

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA A PARTIR DEL
CONCENTRADO PROTEICO DE LA MAZADA O SUERO DE LA
MANTEQUILLA POR MEDIO DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

CRISTIAN ANDRÉS FLORES CADENA
cristian.flores01@est.epn.edu.ec

DIRECTORA: JENNY CUMANDA RUALES NAJERA, Ph.D.
jenny.ruales@epn.edu.ec

Quito, mayo del 2014

© Escuela Politécnica Nacional (2014)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Cristian Andrés Flores Cadena, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cristian Andrés Flores Cadena

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristian Andrés Flores Cadena, bajo mi supervisión.

Jenny Ruales, Ph.D.
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mi madre Carmen

A mi hermana Priscila

A mi padre Ángel

Amigos que ayudaron incondicionalmente a la realización del proyecto

Cristina V., Jonathan L., Ricardo P, José E. y José Luis S.

Un agradecimiento especial a la Doctora Jenny Ruales

Al Ing. Norberto Purtschert Gerente General de Floralp

DEDICATORIA

A las personas más importantes y a quienes más amo en la vida,

Mi hermana, mi padre
y a mi madre querida
por su ejemplo de vida,
esfuerzo y apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XII
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Suero de mantequilla	1
1.1.1. Tipos de suero de mantequilla	3
1.1.2. Composición del suero de mantequilla	6
1.1.3. Membrana del glóbulo graso (MFGT)	8
1.1.4. Especificaciones del suero de mantequilla	11
1.1.5. Propiedades benéficas para la salud	11
1.1.6. Usos del suero de mantequilla	12
1.2. Aplicación de la tecnología de membranas en la concentración	13
1.2.1. Uso de tecnología de membranas	14
1.2.2. Limitaciones del uso de tecnología de membranas	15
1.2.2.1. Polarización de la membrana	15
1.2.2.2. Ensuciamiento de la membrana	16
1.2.3. Módulos de membranas	16
1.2.3.1. Láminas enrolladas en espiral	17
1.2.3.2. Diseño de placas y batidor	17
1.2.3.3. Diseño tubular basado en polímeros	18
1.2.3.4. Diseño tubular basado en cerámica	19
1.2.3.5. Diseño de fibra hueca	19
1.2.4. Tipos de membranas	20
1.2.4.1. Mecanismo de separación	20
1.2.4.2. Composición de la membrana	20
1.2.4.3. Estado físico de las membranas	21
1.2.4.4. Naturaleza de las membranas	21
1.2.5. Clasificación de las operaciones de tecnología de membranas	22
1.2.5.1. Microfiltración	24
1.2.5.2. Ultrafiltración	26
1.2.5.3. Nanofiltración	26
1.2.5.4. Ósmosis inversa	26
1.2.5.5. Ósmosis directa	27
2. PARTE EXPERIMENTAL	29
2.1. Materiales	29
2.1.1. Equipos	29
2.2. Caracterización del suero de mantequilla, concentrado proteico, permeado y la bebida láctea	30
2.2.1. Caracterización del suero de mantequilla	30

2.2.1.1.	pH	31
2.2.1.2.	Acidez titulable	31
2.2.1.3.	Grasa	31
2.2.1.4.	Sólidos solubles totales (°Brix)	32
2.2.1.5.	Proteína	32
2.2.1.6.	Cenizas	33
2.2.1.7.	Minerales	33
2.2.1.8.	Lactosa	33
2.2.1.9.	Análisis microbiológicos	33
2.2.2.	Caracterización del retenido y permeado	34
2.2.3.	Caracterización de la bebida láctea	34
2.2.3.1.	Color	34
2.2.3.2.	Microbiológicos	34
2.3.	Obtención del concentrado proteico	35
2.3.1.	Filtrado	35
2.3.2.	Centrifugado	35
2.3.3.	Microfiltración tangencial	35
2.3.3.1.	Descripción del proceso	36
2.3.3.2.	Diseño experimental	37
2.4.	Formulación de la bebida láctea	37
2.4.1.	Validación del proceso de pasteurización	38
2.4.2.	Análisis sensoriales	39
2.4.3.	Producción de la bebida a escala de planta piloto	41
2.4.3.1.	Preparación de la mezcla	41
2.4.3.2.	Homogenización	41
2.4.3.3.	Pasteurización	42
2.4.3.4.	Envasado	42
2.4.3.5.	Almacenado	42
2.5.	Estudio de estabilidad de la bebida láctea	42
2.5.1.	Análisis microbiológicos	43
2.5.2.	Análisis físico-químicos	43
2.5.3.	Análisis sensorial	43
2.6.	Diseño de la planta para la producción de la bebida láctea	44
2.7.	Determinación de los costos de producción	45
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1.	Caracterización del suero de mantequilla, concentrado proteico, permeado y la bebida láctea	46
3.2.	Obtención del concentrado proteico	48
3.2.1.	Filtración y centrifugación	48
3.2.2.	Microfiltración tangencial	48

3.2.3. Caracterización físico-química del permeado y retenido	52
3.2.4. Caracterización microbiológica del permeado y retenido	54
3.3. Formulación de la bebida láctea	55
3.3.1. Validación del proceso de pasteurización	55
3.3.2. Selección de la mejor formulación de la bebida	56
3.3.3. Caracterización de la formulación seleccionada	62
3.4. Estudio de la estabilidad de la bebida láctea	63
3.4.1. Análisis microbiológicos	63
3.4.2. Análisis físico-químicos	64
3.4.2.1. pH	64
3.4.2.2. Sólidos solubles (°Brix)	67
3.4.2.3. Color	67
3.4.3. Análisis sensoriales	74
3.4.4. Estudio de estabilidad de la bebida láctea	80
3.5. Diseño de planta para la producción de la bebida láctea	81
3.5.1. Definición del producto	81
3.5.2. Capacidad y localización de la planta	82
3.5.3. Materia prima e insumos	83
3.5.4. Proceso tecnológico	83
3.5.5. Descripción del alcance del proyecto	83
3.5.6. Plano de simbología, abreviaturas y nomenclatura utilizada en equipos y líneas de corriente.	84
3.5.1. Descripción detallada del proceso	86
3.5.2. Balance de materiales	89
3.5.3. Balance de energía	90
3.5.3.1. Requerimiento de vapor	91
3.5.3.2. Selección del caldero	92
3.5.3.3. Requerimiento de combustible	92
3.5.4. Diseño básico de la planta	93
3.5.5. Diseño higiénico de la planta	94
3.5.6. Estudio de seguridad de la planta	96
3.5.7. Programa de trabajo	97
3.6. Determinación de los costos de producción	97
3.6.1. Inversiones	98
3.6.2. Costo de operación	100
3.6.3. Cálculo del punto de equilibrio	102
3.6.4. Análisis de sensibilidad en la relación costo, volumen utilidad	103
3.6.4.1. Incremento del precio de venta	103
3.6.4.2. Incremento del volumen de producción	104
3.6.4.3. Reducción de los costos fijos	104
3.6.4.4. Reducción de los costos variables	105
3.6.5. Cálculo del flujo de caja	105
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110

4.1. Conclusiones	110
4.2. Recomendaciones	113
BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	119

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Composición (%) de los distintos tipos de suero de mantequilla en base seca	4
Tabla 1.2.	Composición de la leche descremada y suero de mantequilla	6
Tabla 1.3.	Composición de fosfolípidos presentes en el suero de mantequilla y butter serun	6
Tabla 1.4.	Composición de los distintos tipos de suero de mantequilla en base seca	8
Tabla 1.5.	Composición de la membrana del glóbulo graso de leche de vaca	9
Tabla 1.6.	Proteínas de la membrana del glóbulo graso con sus pesos moleculares	10
Tabla 1.7.	Especificaciones físico-químicos del suero de mantequilla	11
Tabla 1.8.	Especificaciones microbiológicas del suero de mantequilla	11
Tabla 1.9.	Configuraciones de los módulos de membrana en la tecnología de membranas	17
Tabla 1.10.	Clasificación de tecnologías de membranas por su fuerza impulsora y fases implicadas	23
Tabla 2.1.	Métodos microbiológicos en el suero de mantequilla, concentrado proteico, permeado y bebida láctea	33
Tabla 3.1.	Caracterización físico-química del suero de mantequilla	46
Tabla 3.2.	Análisis microbiológico del suero de mantequilla	47
Tabla 3.3.	Porcentaje de grasa del suero de mantequilla luego del descremado	48
Tabla 3.4.	Concentración de proteína del retenido y factor de retención volumétrica (FRV) al usar membranas de 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en el equipo de MFT	49
Tabla 3.5.	Análisis de varianza en la concentración de proteína del retenido a 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en la membrana	49
Tabla 3.6.	Análisis de varianza del factor de retención volumétrica (FRV) a 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en la membrana	50

Tabla 3.7.	Composición físico-química de la materia prima, retenido y permeado obtenidos en el proceso de MFT	52
Tabla 3.8.	Análisis microbiológico del retenido, permeado obtenidos en el proceso de MFT	54
Tabla 3.9.	Análisis microbiológicos de <i>Salmonella spp</i> en la bebida láctea terminada	56
Tabla 3.10.	Análisis de varianza del atributo apariencia evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea	57
Tabla 3.11.	Valores medios y grupos homogéneos para el atributo apariencia en las formulaciones de la bebida láctea	58
Tabla 3.12.	Análisis de varianza del atributo sabor a fruta evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea	58
Tabla 3.13.	Valores medios y grupos homogéneos para el atributo sabor a fruta en las formulaciones de la bebida láctea	59
Tabla 3.14.	Análisis de varianza del aroma a fruta evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea	59
Tabla 3.15.	Análisis de varianza del atributo acidez evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea	60
Tabla 3.16.	Valores medios y grupos homogéneos para el atributo acidez en las formulaciones de la bebida láctea	60
Tabla 3.17.	Análisis de varianza del atributo sabores extraños evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea	61
Tabla 3.18.	Valores de ponderación de cada atributo evaluado	61
Tabla 3.19.	Valores de las medias obtenidas por cada formulación para cada atributo evaluado y sus respectivos valores en la ecuación de calidad	62
Tabla 3.20.	Caracterización físico-química de la bebida láctea	63
Tabla 3.21.	Análisis microbiológico de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas	64
Tabla 3.22.	Medida del pH de la bebida láctea almacenada a congelación, refrigeración y ambiente durante 21 días	65
Tabla 3.23.	Análisis de varianza del pH de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento	65

Tabla 3.24.	Análisis de varianza del pH de la bebida láctea en la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento	66
Tabla 3.25.	Medida de los sólidos solubles (°Brix) de la bebida láctea almacenada a congelación, refrigeración y ambiente durante 21 días	67
Tabla 3.26.	Luminosidad del color de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas	67
Tabla 3.27.	Análisis de varianza de la coordenada luminosidad del color de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento	68
Tabla 3.28.	Análisis de varianza de la coordenada luminosidad del color de la bebida láctea en la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento	69
Tabla 3.29.	Saturación del color de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas	70
Tabla 3.30.	Análisis de varianza de la coordenada saturación de color de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento	70
Tabla 3.31.	Análisis de varianza de la coordenada saturación de color de la bebida láctea en la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento	71
Tabla 3.32.	Matiz del color de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas	72
Tabla 3.33.	Análisis de varianza de la coordenada matiz de color de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento	72
Tabla 3.34.	Análisis de varianza de la coordenada matiz de color de la bebida láctea en la determinación del tiempo de almacenamiento	73
Tabla 3.35.	Análisis de varianza del atributo apariencia evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento	74
Tabla 3.36.	Análisis de varianza del atributo apariencia evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento	75
Tabla 3.37.	Análisis de varianza del atributo aroma a fruta evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento	76

Tabla 3.38.	Análisis de varianza del atributo aroma a fruta evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación del tiempo de almacenamiento	77
Tabla 3.39.	Análisis de varianza del atributo presencia de olores extraños	78
Tabla 3.40.	Análisis de varianza del atributo presencia de olores extraños	79
Tabla 3.41.	Parámetros cinéticos de la estabilidad de la bebida láctea	80
Tabla 3.42.	Estadísticas de la cantidad de elaboración de mantequilla a nivel nacional	82
Tabla 3.43.	Codificación de los equipos del área de producción por área y proceso	85
Tabla 3.44.	Simbología de los equipos utilizados en el área de producción de la planta	86
Tabla 3.45.	Resumen del balance de masa en la línea de producción del retenido	89
Tabla 3.46.	Resumen del balance de masa en la línea de producción de la pulpa de mora	89
Tabla 3.47.	Resumen del balance de masa en la línea de elaboración de la bebida de mora	90
Tabla 3.48.	Resumen del balance de energía de la planta	90
Tabla 3.49.	Criterio para el dimensionamiento de las áreas en la planta de producción	94
Tabla 3.50.	Características del piso, paredes, techo y ventanas en la zona de producción	94
Tabla 3.51.	Características de los servicios generales	95
Tabla 3.52.	Características de las áreas sanitarias	95
Tabla 3.53.	Niveles de iluminación, aireación y número de desagües de cada área	96
Tabla 3.54.	Indumentaria del personal en cada área	96
Tabla 3.55.	Diagrama de Gantt	97
Tabla 3.56.	Inversión total del proyecto	99
Tabla 3.57.	Costos de producción anuales de la bebida láctea	100

