cuarto intercambiador de calor el producto pasa a un homogeneizador (se describirá su función en el siguiente punto), una vez homogeneizado el producto retorna a la zona de precalentamiento al quinto intercambiador de calor. En la entrada y salida del homogeneizador existen sensores de temperatura los cuales registran la temperatura en un panel de control digital.

Los intercambiadores de calor conectados en serie hacen fluir el producto en contra corriente al agua calefactora. Cuando el producto sale de la zona de precalentamiento o sea del decimo intercambiador de calor pasa a la zona de esterilización.

3.1.2.3.- SEGUNDA HOMOGENEIZACIÓN.

En el segundo Homogeneizado lo que se consigue es reducir aún más el tamaño de los glóbulos de grasa. Este homogeneizado también se lo realiza a una presión de 2000 psi.

Esta unidad de procesamiento es la responsable de regular el caudal y por ende la velocidad del flujo de todo el proceso (los cálculos de caudal y velocidad se detallan más adelante. CAP. III – subtítulo 3.2.1.2. y 3.2.1.3). Este dispositivo puede ser programado de 0 a 50 Hz de frecuencia de operación.

3.1.2.4.- ESTERILIZACIÓN.

Esta etapa es la más importante del proceso de Ultra pasteurización, ya que la eficacia del proceso depende de esta. La zona de esterilización está conformada por seis intercambiadores de calor de diseño tubular conectados en serie. El producto que pasa por estos intercambiadores, es calentado a alta temperatura, por encima de 128°C o más, dependiendo del caudal de operación y de la naturaleza química del producto.

El flujo calefactor es agua caliente líquida a alta presión (3 a 5 bares) la cual fluye en contra corriente del producto. El agua caliente re-circula por los seis intercambiadores tubulares, un intercambiador de calor de placas y un acumulador de agua, esta

recirculación es posible gracias a el empleo de una bomba de desplazamiento positivo con un caudal teórico de 5,8 m³/h.

El intercambiador de calor de placas es el dispositivo que permite calentar el agua calefactora mediante vapor de agua proveniente de un caldero de uso específico para este proceso, el cual envía vapor sobrecalentado a este intercambiador a una presión de 6 a 8 bares.

El proceso de esterilización cuenta con sensores de temperatura a la salida de producto del sexto intercambiador de calor o sea al final de la esterilización del producto y otro sensor en el mismo nivel de control para la entrada de agua caliente. Las temperaturas son registradas en el panel de control digital. En el proceso también se controlan presiones por medio de manómetros de presión analógicos. Se controla la presión del agua caliente y la presión de vapor proveniente del caldero.

El control del proceso de esterilización está en función a la temperatura que se desee para el producto, esto hace que todos los controles de temperatura sirvan para equilibrar cualquier desfase en la temperatura del producto, mediante una válvula que controla la entrada de vapor al intercambiador de calor de placas abriéndose o cerrándose si fuere necesario y dando una señal digital en el panel de control como porcentaje de apertura de válvula (%A). Esto es parte del control automático del proceso.

La relación de variables de operación de la esterilización y cálculos realizados sobre esta parte se mostrara más adelante (ver CAP. III – subtítulo 3.2.2.). Una vez terminada la etapa de esterilización el producto pasa a la zona de regeneración.

3.1.2.5.- REGENERACIÓN.

La regeneración es la etapa donde el producto es enfriado levemente. El verdadero objetivo de instalar intercambiadores de calor regeneradores es el aprovechamiento energético ya que el producto ultra caliente, al pasar por estos, calienta el agua refrigerante que posteriormente será utilizada para precalentar nuevo producto que ingresa al proceso.

La zona de regeneración está comprendida por diez intercambiadores de calor tubulares conectados en serie. El agua que enfría el producto, re-circula por los diez intercambiadores regeneradores y por los diez intercambiadores de precalentamiento mediante una bomba de desplazamiento positivo. El agua calentada por el producto en la zona de regeneración servirá para suministrar agua semi-caliente a la zona de precalentamiento.

Cuando el producto ha transitado por los diez intercambiadores regeneradores sale de esta zona para entrar al enfriamiento.

3.1.2.6.- ENFRIAMIENTO.

Esta etapa del proceso es también importante para conservar la esterilidad del producto hasta su envasado. El enfriamiento está compuesto por cuatro intercambiadores de calor tubulares conectados en serie, por los cuales fluye el producto en contracorriente del agua helada refrigerante, proveniente de una torre de enfriamiento.

A la salida de producto de la zona de enfriamiento existe un sensor de temperatura el cual registra la temperatura final del proceso de manera digital en el panel de control. De esta zona el producto pasa a una válvula distribuidora donde divide el caudal en dos, uno

que va al envasador aséptico y otro que retorna al tanque de balanceo para ser reprocesado.

3.1.2.7.- RETORNO.

La velocidad de proceso es superior a la velocidad de envasado, esto haría que exista un rebalse en el envasador aséptico. Para evitar el posible desperdicio de producto procesado existe una válvula divisora que permite envasar cierto porcentaje de producto y lo restante lo envía de retorno (ver CAP. III – subtítulo 3.2.4.2.) al tanque de balanceo. Antes de llegara al tanque de balanceo el producto pasa por un enfriador secundario.

3.1.2.8.- FIN DEL PROCESO.

El proceso de ultra pasteurización finaliza con el envasado del producto tratado térmicamente. Los productos que actualmente ultra pasteuriza la Compañía de Alimentos Ltda. son los que se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.

Productos UHT Elaborados por la Compañía de Alimentos Ltda.		
Producto	Formato	Detalle
Leche Entera	946 ml	Leche pura de Vaca
Leche Clarita	946 ml	Leche Reconstituida
Leche Chocolatada	150 ml	Leche de Vaca con sabor Chocolate
Leche Saborizada	150 ml	Leche de Vaca con sabor a Plátano o Mora
Choco Escolar*	200 ml	Leche de Soya sabor Chocolate
Milki*	200 ml	Leche de Vaca pura o sabor Chocolate
Ceremilki*	200 ml	Leche de Vaca con Avena
*/ Desayuno Escolar		

3.2.- CÁLCULOS Y DETERMINACIONES.

En esta parte se describirán todas las funciones matemáticas de manera genérica para el cálculo de variables que permitan hallar resultados. También se describirán los instrumentos y equipos que permitan determinar valores de constantes y variables funcionales del proceso.

3.2.1.- DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE RESIDENCIA DE PRODUCTO EN EL ESTERILIZADOR.

Determinar el tiempo que la leche es sometida al tratamiento térmico intenso es de gran importancia para establecer posteriormente la temperatura mínima y máxima a la cual es óptimo trabajar. Para lo cual se debe medir y calcular el área de flujo, la longitud, la velocidad del fluido y el caudal del proceso.

El tiempo en función a la velocidad esta dado por la siguiente ecuación básica:

$$T = (\text{Longitud} / \text{Velocidad}).... (1)$$

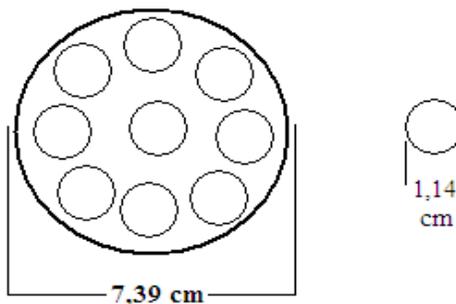
Se determinaran todas las variables que le den a la ecuación (1) un formato funcional y que sirva para realizar un modelo matemático que nos permita introducirlo en una tabla de cálculo informática. La longitud seria para este caso una constante del proceso.

3.2.1.1.- CÁLCULO Y MEDICIÓN DEL ÁREA POR DONDE FLUYE EL PRODUCTO EN LOS TUBOS DE ESTERILIZACIÓN.

La línea de procesamiento de productos de larga vida, cuenta con intercambiadores de calor, de calentamiento indirecto de diseño tubular. La empresa cuenta con treinta intercambiadores de este tipo, de los cuales seis están destinados a la esterilización. Cada intercambiador tiene una longitud promedio de **4,2 metros**. Despreciando los codos de

conexión del armado en serie de estos intercambiadores, se tendría una longitud total de esterilización aproximada de **25,2 m.**

Se despreciaron los codos conectores por el hecho de que en estos no existe transferencia de calor. La medición de las longitudes fue realizada con un flexo o cinta métrica.



Se pudo medir los diámetros (internos) de los 9 tubos interiores por donde fluye el producto, de cada intercambiador de calor y se obtuvo una serie de valores no muy intermitentes, de los cuales el promedio es de **1,14 cm.** También se pudo medir el diámetro externo del intercambiador de calor el cual es 7,39 cm.

La gráfica muestra el área transversal de un intercambiador de calor multi/mono tubo con un grupo de 9 tubos paralelos internos. Para la medición de estos diámetros se utilizo un vernier.

$$A = \text{área} = 9 * (\pi D^2 / 4) = 9 * (0,00010207) m^2$$

$$A = 0,0009186 m^2 \dots (F.1)$$

3.2.1.2.- CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROCESAMIENTO.

El caudal está definido por la programación de homogeneizado que se realiza sobre el controlador electrónico del homogeneizador. Toda la energía de presión liberada por la bomba de pistón se convierte en energía cinética. Está definido por diseño del homogeneizador que a **50 Hz** de frecuencia se tiene un caudal de **4 m³/h.** La frecuencia es programable digitalmente de 0 a 50 Hz.

$$Q * (50 \text{ Hz} / 4 \text{ m}^3/\text{h}) = \text{Frecuencia}$$

$$Q = \text{Frecuencia} / 12,5 \dots (\text{F.2})$$

3.2.1.3.- CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO DE PRODUCTO EN EL ESTERILIZADOR.

La velocidad del flujo de producto está en función al caudal de operación del sistema y el caudal del proceso está regulado por el homogeneizador. Una forma fácil para determinar el caudal de operación es relacionando la frecuencia máxima de trabajo del homogeneizador con el caudal máximo de operación. Las demás variaciones son lineales, por ende para el cálculo o programación de otro caudal que no sea el máximo simplemente se aplica regla de tres.

$$Q = V * A \quad \text{donde } Q = \text{caudal} ; V = \text{velocidad} ; A = \text{área}$$

Despejando la velocidad tendríamos:

$$V = \frac{\left(\frac{\text{Frecuencia}}{12,5}\right) \text{ m}^3/\text{h}}{0,0009186 \text{ m}^2}$$

$$V = \frac{\text{Frecuencia}}{0,01148} \frac{\text{m}}{\text{h}} ; \quad V = \text{Frecuencia} * 2,4197 \text{ cm/s} \dots (\text{F.3})$$

Reemplazamos esta última función matemática en la ecuación (1) y obtenemos el siguiente modelo matemático:

$$T = 25,2 \text{ m} \frac{\left(\frac{0,01148}{\text{Frecuencia}}\right) \text{ h}}{\text{m}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$T_{\text{Esterilizacion}} = \frac{1041,47}{\text{Frecuencia}} (\text{segundos}) \dots (\text{F.4})$$

3.2.2.- DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA DE ESTERILIZACIÓN.

Una forma de hallar la temperatura de esterilización de forma gráfica es con el esquema de eficiencia de esterilización (revisar CAP. II – subtítulo 2.5.3. – fig. 10)

El modelo matemático que permitirá determinar la temperatura óptima de esterilización estará en función de la frecuencia de operación del homogeneizador.

Existe una relación logarítmica entre el tiempo de residencia del producto en el esterilizador y la temperatura de esterilización, que permite determinar la eficiencia de la esterilización, y viene dada por la siguiente función:

$$F_0 = \frac{T}{60} * 10^{t-121,1/Z} \dots (F.5)$$

Donde: F_0 = factor el cual debe tener un valor mínimo de 5-6 para que sea una leche comercialmente estéril.

T = tiempo de residencia del producto en el esterilizador.

t = temperatura de esterilización.

Z = valor que expresa el incremento de temperatura necesario para que tenga el mismo efecto letal en la décima parte del tiempo. El valor varía según el origen de las esporas (10 – 10,8 °C) y normalmente se puede fijar como 10.

Para la verificación de eficiencia de esterilización mediante este método, se reemplazan los datos de tiempo de residencia (T) calculado con anterioridad, el valor de $F_0 = 5$ y el valor de $Z = 10$, en la función.

$$5 = \frac{1041,47/\text{Frecuencia}}{60} * 10^{t-121,1/10}$$

$$\text{Frecuencia} = 3,4716 * 10^{t-121,1/10}$$

Despejando la temperatura de esterilización (t) mínima para la Frecuencia que se esté usando, tenemos:

$$t = 10 \log (Frecuencia/3,4716) + 121,1 \dots (F.6)$$

Esta última función será utilizada más adelante en una hoja de cálculos en la parte de resultados.

3.2.3.- DETERMINACIÓN Y CÁLCULO DEL TIPO DE FLUJO EN EL ESTERILIZADOR.

La esterilización se la realiza en intercambiadores de calor tubulares en flujos a contracorriente, está establecido que la transferencia de calor va en dirección de la fuente caliente a la fuente fría. Cuando la transferencia de calor responde a una dinámica de fluidos o sea que los medios expuestos a la transferencia de calor están en movimiento es pertinente analizar el tipo de flujo, si este es laminar o turbulento. A mayor turbulencia de los flujos mejor será la transferencia de calor. Una de las formas de saber si un flujo es turbulento o laminar es determinando el número de Reynolds, mientras mayor sea este número más turbulento será el flujo.

En esta parte se determinara todas las variables que permitan hallar el número de Reynolds.

3.2.3.1.- DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DE PRODUCTOS DE ESTERILIZACIÓN.

La viscosidad de la leche es una de sus propiedades que varía levemente en función a la temperatura. La determinación de la viscosidad de los productos de tratamiento UHT se realizo de manera práctica en el laboratorio de la planta.

La variación de la viscosidad al aumentar la temperatura no fue significativa, pero se asumió el dato de viscosidad determinado a 75°C.

Los materiales utilizados para la determinación de la viscosidad de los distintos productos fueron: un vaso de precipitados de 100 ml, un termómetro de 100°C, una pipeta de 10 ml, un cronometro y una regla milimetrada. La parte experimental se la detalla a continuación.

- ❖ Se calentó el producto hasta una temperatura de 75°C aproximadamente, verificando la temperatura con el termómetro.
- ❖ Una vez que el producto fue calentado se midió 10 ml en una pipeta de esa capacidad y se adopto la posición vertical de la pipeta.
- ❖ Se calculó el tiempo, con el cronometro, en el cual el fluido tardo en descender de 0 a 5 ml.
- ❖ Posteriormente se midió con la regla milimétrica la longitud que se tiene de la marca de 0 a la marca de 5 ml de la pipeta (9 cm).

Este procedimiento se lo repitió cinco veces por producto analizado y el promedio de estos fue asumido como resultado. Los cálculos para determinar la viscosidad se detallan a continuación.

$$\text{Área} = \text{Volumen} / \text{Longitud}$$

$$\text{Área} = 5 \text{ cm}^3 / 9 \text{ cm}$$

$$\mathbf{A = 0,5556 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Viscosidad} = \text{Area} / \text{Tiempo}$$

$$\mathbf{\mu = 0,5556 \text{ cm}^2 / \text{tiempo (segundos)} \dots (F.7)}$$

Con la función matemática determinada anteriormente se calcula la viscosidad de todos los productos analizados, siguiendo el procedimiento mencionado. La viscosidad obtenida es en $\text{cm}^2 / \text{segundo}$. Los resultados de todos los productos analizados se mostraran más adelante (ver CAP. IV – 4.1.- Resultados).

3.2.3.2.- CALCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS.

El numero de Reynolds es un numero adimensional que está en función del diámetro por donde pasa el flujo, la velocidad, la densidad y la viscosidad del fluido. Existe una relación para clasificar al flujo de acuerdo al valor del número de Reynolds:

Reynolds < 2100 = Flujo Laminar ; Reynolds > 2100 = Flujo Turbulento.

La determinación del número de Reynolds posibilitara el análisis de variables que comprenden el aumento de turbulencia en el flujo, para ver la pertinencia de modificación de estas. El aumento de turbulencia al flujo afectara de manera positiva a la transferencia de calor en los intercambiadores de calor de esterilización, esto hará que exista una mayor eficiencia energética

La fórmula que nos permite calcular el número de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{D * V * \rho}{\mu}$$

Donde: D = diámetro ; V = velocidad ; ρ = densidad ; μ = viscosidad

En el caso específico de la viscosidad esta fórmula requiere que esta tenga las unidades de $\mu = \text{g/cm-s}$, las unidades que se hallaron en el anterior subtítulo son $\mu' = \text{cm}^2/\text{s}$, por este motivo la formula sufre un cambio para que cumpla con la adimensionalidad.

$$Re = \frac{D * V}{\mu'}$$

El diámetro, la velocidad y la viscosidad se han calculado y medido en el Capítulo III subtítulos: 3.2.1.1. – 3.2.1.3 y 3.2.3.1 respectivamente. Reemplazando tenemos:

$$Re = \frac{1,14 \text{ cm} * \text{Frecuencia}(2,4197) \text{ cm/s}}{0,5556 \text{ cm}^2/\text{tiempo (s)}}$$

$$Re = \text{tiempo} * \text{Frecuencia} * 4,9648... \text{ (F.8)}$$

De esta manera se calcula el número de Reynolds, donde el "tiempo" que se utiliza para este cálculo es el que nos ayuda a medir la viscosidad en el subtítulo 3.2.3.1 multiplicado por la frecuencia de operación del homogeneizador y por una constante numérica resultado del reemplazo y operación de las demás variables.

3.2.4.- BALANCE DE MATERIA.

Hallar las relaciones entre materia prima introducida al proceso y cantidad de producto envasado permitirá determinar el rendimiento del proceso, el porcentaje de reproceso o retorno y la capacidad de producción de la planta.

3.2.4.1.- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS PRODUCTOS ULTRA PASTEURIZADOS.

La finalidad de hallar la densidad de cada uno de los productos elaborados en la planta es la de estandarizar unidades para realizar el balance de materia. A los tanques pulmón llegan los componentes de los productos, cuantificados en kilogramos, ya que el envío de la sala de bases o de la zona de recepción en el caso de la leche, es medido por flujómetros de registro másico, es por eso que la empresa registra los lotes de producción en kilogramos de producto terminado.

Los flujos de salida del proceso que intervienen en el balance de materia se los calcula en unidades de volumen. Por este motivo es importante unificar unidades mediante la densidad de los productos.

La densidad de los productos fue determinada de manera práctica en el laboratorio de la planta. Los materiales utilizados fueron: un picnómetro de 10 ml y una balanza analítica de dos decimales.

El procedimiento del cálculo de la densidad se detalla a continuación:

- ❖ Se pesa el picnómetro de 10 ml vacío.
- ❖ Se llena el picnómetro con el producto que se requiere analizar.

- ❖ Se pesa el picnómetro lleno con el producto en la balanza.
- ❖ Se resta el peso del picnómetro vacío al peso del picnómetro lleno.
- ❖ Con esto se obtiene el peso del producto para un volumen de 10 ml.

La prueba se realizó 5 veces por producto analizado. Los cálculos de densidad se los detalla a continuación.

$$\rho = \text{masa (gramos)} / \text{volumen (ml)}$$

$$\rho = \text{masa} / 10 \text{ ml... (F.9)}$$

3.2.4.2.- CÁLCULO DE RENDIMIENTO DEL PROCESO PARA PRODUCTOS DE FORMATO 150, 200 y 946 MILILITROS.