Tabla 3.58.	Costos operacionales anuales de la bebida láctea	101
Tabla 3.59.	Estado de resultados al aumentar el precio de venta	103
Tabla 3.60.	Estado de resultados al aumentar el volumen de producción	104
Tabla 3.61.	Estado de resultados al disminuir los costos fijos	104
Tabla 3.62.	Estado de resultados al disminuir los costos variables	105
Tabla 3.63.	Flujo de caja del proyecto	107
Tabla 3.64.	Tasa de evaluación del proyecto	108
Tabla 3.65.	Indicadores Financieros (TIR, VAN)	108
Tabla AVIII.1.	Cambio de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea a condiciones de congelación (-17 °C)	133
Tabla AVIII.2.	Cambio de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea a condiciones de refrigeración (6 °C)	133
Tabla AVIII.3.	Cambio de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea a condiciones ambientales (20 °C)	134
Tabla AVIII.4.	Constantes de velocidad a las temperaturas estudiadas	135
Tabla AXII.1.	Composición del suero de mantequilla y Cp de sus componentes	159
Tabla AXII.2.	Composición de la pulpa de mora y Cp de sus componentes	160
Tabla AXII.3.	Composición del jarabe (60° Brix) y Cp de sus componentes	161
Tabla AXII.4.	Composición de la bebida láctea y Cp de sus componentes	162
Tabla AXVI.1.	Amortización del crédito otorgado por una institución financiera	166
Tabla AXVII.1.	Cotizaciones de maquinaria y equipo	167
Tabla AXVII.2.	Costo del terreno y construcciones	168
Tabla AXVII.3.	Costo de equipos y muebles de oficina	168
Tabla AXVII.4.	Activo diferido o intangible	169
Tabla AXVIII.1.	Costo de la materia prima	170
Tabla AXVIII.2.	Costo de los materiales indirectos de fabricación	170

Tabla AXVIII.3. Salario del personal de mano de obra indirecta	171
Tabla AXVIII.4. Gasto de administración anual	171
Tabla AXVIII.5. Salario del personal administrativo	172
Tabla AXVIII.6. Gasto de ventas anuales	172
Tabla AXVIII.7. Salario del personal de ventas	172
Tabla AXIX.1. Costos fijos, variables y ventas para la elaboración anual de la bebida láctea	173

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de mantequilla a partir de crema ácida	2
Figura 1.2.	Variación de la eficacia del batido a lo largo del año	3
Figura 1.3.	Diagrama de flujo de la obtención de los distintos tipos de suero	5
Figura 1.4.	Caracterización electroforética del suero de mantequilla y butterserun	8
Figura 1.5.	Ubicación de las principales proteínas en la membrana del glóbulo graso	10
Figura 1.6.	Proceso de separación del alimento mediante tecnología de membranas	14
Figura 1.7.	Representación de un módulo de membrana en sentido espiral	17
Figura 1.8.	Representación de un módulo de membrana en forma de placas y bastidor	18
Figura 1.9.	Representación de un módulo de membrana en forma tubular	18
Figura 1.10.	Representación de un módulo de membrana tubular basado en cerámica	19
Figura 1.11.	Representación de un módulo de membrana en diseño de fibra hueca	19
Figura 1.12.	Tecnología de membranas que se utilizan en la industria láctea y componentes que retienen	23
Figura 1.13.	Configuración de microfiltración sin salida	24
Figura 1.14.	Configuración de microfiltración de flujo cruzado	25
Figura 1.15.	Representación del diagrama del equipo de microfiltración de uso industrial	25
Figura 1.16.	Equipo de ósmosis directa	27
Figura 3.1.	Flujos del permeado durante el proceso de microfiltración tangencial con la membrana de 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro	50

Figura 3.2.	Suero de mantequilla, retenido y permeado obtenidos luego del proceso de MFT	51
Figura 3.3.	Curva de penetración de calor durante el proceso de pasteurización en la bebida láctea	55
Figura 3.4.	Curva de letalidad	56
Figura 3.5.	Organigrama empresarial	98
Figura 3.6.	Punto de equilibrio del proyecto	102
Figura All.1.	Unidad Piloto de microfiltración tangencial	122
Figura AVI.1.	Curva de letalidad	129
Figura AVIII.1.	Log de la apreciación del atributo apariencia vs. Tiempo a condiciones de congelación	133
Figura AVIII.2.	Log de la apreciación del atributo apariencia vs. Tiempo a condiciones de refrigeración	134
Figura AVIII.3.	Log de la apreciación del atributo apariencia vs. Tiempo a condiciones ambientales	134
Figura AVIII.4.	Linealización para determinar el factor de frecuencia y la energía de activación	135

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Método para la determinación de azúcares por HPLC	120
ANEXO II Descripción del módulo de microfiltración	122
ANEXO III Lavado del módulo de microfiltración tangencial	125
ANEXO IV Formato del análisis sensorial	126
ANEXO V Formato del análisis sensorial en la vida útil del producto	128
ANEXO VI Calculo de la intensidad del proceso de pasteurización	129
ANEXO VII Ecuación de calidad de la bebida láctea	131
ANEXO VIII Estimación del tiempo de vida útil de la bebida	132
ANEXO IX Diagramas de bloques del proceso de producción (BFD)	137
ANEXO X Diagrama de flujo del proceso tecnológico (PFD)	138
ANEXO XI Especificaciones técnicas de los equipos	139
ANEXO XII Balance de energía	159
ANEXO XIII Distribución del área de producción (Lay out)	163
ANEXO XIV Elevaciones y cortes del área de producción	164
ANEXO XV Flujo de producto y movimiento de operarios	165

ANEXO XVI	
Amortización del crédito otorgado por una institución financiera	166
ANEXO XVII	
Inversiones	167
ANEXO XVIII	
Costo de operación	170
ANEXO XIX	
Punto de equilibrio	173

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue elaborar una bebida láctea a base del concentrado proteico del suero de mantequilla. Para esto, se concentró la proteína del suero de mantequilla por medio de microfiltración tangencial; se usaron dos tamaños de poro en la membrana (0,1 μm y 0,2 μm). El tamaño de poro en la membrana influyó estadísticamente sobre la concentración de proteína en el retenido y sobre el factor de retención volumétrica (FRV). Se obtuvieron mejores rendimientos al utilizar la membrana de 0,1 μm , se alcanzó una concentración de proteína de $15,82 \pm 0,43$ g/100 g en el retenido y $0,47 \pm 0,03$ g/100 g en el permeado.

Se prepararon nueve formulaciones de la bebida láctea con el retenido (20 %, 27,5 %, 35 %) y la pulpa de fruta de mora (30 %, 35 %, 40 %) cada formulación fue sometida a un tratamiento de pasteurización. El tratamiento térmico fue suficiente para eliminar al microorganismo de referencia (*Salmonella spp*). Para seleccionar la mejor formulación, se realizó un análisis sensorial, mediante un diseño BIB. El tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue el conformado por 20 % de retenido y 35 % de pulpa de mora; esta formulación contiene una concentración de proteína de $5,06 \pm 0,11$ g/100 g.

La bebida obtenida con el mejor tratamiento fue sometida a ensayos de estabilidad, se almacenó a tres temperaturas (-17 °C, 6 °C y 20 °C) durante 21 días. Cada 7 días se realizaron análisis microbiológicos y ensayos sensoriales. Los resultados de estos análisis determinaron un producto microbiológicamente estable y los ensayos sensoriales reflejaron que la temperatura influyó estadísticamente sobre las propiedades organolépticas de la bebida. De acuerdo al ensayo de estabilidad, la bebida láctea tiene un tiempo de vida útil de 66 días mantenida a una temperatura de 8 °C.

El estudio de la pre-factibilidad económica dió un TIR de 71,28 %, y un VAN de \$ 2 316 942 lo que demuestra que es un proyecto rentable.

INTRODUCCIÓN

El suero de mantequilla o mazada es la fracción acuosa liberada al batir crema dulce o ácida, durante el proceso de elaboración de mantequilla (Bylund, 2003, p. 261). El contenido de fragmentos de la membrana del glóbulo graso en el suero de mantequilla, hace de éste co-producto distinto a cualquier producto de la industria láctea. La membrana está relacionada con propiedades beneficiosas para la salud, por su alto contenido de fosfolípidos, se ha demostrado que éstos poseen actividad anticancerígena, especialmente contra el cáncer de colon y también protegen contra toxinas de bacterias y virus (Corredig et al., 2003, p. 2744; Sodini et al., 2006, p. 525). Debido a la alta concentración de fosfolípidos en el suero de mantequilla, este co-producto es interesante como ingrediente de alimentos funcionales (Sodini et al., 2006, p. 525). Estudios demuestran que la ingesta de suero de mantequilla fermentada con la cepa *Lact. helveticus 209* en ratones, dió como resultado un aumento de células de Inmunoglobulina (IgA+) en el intestino delgado (Burns et al., 2010, p. 1736). El suero de mantequilla tiene actividad antioxidante, al inhibir la oxidación lipídica (Wong y Kitts, 2003, p. 1546).

En Estados Unidos de Norte América, el suero de mantequilla se usa como ingrediente en la elaboración de jugos naturales y en la industria panificadora, ya que modifican beneficiosamente las propiedades funcionales de los productos finales, debido a que mejoran la emulsificación, retención de humedad, rendimiento, estabilidad al calor, textura y sabor. En conclusión, la incorporación de suero de mantequilla, mejora las propiedades físico-químicas, sensoriales, tecnológicas y nutritivas del producto terminado (Vanderghem et al., 2010, pp. 493-494).

En Ecuador, el suero de mantequilla no es comercializado, tampoco es tratado previamente para descargarlo como desecho industrial. El suero como efluente es muy contaminante para el ambiente, por su alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) alrededor de 70 000 mg/L (Charris y Rois, 2001, p. 15). De acuerdo con los datos del último Censo Nacional Económico realizado por el INEC, la producción de mantequilla en el año 2008 fue de 1 325 280 kg, los cuales fueron

de productos manufacturados y cantidad producidos por cuenta de terceros (INEC, 2008, p. 268).

Las cifras de desnutrición en el Ecuador presentan las más altas tasas dentro de Sudamérica, van hasta 9 de cada 100 en niños y niñas menores de cinco años; en el caso de los recién nacidos, algo más de siete de cada 100 menores presentan bajo peso al nacer y 3 de cada 100 tienen restricción de crecimiento intrauterino. No se ha comprobado la desnutrición en la mujer embarazada, pero datos extraoficiales indican que este grupo también lo presenta (Martínez y Fernández, 2009, p. 84). También se suman las patologías propias de las deficiencias nutricionales críticas en calorías y proteínas, como son el marasmo y kwashiorkor, según los datos, habrían sumado 97 casos en el 2005. La desnutrición ha generado un costo aproximado de 1 237 millones de dólares, este valor representa un 3,4 % del PIB (Martínez y Fernández, 2009, p. 92). Por este motivo, es importante potenciar el consumo del suero de mantequilla como un alimento funcional o como un ingrediente en bebidas y alimentos. Los aminoácidos esenciales presentes en la leche, hacen de este co-producto interesante para disminuir las deficiencias nutricionales de proteína (Bylund, 2003, p. 261).

Por otro lado, la microfiltración es una tecnología de concentración de alimentos, cuyas ventajas son: mantener la calidad nutricional y sensorial de los alimentos. Además, esta tecnología tiene una elevada selectividad, al separar determinados componentes de un medio como las proteínas (Aguado, 2002, pp. 178-179).

Este estudio es una alternativa para aprovechar un co-producto de la industria láctea producido en la elaboración de la mantequilla de una forma provechosa y lucrativa, ya que además de ser contaminante para el medio ambiente, contiene una cantidad importante de proteínas y calcio, lo que hace atractivo su tratamiento. Las proteínas son de excelente calidad, ya que no son deficientes en ningún aminoácido esencial como es lisina y triptófano, lo que le convierte en un complemento ideal en la dieta diaria (Bylund, 2003, p. 21).

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. SUERO DE MANTEQUILLA

El suero de mantequilla o también denominado mazada, es la fracción acuosa liberada durante el proceso de elaboración de mantequilla, a partir de crema dulce o ácida. La mazada tiene un bajo porcentaje en grasa de alrededor del 0,5 % (Bylund, 2003, p. 261).

El suero de mantequilla es el líquido que queda al batir la crema, al elaborar la mantequilla, antes se lo consideraba como un subproducto. En inglés se lo conoce como “buttermilk”, término mal usado porque además de tener una baja concentración en grasa, su composición es similar a la leche sin grasa (Vaclavik y Christian, 2008, pp. 248-249).

En la leche y por lo tanto en sus derivados la grasa se encuentra en forma de glóbulos grasos, al batir la crema se incorpora aire, el cual ejerce presión en los glóbulos grasos, esta acción hace que se rompa la membrana que cubre el glóbulo y libere la grasa de su interior. En consecuencia, se separan dos fases; la fase grasa (mantequilla) y la fase acuosa (suero de mantequilla) (Fox y Mcsweeney, 2006, pp. 334-337).

Al separarse la fase acuosa (suero de mantequilla) de la fase grasa (mantequilla), las fracciones desintegradas de la membrana del glóbulo graso, permanecen en el suero. Alrededor del 19 % de las proteínas que forman la membrana se quedan en la fase acuosa, además, la concentración de lípidos polares aumenta 5 veces más en el suero (Vanderghem et al., 2010, p. 490).

Durante el proceso de descremado la concentración de ganglosidios aumenta en la crema, debido a que solo el 8 % del total de ganglosidios va a la leche descremada y el resto continúa en la crema. Durante la elaboración de mantequilla, la membrana desintegrada en el batido hace que los ganglosidios

que son altamente polares, vayan completamente al suero de mantequilla (Belitz et al., 2009, p. 515). En la Figura 1.1, se detalla el proceso de elaboración de mantequilla.

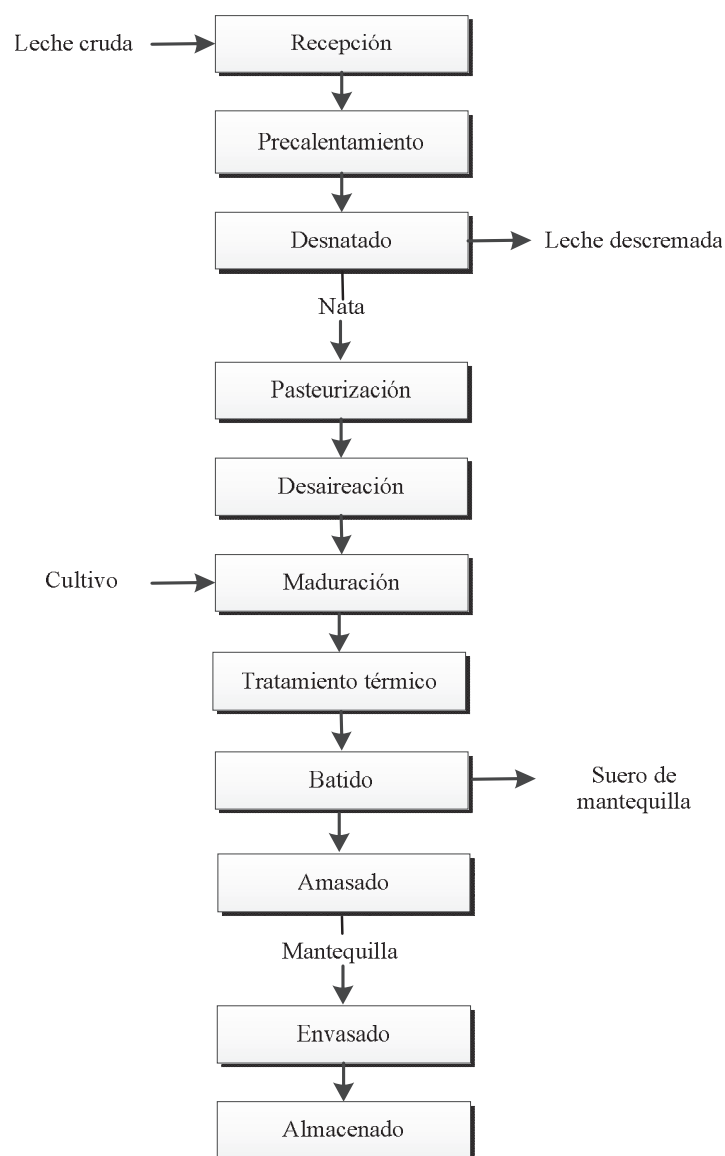


Figura 1.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de mantequilla a partir de crema ácida
Fuente: Bylund, 2003, p. 267

En Suecia los rendimientos del batido varían según la época del año como se indica a continuación en la Figura 1.2. La eficacia del batido está dada por la cantidad de grasa que permanece en la mazada, la cual no debe superar el 0,7 % para considerarlo como un rendimiento aceptable (Bylund, 2003, p. 273).

El rendimiento de la mantequilla depende de muchos factores; como la cantidad de grasa que tiene la crema, la temperatura y la velocidad de batido, entre otros. La cantidad de suero de mantequilla que se recupera al batir 1 litro de crema con un contenido de grasa del 40 % es de 500 mL (Connell y Fox, 2000, p. 1 728).

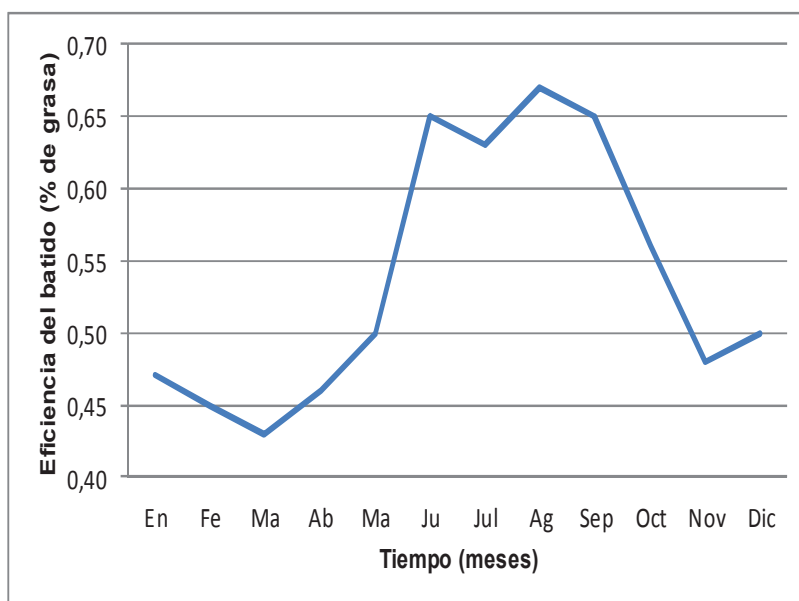


Figura 1.2. Variación de la eficacia del batido a lo largo del año
Fuente: Bylund, 2003, p. 273

1.1.1. TIPOS DE SUERO DE MANTEQUILLA

Existen algunos tipos de suero de mantequilla, según sea la crema utilizada en su proceso de elaboración, los cuales son:

- Suero de mantequilla ácido (cultured buttermilk): obtenido a partir de crema ácida, fermentado por bacterias lácticas del género *Leuconostoc*, conocidas como cultivo de aroma. Estas bacterias son responsables del aroma característico de la mantequilla (Ordoñez, 1998, p. 145).
- Suero de mantequilla dulce (sweet buttermilk): es el suero obtenido

mediante el batido de crema dulce, sin fermentar, ni adición de cultivos lácticos (Ordoñez, 1998, p. 144).

- Whey buttermilk: este tipo de suero se obtiene a partir del lactosuero, durante la elaboración del queso. El lactosuero es bajo en caseína, pero contiene grasa. La grasa se separa por centrifugación, se bate y libera se “whey buttermilk” como co-producto, mientras se obtiene mantequilla (Vanderghem et al., 2010, p. 488).
- Butter serum o beta serum: suero obtenido mediante la elaboración de grasa láctea anhidrida (GLA). En el proceso de concentración se obtienen dos fases: una ligera con 99,5 % de grasa (GLA) y una fase pesada, el “butter serun” (Bylund, 2003, p. 283).

El suero procedente de crema ácida es mucho más ácido que el obtenido de crema dulce, esto provoca un problema al tratarlo posteriormente, además que no posee iones metálicos, estos se quedan en la mantequilla, el suero de la crema dulce si los posee (Ordoñez, 1998, p. 145; Bylund, 2003, p. 266).

En la Tabla 1.1, se presenta las composiciones químicas de los tipos de suero de mantequilla. En la Figura 1.3, se muestra el proceso tecnológico, para obtener los distintos tipos de suero.

Tabla 1.1. Composición (%) de los distintos tipos de suero de mantequilla en base seca

Tipos de suero	Total N	Lípidos	Fosfolípidos	Cenizas	Lactosa	pH
Lactosuero	13,3	0,4	ND	7,5	78,8	5,6
Suero de mantequilla dulce	31,5 - 32,9	5,7 - 13,1	1,3 - 1,3	6,7 - 7,6	48,7 - 53,8	6,4 - 6,6
Suero de mantequilla ácido	27,8	22,3	1,2	6,2	43,7	5,4
Whey buttermilk	14,1	15,5	1,9	7	63,4	6,0

Fuente: Sodini et al., 2006, p. 528

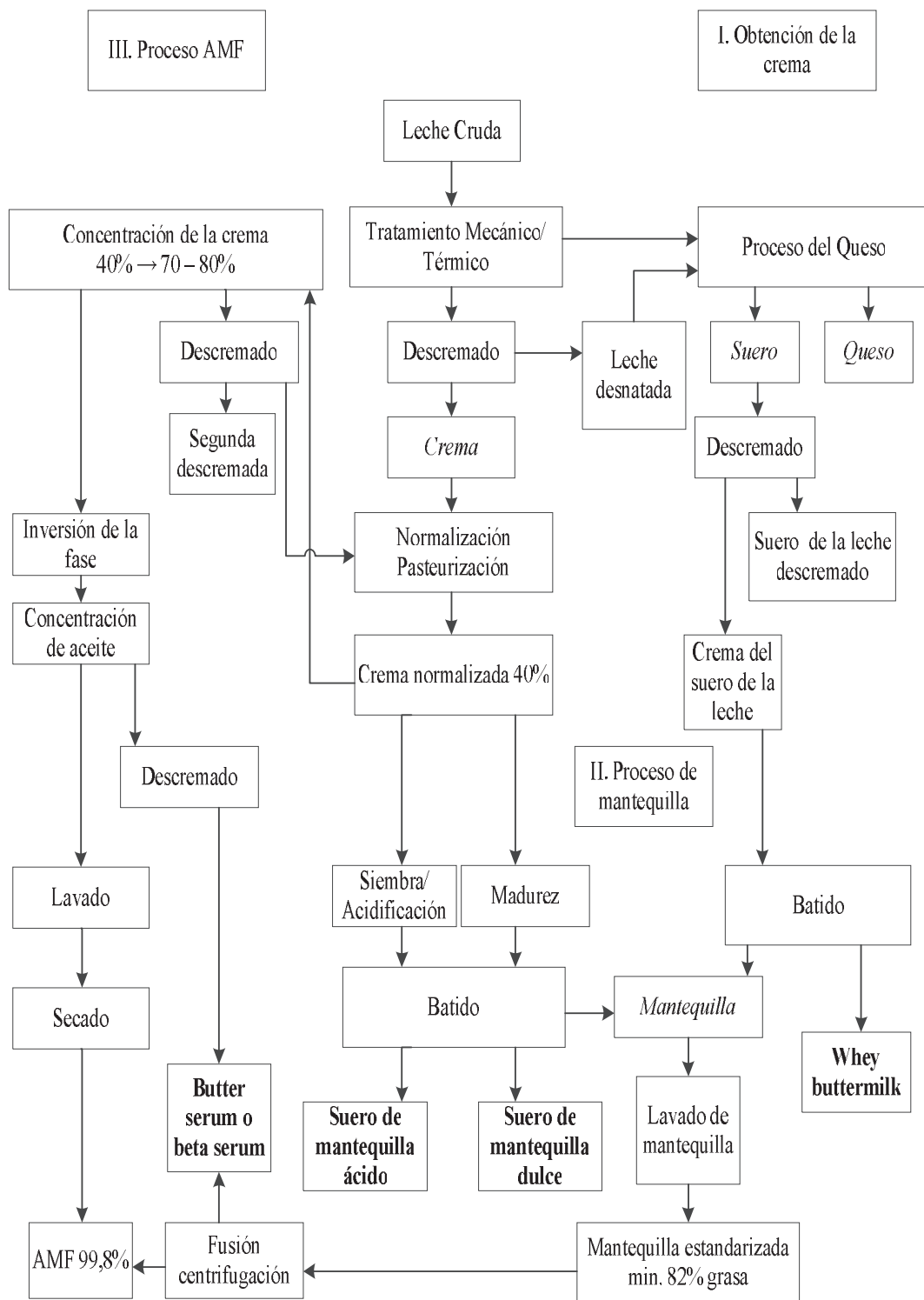


Figura 1.3. Diagrama de flujo de la obtención de los distintos tipos de suero
Fuente: Vanderghem et al., 2010, p. 487

1.1.2. COMPOSICIÓN DEL SUERO DE MANTEQUILLA

La composición del suero de mantequilla es similar al de la leche descremada, con la diferencia de que éste contiene más fosfolípidos $958 \pm 137 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, comparado con $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ que contiene la leche (Gassi et al., 2008, p. 369). En la Tabla 1.2, se muestra el contenido de calcio y de proteínas de la leche descremada y del suero de mantequilla.

Tabla 1.2. Composición de la leche descremada y suero de mantequilla

Parámetro	Unidades	Leche descremada	Suero de mantequilla
Calcio	mg Kg^{-1}	$1\,195 \pm 93$	948 ± 54
Proteína total	% peso/vol	$3,32 \pm 0,2$	$3,12 \pm 0,1$
Proteína soluble	% total	$24,40 \pm 1,0$	$25,00 \pm 3,2$
Caseína no micelar	% total de caseína	$9,20 \pm 2,0$	$12,00 \pm 5,5$

Fuente: Connell y Fox, 2000, p. 1 730

En la Tabla 1.3, se muestran resultados de investigaciones realizadas por (Britten et al., 2008) sobre la cantidad y las clases de fosfolípidos presentes en el suero de mantequilla y butter serun (p. 654).

Tabla 1.3. Composición de fosfolípidos presentes en el suero de mantequilla y butter serun

Parámetro	Unidades	Suero de mantequilla	Butter serun
Proteína	%	$2,45 \pm 0,08$	$3,62 \pm 0,21$
Lípidos	%	$0,98 \pm 0,04$	$3,75 \pm 0,18$
Fosfolípidos	%	$0,13 \pm 0,01$	$0,95 \pm 0,08$
Fosfatidiletanolamina	% del total de fosfolípidos	$39,0 \pm 1,00$	$29,2 \pm 1,1$
Fosfatidilinositol	% del total de fosfolípidos	$8,9 \pm 0,6$	$9,0 \pm 0,8$
Fosfatidilserina	% del total de fosfolípidos	$8,3 \pm 0,5$	$10,1 \pm 0,7$
Fosfatidicolina	% del total de fosfolípidos	$24,4 \pm 0,1$	$24,9 \pm 1,5$
Esfingomielina	% del total de fosfolípidos	$19,3 \pm 0,1$	$26,8 \pm 0,2$
Fosfolípidos	mg/g	53 ± 3	262 ± 8

Fuente: Britten et al., 2008, p. 654

Análisis realizados en muestras de suero de mantequilla comerciales, por medio de HPLC (Cromatografía Líquida de alta resolución), revelan la presencia de dos lípidos polares: la fosfalidiletanolamina y fosfatidilcolina (Corredig, 2003, p. 2749).

El contenido de fragmentos de la membrana del glóbulo graso en el suero de mantequilla, hace que este co-producto sea distinto a cualquier producto de la industria láctea, entre los intereses encontrados es concentrar las proteínas de la membrana para obtener un ingrediente funcional. Aislados de esta membrana están relacionados con propiedades beneficiosas para la salud, por su alto contenido de fosfolípidos (Corredig, 2003, p. 2744).

Las fracciones de la membrana del glóbulo graso poseen propiedades emulsificantes, por su cantidad de fosfolípidos y la función de estabilizar la grasa en la leche. Las propiedades emulsificantes disminuyen debido a los tratamientos térmicos, a pH por debajo de 5, pierde su capacidad emulsificante, debido a la sensibilidad que tiene la caseína a estos rangos de pH (Sodini et al., 2006, p. 533).

Investigaciones realizadas, demuestran que el suero de mantequilla tiene actividad antioxidante, al inhibir la oxidación lipídica. Esto se lo atribuyen a la concentración de grupos sulfhidrilo y a la actividad de reducción relativa, además de la afinidad de secuestrar radicales hidroxilo y peróxido (Wong y Kitts, 2003, p. 1546).

Según Ripollés (2012) en los resultados de la caracterización electroforética de las proteínas presentes en el suero de mantequilla, indican que existe caseína y proteínas del lactosuero, y que además tiene una apreciable cantidad de proteínas de la membrana del glóbulo graso. Estas podrían ser butirofilina, mucina-1 y lactadherina, entre otras (p. 28). En la Figura 1.4, se muestra los resultados de la caracterización electroforética en gel de poliacrilamida del suero de mantequilla y butterserun.