El rendimiento del proceso se lo calcula a partir de un balance de materia. Con este procedimiento al margen del cálculo de rendimiento también se podrá conocer el porcentaje de reproceso, tiempo de operación y las pérdidas que posiblemente puedan existir en el proceso.

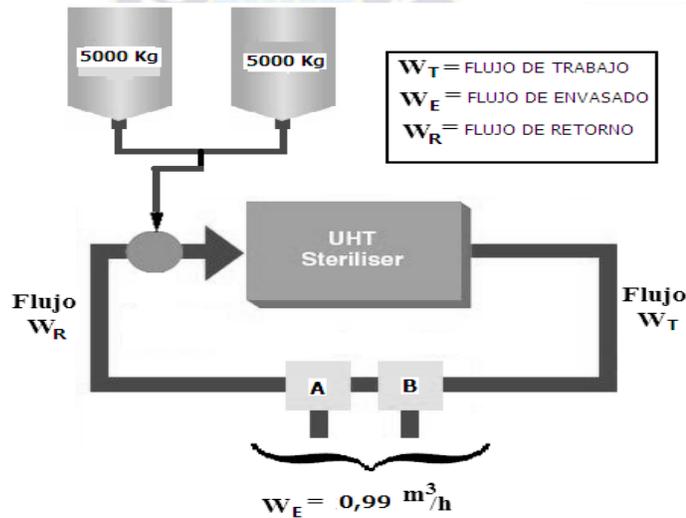
El balance de materia está en función a la cantidad de materia prima programada para ser tratado por el proceso UHT. Esta se encuentra contenida en uno de los tanques pulmón con los que cuenta la empresa, con una capacidad por tanque de 5000 Kg o 5200 Kg (caso del desayuno escolar), esta cantidad de materia prima a ser tratada se la denomina lote de producción. El balance de materia para cada producto se lo realizara por 1lote de producción. Otra variable que afecta de manera directa al balance de materia es el caudal de trabajo del proceso, el cual está definido por la frecuencia de operación del homogeneizador. Al igual que las dos anteriores variables, el flujo de salida o de envasado afecta considerablemente al tiempo de operación y al porcentaje de reproceso.

Para establecer el flujo de salida en el envasado de productos de formato 150 ml se recurre a la programación del equipo de envasado aséptico para este formato, dando el

dato de 3300 unidades por hora por cada cabezal, y como el equipo cuenta con dos cabezales sería entonces 6600 unidades envasadas por hora.

Los cálculos de rendimiento para el formato 150 ml se detallan a continuación:

- ❖ Flujo de entrada al proceso = **(Frecuencia / 12,5) (m³/h)**
- ❖ Flujo de salida = 6600 unidades/h*cada unidad 0,00015m³ = **0,99 m³/h**
- ❖ Volumen de materia prima = 5000 Kg/ ρ (Kg/l) = **(5 / ρ) m³**



El cálculo de flujo de retorno W_R se detalla a continuación:

$$W_T = W_E + W_R \quad ; \quad W_R = W_T - W_E$$

$$W_R = (\text{Frecuencia} / 12,5) - 0,99$$

El cálculo de porcentaje de reproceso (%R) se lo detalla a continuación:

$$\%R = \frac{(\text{Frecuencia}/12,5) - 0,99}{(\text{Frecuencia}/12,5)} * 100\% = 1 - \frac{12,375}{\text{Frecuencia}}$$

$$\%R = [1 - (12,375 / \text{Frecuencia})]*100\%... \text{ (F.10)}$$

Para el cálculo de rendimiento (η) se necesita conocer la cantidad de unidades producidas por lote programado de producción, esto varía de un lote a otro.

Cantidad de Unidades (teórico) = Volumen de materia prima / Volumen por unidad

Cantidad de Unidades (teórico) = $(5 / \rho) \text{ m}^3 / 0,00015\text{m}^3 = (33333.33 / \rho) \text{ unidades}$

El cálculo de rendimiento es el siguiente:

$$\eta = (\text{Cantidad real} / \text{Cantidad teórica}) * 100\%$$

$$\eta = [\text{Cantidad real} / (33333.33 / \rho)] * 100\% \dots \text{(F.11)}$$

Para establecer el flujo de salida en el envasado de productos de formato 200 ml se recurre a la programación del equipo de envasado aséptico para este formato, dando el dato de 3100 unidades por hora por cada cabezal, y como el equipo cuenta con dos cabezales sería entonces 6200 unidades envasadas por hora.

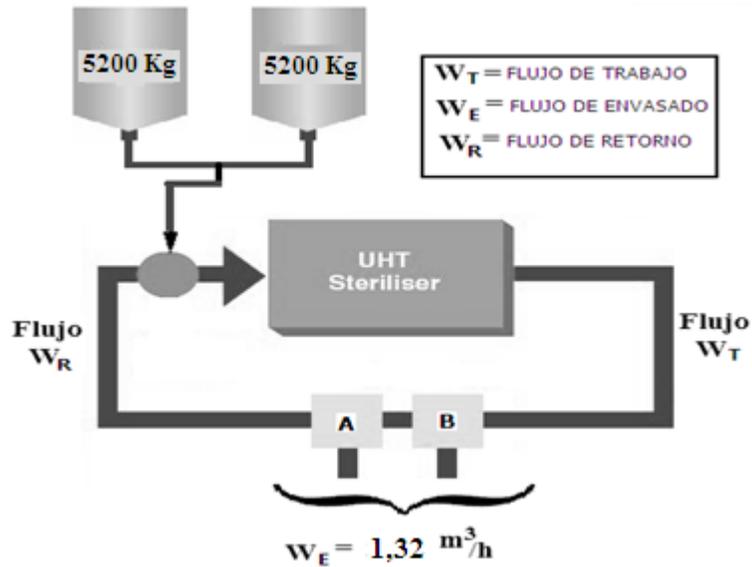
Los cálculos de rendimiento para el formato 200 ml se detallan a continuación:

- ❖ Flujo de entrada al proceso = **(Frecuencia / 12,5) (m³/h)**
- ❖ Flujo de salida = 6200 unidades/h * cada unidad 0,0002m³ = **1,24 m³/h**
- ❖ Volumen de materia prima = 5200 Kg/ ρ (Kg/l) = **(5,2 / ρ) m³**

El cálculo de flujo de retorno W_R se detalla a continuación:

$$W_T = W_E + W_R \quad ; \quad W_R = W_T - W_E$$

$$W_R = (\text{Frecuencia} / 12,5) - 1,32$$



El cálculo de porcentaje de reproceso (%R) se lo detalla a continuación:

$$\%R = \frac{(\text{Frecuencia}/12,5) - 1,32}{(\text{Frecuencia}/12,5)} * 100\% = 1 - \frac{16,5}{\text{Frecuencia}}$$

$$\%R = [1 - (16,5 / \text{Frecuencia})] * 100\% \dots \text{(F.12)}$$

Para el cálculo de rendimiento (η) se necesita conocer la cantidad de unidades producidas por lote programado de producción, esto varia de un lote a otro.

Cantidad de Unidades (teórico) = Volumen de materia prima / Volumen por unidad

$$\text{Cantidad de Unidades (teórico)} = (5,2 / \rho) \text{ m}^3 / 0,0002\text{m}^3 = (26000 / \rho) \text{ unidades}$$

El cálculo de rendimiento es el siguiente:

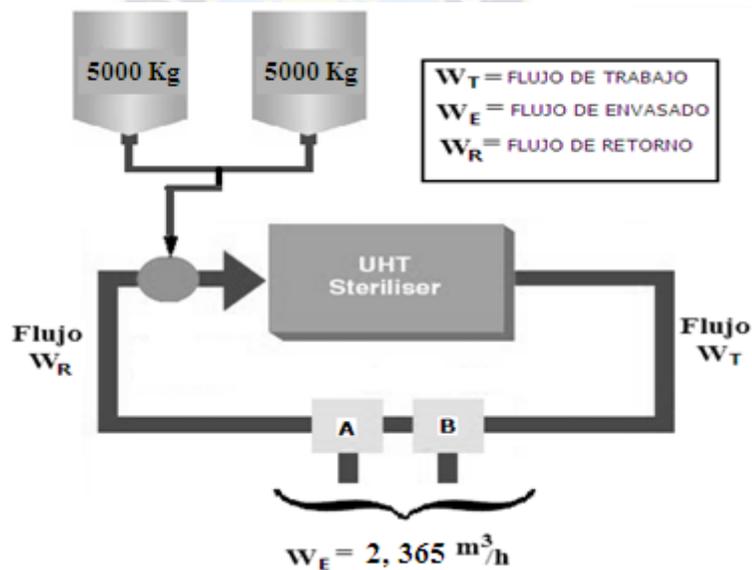
$$\eta = (\text{Cantidad real} / \text{Cantidad teórica}) * 100\%$$

$$\eta = [\text{Cantidad real} / (26000 / \rho)] * 100\% \dots \text{(F.13)}$$

Para establecer el flujo de salida en el envasado de productos de formato 946 ml se recurre a la programación del equipo de envasado aséptico para este formato, dando el dato de 1250 unidades por hora por cada cabezal, y como el equipo cuenta con dos cabezales sería entonces 2500 unidades envasadas por hora.

Los cálculos de rendimiento para el formato 946 ml se detallan a continuación:

- ❖ Flujo de entrada al proceso = **(Frecuencia / 12,5) (m³/h)**
- ❖ Flujo de salida = 2500 unidades/h*cada unidad 0,000946m³ = **2,365 m³/h**
- ❖ Volumen de materia prima = 5000 Kg/ ρ (Kg/l) = **(5 / ρ) m³**



El cálculo de flujo de retorno W_R se detalla a continuación:

$$W_T = W_E + W_R \quad ; \quad W_R = W_T - W_E$$

$$W_R = (\text{Frecuencia} / 12,5) - 2,365$$

El cálculo de porcentaje de reproceso (%R) se lo detalla a continuación:

$$\%R = \frac{(\text{Frecuencia}/12,5) - 2,365}{(\text{Frecuencia}/12,5)} * 100\% = 1 - \frac{29,5625}{\text{Frecuencia}}$$

$$\%R = [1 - (29,5625 / Frecuencia)] * 100\% \dots (F.14)$$

Para el cálculo de rendimiento (η) se necesita conocer la cantidad de unidades producidas por lote programado de producción, esto varía de un lote a otro.

Cantidad de Unidades (teórico) = Volumen de materia prima / Volumen por unidad

Cantidad de Unidades (teórico) = $(5 / \rho) \text{ m}^3 / 0,000946 \text{ m}^3 = (5285.4 / \rho) \text{ unidades}$

El cálculo de rendimiento es el siguiente:

$$\eta = (\text{Cantidad real} / \text{Cantidad teórica}) * 100\%$$

$$\eta = [\text{Cantidad real} / (5285.4 / \rho)] * 100\% \dots (F.15)$$

3.2.4.3.- CALCULO DEL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL PROCESO UHT PARA PRODUCTOS DE FORMATO 150, 200 y 946 MILILITROS.

Es importante determinar el tiempo de operación del proceso de producción de cada lote, para establecer ciclos exactos de producción diarios. El cálculo del tiempo de operación está en función al flujo de salida que estaría dado por el equipo de envasado aséptico y la cantidad de materia prima a ser tratada por el proceso UHT.

El cálculo de tiempo de operación para productos de formato de 150 ml, se detalla a continuación:

Tiempo de Operación = Volumen de materia prima / Flujo de salida

$$T_{OPERACION} = (5 / \rho) \text{ m}^3 / 0,99 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_{OPERACION} = (5,05 / \rho) \text{ horas} \dots (F.16)$$

El cálculo de tiempo de operación para productos de formato de 200 ml, se detalla a continuación:

Tiempo de Operación = Volumen de materia prima / Flujo de salida

$$T_{OPERACION} = (5,2 / \rho) \text{ m}^3 / 1,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{T_{OPERACION} = (3,94 / \rho) \text{ horas... (F.17)}}$$

El cálculo de tiempo de operación para productos de formato de 946 ml, se detalla a continuación:

Tiempo de Operación = Volumen de materia prima / Flujo de salida

$$T_{OPERACION} = (5 / \rho) \text{ m}^3 / 2,365 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{T_{OPERACION} = (2,11 / \rho) \text{ horas... (F.18)}}$$

3.2.5.- DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE AGENTES DE LIMPIEZA DEL EQUIPO DE TRATAMIENTO UHT.

La determinación y cálculo de concentraciones de agentes químicos de limpieza de los equipos comprendidos en el tratamiento UHT se la debe realizar como parte del programa de saneo de la línea. La empresa realiza el saneo completo de la línea de procesamiento UHT cada fin de ciclo de producción, el ciclo de producción está comprendido en la mayoría de los casos por cuatro lotes de producción.

Para llevar a cabo el saneo completo CIP (revisar CAP. II – subtítulo 2.5.8) se cuenta con un sistema descentralizado de saneo exclusivo para los equipos de procesamiento UHT. Esta descentralización de saneo no comprende el envasador aséptico ni los tanques pulmón. El saneo se lo realiza recirculando por todo el equipo de procesamiento los agentes limpiadores que en este caso son soda caustica y ácido nítrico. La soda caustica (NaOH) actúa como un agente desengrasante efectivo para remover la polimerización de la grasa de la leche y la caramelización de el azúcar de los productos. El ácido nítrico actúa como un agente desincrustante de las proteínas coaguladas.

El saneo del equipo de tratamiento UHT tiene una duración de 3 horas aproximadamente, bajo la siguiente referencia:

Tabla 3.3.

CICLO DE SANEAMIENTO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN UHT			
Agente	Concentración	Tiempo	Temperatura
Agua (enjuague)		5 min	90 a 130
NaOH (recirculación)	2 %	45 min	85 a 130
Agua (enjuague)		15 min	90 a 130
HNO ₃ (recirculación)	2 %	45 min	80 a 120
Agua (enjuague)		15 min	90 a 130
NaOH (recirculación)	2 %	40 min	85 a 130
Agua (esterilización)		15 min	135 a 140

(Fuente propia)

El proceso de saneo CIP requiere de la disolución de soda o de ácido nítrico, dependiendo la etapa de saneo, para su desempeño y para la óptima limpieza y desinfección del equipo. La disolución o preparación de estos agentes a la concentración requerida se la realiza en el tanque de balanceo, es de ahí que se bombea el agente de saneo a todo el equipo, es en este mismo punto que se debe controlar la concentración de soda y ácido, sacando una muestra y analizando el pH de la misma.

El cálculo de la concentración de ácido nítrico se la detalla a continuación:

Como el ácido nítrico es un ácido fuerte, la fórmula de pH es sencilla: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

Despejando tenemos: $[\text{Concentración Molar}] = 10^{-\text{pH}}$

$$[\text{Concentración Porcentual}] = \frac{[\text{Concentración Molar}] \left(\frac{\text{mol}}{\text{litro}}\right) * 63 \left(\frac{\text{gramos}}{\text{mol}}\right)}{1000 \left(\frac{\text{ml}}{\text{l}}\right)} * 100$$

$$[\text{Concentración Porcentual} \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} \text{ de Acido}] = 10^{-pH} * 6,3 \dots \text{(F.19)}$$

El cálculo de la concentración de soda caustica se la detalla a continuación:

Como la soda caustica es una base fuerte, lo que se debe calcular es el pOH

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}$$

Despejando tenemos: $[\text{Concentración Molar}] = 10^{-(14 - \text{pH})}$

$$[\text{Concentración Porcentual}] = [\text{Concentración Molar}] \left(\frac{\text{mol}}{\text{litro}}\right) * 40 \left(\frac{\text{gramos}}{\text{mol}}\right) * 10^{-1}$$

$$[\text{Concentración Porcentual} \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} \text{ de Soda}] = 10^{(\text{pH} - 14)} * 4 \dots \text{(F.20)}$$

3.3.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.

El tratamiento estadístico ayudara al análisis de datos y resultados a un nivel descriptivo, esto quiere decir que está referido al estudio y análisis de los datos obtenidos en una muestra (n) y como su nombre lo indica describe y resume las observaciones obtenidas sobre un fenómeno un suceso o un hecho. También se alcanzará un nivel estadístico inferencial para poder tratar los datos y hacerlos extensivos a todo el universo de los mismos.

3.3.1.- CONSTRUCCIÓN DE TABLAS DE FRECUENCIA.

Una primera aproximación al análisis descriptivo es la construcción de la tabla de frecuencias, las cuales presentan la distribución de un conjunto de elementos de acuerdo a las categorías de una variable x.

En la tabla se observa la frecuencia o repetición de cada uno de los valores en el correspondiente intervalo de clase.

Para la construcción de tablas de frecuencia se requiere realizar los siguientes cálculos preliminares:

1º) Se calcula el Rango (R)

$$R = \text{mayor valor de } x_i - \text{menor valor de } x_i$$

2º) Se obtiene el número de intervalos (m), para tal efecto se utiliza la Regla de Sturges:

Si el tamaño de la muestra(n) es: **Regla de Sturges**

Menor de 100 $m = 1 + 3.322 * \text{Log } n$

Mayor de 100 $m = 3 + 3.322 * \text{Log } n$

Donde: (n) es el universo de datos o tamaño de muestra.

3º) Se calcula el tamaño de clase (C): $C = R / m$

4º) Se construye la tabla de Frecuencia:

i	Intervalo	Frecuencias Absolutas		Frecuencias Relativas	
		f _i	F _i	h _i	H _i
Totales					

(El numero de filas de la tabla depende el numero de intervalos m)

Donde:

- i : Número de Intervalo.
- f_i : Muestra la repetición de los datos en determinado intervalo.
- F_i : Acumulación progresiva de frecuencias Absolutas.
- h_i : Frecuencias Absolutas expresadas en términos relativos (%).
- H_i : Acumulación progresiva de frecuencias Relativas.

Los intervalos se los calculan a partir del dato de menor valor y se le suma el tamaño de clase (C) para obtener el otro valor límite del intervalo.

Por lo general el número de intervalos de clase va depender de:

- ❖ La naturaleza de la variable.
- ❖ El número de valores observados.
- ❖ El recorrido de la variable.
- ❖ Los objetivos del estudio.

3.3.2.- HISTOGRAMA DE FRECUENCIA.

Después de llenar la tabla de frecuencia es importante expresar los datos de manera grafica, para que estas muestren claramente la cantidad de valores predominantes mayoritarios y minoritarios. Es importante acotar que los gráficos deben de tener las siguientes condiciones básicas:

- ❖ Título: descripción abreviada del contenido.
- ❖ Leyendas y cifras tanto en el eje de las abscisas como de las ordenadas.
- ❖ Debe ser simétrico, no muy horizontal o vertical.
- ❖ En el eje de las abscisas se colocan los valores de la variable x.

- ❖ En el eje de las ordenadas se colocan las frecuencias (f_i , h_i).
- ❖ De ser posible se colocan las fuentes de la información.

3.3.3.- ANÁLISIS DE TENDENCIA CENTRAL.

Las medidas de tendencia central o de resumen son indicadores que tienden a sintetizar o describir de la manera más representativa las características de un conjunto de datos. Para el caso de este análisis se utiliza como tendencia central la media aritmética o promedio, que determina el centro de gravedad de un conjunto de datos, es decir es el valor más representativo.

$$\text{Promedio} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

Donde:

x_i : dato

n : cantidad de datos

Σ : Sumatoria (desde $i = 1$, hasta $i = n$)

3.3.4.- ANÁLISIS DE DISPERSIÓN.