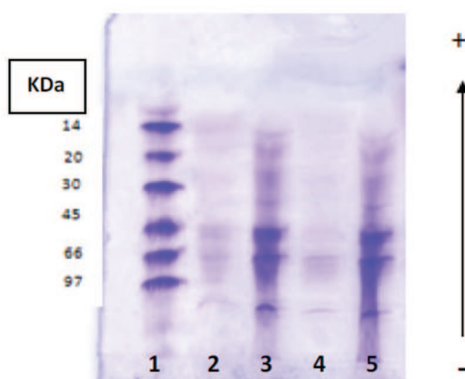


Figura 1.4. Caracterización electroforética del suero de mantequilla y butterserum (1 patrón de pesos moleculares, 2 suero de mantequilla, 3 butterserum, 4 precipitado de suero de mantequilla y 5 precipitado de suero y butterserum)

Fuente: Ripollés, 2012, p. 28

Estudios realizados por (Sodini et al., 2006) demuestran que la caseína, está comprendida entre el 77 % y 87 % del total de proteínas presentes en el suero de mantequilla (p. 529). En la Tabla 1.4, se muestran las clases de caseína presentes en el suero de mantequilla y la leche descremada.

Tabla 1.4. Composición de los distintos tipos de suero de mantequilla en base seca

	Caseína micelar (% total de la caseína micelar)		
	α	β	κ
Leche descremada	56 \pm 6	32 \pm 4	10 \pm 5
Suero de mantequilla	47 \pm 4	40 \pm 2	11 \pm 3

Fuente: Connell y Fox, 2000, p. 1730

1.1.3. MEMBRANA DEL GLÓBULO GRASO (MFGT)

La membrana del glóbulo graso con sus siglas en inglés (MFGT), rodea la superficie externa de los glóbulos grasos de la leche. Su función es proteger al glóbulo de la acción enzimática; actúa como pared para que los glóbulos no floculen y través de ella interactúan con el suero y la grasa (Ordoñez, 1998, p. 25).

Está compuesta por fosfolípidos, lipoproteínas, cerebrosidos, proteínas, ácidos

nucleicos, enzimas, elementos traza (metales) y agua ligada. La composición de la membrana de leche de vaca se presenta en la Tabla 1.5 (Bylund, 2003, p. 18).

Tabla 1.5. Composición de la membrana del glóbulo graso de leche de vaca

Componente	Cantidad	
Proteína	% base seca	25 - 60
Lípidos totales	mg/mg proteína	0,5 - 1,2
Fosfolípidos	mg/mg proteína	0,13 - 0,34
Fosfatidilcolina	% fosfolípidos totales	34
Fosfatidiletanolamina	% fosfolípidos totales	28
Esfingomielina	% fosfolípidos totales	22
Fosfatidilinositol	% fosfolípidos totales	10
Fosfatidilserina	% fosfolípidos totales	6
Lípidos neutros	% lípidos totales	56 - 80
Glicéridos	% lípidos totales	53 - 74
Ácidos grasos libres	% lípidos totales	0,6 - 6,3
Hidrocarburos	% lípidos totales	1,2
Esteroles	% lípidos totales	0,2 - 5,2
Cerebrósidos	nmoles/mg proteína	3,5
Gangliosidos	nmoles/mg proteína	6,0 - 7,4
Ácidos siálicos	nmoles/mg proteína	63
Hexosas	umoles/mg proteína	0,6
Hexosaminas	umoles/mg proteína	0,3

Fuente: Ordoñez. 1998, p. 25

Los lípidos comprenden el 48 % de los componentes de la membrana, la mayoría son fosfolípidos y triglicéridos. La membrana está formada por el 60 % de fosfatidiletanolamina y fosfatidilcolina presente en la leche. Estos lípidos son polares (Ordoñez, 1998, p. 26).

Las proteínas constituyen el 48 % de los componentes de la membrana, de las cuales se puede mencionar las glicoproteínas, polipéptidos, metaloproteínas (enzimas y citocromos). También posee enzimas como: fosfatasa alcalina, xantín-oxidasa, catalasa y aldolasa (Ordoñez, 1998, p. 26).

Según Vanderghem et al., (2010) las proteínas más abundantes, que se encuentran en la MFGT son glicoproteínas. Entre ellas están: la mucina-1, la xantín-oxidasa, la mucina-15, la proteína CD36, la butirofilina, la lactadherina (PAS VI/VII), adipofilina y la proteína fijadora de ácidos grasos (FABP). En la Tabla 1.6, se enumeran las proteínas que existen en la MFGT con sus respectivos pesos moleculares (p. 486).

Tabla 1.6. Proteínas de la membrana del glóbulo graso con sus pesos moleculares

Proteínas	Pesos moleculares (KDa)
Mucina-1	160 - 200
Xantín-oxidasa	150
Mucina-15 (PASIII)	95- 100
CD 36 o PAS IV	76 - 78
Butirofilina	67
Adipofilina	52
Lactadherina (PAS6)	48- 54
FABP	13
BRCA 1	210

Fuente: Vanderghem, 2010, p. 486

En la Figura 1.5, se muestra la disposición de las principales proteínas dentro de la membrana del glóbulo graso.

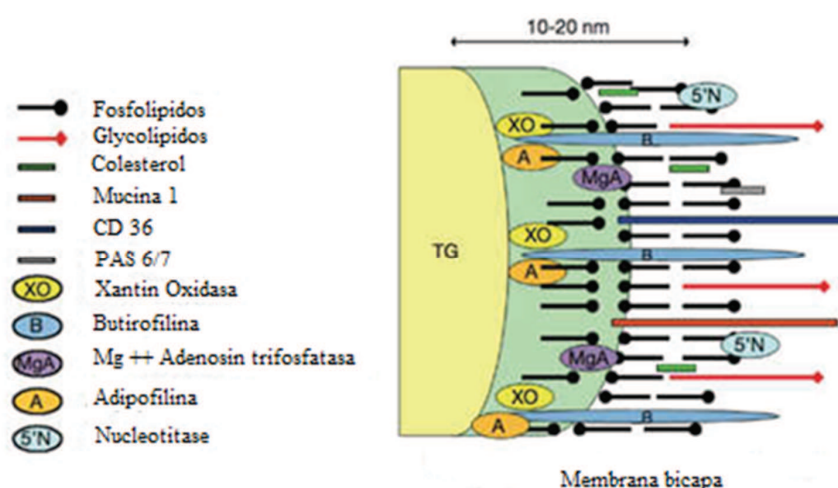


Figura 1.5. Ubicación de las principales proteínas en la membrana del glóbulo graso

Fuente: Vanderghem et al., 2010, p. 486

1.1.4. ESPECIFICACIONES DEL SUERO DE MANTEQUILLA

Según la Norma INEN 718:2011, los requisitos físico-químicos y microbiológicos que debe cumplir el suero de mantequilla son los que se detallan en la Tabla 1.7. y Tabla 1.8, respectivamente.

Tabla 1.7. Especificaciones físico-químicos del suero de mantequilla

Parámetro	Unidades	Mínimo	Máximo
Proteína	g/100 g	1,7	--
Grasa	g/100 g	0,1	2,0
Sólidos lácteos no grasos	g/100 g	13	--
Cenizas	g/100 g	--	0,73
Acidez titulable	% (ácido láctico g /100 mL)	0,7	1,5

Fuente: INEN 718:2011

Tabla 1.8. Especificaciones microbiológicas del suero de mantequilla

Microorganismo	Unidades	m	M
Recuento de aerobios mesófilos	UFC/g	1,0E+03	1,0E+04
Recuento de coliformes	UFC/g	< 10	--
Recuento de Escherichia coli	UFC/g	< 10	--
Estafilococos aureus	UFC/g	< 100	100
Mohos y levaduras	UFC/g	100	500
<i>Salmonella</i>	UFC/g	ausencia	--

Fuente: INEN 718:2011

m = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M = índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad

1.1.5. PROPIEDADES BENÉFICAS PARA LA SALUD

Estudios demuestran que la ingesta de suero de crema fermentada con la cepa *Lact. helveticus 209* en ratones, dió como resultado un aumento de células de Inmunoglobulina (IgA+) en el intestino delgado. La IgA+ es la encargada de modular la respuesta inmune de la mucosa intestinal y ejerce un control de las bacterias patógenas o virus en el intestino (Burns et al., 2010, p. 1736).

Debido a la alta concentración de fosfolípidos en el suero de mantequilla, este co-producto es muy interesante como ingrediente de alimentos funcionales. Se ha demostrado que los fosfolípidos poseen actividad anticancerígena, especialmente contra el cáncer de colon y también protege contra toxinas de bacterias y virus (Sodini et al., 2006, p. 525).

En el suero de mantequilla se encuentran la mayor parte de los gangliosidos presentes en la leche. El consumo de éstos en la dieta diaria presenta grandes beneficios para la salud. Posee propiedades antivirales, antimicrobianas e inhibidor de enterotoxinas. También está involucrada en la diferenciación celular, proliferación, neuritogenesis, señalización y apoptosis (Pham et al., 2011, p. 1032).

1.1.6. USOS DEL SUERO DE MANTEQUILLA

En los Estados Unidos de Norte América, el suero de mantequilla se usa principalmente en la industria panificadora (39 %), para mejorar la textura y sabor de los productos. Se emplea también en la industria láctea en la elaboración del queso, yogurt y helados (23 %) y para preparar mezclas en polvo (33 %). También se usa para la elaboración de mezclas funcionales como: salsas, chips y chocolates (Sodini et al., 2006, p. 525).

El suero de mantequilla se usa como ingrediente en la elaboración de jugos naturales y panificadoras, ya que modifican beneficiosamente las propiedades de los productos finales, debido a que mejoran la emulsificación, estabilidad, retención de humedad, rendimiento, estabilidad al calor, textura y sabor (Vanderghem et al., 2010, p. 493).

El queso cheddar y mozzarella bajos en grasa, pizza, yogurt bajo en grasa y sin grasa, pan, leche evaporada son productos a los cuales se les ha incorporado suero de mantequilla como ingrediente, para mejorar las propiedades físico químicas, sensoriales, tecnológicas y nutritivas del producto terminado (Vanderghem et al., 2010, p. 494).

1.2. APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS EN LA CONCENTRACIÓN

La tecnología de membranas es una alternativa en la concentración de alimentos. Las ventajas que tiene esta tecnología son: mantener la calidad nutricional y sensorial de los alimentos, debido a las bajas temperaturas de operación, bajo costo de operación, ocupan poco espacio y tienen una amplia flexibilidad de operación. La limitación de esta operación es el ensuciamiento y deterioro de la membrana, por ello se necesita reemplazarla cada cierto tiempo (Casp y Abril, 2003, p. 447).

La tecnología de membranas se aplica en varios sectores de la industria alimenticia tales como: sector lácteo, frutas y hortalizas, bebidas, procesamiento de granos y azúcar. Otras aplicaciones son: la producción de agua potable a partir de agua de mar, tratamientos de efluentes industriales y recuperación de componentes, eliminación de toxinas presente en la sangre mediante el riñón artificial (Casp y Abril, 2003, p. 447; Aguado et al., 2002, p. 178).

La industria láctea es uno de los sectores, que más utiliza la tecnología de membranas en sus procesos. Emplea ósmosis inversa en la recuperación de proteínas y lactosa del suero del queso y la concentración de enzimas; ultrafiltración para concentrar proteínas del lactosuero y la normalización de proteína de la leche destinada a la elaboración de yogurt, queso y otros productos lácteos; nanofiltración para la desalinización del suero y la microfiltración para reducir de la población de bacterias, además de disminuir el contenido graso del lactosuero destinados a la obtención de concentrados proteicos (Casp y Abril, 2003, p. 448; Bylund, 2003, p. 125; Geankoplis, 1998, p. 865).

En la industria azucarera, se utiliza ósmosis inversa para la pre concentración del jarabe, también se usa ultrafiltración para la clarificación del zumo de la caña de azúcar y la separación de partículas coloidales y en suspensión (Casp y Abril, 2003, p. 448).

En la industria vinícola, se usa microfiltración para la clarificación del vino, la concentración del vino por ósmosis inversa acelera el proceso de precipitación tartárica en la estabilización en frío. En la industria de la cerveza se usa microfiltración para obtener un producto esterilizado (Casp y Abril, 2003, p. 448).

La ultrafiltración se usa en los mataderos para la separación y purificación de las células de la sangre, concentración del plasma y concentración de la sangre homogenizada (Casp y Abril, 2003, p. 448).

1.2.1. USO DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

La membrana actúa como una barrera semipermeable, impide el paso de determinados componentes y permite el paso de otros. El paso de los componentes está dado por una fuerza motora. Esta fuerza puede ser una diferencia del potencial químico ($\Delta\mu$) o una diferencia de potencial eléctrico (ΔV). La diferencia de potencial químico puede ser, diferencias en las concentración de los componentes individuales (ΔC_p , Δp_i) o presiones absolutas (ΔP) entre las dos fases fluidas (Aguado et al., 2002, p. 179).

El flujo que no logra pasar la membrana se conoce con el nombre de retenido o concentrado, mientras que el flujo que atraviesa la membrana se le llama permeado o filtrado (Casp y Abril, 2003, p. 452). En la Figura 1.6, se puede observar este fenómeno y las diversas fracciones.

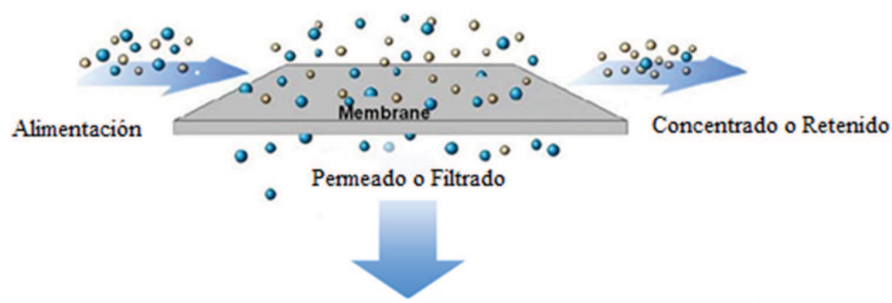


Figura 1.6. Proceso de separación del alimento mediante tecnología de membranas
Fuente: Schemeling, 2010, p. 789

1.2.2. LIMITACIONES DEL USO DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

Existen limitaciones en el uso de la tecnología de membranas y están dadas por los fenómenos conocidos como polarización y ensuciamiento o colmatación de la membrana, que traen efectos negativos en el proceso (Gallego, 2006, p. 196).