Las medidas de dispersión son un conjunto de indicadores que nos expresan el grado de concentración o alejamiento de los datos respecto de la media aritmética. La medida de dispersión que se considera apropiada para el análisis estadístico es la Desviación Estándar que es la más utilizada y confiable. Es igualmente un promedio de las desviaciones de los datos pero elevados al cuadrado.

Para calcular la Desviación Estándar (S) se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (xi - \text{promedio})^2 \right] / n}$$

Donde:

S: desviación estándar

xi: dato

n: cantidad de datos

Σ : Sumatoria (desde $i = 1$, hasta $i = n$)

3.3.5.- GRÁFICOS ESTADÍSTICOS DE CONTROL.

Son representaciones pictóricas (figuras geométricas o de superficie) utilizados con el objeto de mostrar magnitudes, cambios de una variable o comparar dos o más variables relacionadas.

Todas las medidas, tablas y cálculos que se han realizado hasta esta parte servirán para la construcción de los gráficos de control. Los gráficos que se sintetizaran a partir de los datos contenidos en todas las tablas de levantamiento de datos (ANEXO-D) mostrarán el comportamiento del sistema sujeto a estudio, en el Capítulo IV, en la parte de resultados.

Los gráficos estadísticos de control serán construidos mediante herramientas informáticas, para ser más concreto con el programa Excel de Microsoft.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

4.1.- RESULTADOS.

Los resultados se los expresara en tablas, donde se detallara valores que responden a la operación de las formulas y modelos matemáticos determinados en el capitulo anterior.

Las tablas son llenadas por formato y producto elaborado, subdividiéndolas de acuerdo a las condiciones de operación aplicadas.

4.1.1.- TABLAS DE RESULTADOS PARA PRODUCTOS DE ULTRA PASTEURIZACIÓN.

Estas tablas de resultados mostraran valores que interpretan el comportamiento del flujo y algunos valores necesarios para su desempeño, que además son programables y modificables en la operación del equipo de ultra pasteurización.

Los valores expresados en las tablas son los siguientes:

- 1) Frecuencia de operación del Homogeneizador, programable de 0 a 50 Hz.
- 2) Viscosidad del fluido a ser esterilizado, calculada a partir de la formula F.1 del Capítulo III.
- 3) Caudal o Flujo de Operación del proceso, calculado a partir de la formula F.2 del Capítulo III.
- 4) Velocidad del Flujo de esterilización, en metros por hora, calculada a partir de la formula F.3 del Capítulo III.
- 5) Velocidad del Flujo de esterilización, en centímetros por segundo, calculada a partir de la formula F.3 del Capítulo III.
- 6) Numero de Reynolds, que expresa el comportamiento del flujo de esterilización, calculado a partir de la formula F.8 del Capítulo III.

- 7) Tiempo de Residencia del producto en los tubos de esterilización en segundos, calculado a partir de la formula F.4 del Capítulo III.
- 8) Temperatura mínima Necesaria para lograr una esterilidad comercial en los productos, calculada a partir de la formula F.6 del Capítulo III.
- 9) Porcentaje de Reproceso para el caudal de operación dado y la programación de salida, calculado a partir de las formulas F.10, F.12 y F.14 del Capítulo III, dependiendo el formato de producción.

Vale la pena aclarar que exceptuando el valor de la viscosidad, los demás valores son consecuencia de la programación de la frecuencia en el homogeneizador.



**4.1.1.1.- TABLA DE RESULTADOS PARA LECHE CHOCOLATADA
UHT DE 150 ML.**

Tabla 4.1.

Frecuencia Homogen.	Viscosidad cm²/s	Caudal m³/h	Velocidad m/h	Velocidad cm/s	Numero de Reynolds	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Necesaria(°c)	Porcentaje de Reproceso
50	0,164	4	4355,40	120,98	840,99	20,83	132,68	75,25
49,5	0,164	3,96	4311,85	119,77	832,58	21,05	132,64	75,00
49	0,164	3,92	4268,29	118,56	824,17	21,26	132,60	74,74
48,5	0,164	3,88	4224,74	117,35	815,76	21,48	132,55	74,48
48	0,164	3,84	4181,18	116,14	807,35	21,70	132,51	74,22
47,5	0,164	3,8	4137,63	114,94	798,94	21,93	132,46	73,95
47	0,164	3,76	4094,08	113,73	790,53	22,16	132,41	73,67
46,5	0,164	3,72	4050,52	112,52	782,12	22,40	132,37	73,39
46	0,164	3,68	4006,97	111,31	773,71	22,65	132,32	73,10
45,5	0,164	3,64	3963,41	110,10	765,30	22,90	132,27	72,80
45	0,164	3,6	3919,86	108,89	756,89	23,15	132,23	72,50
44,5	0,164	3,56	3876,31	107,68	748,48	23,41	132,18	72,19
44	0,164	3,52	3832,75	106,47	740,07	23,68	132,13	71,88
43,5	0,164	3,48	3789,20	105,26	731,66	23,95	132,08	71,55
43	0,164	3,44	3745,64	104,05	723,25	24,23	132,03	71,22
42,5	0,164	3,4	3702,09	102,84	714,84	24,51	131,98	70,88
42	0,164	3,36	3658,54	101,63	706,43	24,80	131,93	70,54
41,5	0,164	3,32	3614,98	100,42	698,02	25,10	131,87	70,18
41	0,164	3,28	3571,43	99,21	689,61	25,41	131,82	69,82
40,5	0,164	3,24	3527,87	98,00	681,20	25,72	131,77	69,44
40	0,164	3,2	3484,32	96,79	672,79	26,04	131,71	69,06
39,5	0,164	3,16	3440,77	95,58	664,38	26,37	131,66	68,67
39	0,164	3,12	3397,21	94,37	655,97	26,71	131,60	68,27
38,5	0,164	3,08	3353,66	93,16	647,56	27,06	131,55	67,86
38	0,164	3,04	3310,10	91,95	639,15	27,41	131,49	67,43

37,5	0,164	3	3266,55	90,74	630,74	27,78	131,43	67,00
37	0,164	2,96	3223,00	89,53	622,33	28,15	131,38	66,55
36,5	0,164	2,92	3179,44	88,32	613,92	28,54	131,32	66,10
36	0,164	2,88	3135,89	87,11	605,51	28,94	131,26	65,63
35,5	0,164	2,84	3092,33	85,90	597,10	29,34	131,20	65,14
35	0,164	2,8	3048,78	84,69	588,69	29,76	131,13	64,64
34,5	0,164	2,76	3005,23	83,48	580,28	30,20	131,07	64,13
34	0,164	2,72	2961,67	82,27	571,87	30,64	131,01	63,60
33,5	0,164	2,68	2918,12	81,06	563,46	31,10	130,94	63,06
33	0,164	2,64	2874,56	79,85	555,05	31,57	130,88	62,50
32,5	0,164	2,6	2831,01	78,64	546,64	32,05	130,81	61,92
31,5	0,164	2,52	2743,90	76,22	529,82	33,07	130,68	60,71
31	0,164	2,48	2700,35	75,01	521,41	33,60	130,61	60,08
30,5	0,164	2,44	2656,79	73,80	513,00	34,16	130,54	59,43
30	0,164	2,4	2613,24	72,59	504,59	34,72	130,46	58,75
29,5	0,164	2,36	2569,69	71,38	496,18	35,31	130,39	58,05
29	0,164	2,32	2526,13	70,17	487,77	35,92	130,32	57,33
28,5	0,164	2,28	2482,58	68,96	479,36	36,55	130,24	56,58
28	0,164	2,24	2439,02	67,75	470,95	37,20	130,17	55,80
27,5	0,164	2,2	2395,47	66,54	462,54	37,88	130,09	55,00
27	0,164	2,16	2351,92	65,33	454,13	38,58	130,01	54,17
26,5	0,164	2,12	2308,36	64,12	445,72	39,31	129,93	53,30
26	0,164	2,08	2264,81	62,91	437,31	40,07	129,84	52,40
25,5	0,164	2,04	2221,25	61,70	428,90	40,85	129,76	51,47
25	0,164	2	2177,70	60,49	420,49	41,67	129,67	50,50
24,5	0,164	1,96	2134,15	59,28	412,08	42,52	129,59	49,49
24	0,164	1,92	2090,59	58,07	403,67	43,41	129,50	48,44
23,5	0,164	1,88	2047,04	56,86	395,26	44,33	129,40	47,34
23	0,164	1,84	2003,48	55,65	386,85	45,29	129,31	46,20
22,5	0,164	1,8	1959,93	54,44	378,44	46,30	129,22	45,00
22	0,164	1,76	1916,38	53,23	370,03	47,35	129,12	43,75

**4.1.1.2.- TABLA DE RESULTADOS PARA LECHE SABORIZADA DE
PLÁTANO UHT DE 150 ML.**

Tabla 4.2.

Frecuencia Homogen.	Viscosidad cm ² /s	Caudal m ³ /h	Velocidad m/h	Velocidad cm/s	Numero de Reynols	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Necesaria(°c)	Porcentaje de Reproceso
50	0,162	4	4355,40	120,98	851,37	20,83	132,68	75,25
49,5	0,162	3,96	4311,85	119,77	842,86	21,05	132,64	75,00
49	0,162	3,92	4268,29	118,56	834,34	21,26	132,60	74,74
48,5	0,162	3,88	4224,74	117,35	825,83	21,48	132,55	74,48
48	0,162	3,84	4181,18	116,14	817,32	21,70	132,51	74,22
47,5	0,162	3,8	4137,63	114,94	808,80	21,93	132,46	73,95
47	0,162	3,76	4094,08	113,73	800,29	22,16	132,41	73,67
46,5	0,162	3,72	4050,52	112,52	791,78	22,40	132,37	73,39
46	0,162	3,68	4006,97	111,31	783,26	22,65	132,32	73,10
45,5	0,162	3,64	3963,41	110,10	774,75	22,90	132,27	72,80
45	0,162	3,6	3919,86	108,89	766,23	23,15	132,23	72,50
44,5	0,162	3,56	3876,31	107,68	757,72	23,41	132,18	72,19
44	0,162	3,52	3832,75	106,47	749,21	23,68	132,13	71,88
43,5	0,162	3,48	3789,20	105,26	740,69	23,95	132,08	71,55
43	0,162	3,44	3745,64	104,05	732,18	24,23	132,03	71,22
42,5	0,162	3,4	3702,09	102,84	723,67	24,51	131,98	70,88
42	0,162	3,36	3658,54	101,63	715,15	24,80	131,93	70,54
41,5	0,162	3,32	3614,98	100,42	706,64	25,10	131,87	70,18
41	0,162	3,28	3571,43	99,21	698,12	25,41	131,82	69,82
40,5	0,162	3,24	3527,87	98,00	689,61	25,72	131,77	69,44
40	0,162	3,2	3484,32	96,79	681,10	26,04	131,71	69,06
39,5	0,162	3,16	3440,77	95,58	672,58	26,37	131,66	68,67
39	0,162	3,12	3397,21	94,37	664,07	26,71	131,60	68,27
38,5	0,162	3,08	3353,66	93,16	655,56	27,06	131,55	67,86
38	0,162	3,04	3310,10	91,95	647,04	27,41	131,49	67,43

37,5	0,162	3	3266,55	90,74	638,53	27,78	131,43	67,00
37	0,162	2,96	3223,00	89,53	630,01	28,15	131,38	66,55
36,5	0,162	2,92	3179,44	88,32	621,50	28,54	131,32	66,10
36	0,162	2,88	3135,89	87,11	612,99	28,94	131,26	65,63
35,5	0,162	2,84	3092,33	85,90	604,47	29,34	131,20	65,14
35	0,162	2,8	3048,78	84,69	595,96	29,76	131,13	64,64
34,5	0,162	2,76	3005,23	83,48	587,45	30,20	131,07	64,13
34	0,162	2,72	2961,67	82,27	578,93	30,64	131,01	63,60
33,5	0,162	2,68	2918,12	81,06	570,42	31,10	130,94	63,06
33	0,162	2,64	2874,56	79,85	561,90	31,57	130,88	62,50
32	0,162	2,56	2787,46	77,43	544,88	32,55	130,75	61,33
31,5	0,162	2,52	2743,90	76,22	536,36	33,07	130,68	60,71
31	0,162	2,48	2700,35	75,01	527,85	33,60	130,61	60,08
30,5	0,162	2,44	2656,79	73,80	519,34	34,16	130,54	59,43
30	0,162	2,4	2613,24	72,59	510,82	34,72	130,46	58,75
29,5	0,162	2,36	2569,69	71,38	502,31	35,31	130,39	58,05
29	0,162	2,32	2526,13	70,17	493,80	35,92	130,32	57,33
28,5	0,162	2,28	2482,58	68,96	485,28	36,55	130,24	56,58
28	0,162	2,24	2439,02	67,75	476,77	37,20	130,17	55,80
27,5	0,162	2,2	2395,47	66,54	468,25	37,88	130,09	55,00
27	0,162	2,16	2351,92	65,33	459,74	38,58	130,01	54,17
26,5	0,162	2,12	2308,36	64,12	451,23	39,31	129,93	53,30
26	0,162	2,08	2264,81	62,91	442,71	40,07	129,84	52,40
25,5	0,162	2,04	2221,25	61,70	434,20	40,85	129,76	51,47
25	0,162	2	2177,70	60,49	425,69	41,67	129,67	50,50
24,5	0,162	1,96	2134,15	59,28	417,17	42,52	129,59	49,49
24	0,162	1,92	2090,59	58,07	408,66	43,41	129,50	48,44
23,5	0,162	1,88	2047,04	56,86	400,14	44,33	129,40	47,34
23	0,162	1,84	2003,48	55,65	391,63	45,29	129,31	46,20
22,5	0,162	1,8	1959,93	54,44	383,12	46,30	129,22	45,00
22	0,162	1,76	1916,38	53,23	374,60	47,35	129,12	43,75

**4.1.1.3.- TABLA DE RESULTADOS PARA CEREMILKI - LECHE CON
AVENA UHT DE 200 ML.**

Tabla 4.3.

Frecuencia Homogen.	Viscosidad cm2/s	Caudal m3/h	Velocidad m/h	Velocidad cm/s	Numero de Reynolds	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Necesaria(°c)	Porcentaje de Reproceso
50	0,0936	4	4355,40	120,98	1473,53	20,83	132,68	67,00
49,5	0,0936	3,96	4311,85	119,77	1458,79	21,05	132,64	66,67
49	0,0936	3,92	4268,29	118,56	1444,06	21,26	132,60	66,33
48,5	0,0936	3,88	4224,74	117,35	1429,32	21,48	132,55	65,98
48	0,0936	3,84	4181,18	116,14	1414,59	21,70	132,51	65,63
47,5	0,0936	3,8	4137,63	114,94	1399,85	21,93	132,46	65,26
47	0,0936	3,76	4094,08	113,73	1385,12	22,16	132,41	64,89
46,5	0,0936	3,72	4050,52	112,52	1370,38	22,40	132,37	64,52
46	0,0936	3,68	4006,97	111,31	1355,64	22,65	132,32	64,13
45,5	0,0936	3,64	3963,41	110,10	1340,91	22,90	132,27	63,74
45	0,0936	3,6	3919,86	108,89	1326,17	23,15	132,23	63,33
44,5	0,0936	3,56	3876,31	107,68	1311,44	23,41	132,18	62,92
44	0,0936	3,52	3832,75	106,47	1296,70	23,68	132,13	62,50
43,5	0,0936	3,48	3789,20	105,26	1281,97	23,95	132,08	62,07
43	0,0936	3,44	3745,64	104,05	1267,23	24,23	132,03	61,63
42,5	0,0936	3,4	3702,09	102,84	1252,50	24,51	131,98	61,18
42	0,0936	3,36	3658,54	101,63	1237,76	24,80	131,93	60,71
41,5	0,0936	3,32	3614,98	100,42	1223,03	25,10	131,87	60,24
41	0,0936	3,28	3571,43	99,21	1208,29	25,41	131,82	59,76
40,5	0,0936	3,24	3527,87	98,00	1193,56	25,72	131,77	59,26
40	0,0936	3,2	3484,32	96,79	1178,82	26,04	131,71	58,75
39,5	0,0936	3,16	3440,77	95,58	1164,09	26,37	131,66	58,23
39	0,0936	3,12	3397,21	94,37	1149,35	26,71	131,60	57,69
38,5	0,0936	3,08	3353,66	93,16	1134,62	27,06	131,55	57,14
38	0,0936	3,04	3310,10	91,95	1119,88	27,41	131,49	56,58

37,5	0,0936	3	3266,55	90,74	1105,15	27,78	131,43	56,00
37	0,0936	2,96	3223,00	89,53	1090,41	28,15	131,38	55,41
36,5	0,0936	2,92	3179,44	88,32	1075,67	28,54	131,32	54,79
36	0,0936	2,88	3135,89	87,11	1060,94	28,94	131,26	54,17
35,5	0,0936	2,84	3092,33	85,90	1046,20	29,34	131,20	53,52
35	0,0936	2,8	3048,78	84,69	1031,47	29,76	131,13	52,86
34,5	0,0936	2,76	3005,23	83,48	1016,73	30,20	131,07	52,17
34	0,0936	2,72	2961,67	82,27	1002,00	30,64	131,01	51,47
33,5	0,0936	2,68	2918,12	81,06	987,26	31,10	130,94	50,75
33	0,0936	2,64	2874,56	79,85	972,53	31,57	130,88	50,00
32	0,0936	2,56	2787,46	77,43	943,06	32,55	130,75	48,44
31,5	0,0936	2,52	2743,90	76,22	928,32	33,07	130,68	47,62
31	0,0936	2,48	2700,35	75,01	913,59	33,60	130,61	46,77
30,5	0,0936	2,44	2656,79	73,80	898,85	34,16	130,54	45,90
30	0,0936	2,4	2613,24	72,59	884,12	34,72	130,46	45,00
29,5	0,0936	2,36	2569,69	71,38	869,38	35,31	130,39	44,07
29	0,0936	2,32	2526,13	70,17	854,65	35,92	130,32	43,10
28,5	0,0936	2,28	2482,58	68,96	839,91	36,55	130,24	42,11
28	0,0936	2,24	2439,02	67,75	825,18	37,20	130,17	41,07
27,5	0,0936	2,2	2395,47	66,54	810,44	37,88	130,09	40,00
27	0,0936	2,16	2351,92	65,33	795,70	38,58	130,01	38,89
26,5	0,0936	2,12	2308,36	64,12	780,97	39,31	129,93	37,74
26	0,0936	2,08	2264,81	62,91	766,23	40,07	129,84	36,54
25,5	0,0936	2,04	2221,25	61,70	751,50	40,85	129,76	35,29
25	0,0936	2	2177,70	60,49	736,76	41,67	129,67	34,00
24,5	0,0936	1,96	2134,15	59,28	722,03	42,52	129,59	32,65
24	0,0936	1,92	2090,59	58,07	707,29	43,41	129,50	31,25
23,5	0,0936	1,88	2047,04	56,86	692,56	44,33	129,40	29,79
23	0,0936	1,84	2003,48	55,65	677,82	45,29	129,31	28,26
22,5	0,0936	1,8	1959,93	54,44	663,09	46,30	129,22	26,67
22	0,0936	1,76	1916,38	53,23	648,35	47,35	129,12	25,00

**4.1.1.4.- TABLA DE RESULTADOS PARA CHOCOESCOLAR
DESAYUNO ESCOLAR UHT DE 200 ML.**

Tabla 4.4.