1.2.2.1. POLARIZACIÓN DE LA MEMBRANA

El fenómeno de polarización ocurre cuando el soluto rechazado por la membrana, se acumula en forma de una capa delgada en la superficie de la membrana. La concentración de soluto en la superficie de la membrana es mayor que la concentración en el seno del líquido de alimentación (Casp y Abril, 2003, pp. 456-457).

Al formarse una capa en la superficie de la membrana, se crea una nueva resistencia a la transferencia de masa, lo que a su vez conlleva a una disminución del flujo del permeado y cambio en las características de retención (Mendoza, 2010, pp. 15-17).

Al elevar la presión de trabajo, aumenta el flujo del permeado, lo que ocasiona un mayor transporte de moléculas a la superficie de la membrana, aumentando la concentración en la capa límite que se forma en las proximidades de la membrana. El aumento de la concentración provoca que alcance el límite de solubilidad, provocando la precipitación del soluto y formación de un gel o una capa sólida sobre la membrana (Mendoza, 2010, p. 16).

Entre una de las alternativas que se tienen, para evitar el efecto de la polarización en la membrana, es utilizar altas temperaturas del flujo de alimentación sin sobrepasar las temperaturas, que aseguren la conservación de las propiedades físico-químicas y organolépticas del alimento; otra alternativa es disminuir el espesor de la capa formada en la superficie de la membrana, mediante la generación de turbulencia en el flujo de alimentación

o con un buen diseño de módulo de membrana (Casp y Abril, 2003, p. 458; Gallego, 2006, p. 196).

1.2.2.2. ENSUCIAMIENTO DE LA MEMBRANA

Este fenómeno ocurre cuando macromoléculas taponan o bloquean los poros de la membrana, lo que ocasiona una disminución en el flujo del permeado. Este fenómeno es común en aquellas tecnologías de membranas en las que se utilizan membranas porosas, como la microfiltración y la ultrafiltración (Gallego, 2006, p. 197).

Los compuestos que causan el ensuciamiento en la membrana son precipitados de naturaleza orgánica (macromoléculas, sustancias biológicas, etc.); precipitados inorgánicos (hidróxidos metálicos, sales de calcio, etc.) y partículas coloidales (Aguado et al., 2002, p. 195).

Algunas alternativas que se tienen, para evitar el fenómeno del ensuciamiento de la membrana son: pre tratamientos de la solución alimento para disminuir los componentes causantes del ensuciamiento (pre-filtración, ajuste de pH, clarificación química, tratamientos térmicos y tratamientos enzimáticos); modificación de las propiedades de la membrana con membranas hidrofílicas e hidrofóbicas y diseño del módulo que favorezca la turbulencia (Aguado et al., 2002, p. 195; Gallego, 2006, p. 198).

1.2.3. MÓDULOS DE MEMBRANAS

El módulo es el lugar donde se encuentran las membranas y pueden tener varias configuraciones. En la Tabla 1.9, se detallan las diferentes configuraciones que pueden tener los módulos y la aplicación en las diferentes tecnologías de membranas (Bylund, 2003, p. 125).

Tabla 1.9. Configuraciones de los módulos de membrana en la tecnología de membranas

Diseño	Tecnología de membranas			
	Ósmosis Inversa	Nanofiltración	Ultrafiltración	Microfiltración
Láminas enrolladas en espiral	x	x	x	
Placas y bastidor	x		x	
Tubular basado en polímeros	x		x	
Tubular basado en cerámica			x	x
Fibra hueca			x	

Fuente: Bylund, 2003, p. 126

1.2.3.1. LÁMINAS ENROLLADAS EN ESPIRAL

Este tipo de configuración contiene una o más membranas enrolladas en sentido espiral. Las capas de las membranas se encuentran separadas por un material poroso, que conduce el permeado hacia un tubo central. La alimentación es por un extremo del rollo por los canales apropiados y la salida del permeado y el retenido es por el extremo opuesto. Tiene grandes superficies de membrana en espacios pequeños (Casp y Abril, 2003, p. 464). En la Figura 1.7 se indica un diseño de láminas enrolladas en espiral.

**Figura 1.7.** Representación de un módulo de membrana en sentido espiral

Fuente: Bylund, 2003, p 127

1.2.3.2. DISEÑO DE PLACAS Y BATIDOR

Las membranas se encuentran entre placas soporte, su disposición es similar a la

de un intercambiador de calor de placas. El material de las membranas es polimérico (Casp y Abril, 2003, p. 462). En la Figura 1.8 se indica un diseño de placas y bastidor.

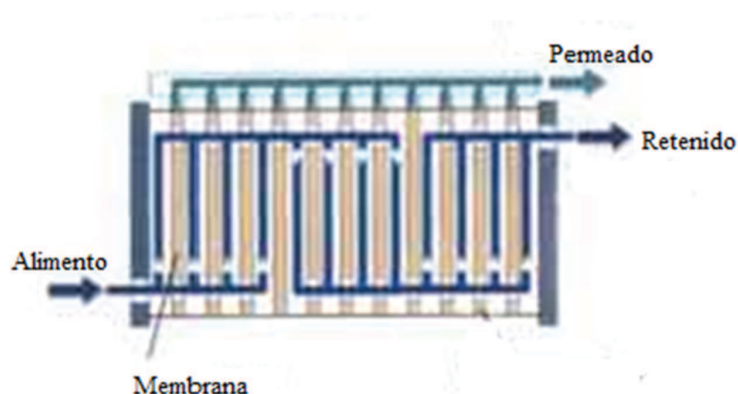


Figura 1.8. Representación de un módulo de membrana en forma de placas y bastidor
Fuente: Bylund, 2003, p 126

1.2.3.3. DISEÑO TUBULAR BASADO EN POLÍMEROS

En este tipo de diseño se utilizan membranas cilíndricas que se encuentran en tubos soporte. Su disposición es similar a un intercambiador de calor de carcasa y tubos. Los tubos están conectados en serie. El permeado se recolecta al exterior de los tubos, en el interior de la carcasa de acero inoxidable. La limpieza de las membranas es muy sencilla (Bylund, 2003, p 126). En la Figura 1.9 se indica un diseño tubular basado en polímeros.

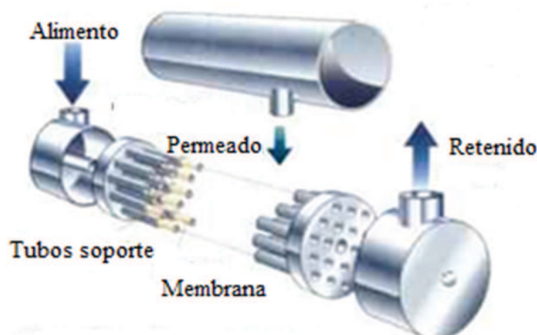


Figura 1.9. Representación de un módulo de membrana en forma tubular
Fuente: Bylund, 2003, p 126

1.2.3.4. DISEÑO TUBULAR BASADO EN CERÁMICA

Las paredes delgadas de los canales se fabrican con cerámica de grano fino, mientras el material soporte con cerámica de grano grueso (Bylund, 2003, p. 126). En la Figura 1.10 se expone un diseño tubular en cerámica.

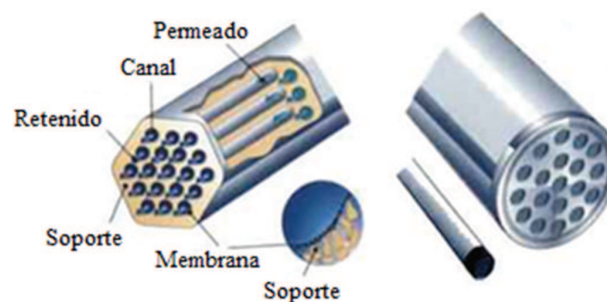


Figura 1.10. Representación de un módulo de membrana tubular basado en cerámica
Fuente: Bylund, 2003, p 126

1.2.3.5. DISEÑO DE FIBRA HUECA

Este diseño de membranas está compuesto de haces en sentido paralelo. El fluido alimenticio fluye por el interior de estos haces y el permeado se recolecta en el exterior. Este diseño permite la limpieza de las membranas en sentido contrario a la salida del permeado (Casp y Abril, 2003, p. 462). En la Figura 1.11 se indica un diseño de fibra hueca



Figura 1.11. Representación de un módulo de membrana en diseño de fibra hueca
Fuente: Bylund, 2003, p 128

1.2.4. TIPOS DE MEMBRANAS

Las membranas pueden ser clasificadas de acuerdo a diferentes criterios: mecanismo de separación, composición de la membrana, estado físico de la membrana, naturaleza de las membranas (Aguado et al., 2002, p. 181).

Los tipos de membranas varían, según el material con la que están fabricadas, estructura y sus diversas aplicaciones. Las membranas que se utilizan comercialmente son de materiales sintéticos, pero también, existen de cerámica y metálicas (Aguado et al., 2002, p. 181).

1.2.4.1. MECANISMO DE SEPARACIÓN

Las membranas se pueden clasificar en porosas y no porosas. En las membranas porosas el fluido se transporta por el interior de los poros de la membrana (microfiltración y ultrafiltración), mientras en las membranas no porosas el transporte se da por mecanismos de difusión y la separación se da por la diferencia en la difusividad y la solubilidad de los compuestos (pervaporación y separación de mezclas gaseosas) (Mendoza, 2010, p. 16).

1.2.4.2. COMPOSICIÓN DE LA MEMBRANA

Si todas las propiedades de la membrana son iguales en toda su superficie se denomina simétrica, en cambio si una de las propiedades varía se la llama asimétrica. Existen membranas con cargas en su estructura, estas generalmente se utilizan en la electrodiálisis y pueden ser (Aguado et al., 2002, p. 181):

- Membranas de intercambio catiónico.- poseen cargas negativas unidas a la matriz polimérica, permiten el paso de cationes y retiene aniones.
- Membranas de intercambio iónico.- poseen cargas positivas unidas a la membrana, permiten el paso de iones, mientras retiene los cationes.

Los polímeros que forman las membranas de electrodiálisis son grupos $(SO_3)^-$ para las membranas con carga negativa e iones amonio para las cargas positivas (Aguado et al., 2002, p. 186).

1.2.4.3. ESTADO FÍSICO DE LAS MEMBRANAS

Las membranas que se emplean generalmente son sólidas, pero también existen membranas líquidas, se utilizan en la extracción de metales contenidos en efluentes acuosos o recuperación de componentes en procesos de fermentación (Aguado et al., 2002, pp. 181-196).

1.2.4.4. NATURALEZA DE LAS MEMBRANAS

Según el material con que están formadas las membranas se pueden mencionar los siguientes:

- Celulosa.- estas membranas poseen baja estabilidad térmica, química y biológica. Trabajan a pH comprendidos entre 4 y 6,5. Se dañan por iones cloro. Son empleadas en microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa, diálisis, permeación de gases, pervaporación. Entre otros materiales con los que fabrican estas membranas están los acetatos de celulosa.
- Poliaminas aromáticas y alifáticas.- las primeras son utilizadas por su resistencia mecánica, térmica, química y ataque de microorganismos, toleran condiciones alcalinas de trabajo y temperaturas hasta 50 °C. Se utilizan generalmente en el proceso de ósmosis inversa. Mientras, las poliaminas alifáticas son estables químicamente; son empleadas en microfiltración y ultrafiltración.
- Poliiminas.- poseen una buena estabilidad térmica y química. Se emplean en permeación de gases, ósmosis inversa y ultrafiltración.

- Politetrafluoroetileno.- polímero hidrófobo tiene una buena estabilidad térmica y química. Se emplean en el proceso de microfiltración.
- Polipropileno isotáctico.- tiene resistencia a disolventes, es hidrófoba. Se aplica en microfiltración.
- Policarbonatos.- polímeros de elevada resistencia mecánica, se aplica en permeación de gases y microfiltración.
- Polisulfonas.- éstas membranas se caracterizan por su estabilidad térmica y mecánica, se utilizan principalmente en la ultrafiltración.
- Poliacrilonitrilo.- este tipo de membranas se emplean en ultrafiltración.

Entre otros materiales poliméricos que se usan en la fabricación de membranas están: siliconas, polímeros de caucho, polivinilalcohol, fluoruro de polivinilo (Aguado et al., 2002, p. 181).

También existen membranas cerámicas y están elaboradas con carbón poroso, óxido de circonio o de aluminio, trabajan en un amplio rango de temperatura y pH. Son fáciles de limpiar y resisten al cloro; pero, son costosas (Casp y Abril, 2003, p. 461).

1.2.5. CLASIFICACIÓN DE LAS OPERACIONES DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

Las tecnologías de membranas se pueden clasificar de acuerdo a la fuerza impulsora que provoca la transferencia de masa, la magnitud de esta fuerza, tipo y rango de tamaño de los compuestos a separar y al estado físico de las fases en contacto con la membrana (Mendoza, 2010, p. 9). En la Tabla 1.10, se listan los tipos de tecnologías de membranas que se utilizan en la industria.

Tabla 1.10. Clasificación de tecnologías de membranas por su fuerza impulsora y fases implicadas

Operación	Fuerza Impulsora	Fases Implicadas	Tipo de membranas	Componentes permeados
Permeación de gases	Δp_i	G/M/G	Densa	Gases, vapores
Per vaporación	Δp_i	L/M/G	Densa	Solutos
Diálisis	ΔC_i	L/M/L	Densa	Soluto
Electrodiálisis	ΔV	L/M/L	Iónica	Iones
Micro filtración	ΔP	L/M/L	Porosa	Disolvente
Ultrafiltración	ΔP	L/M/L	Porosa	Disolvente
Ósmosis Inversa	ΔP	L/M/L	Densa	Disolvente

Fuente: Aguado et al., 2002, p.180

En la industria láctea se utiliza la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa. En Figura 1.12, se describen estas tecnologías con los componentes que retienen sus membranas.