Frecuencia Homogen.	Viscosidad cm ² /s	Caudal m ³ /h	Velocidad m/h	Velocidad cm/s	Numero de Reynols	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Necesaria(°c)	Porcentaje de Reproceso
50	0,157	4	4355,40	120,98	878,48	20,83	132,68	67,00
49,5	0,157	3,96	4311,85	119,77	869,70	21,05	132,64	66,67
49	0,157	3,92	4268,29	118,56	860,92	21,26	132,60	66,33
48,5	0,157	3,88	4224,74	117,35	852,13	21,48	132,55	65,98
48	0,157	3,84	4181,18	116,14	843,35	21,70	132,51	65,63
47,5	0,157	3,8	4137,63	114,94	834,56	21,93	132,46	65,26
47	0,157	3,76	4094,08	113,73	825,78	22,16	132,41	64,89
46,5	0,157	3,72	4050,52	112,52	816,99	22,40	132,37	64,52
46	0,157	3,68	4006,97	111,31	808,21	22,65	132,32	64,13
45,5	0,157	3,64	3963,41	110,10	799,42	22,90	132,27	63,74
45	0,157	3,6	3919,86	108,89	790,64	23,15	132,23	63,33
44,5	0,157	3,56	3876,31	107,68	781,85	23,41	132,18	62,92
44	0,157	3,52	3832,75	106,47	773,07	23,68	132,13	62,50
43,5	0,157	3,48	3789,20	105,26	764,28	23,95	132,08	62,07
43	0,157	3,44	3745,64	104,05	755,50	24,23	132,03	61,63
42,5	0,157	3,4	3702,09	102,84	746,71	24,51	131,98	61,18
42	0,157	3,36	3658,54	101,63	737,93	24,80	131,93	60,71
41,5	0,157	3,32	3614,98	100,42	729,14	25,10	131,87	60,24
41	0,157	3,28	3571,43	99,21	720,36	25,41	131,82	59,76
40,5	0,157	3,24	3527,87	98,00	711,57	25,72	131,77	59,26
40	0,157	3,2	3484,32	96,79	702,79	26,04	131,71	58,75
39,5	0,157	3,16	3440,77	95,58	694,00	26,37	131,66	58,23
39	0,157	3,12	3397,21	94,37	685,22	26,71	131,60	57,69
38,5	0,157	3,08	3353,66	93,16	676,43	27,06	131,55	57,14
38	0,157	3,04	3310,10	91,95	667,65	27,41	131,49	56,58

37,5	0,157	3	3266,55	90,74	658,86	27,78	131,43	56,00
37	0,157	2,96	3223,00	89,53	650,08	28,15	131,38	55,41
36,5	0,157	2,92	3179,44	88,32	641,29	28,54	131,32	54,79
36	0,157	2,88	3135,89	87,11	632,51	28,94	131,26	54,17
35,5	0,157	2,84	3092,33	85,90	623,72	29,34	131,20	53,52
35	0,157	2,8	3048,78	84,69	614,94	29,76	131,13	52,86
34,5	0,157	2,76	3005,23	83,48	606,15	30,20	131,07	52,17
34	0,157	2,72	2961,67	82,27	597,37	30,64	131,01	51,47
33,5	0,157	2,68	2918,12	81,06	588,58	31,10	130,94	50,75
33	0,157	2,64	2874,56	79,85	579,80	31,57	130,88	50,00
32	0,157	2,56	2787,46	77,43	562,23	32,55	130,75	48,44
31,5	0,157	2,52	2743,90	76,22	553,45	33,07	130,68	47,62
31	0,157	2,48	2700,35	75,01	544,66	33,60	130,61	46,77
30,5	0,157	2,44	2656,79	73,80	535,88	34,16	130,54	45,90
30	0,157	2,4	2613,24	72,59	527,09	34,72	130,46	45,00
29,5	0,157	2,36	2569,69	71,38	518,31	35,31	130,39	44,07
29	0,157	2,32	2526,13	70,17	509,52	35,92	130,32	43,10
28,5	0,157	2,28	2482,58	68,96	500,74	36,55	130,24	42,11
28	0,157	2,24	2439,02	67,75	491,95	37,20	130,17	41,07
27,5	0,157	2,2	2395,47	66,54	483,17	37,88	130,09	40,00
27	0,157	2,16	2351,92	65,33	474,38	38,58	130,01	38,89
26,5	0,157	2,12	2308,36	64,12	465,60	39,31	129,93	37,74
26	0,157	2,08	2264,81	62,91	456,81	40,07	129,84	36,54
25,5	0,157	2,04	2221,25	61,70	448,03	40,85	129,76	35,29
25	0,157	2	2177,70	60,49	439,24	41,67	129,67	34,00
24,5	0,157	1,96	2134,15	59,28	430,46	42,52	129,59	32,65
24	0,157	1,92	2090,59	58,07	421,67	43,41	129,50	31,25
23,5	0,157	1,88	2047,04	56,86	412,89	44,33	129,40	29,79
23	0,157	1,84	2003,48	55,65	404,10	45,29	129,31	28,26
22,5	0,157	1,8	1959,93	54,44	395,32	46,30	129,22	26,67
22	0,157	1,76	1916,38	53,23	386,53	47,35	129,12	25,00

4.1.1.5.- TABLA DE RESULTADOS PARA LECHE ENTERA DE 946 ML.**Tabla 4.5.**

Frecuencia Homogen.	Viscosidad cm ² /s	Caudal m ³ /h	Velocidad m/h	Velocidad cm/s	Numero de Reynolds	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Necesaria(°c)	Porcentaje de Reproceso
50	0,155	4	4355,40	120,98	889,82	20,83	132,68	40,88
49,5	0,155	3,96	4311,85	119,77	880,92	21,05	132,64	40,28
49	0,155	3,92	4268,29	118,56	872,02	21,26	132,60	39,67
48,5	0,155	3,88	4224,74	117,35	863,13	21,48	132,55	39,05
48	0,155	3,84	4181,18	116,14	854,23	21,70	132,51	38,41
47,5	0,155	3,8	4137,63	114,94	845,33	21,93	132,46	37,76
47	0,155	3,76	4094,08	113,73	836,43	22,16	132,41	37,10
46,5	0,155	3,72	4050,52	112,52	827,53	22,40	132,37	36,42
46	0,155	3,68	4006,97	111,31	818,63	22,65	132,32	35,73
45,5	0,155	3,64	3963,41	110,10	809,74	22,90	132,27	35,03
45	0,155	3,6	3919,86	108,89	800,84	23,15	132,23	34,31
44,5	0,155	3,56	3876,31	107,68	791,94	23,41	132,18	33,57
44	0,155	3,52	3832,75	106,47	783,04	23,68	132,13	32,81
43,5	0,155	3,48	3789,20	105,26	774,14	23,95	132,08	32,04
43	0,155	3,44	3745,64	104,05	765,25	24,23	132,03	31,25
42,5	0,155	3,4	3702,09	102,84	756,35	24,51	131,98	30,44
42	0,155	3,36	3658,54	101,63	747,45	24,80	131,93	29,61
41,5	0,155	3,32	3614,98	100,42	738,55	25,10	131,87	28,77
41	0,155	3,28	3571,43	99,21	729,65	25,41	131,82	27,90
40,5	0,155	3,24	3527,87	98,00	720,75	25,72	131,77	27,01
40	0,155	3,2	3484,32	96,79	711,86	26,04	131,71	26,09
39,5	0,155	3,16	3440,77	95,58	702,96	26,37	131,66	25,16
39	0,155	3,12	3397,21	94,37	694,06	26,71	131,60	24,20
38,5	0,155	3,08	3353,66	93,16	685,16	27,06	131,55	23,21
38	0,155	3,04	3310,10	91,95	676,26	27,41	131,49	22,20
37,5	0,155	3	3266,55	90,74	667,37	27,78	131,43	21,17

4.1.1.6.- TABLA DE RESULTADOS PARA LECHE CLARITA 946 ML.**Tabla 4.6.**

Frecuencia Homogen.	Viscosidad cm ² /s	Caudal m ³ /h	Velocidad m/h	Velocidad cm/s	Numero de Reynolds	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Necesaria(°c)	Porcentaje de Reproceso
50	0,154	4	4355,40	120,98	895,60	20,83	132,68	40,88
49,5	0,154	3,96	4311,85	119,77	886,64	21,05	132,64	40,28
49	0,154	3,92	4268,29	118,56	877,69	21,26	132,60	39,67
48,5	0,154	3,88	4224,74	117,35	868,73	21,48	132,55	39,05
48	0,154	3,84	4181,18	116,14	859,77	21,70	132,51	38,41
47,5	0,154	3,8	4137,63	114,94	850,82	21,93	132,46	37,76
47	0,154	3,76	4094,08	113,73	841,86	22,16	132,41	37,10
46,5	0,154	3,72	4050,52	112,52	832,91	22,40	132,37	36,42
46	0,154	3,68	4006,97	111,31	823,95	22,65	132,32	35,73
45,5	0,154	3,64	3963,41	110,10	814,99	22,90	132,27	35,03
45	0,154	3,6	3919,86	108,89	806,04	23,15	132,23	34,31
44,5	0,154	3,56	3876,31	107,68	797,08	23,41	132,18	33,57
44	0,154	3,52	3832,75	106,47	788,13	23,68	132,13	32,81
43,5	0,154	3,48	3789,20	105,26	779,17	23,95	132,08	32,04
43	0,154	3,44	3745,64	104,05	770,21	24,23	132,03	31,25
42,5	0,154	3,4	3702,09	102,84	761,26	24,51	131,98	30,44
42	0,154	3,36	3658,54	101,63	752,30	24,80	131,93	29,61
41,5	0,154	3,32	3614,98	100,42	743,35	25,10	131,87	28,77
41	0,154	3,28	3571,43	99,21	734,39	25,41	131,82	27,90
40,5	0,154	3,24	3527,87	98,00	725,43	25,72	131,77	27,01
40	0,154	3,2	3484,32	96,79	716,48	26,04	131,71	26,09
39,5	0,154	3,16	3440,77	95,58	707,52	26,37	131,66	25,16
39	0,154	3,12	3397,21	94,37	698,57	26,71	131,60	24,20
38,5	0,154	3,08	3353,66	93,16	689,61	27,06	131,55	23,21
38	0,154	3,04	3310,10	91,95	680,65	27,41	131,49	22,20
37,5	0,154	3	3266,55	90,74	671,70	27,78	131,43	21,17

4.1.2.- TABLA DE VALORES DE RENDIMIENTO DEL PROCESO UHT.

Para poder dar valores numéricos a las funciones matemáticas referidas al balance de materia y determinadas en el anterior capítulo, se dio seguimiento a un lote de producción por formato y se asumió esos datos como representativos ya que los flujos del proceso obedecen a una programación de control automático y en virtud a esto, la variación entre lotes de producción es mínima.

El rendimiento de cada lote de producción, será expresado en la tabla 4.1. esta tabla contiene los siguientes componentes:

- 1) Producto elaborado en un lote de producción.
- 2) Formato del producto elaborado, en mililitros.
- 3) Densidad del producto en gramos por mililitro, calculada a partir de la formula F.9 del Capítulo III.
- 4) Tiempo de operación del equipo de ultra pasteurización para cada lote de producción calculado en horas a partir de las formulas F.16, F17 y F.18 del Capítulo III.
- 5) Unidades producidas por lote de producción. Fuente, seguimiento a cada lote durante el desempeño del proceso.
- 6) Rendimiento del proceso de producción, expresado en porcentaje.

Tabla 4.7.

Producto UHT	Formato (ml)	Densidad (g / ml)	Tiempo de Operación (h)	Unidades Producidas	Rendimiento (%)
Leche Chocolateada	150 ml	1,0566	4,78	30920	98,01
Leche de Plátano	150 ml	1,0424	4,84	30840	96,44
Leche con Avena	200 ml	1,0153	3,88	25000	97,63
Leche Entera	946 ml	1,0257	2,06	5076	98,51
Leche Clarita	946 ml	1,0225	2,06	4854	93,90

4.2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.

Para determinar el comportamiento del sistema mediante el análisis de las variables de operación que hacen posible su control antes de las modificaciones, se recurre a las herramientas estadísticas descriptivas y de carácter inferencial.

El equipo de tratamiento UHT de la empresa, cuenta con el registro automático de temperaturas en un panel electrónico, en el caso de las presiones, estas son registradas en manómetros analógicos en el mismo lugar de la medición. Las variables de control de proceso son registradas en un cuaderno de control, bajo la siguiente referencia:

- ❖ **Temperatura de Esterilización del Producto:** Esta variable de control de proceso es de significativa importancia ya que de esta depende la eficiencia de la esterilización. Es posible programar electrónicamente el valor de temperatura deseada. La temperatura de esterilización es controlada mediante sensores de temperatura los cuales registran el dato tomado, a la salida del esterilizador, en el panel de control.
- ❖ **Temperatura del Agua Caliente:** Es la temperatura del flujo calefactor. No es programable ya que su valor depende de la programación de la temperatura de esterilización y de la facilidad o dificultad de la transferencia de calor en los tubos del intercambiador de calor.
- ❖ **Temperatura de entrada al Homogeneizador:** Es otra variable dependiente de la programación de la temperatura de esterilización. Es la temperatura a la cual se está precalentando el producto antes de ser homogeneizada.
- ❖ **Temperatura de salida del Homogeneizador:** La variación de esta temperatura con la anterior depende netamente del proceso de homogeneización y su equipo. Esta fluctúa entre 3 a 5°C.
- ❖ **Temperatura de entrada de Producto:** Esta temperatura no es programable y es registrada antes que el producto entre en la zona de precalentamiento (revisar

CAP. III - subtítulo 3.1.2.2.), mediante sensores de temperatura que muestran el valor en el panel de control.

- ❖ **Temperatura de salida de Producto:** Variable dependiente, ya que no es programable y es registrada a la salida del producto de la zona de enfriamiento (revisar CAP. III - subtítulo 3.1.2.6.), mediante sensores de temperatura que muestran el valor en el panel de control.
- ❖ **Temperatura de retorno de Producto:** Variable dependiente, ya que no es programable y es registrada al retorno del producto al tanque de balanceo (revisar CAP. III - subtítulo 3.1.2.7.), mediante sensores de temperatura que muestran el valor en el panel de control.
- ❖ **Presión de retorno:** Es la presión a la cual se encuentra el flujo de retorno. No es programable y es medida en un manómetro en el mismo lugar del registro.
- ❖ **Presión de agua caliente:** Es la presión a la cual se encuentra el flujo de el agua calefactora del proceso de esterilización, que recircula a través de los tubos esterilizadores y el intercambiador de calor de placas que calienta esta agua mediante vapor. Esta variable no es programable pero es regulable mediante una válvula manual que permite el ingreso de más agua fría al sistema de recirculación, logrando bajar la presión del agua caliente.
- ❖ **Presión de Vapor:** Es la presión a la cual se encuentra el flujo de vapor proveniente del caldero, antes de pasar por la válvula automática, que controla y regula el ingreso de vapor al intercambiador de calor de placas, que calienta el agua de esterilización.
- ❖ **Porcentaje de Apertura de válvula:** Es una variable dependiente de dos situaciones. El hecho de que a medida que transcurre el proceso, la transferencia de calor de la fuente caliente a la fría en la esterilización es menor, esto hace que el agua calefactora deba calentarse más, requiriendo para su calentamiento una cantidad de vapor mayor y por ende el porcentaje de la válvula se abrirá más automáticamente. O de manera inversa si se desea enfriar el equipo y se programa un descenso de la temperatura de esterilización, automáticamente la

válvula se cerrara en un porcentaje que permita ese enfriamiento. Por otro lado este dispositivo de control automático también está en función a la presión que el caldero libera el vapor. A mayor presión de vapor menor apertura de válvula.

Las variables descritas anteriormente son los datos que se sugiere tratarlos estadísticamente. Para que el tratamiento estadístico sea más objetivo se analizara las variables independientes.

Se debe resaltar que todos los datos llenados en las tablas tienen una importancia considerable en el control del proceso. Sin embargo el par de datos sujeto a tratamiento estadístico serán la temperatura del agua caliente (flujo calefactor) y la temperatura de esterilización del producto. Por el hecho que los demás datos en su mayoría son consecuencia de la variación de estos.

La variación de temperatura ΔT (**temp. Agua caliente – temp. Producto**) nos expresa la referencia de transferencia de calor y supone que a un mayor valor de ΔT , la transferencia de calor se estaría efectuando con mayor dificultad, debido a la naturaleza de la base del producto o a la deposición de producto quemado en las paredes del esterilizador tubular. Otro de los datos, el cual nos sirve de referencia en la transferencia de calor en el esterilizador, es el porcentaje de apertura de la válvula que regula la entrada de vapor al intercambiador de calor que calienta al agua calefactora del proceso. Sin embargo esta variable también está en función al comportamiento del caldero que suministra vapor y a la presión que este genera, de esta manera es que esta variable queda excluida de nuestro análisis estadístico.

Los resultados se los describirá mediante construcción de tablas de frecuencia e histogramas, mientras que la interpretación estadística será establecida por gráficos de control. Este tratamiento se lo realizara por producto y lote de producción.

4.2.1.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA DATOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE CHOCOLATADA DE 150 ML.

Primeramente se clasificara los datos en la construcción de tablas de frecuencia. El origen de todos los datos a tratar se los puede encontrar en las tablas de control de proceso (ANEXO-D).

Se analizaran dos lotes de producción por producto UHT, con diferentes programas de frecuencia del homogeneizador, o sea a distintos caudales y a distinta velocidad.

Tabla 4.8.

ORP	Producto	Δt	Hora	Frecuencia
5329	Leche Chocolateada	16	08:50	45 Hz
5329	Leche Chocolateada	15	09:20	45 Hz
5329	Leche Chocolateada	16	09:50	45 Hz
5329	Leche Chocolateada	16	10:20	45 Hz
5329	Leche Chocolateada	17	10:50	45 Hz
4792	Leche Chocolateada	7	12:55	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	13:20	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	13:45	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	8	14:10	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	14:40	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	15:00	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	15:30	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	16:00	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	8	16:30	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	9	17:00	46,6Hz
4792	Leche Chocolateada	11	17:40	46,6Hz

(Fuente: tablas de control de proceso – ANEXO-D)

Donde:

ORP: Orden de producción que caracteriza al lote producido.

At: temperatura de Agua caliente – temperatura de Producto

Hora: Es la hora de toma de datos

Frecuencia: Variable que define el Caudal de operación.

La construcción de tablas de frecuencia se baso en lo detallado en el Capítulo III, subtítulo 3.3.1.

i	Intervalo	Frecuencias Absolutas		Frecuencias Relativas	
		f_i	F_i	h_i	H_i
1	7	1	1	6,25	6,25
2	8 a 10	9	10	56,25	62,5
3	11 a 13	1	11	6,25	68,75
4	14 a 16	4	15	25	93,75
5	17	1	16	6,25	100
Totales		16		100	

Donde:

i : Número de Intervalo.