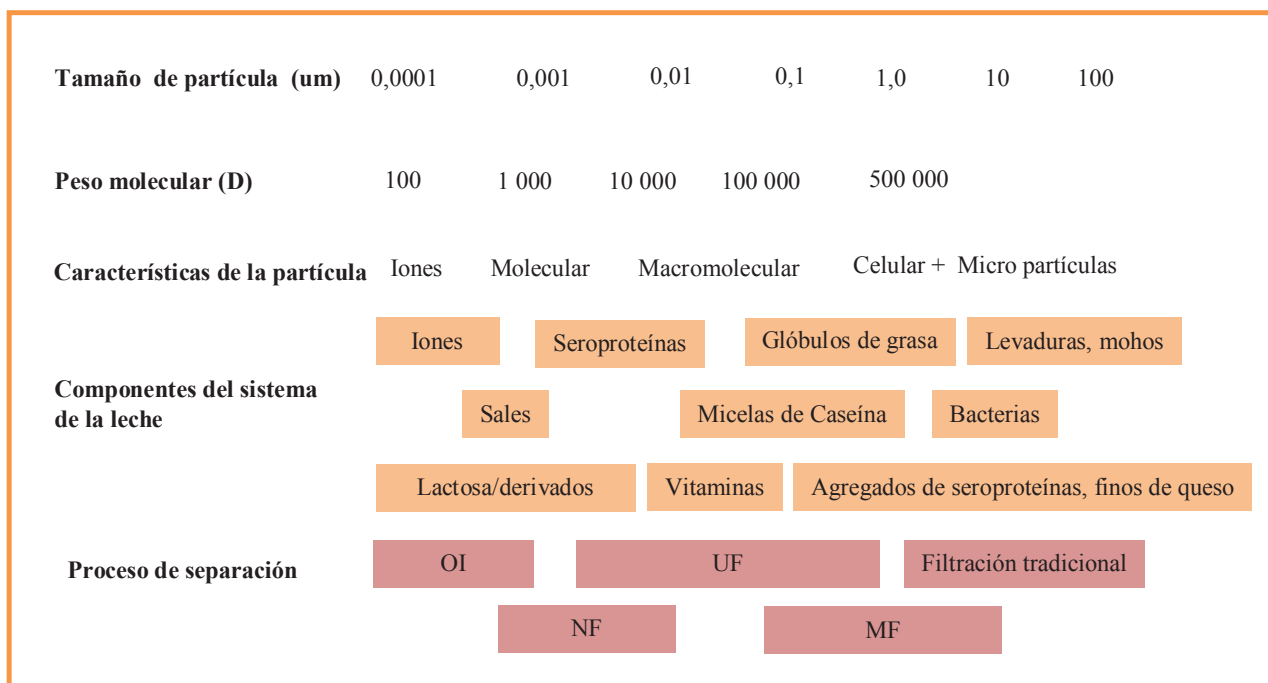


Figura 1.12. Tecnología de membranas que se utilizan en la industria láctea y componentes que retienen

Fuente: Bylund, 2003, p 124

La microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa son tecnologías de membranas que trabajan con principios similares. La separación de los componentes se realiza mediante la aplicación de una diferencia de presión entre las dos fases fluidas. Las diferencias entre estas tecnologías están dadas por el diámetro de las partículas que retienen y también por las presiones de trabajo que operan (Bylund, 2003, pp. 123-125).

1.2.5.1. MICROFILTRACIÓN

La microfiltración retiene partículas con tamaños comprendidas entre $0,1 \mu\text{m}$ y $10 \mu\text{m}$. Las partículas que retienen son aquellas que se encuentran en suspensión coloidal (macromoléculas). Trabaja con diferencia de presiones pequeñas entre $0,7$ y $3,5 \text{ atm}$ (Casp y Abril, 2003, p. 459).

De acuerdo a la orientación del flujo de alimentación con respecto a la membrana pueden existir dos tipos de configuraciones:

Microfiltración frontal.- el flujo de alimentación fluye en dirección perpendicular a la membrana, trabaja en régimen no estacionario, además se produce un aumento de la torta en la membrana con el tiempo (Aguado et al., 2002, p. 189).

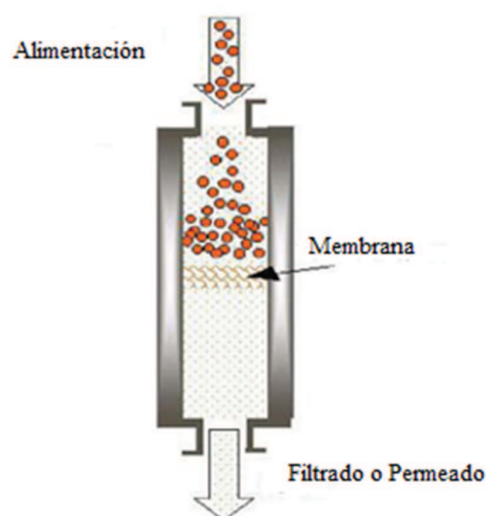


Figura 1.13. Configuración de microfiltración sin salida
Fuente: Gallego, 2011, p. 194

Microfiltración tangencial.- el flujo de alimentación fluye en sentido paralelo a la membrana y perpendicularmente al flujo del permeado. El flujo tangencial forma una capa de torta con un espesor constante en la superficie de la membrana (Mendoza, 2010, p. 7; Gallego, 2011, p.194)

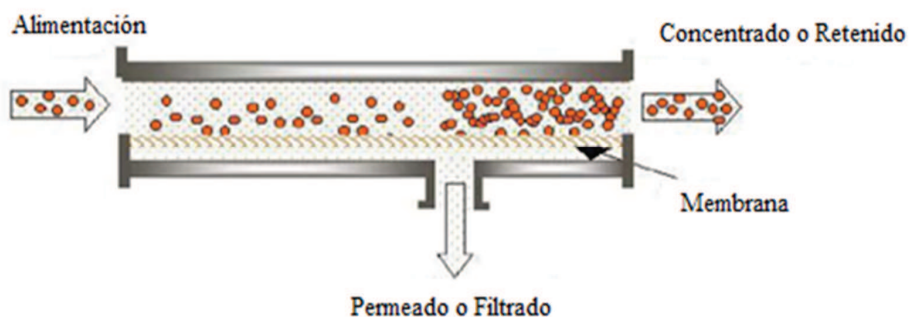


Figura 1.14. Configuración de microfiltración de flujo cruzado
Fuente: Gallego, 2011, p. 194

En la Figura 1.15, se encuentra la representación del diagrama del equipo de microfiltración de uso industrial

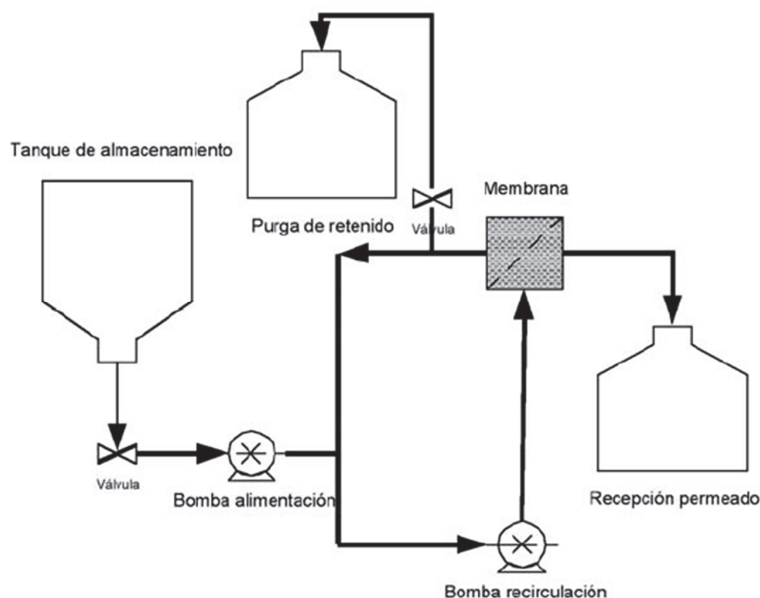


Figura 1.15. Representación del diagrama del equipo de microfiltración de uso industrial
Fuente: Chacón, 2006, p. 245

1.2.5.2. ULTRAFILTRACIÓN

En la ultrafiltración se utiliza presiones de trabajo entre 2 y 10 atm. La separación en la ultrafiltración se basa en diferencias de tamaños moleculares, permitiendo la separación de compuestos comprendidos entre 500 y 1 000 000 Daltons (Geankoplis, 1998, p. 875).

La ultrafiltración retiene en su membrana macromoléculas como: proteínas, hidratos de carbono complejos y azúcares disueltos. También recupera proteínas del suero como lactoalbumina y lactoglobulina presentes en el lactosuero (Aguado et al., 2002, p.190; Casp y Abril, 2003, p. 459).

1.2.5.3. NANOFILTRACIÓN

Las membranas que se utilizan en nanofiltración son polímeros orgánicos (acetato, celulosa y polisulfato). Las membranas en ocasiones también, poseen grupos funcionales con carga generalmente negativo y neutro (Casp y Abril, 2003, p. 450).

Las membranas de nanofiltración retienen compuestos con pesos moleculares comprendidos entre 100 y 1 000 Daltons. Concentra componentes orgánicos y elimina parcialmente los minerales. Trabaja en un rango de presiones comprendidos entre 7 - 35 atm (Casp y Abril, 2003, p. 449).

1.2.5.4. ÓSMOSIS INVERSA

El proceso de ósmosis inversa se logra al invertir el flujo espontáneo de la ósmosis, esto se consigue mediante la aplicación de una diferencia de presión, que debe ser superior a la presión osmótica. Por lo tanto las presiones de trabajo en esta operación son altas, alrededor de 10 a 100 atm (Geankoplis., 1998, pp. 865-871).

Los componentes que rechaza la membrana en el proceso de ósmosis inversa son compuestos moleculares o iónicos. La concentración de solutos en el permeado es baja (Casp y Abril, 2003, p. 459, Geankoplis., 1998, p.865).

La limitación que tiene este proceso, es la concentración de soluto en el flujo de alimentación; para una elevada presión osmótica, se necesita una mayor presión de trabajo para operar, entonces el proceso no es viable (Aguado et al., 2002, p. 193).

1.2.5.5. ÓSMOSIS DIRECTA

Entre las ventajas que posee esta tecnología están: baja presión hidráulica, baja temperatura de operación, alta recuperación de productos, baja descarga de contaminantes hacia el medio ambiente, mejora la preservación de compuestos bioactivos, eficiencia en productos con alto contenido de sólidos, facilidad de ampliación y poco ensuciamiento de la membrana. Es una alternativa para concentrar bebidas (Voltaire, 2012, p. 484).

En la Figura 1.16, se encuentra la representación del diagrama del equipo de ósmosis directa.

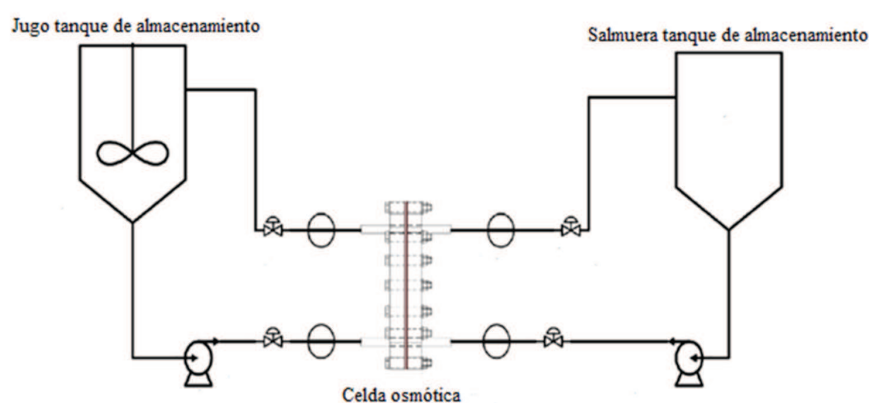


Figura 1.16. Equipo de ósmosis directa
Fuente: Voltaire, 2012, p. 487

PRINCIPIO DE LA ÓSMOSIS DIRECTA

El principio de la presión osmótica es empleado en la técnica de ósmosis directa, donde la diferencia de presión osmótica entre las dos diferentes soluciones, obliga a que el flujo de alimentación (solución menos concentrada) transporte moléculas de solvente hacia una solución más concentrada a través de la membrana semipermeable (Voltaire, 2012, p. 484).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALES

En el presente trabajo se utilizó suero de mantequilla, proveniente de la industria Láctea FLORALP S.A. ubicada en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. Esta empresa normalmente procesa 1 000 L de crema de leche fresca cada día, para la línea de elaboración de mantequilla.

Inmediatamente después del batido de la crema en el proceso de elaboración de mantequilla, el suero obtenido fue transportado a la planta piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB) en bidones de acero inoxidable de 12 L de capacidad. La cantidad transportada fue de 80 L, y desde la planta procesadora hasta el almacenamiento del material en la Escuela Politécnica Nacional se requirió alrededor de 3 horas.

La pulpa de mora y la sacarosa fueron adquiridas en los supermercados Supermaxi de la ciudad de Quito.

La bebida láctea, fue envasada en botellas de 250 mL de vidrio y las respectivas tapas se adquirieron en la empresa Navcatrading Corp. S.A. ubicada en Quito.

La investigación fue realizada en la planta piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional.

2.1.1. EQUIPOS

- pH metro digital marca ORION, modelo 210 A
- Refractómetro portátil marca ATAGO HSR-500
- Centrífuga Multispeed, IEC CL31R

- Espectrofotómetro UV-V/s, SHIMADZU, modelo 160-A
- Cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC), marca Hp 1050
- Colorímetro Minolta modelo CR-200
- Termómetro digital marca EXTECH INSTRUMENTS Easyview 15
- Balanza analítica Citizen, 220 g \pm 0,0001 g
- Baño termostático, Precisión Scientific, modelo 25
- Licuadora, marca Osterizer
- Báscula TOLEDO SCALE COMPANY modelo 2 120 capacidad 200 kg
- Centrífuga marca Westfalia separador AG, Modelo LWA 205
- Unidad piloto de microfiltración tangencial, marca TIA
- Molino coloidal, marca Fryma
- Olla de pasteurización de acero inoxidable de doble camisa, a gas
- Agitador mecánico de hélice, marca Fisher Scientific
- Unidad de envasado aséptico

2.2. CARACTERIZACIÓN DEL SUERO DE MANTEQUILLA, CONCENTRADO PROTEICO, PERMEADO Y LA BEBIDA LÁCTEA

El suero de mantequilla fue recibido en la planta piloto del DECAB y puesto en almacenamiento dentro de la cámara de congelación a una temperatura de -17 °C, en bidones de acero inoxidable de 12 L de capacidad.