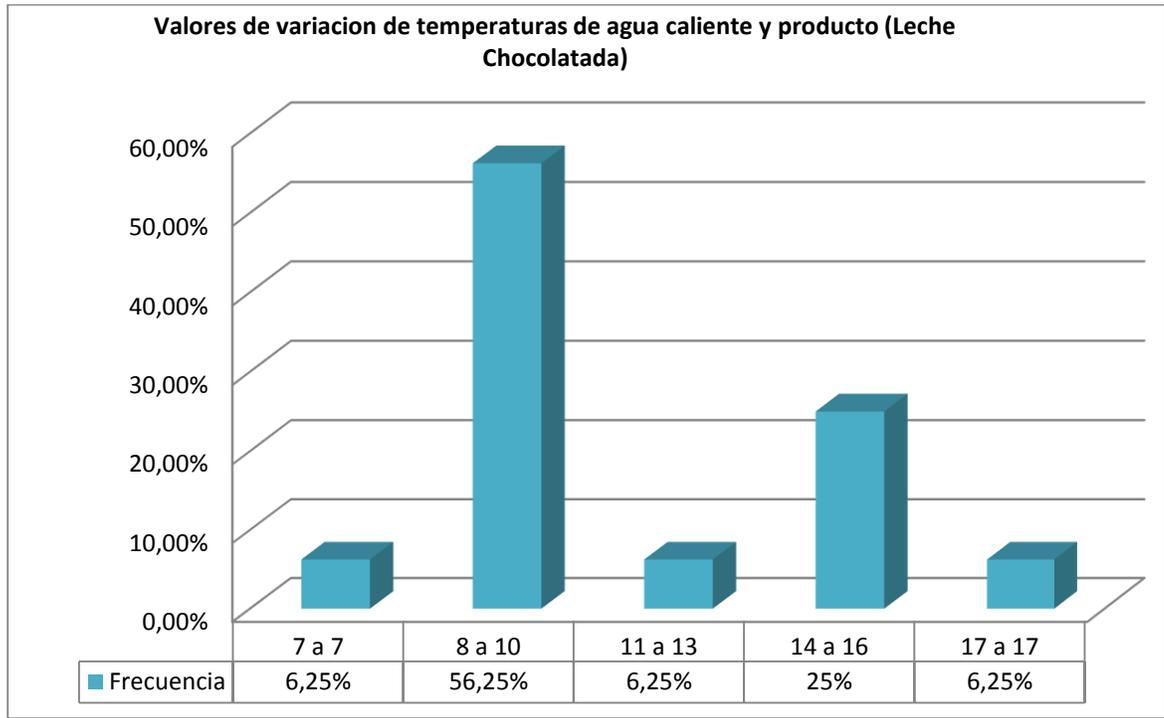
f_i : Muestra la repetición de los datos en determinado intervalo.

F_i : Acumulación progresiva de frecuencias Absolutas.

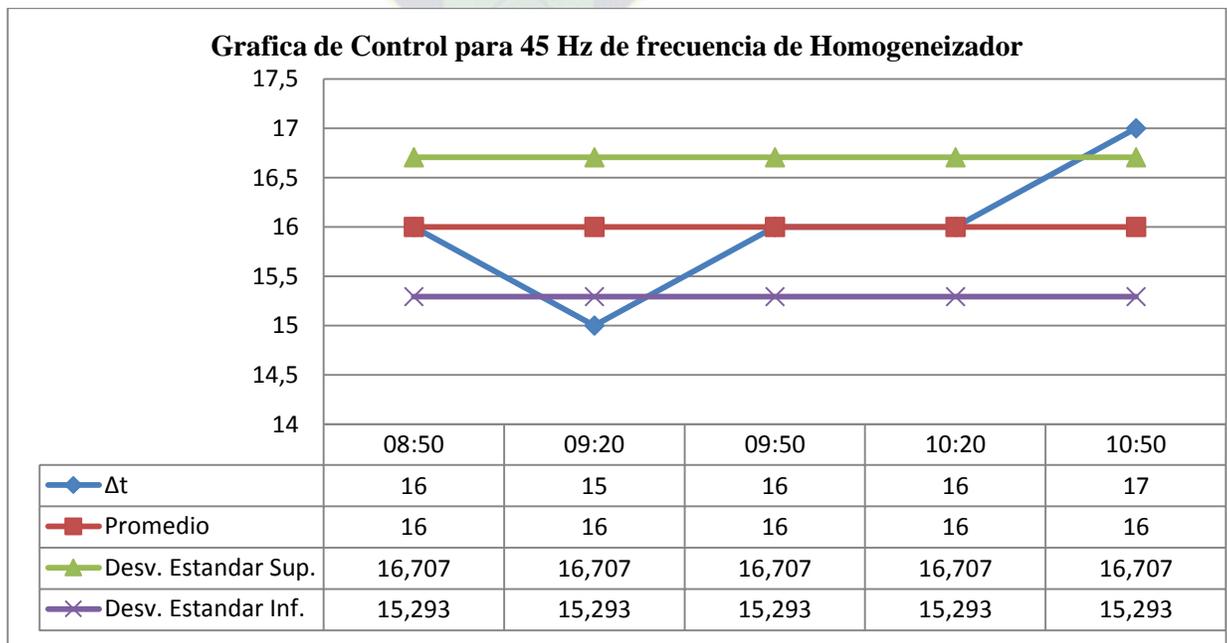
h_i : Frecuencias Absolutas expresadas en términos relativos (%)

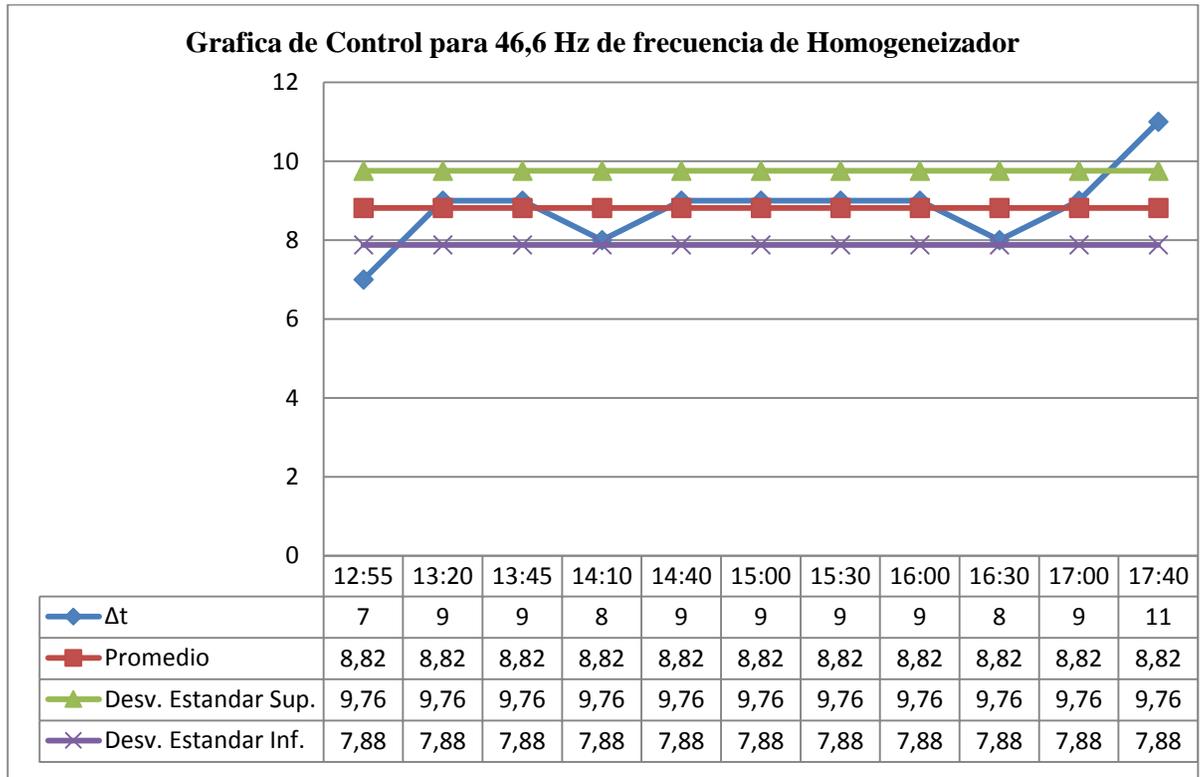
H_i : Acumulación progresiva de frecuencias Relativas

El Histograma de Frecuencias fue construido a partir de lo determinado en el Capítulo III subtítulo 3.3.2.



La construcción de gráficos de control responde a lo determinado en el Análisis de tendencia Central, Análisis de Dispersión y Gráficos de control (revisar CAP. III- subtítulos 3.3.3, 3.3.4 y 3.3.5).





4.2.2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA DATOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE CON AVENA DE 200 ML.

Primeramente se clasificara los datos en la construcción de tablas de frecuencia. El origen de todos los datos a tratar se los puede encontrar en las tablas de control de proceso (ANEXO-D).

Se analizaran dos lotes de producción por producto UHT, con diferentes programas de frecuencia del homogeneizador, o sea a distintos caudales y por ende a distinta velocidad.

Tabla 4.9.

ORP	Producto	Δt	Hora	Frecuencia
6453	Leche con Avena	5,5	22:35	47 Hz
6453	Leche con Avena	8,1	23:15	47 Hz
6453	Leche con Avena	4,8	23:45	47 Hz
6453	Leche con Avena	4,5	00:15	47 Hz
6453	Leche con Avena	4,6	00:45	47 Hz
6453	Leche con Avena	4,9	01:15	47 Hz
6453	Leche con Avena	7,8	01:45	47 Hz
6453	Leche con Avena	10,2	02:15	47 Hz
6453	Leche con Avena	9,5	02:45	47 Hz
6453	Leche con Avena	4,6	03:15	47 Hz
4937	Leche con Avena	1,9	22:30	48 Hz
4937	Leche con Avena	0,1	23:00	48 Hz
4937	Leche con Avena	1,1	23:40	48 Hz
4937	Leche con Avena	0,9	00:00	48 Hz
4937	Leche con Avena	1,3	00:28	48 Hz
4937	Leche con Avena	1,1	01:01	48 Hz
4937	Leche con Avena	1,4	01:30	48 Hz
4937	Leche con Avena	0,2	01:55	48 Hz
4937	Leche con Avena	1,8	02:10	48 Hz

(Fuente: tablas de control de proceso – ANEXO-D)

Donde:

ORP: Orden de producción que caracteriza al lote producido. **Δt :** temperatura de Agua caliente – temperatura de Producto**Hora:** Es la hora de toma de datos**Frecuencia:** Variable que define el Caudal de operación.

La construcción de tablas de frecuencia se baso en lo detallado en el Capítulo III, subtítulo 3.3.1.

i	Intervalo	Frecuencias Absolutas		Frecuencias Relativas	
		f _i	F _i	h _i	H _i
1	0 a 2	9	9	47,4	47,4
2	2,1 a 4	0	9	0	47,4
3	4,1 a 6	6	15	31,6	79
4	6,1 a 8	1	16	5,3	84,3
5	8,1 a 10,2	3	19	15,8	100
Totales		19		100	

Donde: i : Número de Intervalo.

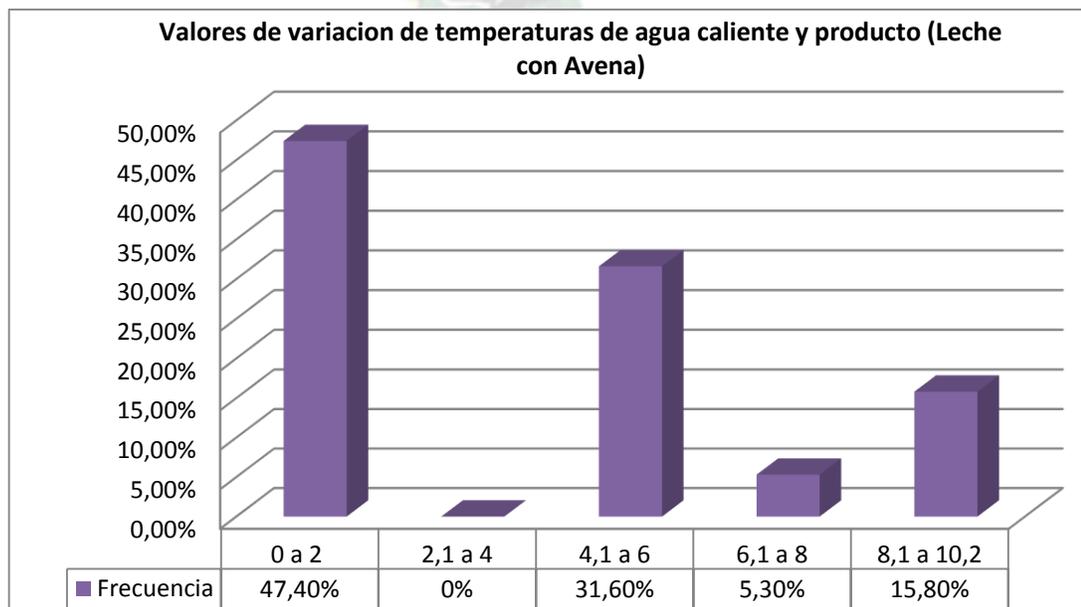
f_i : Muestra la repetición de los datos en determinado intervalo.

F_i : Acumulación progresiva de frecuencias Absolutas.

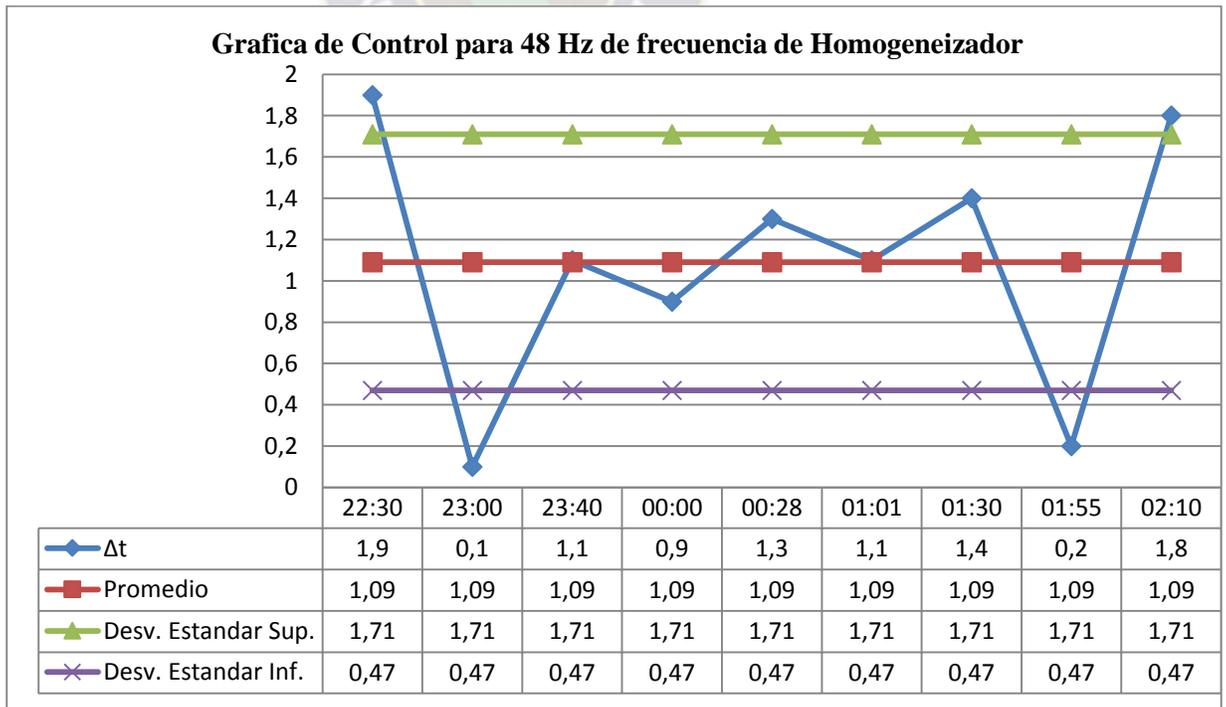
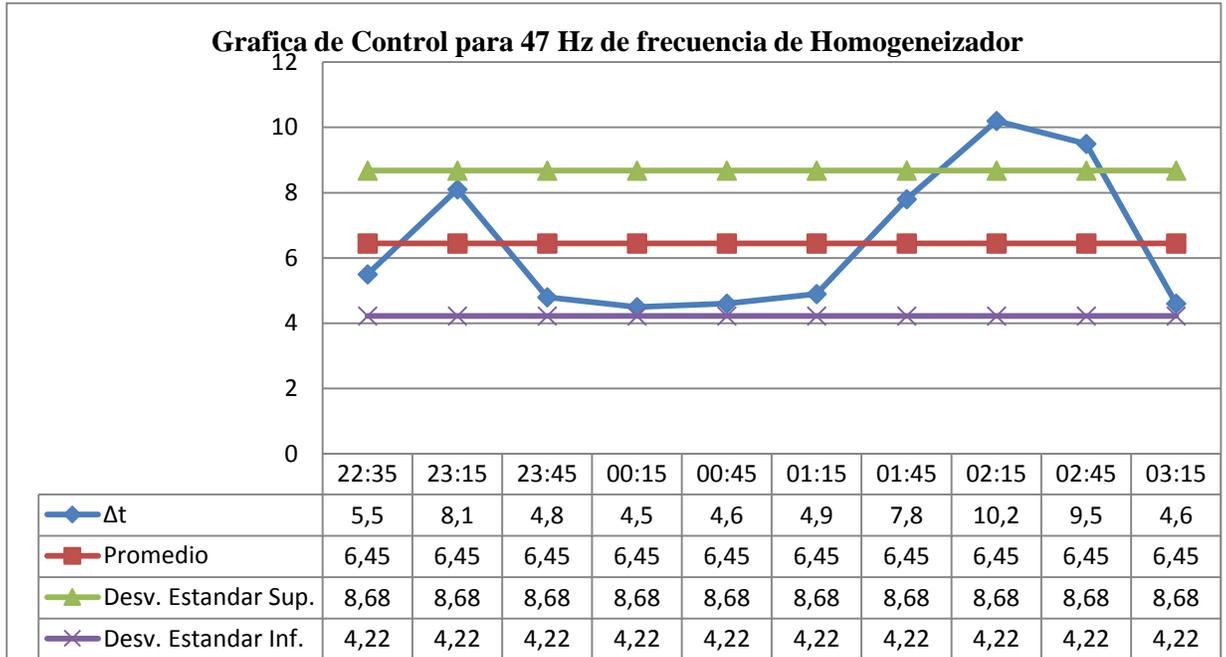
h_i : Frecuencias Absolutas expresadas en términos relativos (%)

H_i : Acumulación progresiva de frecuencias Relativas

El Histograma de Frecuencias fue construido a partir de lo determinado en el Capítulo III subtítulo 3.3.2.



La construcción de gráficos de control responde a lo determinado en el Análisis de tendencia Central, Análisis de Dispersión y Gráficos de control (revisar CAP. III- subtítulos 3.3.3, 3.3.4 y 3.3.5).



4.2.3.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA DATOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE ENTERA DE 946 ML.

Primeramente se clasificara los datos en la construcción de tablas de frecuencia. El origen de todos los datos a tratar se los puede encontrar en las tablas de control de proceso (ANEXO-D).

Se analizaran dos lotes de producción por producto UHT, con diferentes programas de frecuencia del homogeneizador, o sea a distintos caudales y por ende a distinta velocidad.

Tabla 4.10.

ORP	Producto	Δt	Hora	Frecuencia
6647	Leche Entera	8	23:10	47 Hz
6647	Leche Entera	9,1	00:00	47 Hz
6647	Leche Entera	10,1	00:30	47 Hz
6647	Leche Entera	11,4	01:00	47 Hz
6647	Leche Entera	11,1	01:30	47 Hz
6647	Leche Entera	12,2	02:00	47 Hz
6647	Leche Entera	13,3	02:30	47 Hz
6647	Leche Entera	14,4	03:00	47 Hz
6647	Leche Entera	15	03:50	47 Hz
6560	Leche Entera	2,8	19:40	50 Hz
6560	Leche Entera	6,9	20:30	50 Hz
6560	Leche Entera	6,7	20:59	50 Hz
6560	Leche Entera	2,9	21:30	50 Hz
6560	Leche Entera	6,5	22:00	50 Hz

(Fuente: tablas de control de proceso – ANEXO-D)

Donde:

ORP: Orden de producción que caracteriza al lote producido.

Δt : temperatura de Agua caliente – temperatura de Producto

Hora: Es la hora de toma de datos

Frecuencia: Variable que define el Caudal de operación.

La construcción de tablas de frecuencia se baso en lo detallado en el Capítulo III, subtítulo 3.3.1.

i	Intervalo	Frecuencias Absolutas		Frecuencias Relativas	
		f_i	F_i	h_i	H_i
1	2,8 a 5	2	2	14,3	14,3
2	5,1 a 7,6	3	5	21,3	35,6
3	7,7 a 10,2	3	8	21,3	56,9
4	10,3 a 12,8	3	11	21,3	78,2
5	12,9 a 15	3	14	21,3	100
Totales		14		100	

Donde:

i : Número de Intervalo.

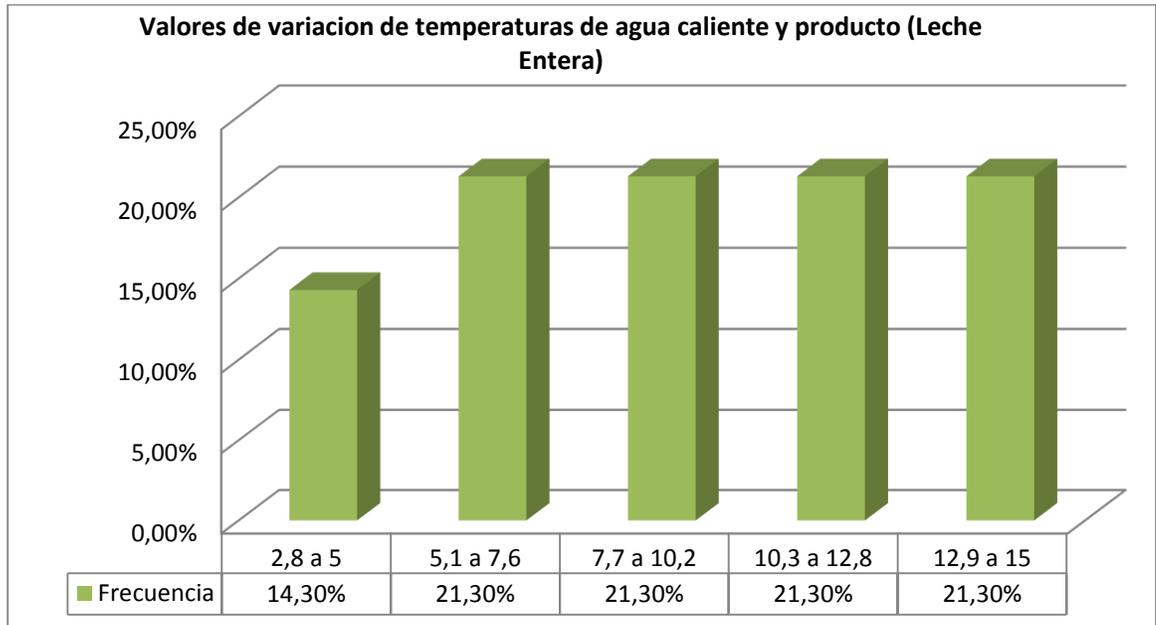
f_i : Muestra la repetición de los datos en determinado intervalo.

F_i : Acumulación progresiva de frecuencias Absolutas.

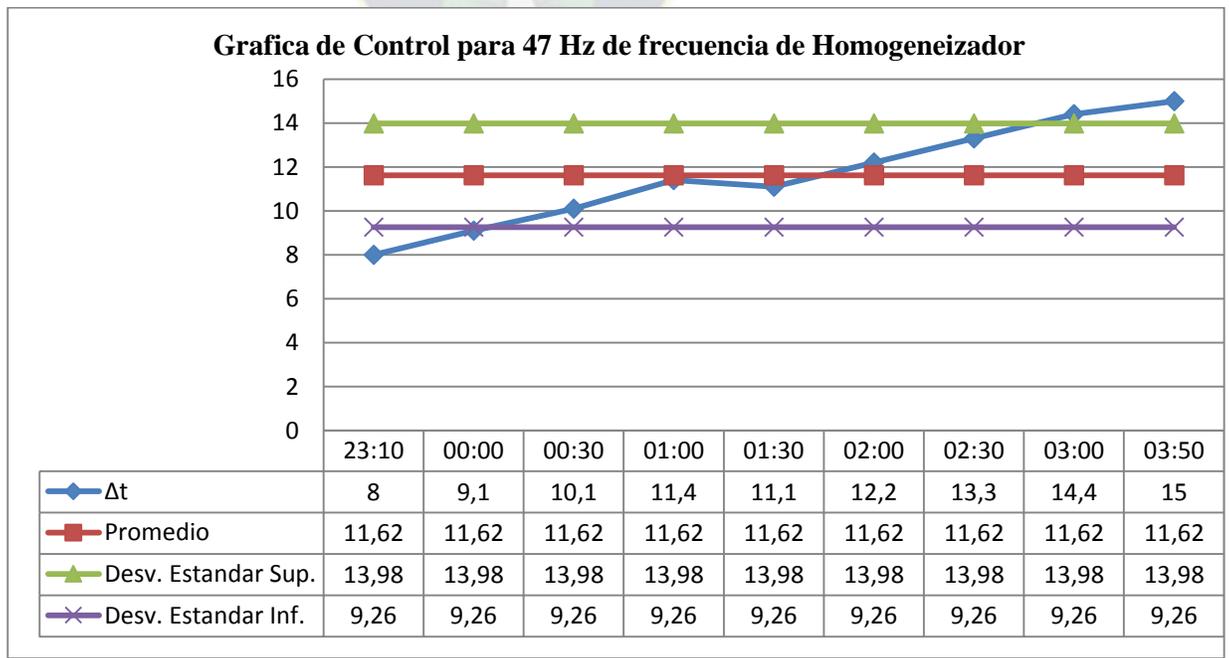
h_i : Frecuencias Absolutas expresadas en términos relativos (%)

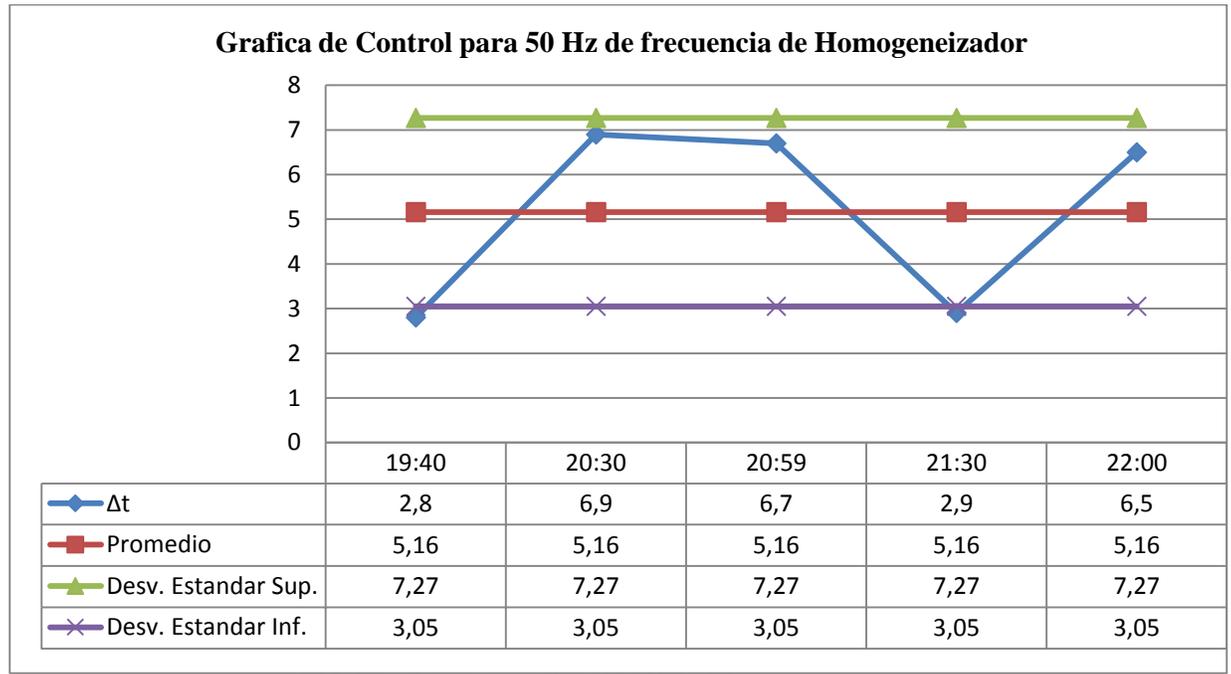
H_i : Acumulación progresiva de frecuencias Relativas

El Histograma de Frecuencias fue construido a partir de lo determinado en el Capítulo III subtítulo 3.3.2.



La construcción de gráficos de control responde a lo determinado en el Análisis de tendencia Central, Análisis de Dispersión y Gráficos de control (revisar CAP. III- subtítulos 3.3.3, 3.3.4 y 3.3.5).



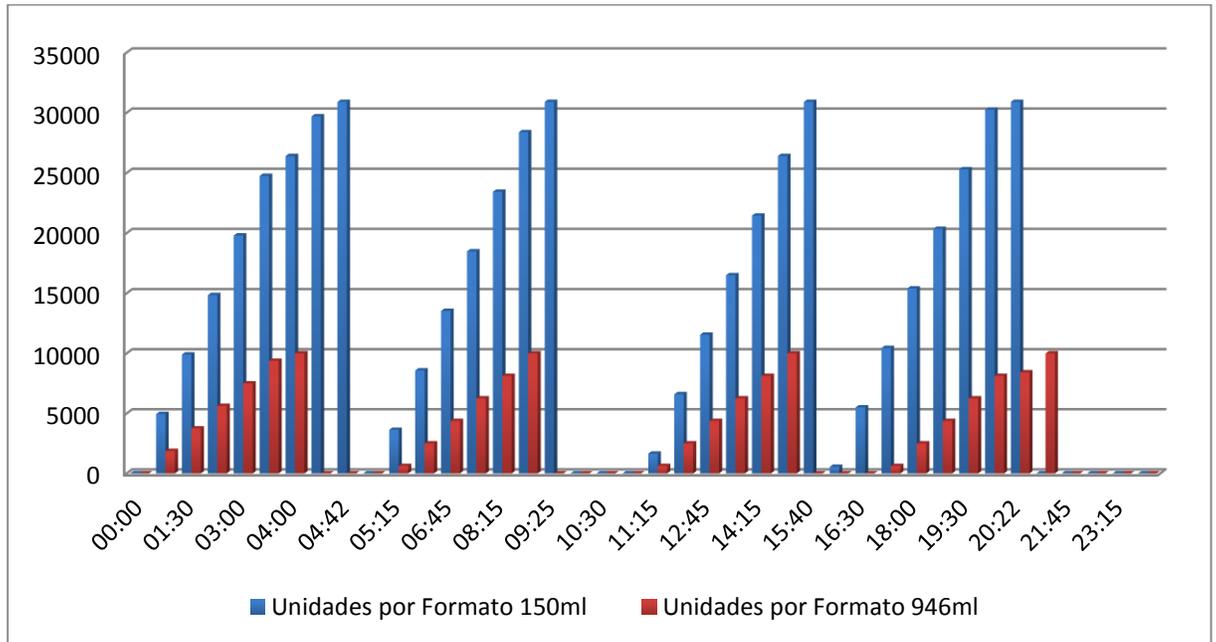


4.3.- CAPACIDAD Y TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DIARIA DE LA LÍNEA UHT.

Actualmente la capacidad de producción de la línea UHT está determinada por la programación del Envasado Aséptico. Para productos de formato de 150 ml, la programación máxima de la envasadora aséptica es de 6600 unidades por hora y para productos de formato de 946 ml, la programación de la envasadora aséptica es de 2500 unidades por hora.

La capacidad de producción de la línea de Ultra Pasteurización, también depende del buen funcionamiento del esterilizador para no usar más horas de saneo que lo programado.

Para la construcción de la grafica se recurre a cálculos, determinaciones del Capítulo III (subtitulo 3.2.4.2 y 3.2.4.3) y tabla 4.7 del Capítulo IV. Se muestran valores interceptados entre las variables tiempo vs unidades producidas.



La grafica expresa la comparación de un ciclo ideal de producción de formato 150 ml con productos de formato de 946 ml, para de 24 horas de producción.

4.4.- PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.

La propuesta de mejoramiento operativo del proceso de Ultra Pasteurización de la Compañía de Alimentos Ltda. está enfocada en el aprovechamiento de los recursos tecnológicos disponibles en la empresa. No está demás sugerir que se implemente y se adquiera unidades de procesamiento como envasadoras asépticas, tanque aséptico, tubo de mantenimiento, etc. con la finalidad de conseguir el desarrollo de la línea de producción UHT. La implementación de recursos tecnológicos en la línea de Ultra pasteurización viene dados como sugerencia y no son parte de este proyecto ya que su ejecución estaría enmarcada en el cambio de proceso y no en la optimización del mismo.

La propuesta de optimización del proceso ha sido elaborada a partir del análisis de resultados anteriores. Para darle un enfoque más funcional a la propuesta, se ha dividido

en dos partes importantes: La pertinente programación de temperatura de esterilización en función del caudal de proceso detallado en las tablas 4.11 y el control de limpieza previa e intermedia a la producción detallado en la tabla 4.12.

4.4.1.- PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA LÍNEA UHT.

La construcción de la tabla 4.11 se fundamenta en la formula (F.5) del Capítulo III que nos permite hallar el límite inferior de temperatura requerida para obtener un producto comercialmente estéril y en la figura (10) del Capítulo II (mas detalles de la figura Cap. II-2.5.3) que permite hallar los limites superior e inferior de temperatura requerida.

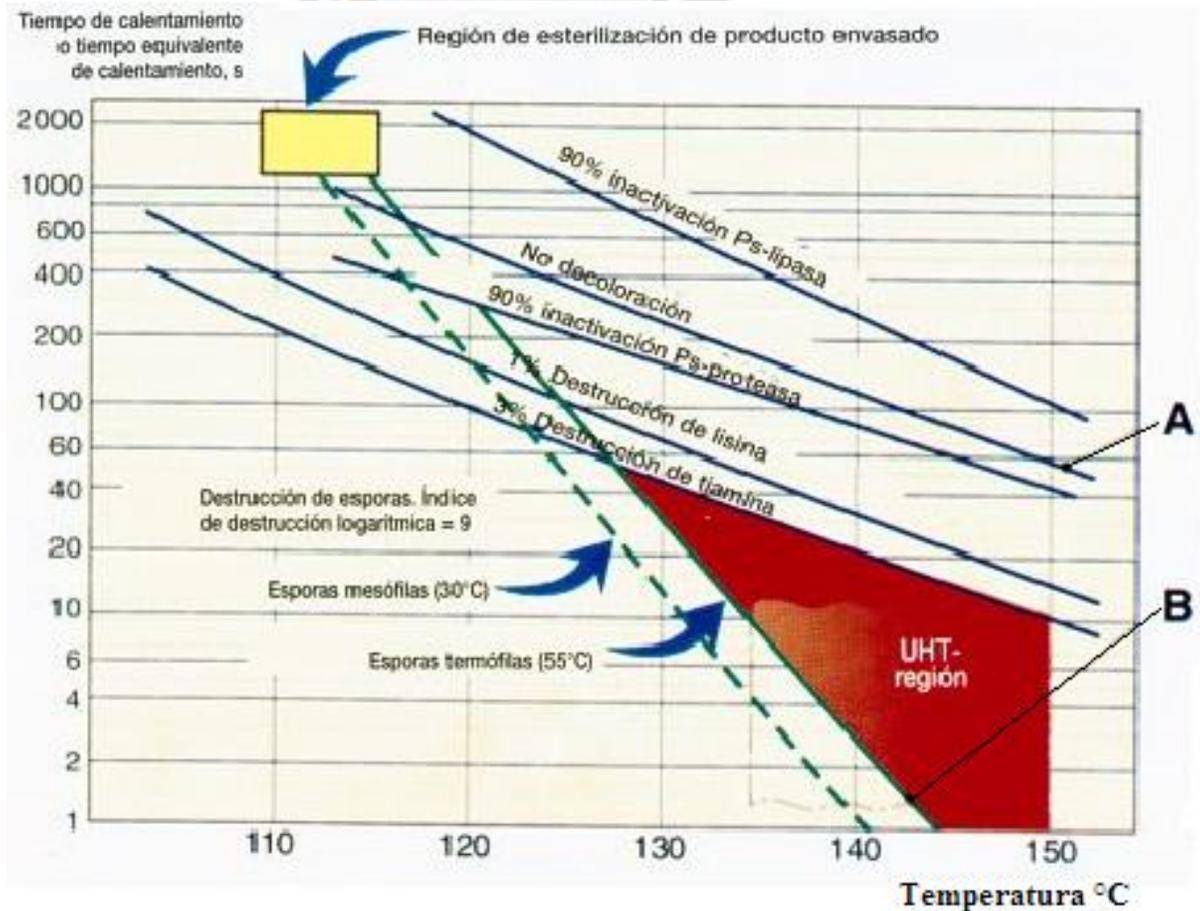


Tabla 4.11.

Frecuencia Homogen. (Hz)	Caudal m3/h	Tiempo (seg) Residencia	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
50	4	20,83	132,7	139,6
49	3,92	21,26	132,6	139,4
48	3,84	21,70	132,5	139,1
47	3,76	22,16	132,4	138,9
46	3,68	22,65	132,3	138,7
45	3,6	23,15	132,2	138,4
44	3,52	23,68	132,1	138,2
43	3,44	24,23	132,0	137,9
42	3,36	24,80	131,9	137,6
41	3,28	25,41	131,8	137,3
40	3,2	26,04	131,7	137,0
39	3,12	26,71	131,6	136,6
38	3,04	27,41	131,5	136,3
37	2,96	28,15	131,4	135,9
36	2,88	28,94	131,3	135,5
35	2,8	29,76	131,1	135,1
34	2,72	30,64	131,0	134,7
33	2,64	31,57	130,9	134,2
32	2,56	32,55	130,7	133,7
31	2,48	33,60	130,6	133,2
30	2,4	34,72	130,5	132,6
29	2,32	35,92	130,3	132,0

28	2,24	37,20	130,2	131,4
27	2,16	38,58	130,0	130,7
26	2,08	40,07	129,8	130,0

(Fuente: Propia – basado en Cap. IV-subtítulo 4.1.1)

De manera general, la tabla 4.11 sirve para la programación del procesamiento de cualquier producto y de cualquier formato.