2.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUERO DE MANTEQUILLA

La materia prima recibida, se homogenizó y se tomó una muestra de 500 mL para los análisis de caracterización. Se realizaron análisis físico-químicos de: pH, acidez titulable, °Brix, grasa, cenizas, proteína, calcio, fósforo, potasio, lactosa y análisis microbiológicos de aerobios, recuento total de coliformes, hongos y levaduras.

2.2.1.1. pH

Para determinar el pH se utilizó un pH-metro digital marca ORION, modelo 210. Se tomó 50 mL de muestra y se sumergió el electrodo para tomar la lectura. Se esperó hasta que se estabilizara la medida en el equipo.

2.2.1.2. ACIDEZ TITULABLE

La acidez titulable se determinó mediante el método descrito en 947,05 AOAC (2005). Se tomó 10 mL de muestra, se colocó en un vaso de precipitación y se añadieron tres gotas de fenolftaleína. Luego se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N lentamente y con agitación constante hasta observar un color rosa pálido persistente durante 30 segundos. Se leyó el volumen consumido y se calculó el porcentaje de ácido láctico, mediante la ecuación [2.1].

$$A = \frac{fa * V * N * f}{Vo} * 100 \quad [2.1]$$

Donde:

- A = acidez del producto en porcentaje de masa
- fa = factor del ácido predominante (ácido láctico = 0,090)
- V = volumen de NaOH usado en mL
- N = normalidad de la solución de NaOH
- f = factor del NaOH (1,00)
- Vo = volumen de la muestra

2.2.1.3. GRASA

La grasa se determinó mediante el método Gerber descrito en 2000,18 AOAC (2005). Se añadieron en un butirómetro 10 mL de ácido sulfúrico concentrado al 90 %, luego se colocó 11 mL de muestra, deslizando por las paredes del

mismo para evitar una mezcla demasiado brusca. Posteriormente se adicionó alcohol isoamílico. Se tapó y se agitó por inversión hasta obtener una mezcla homogénea. Se centrifugaron los butirómetros durante 5 min a 1 200 rpm. Finalmente se colocaron los butirómetros en baño maría a 65 °C durante 5 min y se tomó la lectura de la columna de grasa en el butirómetro.

2.2.1.4. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°Brix)

Para la determinación de los °Brix, se utilizó un refractómetro portátil marca ATAGO HSR-500. Se colocaron dos gotas del suero de mantequilla en el refractómetro y se procedió con la lectura de los grados °Brix.

2.2.1.5. PROTEÍNA

El contenido de proteínas se cuantificó mediante el método Kjeldahl según se describe en 991,20 AOAC (2005). Se realizó una digestión de la muestra con H₂SO₄, luego una neutralización con NaOH concentrado para liberar el NH₃; a continuación una destilación en el equipo Kjeltex y al final una titulación con HCl 0,1 N. Para obtener el % de nitrógeno se aplicó la ecuación [2.2].

$$N = \frac{1,4007 * (Vs - Vb) * M}{W} * 100 \quad [2.2]$$

Donde:

Vs y Vb = mL de HCl utilizados en la titulación de la solución base y la muestra

M = molaridad de la solución de HCl

W = peso de la solución base en gramos

Luego, se multiplicó el % de nitrógeno por el factor 6,38 para calcular el porcentaje de proteína.

2.2.1.6. CENIZAS

Se determinó mediante el método 945.46 AOAC (2005). Se colocó la muestra en un crisol previamente pesado, luego se calcinaron las muestras a 550 °C por un tiempo de 6 a 12 horas, se enfriaron las muestras en el desecador y se pesaron.

2.2.1.7. MINERALES

Para analizar la concentración de minerales, se utilizó el procedimiento descrito en el método DECAB (2001), que consiste en la digestión de la muestra en microondas y luego la lectura de Ca, P, y K por espectrofotometría de absorción atómica.

2.2.1.8. LACTOSA

El contenido de lactosa se cuantificó mediante HPLC (Cromatografía Líquida de alta resolución) según el método Pérez et al., (1997, pp. 3 545-3 549). El procedimiento se detalla en el Anexo I.

2.2.1.9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos realizados se encuentran enlistados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Métodos microbiológicos en el suero de mantequilla, concentrado proteico, permeado y bebida láctea

Análisis	Método
Coliformes Totales	FDA-CFSAN-BAM Cap. 2. 2002.
Aerobios	FDA-CFSAN-BAM Cap. 3. 2001
Mohos	FDA-CFSAN-BAM Cap. 18. 2001
Levaduras	FDA-CFSAN-BAM Cap. 18. 2001
<i>Salmonella spp</i>	INEN 1529-15:96

Fuente: FDA-CFSAN-BAM 2002, INEN

2.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL RETENIDO Y PERMEADO

Se recolectaron muestras del retenido y permeado obtenidos, al finalizar el proceso de concentración en la microfiltración tangencial. Se midió el pH, °Brix, cenizas, proteína, grasa, lactosa, análisis microbiológico de aerobios, hongos, levaduras, recuento total de coliformes y minerales como calcio, fósforo, potasio con los métodos descritos anteriormente.

2.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA

Se tomaron muestras de la bebida láctea el mismo día de elaboración del producto y se realizaron los siguientes análisis físico-químicos: °Brix, pH, minerales como calcio, fósforo, potasio, proteína y análisis microbiológicos de aerobios, *Salmonella spp*, recuento total de coliformes, hongos y levaduras con los métodos descritos anteriormente.

2.2.3.1. COLOR

El color fue determinado mediante un colorímetro MINOLTA, para lo cual se tomó 20 mL de muestra en un vaso de precipitación de 50 mL de capacidad, sobre la superficie del vaso se apoyó la punta del colorímetro y se realizó la lectura. Los datos del color de la bebida láctea se expresaron con los parámetros de L, a y b.

2.2.3.2. MICROBIOLÓGICOS

Además de los análisis descritos anteriormente, en el producto terminado se realizaron análisis microbiológicos de *Salmonella spp* mediante el método descrito en la norma INEN 1529-15:96, para comprobar la eficiencia del tratamiento de pasteurización.

2.3. OBTENCIÓN DEL CONCENTRADO PROTEICO

La materia prima fue descongelada en los bidones de acero, mediante contacto directo con agua caliente a 50 °C, durante 45 minutos.

2.3.1. FILTRADO

El suero de la mantequilla fue filtrado, mediante una tela de lino fino, que posee un tamaño de poro de 0,1 mm. Este pre-tratamiento se lo realizó para eliminar pedazos de mantequilla y cualquier partícula extraña, para que en el equipo de microfiltración tangencial no presente problemas de ensuciamiento de la membrana.

2.3.2. CENTRIFUGADO

Una vez filtrado el suero de mantequilla, se sometió a la muestra a un proceso de descremado, para esto se elevó la temperatura a 50 °C en una olla de doble camisa calentada a gas y manteniendo con agitación, con el propósito de que los glóbulos grasos cambien a estado líquido y así se logre mejores rendimientos de separación de la grasa. El centrifugado se lo realizó en una descremadora Westfalia separador AG, Modelo LWA 205 a una velocidad de 12 000 rpm.

2.3.3. MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL

El proceso de microfiltración tangencial (MFT), se lo realizó con el equipo piloto que se encuentra en la Planta Piloto del DECAB. El módulo de filtración está provisto de una membrana cerámica de tipo tubular con multicanales y una superficie de filtrado de 0,2 m². La unidad piloto de MFT fue fabricada por la Compañía de Técnica Industriales Aplicadas (TIA) de Francia. La descripción del equipo se presenta en el Anexo II.

2.3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para la realización de los ensayos se utilizó Modo Concentración, un método que generalmente se aplica en la industria. Este método consiste en no recircular el permeado al tanque de alimentación.

Las condiciones de presión que se utilizaron en el equipo durante el proceso fueron: presión de entrada de 2,5 bares y 1,5 bares presión de salida, se obtuvo una presión transmembranaria de 2 bares (PTM).

El flujo de alimentación fue de 1 000 L/h, a la presión de trabajo (2,5 bares de presión de entrada), según especificaciones del fabricante, con esto se garantiza una velocidad constante de 5 m/s en la membrana.

La temperatura de trabajo fue de 30 °C durante todo el proceso y se utilizó agua como fluido refrigerante para circular en el intercambiador de calor del equipo de MFT. La temperatura fue controlada mediante un termómetro digital marca EXTECH.

Se colocó 15 kg de suero de mantequilla en el tanque de alimentación y se inició el proceso, se continuó añadiendo materia prima en el tanque para que el volumen permanezca al mismo nivel. La cantidad total que se alimentó por cada experimentación fue de 38,7 kg.

Durante todo el proceso se monitoreo el peso del permeado cada 5 min, mediante una báscula TOLEDO SCALE COMPANY modelo 2 120. Además se midió el flujo de permeado con una probeta de 50 mL y el tiempo con un cronómetro.

Al finalizar el proceso de concentración en el equipo de microfiltración tangencial, se almacenó el retenido y el permeado en fundas de polietileno en porciones de 0,5 kg en la cámara de congelación a -17 °C.

Se procedió al lavado de la membrana, aplicando primero un lavado caliente con

una solución básica, luego un lavado en frío con ácido, después un lavado con agua potable, hasta llegar al pH neutro en la salida del permeado y en la recirculación. Además se comprobó que la membrana regrese a la permeabilidad hidráulica original. El procedimiento se detalla en el Anexo III.

2.3.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para concentrar la proteína del suero de mantequilla, se ensayaron con dos tipos de tamaño de poro en la membrana: 0,1 μm y 0,2 μm en el equipo de microfiltración tangencial, se realizaron dos repeticiones. Se seleccionó la membrana con la cual se obtuvo la mayor concentración de proteína en el retenido. Además se evaluó el factor de retención volumétrica (FVR).

Para el diseño experimental y el análisis estadístico en el cual se calculó la varianza, se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV. LI Plus Versión 5,1 para Windows.

2.4. FORMULACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA

Para preparar las formulaciones de la bebida láctea se utilizó el retenido a las condiciones de procesamiento que dieron los mejores resultados en el apartado 2.3.3. Se aplicó un diseño factorial 3^2 , donde los factores fueron la cantidad de pulpa de mora a tres niveles en peso (30 %, 35 %, 40 %) y la cantidad de retenido a tres niveles en peso (20 %, 27,5 %, 35 %), lo cual se muestra en las formulaciones presentadas en la Tabla 2.2.

Cada una de las 9 formulaciones se completaron con agua purificada y se adicionó sacarosa hasta obtener 12 °Brix en cada formulación. Se usaron preservantes como benzoato de sodio a 200 ppm y sorbato de potasio a 200 ppm de acuerdo a la norma INEN 2074.

Tabla 2.2. Formulaciones de la bebida láctea con tres concentraciones de pulpa de mora y tres concentraciones de retenido

Formulaciones	Retenido (%)	Pulpa de mora (%)	H ₂ O (%)
1	20,0	40,0	40,0
2	35,0	30,0	35,0
3	35,0	35,0	30,0
4	35,0	40,0	25,0
5	20,0	30,0	50,0
6	27,5	40,0	32,5
7	20,0	35,0	45,0
8	27,5	30,0	42,5
9	27,5	35,0	37,5

2.4.1. VALIDACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Debido a que la bebida láctea es destinada al consumo humano, su proceso de elaboración debe garantizar al consumidor inocuidad, el suero concentrado y la pulpa de fruta deben ser microbiológicamente estables, por lo que se sometió a la bebida a un proceso térmico de pasteurización.

Para validar el proceso térmico de pasteurización, se seleccionó el microorganismo de referencia a la *Salmonella spp* y se consideró un $Z = 5,55$ y un $D = 0,25$ min a $65,5$ °C, según lo descrito por King, 2012, p. 1305, para producir una reducción de la población de este microorganismo.

Se preparó una formulación en una olla de acero inoxidable de doble camisa calentada con gas, provisto de un agitador mecánico de hélice. Se sumergió el termómetro hasta un tercio de la superficie del producto, la temperatura se monitoreó por medio del termómetro digital marca EXTECH INSTRUMENTS. Se elevó la temperatura y se mantuvo el producto a 72 °C por 12 segundos y para el enfriamiento del producto se utilizó agua a 4 °C.

Se graficó la curva de penetración de calor para la bebida láctea. Luego se calculó el valor F para cada temperatura, al final se integró la curva $1/F$ vs tiempo y se determinó la intensidad del proceso (F_0). Además se hicieron análisis microbiológicos de *Salmonella spp.* en el producto terminado para confirmar la efectividad del proceso térmico.

2.4.2. ANÁLISIS SENSORIALES

Para seleccionar la mejor formulación, a partir de las 9 formulaciones mencionadas en la Tabla 2.2, se realizó un análisis sensorial, mediante un diseño de bloques incompletos balanceados (BIB). El diseño (BIB) se usa cuando las combinaciones de los tratamientos son muchos y no se pueden entregar todas las muestras a cada panelista. Este diseño asegura que todos los tratamientos son evaluados el mismo número de veces (Montgomery, 2004, pp. 154-161).

Para realizar el análisis sensorial de la bebida láctea, se evaluaron los siguientes atributos: apariencia, sabor a fruta, aroma a fruta, acidez y presencia de sabores extraños.

Se utilizó un panel semi-entrenado de 18 evaluadores. Los cuales fueron previamente capacitados. El entrenamiento consistió en presentarles a los evaluadores la bebida láctea y manifestarles cuáles serán los atributos a evaluar en la bebida. Además se presentó el formato para el análisis sensorial y se indicó la manera como se tendría que llenarlo. El formato para la evaluación sensorial se presenta en el Anexo IV.