4.4.2.- PARÁMETROS DE CONTROL DE CONCENTRACIÓN DE AGENTES DE LIMPIEZA DE LA LÍNEA UHT.

La optimización de la limpieza previa a la producción CIP, o la limpieza intermedia AIC, son de gran importancia para lograr una optimización del proceso en general, ya que un saneo eficiente lograra una mejor transferencia de calor en la esterilización.

La empresa prepara los agentes de limpieza (soda caustica y ácido nítrico) a una concentración de 2%. Se recomienda trabajar la limpieza con concentraciones de 0,5–1,5% de soda caustica (NaOH) y ácido nítrico. Una concentración muy alta genera espuma y no hará eficiente la limpieza, por otro lado una concentración muy baja no cumplirá con el objetivo de limpieza.

Para esta parte se propone dar seguimiento al programa de limpieza, mediante el control de los siguientes parámetros:

Tabla 4.12.

Agente de Limpieza	Concentración Preparada	pH al inicio del Saneo	pH a la mitad del Saneo	pH al final del Saneo
1° Soda Caustica	2%	13,66 - 13,70	13,35 - 13,45	13,05 - 13,15
Acido Nítrico	1,5%	0,61 - 0,63	0,75 - 0,85	1,05 - 1,15
2° Soda Caustica	1,5%	13,55 - 13,60	13,35 - 13,45	13,35 - 13,45

La relación de concentración y pH se detalla en el Cap. III-subtitulo 3.2.5. Es necesario resaltar que la concentración de agentes limpiadores, va disminuyendo en función al tiempo, ya que estos al desengrasar, desincrustar y limpiar van reaccionando con las impurezas presentes en los equipos. Por este motivo es importante controlar la concentración en distintas fases del saneo.

En el caso que el pH que mide la concentración de agente de limpieza, este fuera de rango se debe regular, aumentando agente químico en el caso de baja concentración o agua en el caso de alta concentración.





CAPITULO V

ASPECTOS FINALES Y COMPLEMENTARIOS

5.1.- CONCLUSIONES.

Al finalizar el presente proyecto se pueden definir los siguientes cambios a nivel técnico, académico y empresarial.

- ❖ De manera general se ha mejorado el rendimiento diario de la línea de elaboración de productos de Ultra Pasteurización de la empresa. Aumentando la capacidad de cada ciclo de producción de dos lotes a cuatro o más lotes en algunos casos, realizando el seguimiento y análisis de los cambios realizados en las variables de operación.
- ❖ Se ha podido establecer diferencias, mediante gráficos de control estadístico, del comportamiento del sistema a diferentes caudales de operación, de productos representativos de cada formato y diferente viscosidad. Refrendando de esta manera lo analizado teóricamente.
- ❖ Se han determinado condiciones óptimas de operación aprovechando los recursos tecnológicos disponibles en la empresa, tratando de mantener e incluso mejorar la calidad de los productos de Ultra pasteurización. Disminuir el caudal de operación, permitió operar a temperaturas menores de esterilización, logrando con esto reducir el porcentaje de reproceso, al tratar el producto a menor temperatura se evita la coagulación de proteínas y el encostrado de estas en el esterilizador, por otro lado al programar temperaturas menores de esterilización se ahorra en el uso de energía.
- ❖ Se dio el programa de control de saneo, como parte importante del arranque y mantenimiento del proceso de Ultra pasteurización

- ❖ Desde el punto de vista de la empresa, gracias a la optimización del proceso UHT, se logro aumentar el volumen de producción, demostrado en la programación actual de ciclos de producción diarios, de dos lotes por ciclo a cuatro lotes por ciclo.
- ❖ Se determino el tiempo de residencia del producto en los tubos de esterilización, para distintos valores de caudal de operación. Este dato contribuyo de gran manera al análisis del proceso y por consecuencia a la mejora de este.

5.2.- RECOMENDACIONES.

Dentro de la vivencia y experiencia en la empresa, se ha podido apreciar los siguientes aspectos, que ameritan cierta consideración:

- ❖ En la elaboración de algunos productos UHT se requiere de la mezcla de leche con concentrados que provienen de la sala de bases, estos deben cumplir a cabalidad los programas de mezcla y disolución de componentes de formulación, ya que de no ser de esa forma el proceso UHT se ve afectado de manera negativa al no poder presentar un proceso constante en su desempeño.
- ❖ Se recomienda instalar sensores de temperatura a la entrada de producto al esterilizador, con la finalidad de tener un monitoreo y control más amplio del proceso UHT.
- ❖ Es necesario instalar un par de intercambiadores tubulares en la zona de enfriamiento del proceso de Ultra pasteurización, ya que con los cuatro que cuenta actualmente la línea, no basta para alcanzar las temperaturas requeridas para esta zona.

- ❖ Se recomienda dar la instrucción de trabajar a presión de agua caliente, menor a 3 bares, ya que valores mayores a este suponen la vaporización del agua y por ende dificultan la transferencia de calor al producto.
- ❖ Si se desea a futuro el desarrollo significativo de línea UHT, es necesaria la implementación de recursos tecnológicos como un tanque de almacenamiento intermedio (tanque aséptico) y una envasadora aséptica, para aumentar a gran escala el volumen de producción y reducir de igual manera el tiempo de operación. Por otro lado con estas unidades se podrá envasar dos productos distintos a la vez.
- ❖ Si se desea trabajar a temperaturas altas de esterilización (límite superior de temperatura) pero al mismo caudal de operación, con la finalidad de aumentar aún más la durabilidad de los productos UHT, se recomienda añadir en la formulación estabilizante térmicos como el fosfato ácido de sodio.

5.3.- BIBLIOGRAFÍA.

- ❖ “Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías” CRANE – Mc Gran-Hill.
- ❖ “Operaciones Unitarias en Ingeniería Química” Cuarta Edición–Warren L. McCabe
- ❖ “Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias” Tercera edición – Christie J. Gean Kopolis – Mexico 1998.
- ❖ “Manual de Industrias Lácteas” Tetra Pak.

- ❖ “Long-Life Products” Heat-Treated - Dr. Bernhard von Bockelmann and Dr. Irene von Bockelmann.
- ❖ “Aseptically Packed” A Guide to Quality - Dr. Bernhard von Bockelmann and Dr. Irene von Bockelmann.
- ❖ “Análisis Estadístico Descriptivo” Luis Flores Cebrián – Versión Inicial agosto 2009.
- ❖ “Estadística Elemental” Ávila Acosta.
- ❖ “Catalogo de Normas Bolivianas 2011” IBNORCA – Dirección Nacional de Normalización.
- ❖ www.deliza.com.bo
- ❖ www.umsanet.edu.bo/tesis
- ❖ “Gestión de la producción y Operaciones” Memoria Técnica - Juan Víctor Aguirre (15/junio/2009)

ANEXOS



ANEXO – A



ANEXO – B

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LECHE EN SU RECEPCIÓN.

La composición y la calidad son determinadas por primera vez mediante un cierto número de pruebas a la llegada de la leche a la industria, el resultado de algunas de estas pruebas tiene una influencia directa en el precio que el proveedor recibe por la leche entregada.

A continuación se describe el análisis que se realiza a la leche cruda que ingresa a la planta.

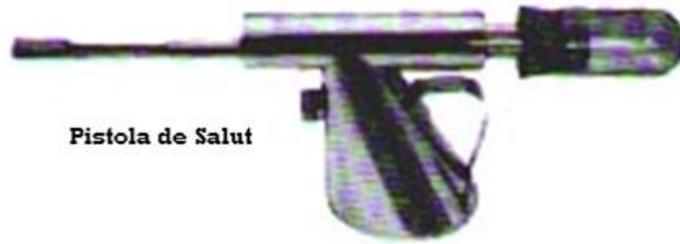
Toma de Muestra.

La muestra es tomada por el analista de Control de Calidad, el cual verifica en el momento del muestreo que la leche haya sido mezclada adecuadamente. Una vez recogidas las muestras estas son inmediatamente transportadas al laboratorio para su respectivo análisis fisicoquímico.

Prueba de Alcohol – Pistola de Salud.

Se utiliza una solución alcohólica al 80% para leche destinada al proceso UHT y al 78% para leche destinada a otros procesos, esto debido a que en el tratamiento UHT nos interesa la estabilidad de la proteína.

Se introduce una muestra de leche previamente agitada, en la pistola de salud, y se vierte en un recipiente junto con la solución alcohólica. Se agita suavemente el recipiente durante 3 segundos, si la leche forma un precipitado al cabo de este tiempo, se la rechazará por considerarla ácida, caso contrario se procederá a aceptarla.



Pistola de Salut

Determinación de la Acidez Titulable.

La acidez de la leche se determina por valoración de la cantidad total de ácido presente, mediante su neutralización por álcali de concentración conocida en presencia de un indicador.

Se mide 9 ml de muestra con la pipeta y se colocan en un vaso, se añaden 2 – 3 gotas de indicador Fenolftaleína y se realiza la valoración con NaOH 0.1 N, agitando constantemente el vaso hasta obtener un color ligeramente rosado.

Finalmente el número de ml gastados de NaOH 0.1 N se multiplica por 10 para obtener los resultados en grados °DORNIC.

$$1^{\circ} \text{DORNIC} = 0.01\% \left[\text{Ácido Láctico} \right]$$

La leche destinada al proceso UHT debe tener una acidez en el rango de 0.14 – 0.16% [A.L], y la que es destinada a otros procesos hasta 0.18%. La leche que tenga acidez superior a 0.18% es inmediatamente rechazada.

Determinación de Sólidos Totales.

El equipo más utilizado en medición de sólidos totales es el refractómetro. En el refractómetro se depositan algunas gotas de la muestra sobre la superficie del prisma fijo y se orienta el instrumento hacia una fuente de luz para efectuar la lectura sobre la escala identificada por la línea de separación entre el campo claro y oscuro.



Determinación de Sólidos Totales Uso del Refractómetro

Los Sólidos Totales de la leche deben estar en el rango de 10 a 12 °Brix, menores a 9,5 °Brix son rechazados por estar adulterados.

Análisis de los factores fisicoquímicos de la leche - LACTOSCAN

El LACTOSCAN es un equipo automatizado que facilita en un corto tiempo la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- %Grasa
- % Sólidos no Grasos
- Densidad
- % Proteína
- % Lactosa
- % Agua Añadida
- Temperatura °C
- Punto de Fusión °C

El análisis es realizado colocando una muestra de leche en el vaso toma muestras, que es colocado en la base del equipo. Haciendo uso del menú se selecciona el análisis de leche. Una vez realizado el análisis (que tarda aproximadamente un minuto) el equipo imprime los resultados, que son inmediatamente transcritos en el Registro de Recepción de Leche Cruda.



**Equipo de Análisis de Leche "LACTOSCAN"
Colocación de la Muestra.**



Impresión de los Resultados - LACTOSAN

Los valores de los parámetros fisicoquímicos son de mucha importancia, pero los que tienen impacto directo sobre la calidad de la leche son la Temperatura y el porcentaje de Agua Añadida. La Temperatura de la leche debe ser menor o igual a 15 °C, en caso de que se encuentre a una temperatura mayor, esta es rechazada inmediatamente debido a que presenta mayor probabilidad de contaminación microbiológica. En cuanto al porcentaje de Agua Añadida este debe ser igual a cero, o en su defecto no debe superar el 7%, ya que se procede al rechazo de la leche por adulteración.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL PRODUCTO FINAL DE LA LÍNEA UHT.

Se realiza un Control de Calidad al producto final, cuyos objetivos son:

- Evitar que el producto no conforme llegue hasta el consumidor
- Determinar el grado de Esterilidad de la Línea Aséptica
- Averiguar las causas de muestras no conformes
- Realizar una estadística para optimizar el proceso.

La cuarentena es de siete días, en los cuales a las distintas muestras se les realiza diferentes análisis fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos. Con el procedimiento de liberación en el que se controlan cierta cantidad de muestras, se debe garantizar que el 100% del producto que recibe el consumidor es estéril.

Toma de Muestras.

Se realizan dos diferentes tipos de muestreo:

Muestreo Aleatorio.

Este muestreo nos sirve para analizar la esterilidad del producto mediante pruebas fisicoquímicas y organolépticas. Algunas bolsas se mantienen hasta la fecha de vencimiento y quedan como referencia, estas unidades sirven para evaluar el shelf life (tiempo de vida), ó como contra muestra ante un eventual reclamo. El muestreo es periódico durante la producción, y se realiza la identificación de cada muestra.

Todas las muestras deben tener la misma codificación: lote, brazo, hora, fecha, tipo de muestra, referencia en la posición a la paleta o a un incidente cada hora.

Muestreo de Eventos.

Este muestro sirve sólo para analizar la esterilidad, se lo realiza siempre y cuando haya ocurrido algún incidente inusual durante la producción, este muestreo es codificado por parte del operador de la envasadora de las primeras bolsas buenas inmediatamente después de un evento o problema. La cantidad de muestras de eventos es variable y depende del comportamiento de la envasadora.

Su identificación es la misma que se utiliza en el muestreo aleatorio. Además, se tiene un registro donde se identifica el tipo de incidente, numeralmente, ejemplo:

- (1) Cambio de bobina A
- (2) Cambio de bobina B
- (3) Inicio de la Producción
- (4) Apertura la puerta A, etc.

Incubación de las Muestras.

Las muestras deben ser calentadas a las temperaturas de incubación (32 y 55 °C) lo más rápido posible. El almacenamiento en las cámaras de incubación permite que todos los envases reciban la misma cantidad de calor y al mismo tiempo (por medio del uso de estanterías).

Investigación de las muestras a 30 °C.

En estas condiciones crecen principalmente microorganismos mesófilos. La gran mayoría de estas bacterias produce acidez y/o gas. En consecuencia la mayoría de muestras no estériles puede ser encontrada en forma visual o con pH.

Investigación de las muestras a 55 °C.

Lo que se pretende con esta incubación, verificar si existe la presencia de microorganismos termófilos.

Análisis para determinar Esterilidad.➤ **Bolsas No Conformes.**

Se realiza este control, para verificar si existe la presencia de Bolsas pinchadas, reventadas, hinchadas, etc. La cantidad de bolsas no conformes o defectuosas no debe ser mayor de 1:1000. La evaluación visual debe realizarse en cámara UHT durante el tiempo de cuarentena y al 100% al finalizar este tiempo.

➤ **Peso.**

El producto no debe presentar una variación mayor al 5% del peso promedio definido de acuerdo a la especificación del fabricante de la máquina envasadora.

➤ **Acidez.**

Se verifica la acidez, utilizando el mismo procedimiento de análisis de la Leche Cruda.



Toma de muestra de Leche UHT para análisis de acidez

Valoración volumétrica de la muestra con NaOH 0.1 N



En caso de existir variación de la acidez en el producto final con respecto al valor obtenido en la leche cruda (inicio del proceso), se considera que existe presencia de contaminación microbiológica, principalmente por microorganismos mesófilos. Los resultados se expresan en % de ácido Láctico por cada ml de NaOH 0.1 N gastado.

➤ **Materia Grasa.**

La materia grasa es determinada por el método volumétrico Gerber, que consiste en separar la grasa dentro de un recipiente medidor, llamado butirómetro, que tiene la función de medir el volumen de grasa e indicarlo en un tanto por ciento en masa.



Los glóbulos grasos forman una emulsión permanente con el líquido lácteo, todos los glóbulos de grasa están rodeados por una capa protectora, una membrana compuesta por fosfolípidos, proteínas de envoltura de los glóbulos de grasa y agua de hidratación. La envoltura de los glóbulos de grasa evita la coalescencia de los mismos y estabiliza el estado emulsionado. La separación completa de grasa precisa la destrucción de la envoltura protectora de los glóbulos grasos, esto se lleva a cabo por medio del ácido sulfúrico concentrado, el cual oxida e hidroliza los componentes orgánicos de la envoltura protectora de los glóbulos de grasa, las fracciones de las albúminas de leche y la lactosa.

Se produce calor por la dilución y también debido a la reacción. El butirómetro se calienta considerablemente, los productos de la oxidación tiñen la solución resultante de color marrón, añadiendo alcohol isoamílico se facilita la separación de la fase y, al final

resulta una línea divisora clara entre la grasa y la solución ácida, la grasa liberada de esta forma se separa por centrifugación.

➤ **PH.**

Si una medida de pH presenta una desviación mayor a 0,2 la muestra se considera como no estéril. La variación de pH nos indica el desarrollo de microorganismos.

Después de una semana de incubación, la gran mayoría de bolsas con contaminación están ácidas o con formación de gas. Son muy raras las bolsas contaminadas que no cambien el pH después de este tiempo de incubación.

➤ **Conductividad Eléctrica.**

Si hay una pérdida en el envase o si la capa interna está dañada, una corriente fluirá por el circuito, y el amperímetro mostrará una deflexión. La prueba de conductividad se la realiza con una solución de NaCl ya que conduce la corriente a través del circuito, es usada como una prueba de selección en búsquedas de fallas.



**Presencia de Conductividad
Solución de NaCl**



**Ausencia de Conductividad entre la bolsa y el recipiente
(ambos contienen la misma solución de NaCl)**

Análisis Organoléptico.

➤ **Sabor.**

El sabor natural de la leche es difícil de definir, normalmente no es ácido ni amargo, sino mas bien ligeramente dulce gracias a su contenido de Lactosa, si el sabor se presenta ácido es porque el porcentaje de acidez en el producto es superior a los 0.20 % ácido láctico. Pero en general, el sabor de la leche fresca normal es agradable y puede describirse simplemente cómo característico.

➤ **Color.**

El color normal de la leche es blanco, el cual se atribuye a reflexión de la luz por las partículas de complejo caseinato – fosfato – cálcico en suspensión coloidal y por los glóbulos de grasa en emulsión.

➤ **Olor**

El olor de la leche es también característico y se debe a la presencia de compuestos orgánicos volátiles de bajo peso molecular, entre ellos, ácidos, aldehídos, cetonas y trazas de sulfato de metilo.

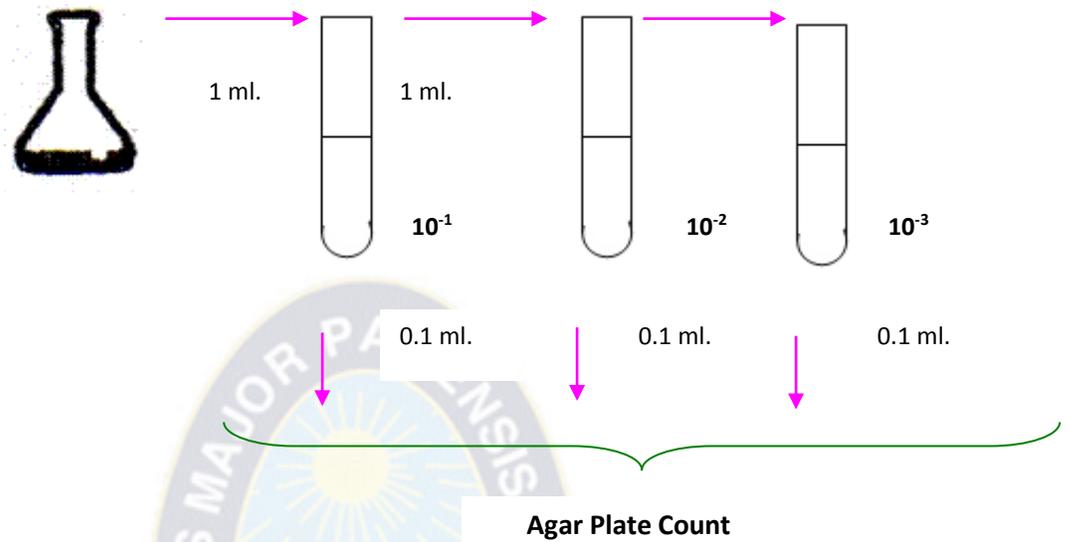
Control Microbiológico

El quinto día es el de mayor desarrollo microbiológico, se realiza recuento total de aerobios mesófilos.

➤ **Numeración De Bacterias Aerobias Mesófilas**

Recuento en placa por siembra de superficie:

- * Placas con agar controlado dejado una noche en estufa en control de esterilidad (Plate Count).
- * Realizando diluciones hasta 10^{-3}



- * De cada dilución se siembra dos placas por dilución agregando 0.1ml. del inóculo y usando una espátula de Drigalsky, expandiendo toda la muestra.
- * Se incuba la placa a 30 °C x 24 y 48 horas.
- * Se realiza la primera lectura a las 24 horas y la 2º lectura a las 48 horas.
- * Seguidamente se realiza el recuento de las colonias en UFC/ml.

FIGURAS DE UNIDADES DE PROCESAMIENTO DE LECHE.

FIGURA B-1 (a)



Balanza de 7000 Kg de Capacidad

Llenado de la Balanza



FIGURA B-1 (b)

Vaciado de la Balanza



FIGURA B-1 (c)



FIGURA B-2
Intercambiador
de Placas



FIGURA B-3 (a)



FIGURA B-3 (b)

Tanques Cisterna: Horizontal de 20000 L y dos Verticales de 10000 L de capacidad cada uno

FIGURA-4 (a) Primer Homogeneizado



FIGURA-4 (b) Segundo Homogeneizado



HOMOGENEIZADORES



Tanque de almacenamiento estéril



FIGURA B-5 (a)



FIGURA B-5 (b)

TANQUE DE BALANCEO O REGULACION



FIGURA B-6

Envasadora Aséptica



FIGURA B-7 (a)



Parte Posterior de la Máquina de Envasado
FIGURA B-7 (b)



ANEXO – C

NORMAS BOLIVIANAS DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.

COMITÉ 3.2 MICROBIOLOGÍA

NB 32023:2005 Ensayos microbiológico - Prueba de esterilidad comercial

NB/ISO 4833:2088 Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal - Método horizontal para el recuento de microorganismos – Técnica de recuento de colonias a 30 °C (Correspondiente a la norma ISO 4833:2003)

NB/ISO 6887-4:2007 Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal - Preparación de muestras de análisis, suspensión inicial y diluciones decimales para examen microbiológico - Parte 4: Reglas específicas para la preparación de productos diferentes a leche, carnes, pescados, productos pesqueros y derivados.

NB/ISO 8261:2008 Leche y productos lácteos - Directrices generales para la preparación de muestras de análisis, suspensiones iniciales y diluciones decimales para el análisis microbiológico (Correspondiente a la norma ISO 8261:2001).

COMITÉ 3.3 PRODUCTOS LÁCTEOS.

NB 198:1977 Productos lácteos – Definiciones.

NB 228:1998 Productos lácteos - Determinación del contenido graso en leche por los métodos Gerber y Rose Gottlieb (Primera revisión).

NB 229:1998 Productos lácteos - Determinación de acidez Titulable (Primera revisión).

NB 230:1999 Productos lácteos - Leche - Determinación de la densidad relativa (Primera revisión).

NB 231-1:1998 Productos lácteos - Parte 1: Determinación de sólidos totales (Primera revisión).

NB 231-2:1998 Productos lácteos - Parte 2: Determinación de cenizas (Primera revisión).

NB 232:1999 Productos lácteos - Determinación de proteínas (Primera revisión)

NB 233:1999 Productos lácteos - Ensayo de reductasa (Primera revisión).

NB 234:1999 Productos lácteos - Leche pasteurizada - Determinación de la fosfatasa (Primera revisión).

NB 367:1998 Productos lácteos - Leche en polvo - Determinación de humedad (Primera revisión)

NB 368:1998 Productos lácteos - Leche en polvo - Determinación del índice de solubilidad (Primera revisión).

NB 371:1999 Productos lácteos - Leche en polvo - Determinación de partículas quemadas (Segunda revisión).

NB 442:1981 Productos lácteos - Leche reconstituida y leche recombinada – Requisitos.

NB 443:1981 Productos lácteos - Leche saborizada pasteurizada – Requisitos.

NB 704:1998 Productos lácteos - Leche en polvo - Determinación de materia grasa.

NB 705:1998 Productos lácteos - Leche en polvo - Determinación de acidez Titulable.

NB 706:1998 Productos lácteos - Determinación de sólidos no grasos.

NB 829:1999 Productos lácteos - Ensayos preliminares - Temperatura, ebullición, alcohol y alizarol (Correspondiente a la norma CX/LPL 021).

NB 830:1999 Productos lácteos - Determinación del punto crioscópico (Correspondiente a la norma CX/LPL 023).

NB 913:2000 Productos lácteos - Determinación de antibióticos.

NB 914:2000 Productos lácteos - Recuento de células somáticas.

NB 936:1997 Código de prácticas de higiene para la leche en polvo.

NB 33001:2001 Leche saborizada para la alimentación complementaria escolar– Requisitos.

NB 33002:2003 Enriquecido lácteo en base a leche y extensores lácteos pre cosidos, en polvo, para la alimentación complementaria escolar -Requisitos (Segunda revisión).

NB 33010:2006 Productos lácteos - Leche en polvo - Requisitos (Tercera revisión).

NB 33013:2004 Productos lácteos - Leche cruda y fresca - Requisitos (Anula y reemplaza la NB 273:1998).

NB 33015:2006 Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos.

ETD 33022:2008 Productos lácteos - Leche larga vida – Requisitos.

NB/ISO 707:2005 Leche y productos lácteos - Guía para el muestreo (Primera revisión) (Correspondiente a la norma ISO 707:1997) (Anula y reemplaza a la norma NB 199:1977).

NB/ISO 5538:2005 Leche y productos lácteos - Muestreo - Inspección por atributos (Correspondiente a la norma ISO 5538:2004).

NB/ISO 8086:2008 Planta de lácteos - Condiciones de higiene - Directrices generales sobre procedimientos de inspección y muestreo (Correspondiente a la norma ISO 8086:2004).

NB/ISO 8197:2005 Leche y productos lácteos - Muestreo - Inspección por variables (Correspondiente a la norma ISO 8197:1988).

NB/ISO 8968-1:2008 Leche - Determinación del contenido de nitrógeno - Parte 1: Método Kjeldahl (Correspondiente a la norma ISO 8968-1:2001).

NB/ISO 8968-2:2008 Leche - Determinación del contenido de nitrógeno - Parte 2: Método por digestión en bloque (método a gran escala) (Correspondiente a la norma ISO 8968-2).

NB/ISO 8968-3:2008 Leche - Determinación del contenido de nitrógeno - Parte 3: Método por digestión en bloque (método rápido de rutina semi-micro) (Correspondiente a la norma ISO 8968-3:2001).

NB/ISO 11813:2009 Leche y productos lácteos - Determinación del contenido de zinc - Método de espectrometría de absorción atómica de llama (Correspondiente a la norma ISO 11813:1998).

NB/NA 0055:2008 Productos lácteos - Crema de leche - Requisitos (Correspondiente a la norma NA 0055:2008).

NB/NA 0064:2009 Leche pasteurizada - Requisitos (Segunda revisión) (Correspondiente a la norma NA 0064:2009) (Anula y reemplaza la norma NB 274:1998).



ANEXO – D

TABLAS DE DATOS DEL CUADERNO DE CONTROL DE PROCESO DE LA EMPRESA



ORP	Producto	Masa Kg	N° lote	Hora Inicio	Temp Esterili. (°C)	Tem Agua calien	Tem homo entr.	Tem homo salid.	Tem prod. entr.	Tem prod. salid.	Tem prod. retor.	P bar ret	P Agua cal	Hora Fin	%A valvul Vapor	P (bar) retor	Frecuen Homo. (Hz)
5329	Chocolatada	5000	4	08:50	130	146	73	76	20	20	20	1	3,6		54	6,2	45 Hz
5329	Chocolatada		4	09:20	130	145	74	78	20	21	21	1	3,4		59	7	45 Hz
5329	Chocolatada		4	09:50	130	146	74	78	21	21	21	1	3,4		63	8	45 Hz
5329	Chocolatada		4	10:20	130	146	74	78	21	21	21	1	3,5		69	8	45 Hz
5329	Chocolatada		4	10:50	130	147	74	78	21	21	21	1	3,5	11:10	76	7,8	45 Hz
4787	Chocolatada	5000	2	04:00	133	143	66	70	19	20	20	1	3,8		49	7,2	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	04:45	134	144	69	73	20	20	20	1	3,8		42	7	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	05:15	132	142	67	71	19	20	20	1	3,6		40	7,4	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	05:50	129	135	66	70	19	19	19	1	3		47	6	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	06:32	129	143	65	68	19	20	20	1	3,6		54	7,2	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	07:33	133	144	75	79	20	20	20	1	3,8		59	7,8	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	08:02	131	145	76	80	21	21	21	1	3,8		62	7,4	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	08:28	131	145	73	77	20	20	21	1	3,8		64	8	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	09:03	131	145	73	76	20	20	20	1	3,8		68	6	46,6Hz
4787	Chocolatada		2	09:23	131	145	73	77	20	21	20	1	3,8	09:50	70	6	46,6Hz
	saneamiento intermedio																
4792	Chocolatada	5000	3	12:55	134	141	64	67	18	20	20	1	2,4		39	6,8	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	13:20	133	142	73	77	21	22	22	1	2,4		41	6,8	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	13:45	133	142	73	77	20	22	22	1	2,4		40	7	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	14:10	133	141	73	76	20	22	22	1	2,4		40	6,4	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	14:40	132	141	73	77	21	22	22	1	3,5		41	7	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	15:00	132	141	74	77	21	22	22	1	3,6		41	7,3	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	15:30	132	141	74	77	21	22	22	1	3,6		42	6,8	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	16:00	132	141	75	78	21	20	20	1	3,6		44	6,8	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	16:30	132	140	75	78	21	22	22	1	3,6		46	6,9	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	17:00	131	140	77	78	21	22	22	1	3,6		50	7,2	46,6Hz
4792	Chocolatada		3	17:40	131	142	78	81	20	22	22	1	4	17:40	54	7,2	46,6Hz
5329	Chocolatada		4	12:00	137	147	65	68	23	25	25	1	3,4		54	8	47 Hz
5329	Chocolatada		4	12:30	136	145	66	70	23	23	23	1	3,4		47	7,2	47 Hz
5329	Chocolatada		4	13:00	135	145	70	73	23	23	23	1	3,4		40	6,8	47 Hz
5329	Chocolatada		4	13:30	134	144	69	73	23	23	23	1	3		36	8	47 Hz
5329	Chocolatada		4	13:40	133	142	66	70	23	23	23	1	3,2		36	7	47 Hz
5329	Chocolatada		4	13:45	134	142	65	69	23	23	23	1	3,2		36	7	47 Hz

5329	Chocolatada		4	14:30	131	141	71	75	23	23	23	1	3	14:40	41	7,4	47 Hz
5414	Chocolatada		5	14:40	131	141	71	74	21	23	23	1	3,2		43	7,6	47 Hz
5414	Chocolatada		5	15:20	131	141	69	72	21	22	22	1	3,5		47	8	47 Hz
5414	Chocolatada		5	15:50	131	141	70	73	21	22	23	1	3,4		51	8	47 Hz
5414	Chocolatada		5	16:30	132	143	71	74	21	23	23	1	3,4		53	8	47 Hz
5414	Chocolatada		5	17:10	132	144	73	76	22	23	23	1	3,4		54	7	47 Hz
5414	Chocolatada		5	18:00	132	143	74	77	22	23	23	1	3,3		57	8	47 Hz
5414	Chocolatada		5	18:35	132	144	75	78	22	23	23	1	3,7		58	7	47 Hz
5414	Chocolatada		5	18:55	132	144	75	78	22	23	23	1	3,7		59	8	47 Hz
5414	Chocolatada		5	19:30	132	145	75	78	21	23	23	1	3,6	19:45	61	7	47 Hz

5615	Chocolatada	5000	3	04:50	134	143	75	78	20	20	20	1	3,5		45	8	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	05:30	133	144	74	77	20	20	20	1	3,5		44	8	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	06:00	133	142	70	74	20	19	19	1	3,6		42	7	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	06:30	133	142	70	74	20	19	19	1	3,6		42	7,2	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	07:00	133	142	70	74	20	19	19	1	3,6		42	7,1	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	07:30	132	142	68	72	20	19	20	1	3,7		43	7,1	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	08:00	132	143	67	71	20	20	20	1	3,7		45	7	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	08:30	132	142	67	71	21	20	20	1	3,6		45	7	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	09:00	132	142	67	71	21	20	20	1	3,7		46	8	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	09:30	131	142	73	77	21	20	20	1	3,2		52	7,8	47,6 Hz
5615	Chocolatada		3	10:00	132	143	72	76	21	21	21	1	3,4	10:10	54	8	47,6 Hz
5663	Chocolatada	5000	4	10:30	132	142	69	74	20	21	21	1	3,4		55	7,8	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	11:00	132	143	66	70	21	20	21	1	4,1		57	8	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	11:30	132	145	75	79	21	21	21	1	4,2		59	8	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	12:00	132	145	70	74	22	22	22	1	4,1		59	7,1	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	12:30	132	145	70	74	22	22	22	1	4,2		59	7,2	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	13:00	133	145	70	74	22	22	22	1	4,1		59	7,3	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	13:30	133	145	67	71	22	22	22	1	4		57	7,8	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	14:00	133	145	66	70	22	22	22	1	4		55	8	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	14:25	133	146	71	75	22	22	22	1	4		56	7,8	47,6 Hz
5663	Chocolatada		4	15:35	131	146	77	70	23	22	22	1	4	15:35	65	7	47,6 Hz
ORP	Producto	Masa Kg	N° lote	Hora Inicio	Temp Esterili. (°C)	Tem Agua calien	Tem homo entr.	Tem homo salid.	Tem prod. entr.	Tem prod. salid	Tem prod. retor	P bar ret	P Agua cal	Hora Fin	%A valvul Vapor	P (bar) retor	Frecuen Homo. (Hz)
6453	L/Avena	6020	2	22:35	134,3	139,8	67	70	27	30	30	1	3,2		45	7	47 Hz
6453	L/Avena		2	23:15	134,5	142,6	65	69	24	28	28	1	3,8		39	7,2	47 Hz
6453	L/Avena		2	23:45	131,8	136,6	63	66	25	27	27	1	3,2		39	8	47 Hz
6453	L/Avena		2	00:15	131,1	135,6	62	65	24	27	27	1	3,3		40	8	47 Hz

6453	L/Avena		2	00:45	131,6	136,2	61	65	24	26	26	1	3,2		44	7	47 Hz
6453	L/Avena		2	01:15	131	135,9	61	64	24	26	26	1	3		49	8	47 Hz
6453	L/Avena		2	01:45	132,5	140,3	64	68	24	27	27	1	3,7		50	8	47 Hz
6453	L/Avena		2	02:15	133,7	143,9	66	69	23	26	26	1	3,7		48	8	47 Hz
6453	L/Avena		2	02:45	133,6	143,1	66	69	23	25	25	1	3,6		44	7	47 Hz
6453	L/Avena		2	03:15	133,7	138,3	64	67	22	24	25	1	3	03:30	42	8	47 Hz

4937	L/Avena	5000	2	22:30	134,1	136	57	62	30	47	47	1,5	3,2		46	7,4	48 Hz
4937	L/Avena		2	23:00	133	133,1	67	71	30	39	39	1,5	2,8		43	8	48 Hz
4937	L/Avena		2	23:40	132,1	133,2	66	69	28	38	38	1,5	2,6		51	8	48 Hz
4937	L/Avena		2	00:00	132,6	133,5	68	72	32	36	36	1,5	2,6		50	7,2	48 Hz
4937	L/Avena		2	00:28	133,8	135,1	68	72	35	36	37	1,5	2,8		48	6,4	48 Hz
4937	L/Avena		2	01:01	134,8	135,9	71	74	28	39	38	1,5	2,8		41	6,8	48 Hz
4937	L/Avena		2	01:30	129	130,4	68	72	30	37	39	1,5	2,6		47	7,2	48 Hz
4937	L/Avena		2	01:55	131,1	131,3	67	71	25	32	32	1,5	2,6		50	8	48 Hz
4937	L/Avena		2	02:10	132,9	134,7	67	71	26	30	30	1,5	2,6	02:10	49	7,8	48 Hz

ORP	Producto	Masa Kg	Nº lote	Hora Inicio	Temp Esterili. (°C)	Tem Agua calien	Tem homo entr.	Tem homo salid.	Tem prod. entr.	Tem prod. salid	Tem prod. retor	P bar ret	P Agua cal	Hora Fin	%A valvul Vapor	P (bar) retor	Frecuen Homo. (Hz)
6647	L/Entera	4650	3	23:10	135,1	143,1	69	73	18	19	19	1	3,8		42	7,8	47 Hz
6647	L/Entera		3	00:00	133,1	142,2	71	75	19	20	20	1	3,8		44	7	47 Hz
6647	L/Entera		3	00:30	132,9	143	69	73	19	20	20	1	3,8		45	7,6	47 Hz
6647	L/Entera		3	01:00	132	143,4	66	70	19	19	20	1	3,8		46	6,4	47 Hz
6647	L/Entera		3	01:30	132,4	143,5	65	69	19	19	19	1	3,8		48	8	47 Hz
6647	L/Entera		3	02:00	130,8	143	75	79	18	19	19	1	3,6		54	8	47 Hz
6647	L/Entera		3	02:30	131,3	144,6	74	78	19	19	19	1	3,8		60	7	47 Hz
6647	L/Entera		3	03:00	131,8	146,2	73	77	19	19	19	1	4		64	6,8	47 Hz
6647	L/Entera		3	03:50	131,8	146,8	74	78	19	19	19	1	4	03:50	71	8	47 Hz

6560	L/Entera	5000	1	19:40	139,8	142,6	65	68	16	19	18	2	4,2		45	8	50 Hz
6560	L/Entera		1	20:30	133,8	140,7	71	75	15	19	19	2	3,4		44	7	50 Hz
6560	L/Entera		1	20:59	133,9	140,6	69	73	15	19	19	2	3,2		42	7	50 Hz
6560	L/Entera		1	21:30	130,8	133,7	73	77	15	19	19	2	3,6		46	7,8	50 Hz
6560	L/Entera		1	22:00	131,1	137,6	75	79	16	20	20	2	3,8	22:00	51	7	50 Hz