El formato consta de una escala continua de 10 cm de longitud, donde los panelistas evaluaron la intensidad del atributo en cada formulación. Tomando en cuenta, que el extremo izquierdo corresponde a “débil intensidad” del atributo y el extremo derecho a “fuerte intensidad” del atributo.

Cada una de las 9 formulaciones fueron identificadas con números de 3 dígitos

tomados al azar y fueron servidas a temperatura ambiente $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. El análisis sensorial se realizó en las cabinas de degustación, ubicadas en el laboratorio de análisis sensorial del DECAB.

Se utilizaron vasos transparentes con capacidad de 50 mL y se colocó 15 mL de la bebida en cada vaso. A cada panelista se entregaron 4 muestras de la bebida láctea, y un vaso con agua, el mismo que sirvió como enjuague bucal. El análisis sensorial se realizó desde las 16:00 h hasta las 17:00 h (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999, pp. 60, 66, 71). El orden de entrega de las muestras a cada panelista se presenta en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Orden de entrega de formulaciones a cada panelista

		Panelistas																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Formulaciones	1	x		x	x	x					x			x	x	x				
	2		x		x			x	x		x	x		x					x	
	3			x	x			x		x		x	x			x			x	
	4	x			x		x		x				x	x				x	x	
	5					x	x		x	x	x	x			x				x	
	6	x	x				x	x				x			x	x	x			
	7	x				x		x		x	x		x					x		x
	8		x	x		x			x								x	x	x	x
	9		x	x			x			x				x	x	x				x

Fuente: Cochran y Cox, 1983, p. 519

Con los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza con un 95 % de confianza, con la ayuda del programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION.

Para seleccionar la mejor formulación se utilizó la siguiente ecuación [2.3] también conocida como ecuación de calidad:

$$Z = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 - eX_5; \quad [2.3]$$

Donde:

a, b, c, d y e, son los valores de las medias obtenidas para cada formulación en cada atributo evaluado por los panelistas

- X1 = apariencia
- X2 = sabor a fruta
- X3 = aroma a fruta
- X4 = acidez
- X5 = sabores extraños

Los valores de X1, X2, X3, X4 y X5, son el valor de ponderación de cada uno de los atributos evaluados y su aporte a la calidad del producto final. Estos valores fueron obtenidos con la participación de un grupo de panelistas.

2.4.3. PRODUCCIÓN DE LA BEBIDA A ESCALA DE PLANTA PILOTO

Una vez seleccionada la mejor de las formulaciones, se procedió a la elaboración de la bebida láctea a escala piloto. Se hizo una producción de 48 envases de bebida, para utilizar en los ensayos de estabilidad.

2.4.3.1. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

La mezcla de los componentes de la bebida se realizó en una olla de acero inoxidable de doble camisa a gas, provisto además con un agitador mecánico de hélice. Se pesaron los componentes: pulpa de mora, retenido, agua y luego se añadieron a la olla. Se realizó la mezcla y se adicionó sacarosa hasta obtener 12 °Brix.

2.4.3.2. HOMOGENIZACIÓN

Para obtener un producto homogéneo, se utilizó el molino coloidal con una

abertura de 2 mm, por donde recirculó la bebida durante 3 minutos,

2.4.3.3. PASTEURIZACIÓN

La bebida homegenizada, se sometió a un tratamiento térmico de pasteurización en una olla de acero inoxidable de doble camisa provista de agitación. Para el enfriamiento se utilizó agua a 4 °C. Se mantuvo el producto a las condiciones ya antes validadas.

2.4.3.4. ENVASADO

La bebida láctea fue envasada en la unidad de envasado aséptico, se utilizaron botellas de vidrio de 250 mL de capacidad, las botellas de vidrio fueron previamente esterilizadas junto con sus tapas, sumergiéndolas en agua hirviendo a una temperatura de 91 °C durante 10 minutos. Posteriormente se sacaron los envases con pinzas esterilizadas y se colocaron boca abajo sobre vendas asépticas hasta que se sequen. Los envases ya esterilizados se manipularon con guantes asépticos para evitar su contaminación.

2.4.3.5. ALMACENADO

El producto terminado y envasado en las botellas de vidrio fue almacenado a tres condiciones de temperaturas para el ensayo de estabilidad.

2.5. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA BEBIDA LÁCTEA

Para estimar el tiempo de vida útil de la bebida láctea, se sometió el producto terminado a tres condiciones de almacenamiento: -17 °C ± 2 °C (congelación), 6 °C ± 2 °C (refrigeración) y 20 °C ± 2 °C (ambiente) durante 21 días.

Las botellas almacenadas a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ se colocaron en la cámara de congelación de la Planta Piloto. Las muestras a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ fueron puestas en la cámara de refrigeración, mientras las que permanecieron a temperatura ambiente se almacenaron en la cocina experimental del DECAB.

Se tomaron muestras de las bebidas almacenadas a las tres condiciones de temperatura a los 0, 7, 14 y 21 días, para proceder con los análisis microbiológicos, físico-químicos y sensoriales a fin de evaluar la estabilidad del producto mediante los cambios ocurridos durante el almacenamiento.

2.5.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos fueron contaje total de aerobios, recuento total de coliformes, hongos y levaduras según los métodos descritos en el apartado 2.2.1. Al día 0 se analizó *Salmonella* para comprobar que se destruyó este microorganismo, ya que se lo tomó como referencia para validar el proceso de pasteurización.

2.5.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Se midieron parámetros físico-químicos de la bebida como el pH, °Brix y color mediante el colorímetro Minolta. Estos parámetros fueron medidos con los métodos descritos en el apartado 2.2.1

2.5.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial para evaluar los cambios en los atributos de la bebida. Los atributos que se escogieron fueron: apariencia, aroma a fruta, y presencia de olores extraños. Se aplicó un diseño de experimentos por bloques completos balanceados. Este diseño consiste en evaluar todos los tratamientos

por cada panelista.

Se utilizó el método de Comparación Pareada Múltiple, que consiste en la comparación de las muestras almacenadas a las diferentes temperaturas con una muestra patrón o referencia, que en el estudio corresponde a aquella almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, a ésta temperatura la degradación de las características físico-químicas y organolépticas de la bebida se producen lentamente; y la muestra patrón se asemeja en gran parte a la muestra del día cero. Los jueces recibieron cuatro muestras, siendo la muestra patrón identificada con la letra R y las demás codificadas con tres números al azar, las muestras fueron servidas a temperatura ambiente $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, se utilizaron vasos transparentes con capacidad de 50 mL y se colocó 15 mL de la bebida en cada vaso.

Para el análisis sensorial se utilizó un panel semi-entrenado de 12 jueces. Se presentó a los evaluadores un formato que consta de una escala continua de 10 cm de longitud. Se pidió a los panelistas evaluar la mayor o menor diferencia que pudo haber entre las muestras y la referencia. La muestra de referencia se ubicó en la mitad de la línea continua. El formato para el análisis sensorial se presenta en el Anexo V.

2.6. DISEÑO DE LA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA

Para el diseño de la planta, se realizó un estudio de la cantidad de producción de mantequilla en la zona de Cayambe. Se consideró la cantidad del co-producto producido por las industrias lácteas del lugar antes mencionado, se dimensionaron y se seleccionaron los equipos necesarios para la producción de la bebida láctea.

Se preparó el diagrama de bloques del proceso de producción (BFD), diagrama de flujo del proceso tecnológico (PFD), se realizó también la distribución del área de producción (Lay out), las elevaciones y los cortes del área de producción, la

distribución de áreas sanitarias y administrativas, el flujo del producto, el movimiento de operarios, el diseño higiénico, seguridad de la planta y programa de trabajo.

2.7. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para el estudio de la pre-factibilidad económica de la planta procesadora de una bebida láctea, se calcularon los indicadores financieros como: la tasa interna de retorno TIR, el valor presente VAN y el Punto de equilibrio.

Las cotizaciones de los equipos fueron realizadas en empresas dedicadas a la venta de equipos para la industria de alimentos como: Astimec S.A., Inoxidables M/T, Aditmaq, Ecoserv, Balanzmatic entre otras.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUERO DE MANTEQUILLA, CONCENTRADO PROTEICO, PERMEADO Y LA BEBIDA LÁCTEA

La primera actividad realizada en esta investigación fue la caracterización físico-química y microbiológica de la materia prima. La caracterización del concentrado proteico, permeado y bebida láctea se encuentran en sus respectivos apartados. En la Tabla 3.1, se presentan los resultados de la composición físico-química del suero de mantequilla.

Tabla 3.1. Caracterización físico-química del suero de mantequilla

Parámetro	Unidades	Cantidad ¹
Componentes Próximos		
pH		6,40 ± 0,01
Acidez titulable	% (g ácido láctico/100 mL)	0,147 ± 0,01
Sólidos Solubles	°Brix	7,00 ± 0,14
Grasa	g/100 g	2,05 ± 0,35
Proteína	g/100 g	2,31 ± 0,10
Cenizas	g/100 g	0,57 ± 0,06
Minerales		
Calcio	mg/100 g	71,70 ± 1,13
Potasio	mg/100 g	247,70 ± 0,35
Fósforo	mg/100 g	75,50 ± 4,95
Carbohidratos		
Lactosa	g/100 g	3,32 ± 0,16

¹ Media ± DE (n=3)

Basados en los resultados presentados en la Tabla 3.1, de pH y acidez titulable, se puede afirmar que el suero de mantequilla, utilizado en esta investigación, corresponde al tipo suero dulce (sweet buttermilk), que proviene de crema dulce, sin fermentar, ni adición de cultivos (Sodini et al., 2006, p. 528; Gassi et al., 2008, p. 375).

Según Bylund (2003) para considerar un rendimiento aceptable en la elaboración de

mantequilla, el contenido de grasa en el suero no debe superar el 0,7 % (p. 273). El porcentaje de grasa en la materia prima, supera este valor y no está dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 718:2011. Esto puede ser, por la temperatura de batido utilizada en la empresa, en la línea de elaboración de mantequilla. Según Ordoñez (1998) altas temperaturas en el proceso de batido, aumenta la pérdida de grasa en el suero. La temperatura recomendada en el batido de la crema oscila entre de 11 °C y 15 °C (p. 150).

En esta investigación el valor de proteína fue de $2,31 \pm 0,10$ g/100 g, valor que se encuentra dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 718:2011 para suero de mantequilla. El contenido de cenizas fue de $0,57 \pm 0,06$ g/100 g y se encuentra dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 718:2011.

Según Gassi et al. (2008), el suero posee una composición similar a la leche descremada (p. 369). Los resultados de las cantidades de calcio, potasio y fósforo concuerdan con la composición de una leche descremada, según Zamora (2003).

Según Sodini et al. (2006), el contenido de lactosa en base seca, para suero de mantequilla dulce, está entre los valores de 48,7 % hasta 53,8 % (p. 528). En esta investigación se obtuvo un valor de 34,84 % en base seca; para la conversión de base húmeda a base seca, se utilizó el extracto seco que presenta el suero de mantequilla, el cual fue de 90,24 %.

Los resultados de los análisis microbiológicos del suero de mantequilla se detallan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Análisis microbiológico del suero de mantequilla

Microorganismo	Unidades	Cantidad ¹
Recuento Total de Aerobios	UFC/mL	1,0E+02
Recuento Total de Coliformes	NMP	< 0,3
Hongos	UFC/mL	< 1E+01
Levaduras	UFC/mL	< 1E+01

¹Media \pm DE (n=2)

Los resultados microbiológicos de la Tabla 3.2, indican que el suero se encuentra dentro de las especificaciones establecidas en la norma INEN 718:2011. Además, la calidad de suero de mantequilla que se utilizó en esta investigación, está en el rango para identificarlo como suero de buena calidad según esta misma norma.

3.2. OBTENCIÓN DEL CONCENTRADO PROTEICO

3.2.1. FILTRACIÓN Y CENTRIFUGACIÓN

El suero de mantequilla fue filtrado. Este pre-tratamiento se lo realizó con el objetivo de eliminar pedazos de mantequilla y cualquier partícula extraña. Además fue sometido a un proceso de descremado, con el propósito de disminuir el contenido de grasa, para que el equipo de MFT no presente problemas de ensuciamiento de la membrana (Aguado et al., 2002, p. 195). El porcentaje de grasa que se logró extraer en este proceso se lo indica en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Porcentaje de grasa del suero de mantequilla luego del descremado

Parámetro	Unidades	Cantidad ¹
Suero de mantequilla	g/100 g	2,05 ± 0,35
Suero de mantequilla descremado	g/100 g	1,00 ± 0,42

¹Media ± DE (n=3)

3.2.2. MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL

En la Tabla 3.4, se muestra el porcentaje de proteína que se obtuvo al final del proceso de concentración en el equipo de MFT, al utilizar dos tamaños de poro de la membrana 0,1 µm y 0,2 µm; además, se calculó el factor de retención volumétrico (FRV).

Tabla 3.4. Concentración de proteína del retenido y factor de retención volumétrica (FRV) al usar membranas de 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en el equipo de MFT

Tamaño de poro de membrana (μm)	Concentrado de Proteína ¹ (g/100 g)	Factor de retención Volumétrico ² (FRV)
0,1	15,82 \pm 0,43	7,37 \pm 0,08
0,2	10,93 \pm 0,32	5,63 \pm 0,13

¹Media \pm DE (n=3), ² Factor de retención volumétrica = volumen de alimentación/volumen del retenido

En la Tabla 3.5 y Tabla 3.6 se presentan los análisis estadísticos de varianza obtenidos con el programa STATGRAPHICS CENTURION, para establecer la influencia de tamaño de poro de la membrana del equipo de MFT, en la concentración de proteína del retenido y factor de retención volumétrica (FRV).

Tabla 3.5. Análisis de varianza en la concentración de proteína del retenido a 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en la membrana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	35,91710	1	35,91710	249,14	0,0001
Intra grupos	0,57667	4	0,14417		
Total (Corr.)	36,49370	5			

De la Tabla 3.5, se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en la concentración de proteína del retenido, dependiendo de la utilización de las membranas de 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en el MFT.

Según Arias y Espinel (2006), coincide que al utilizar la membrana de 0,1 μm de tamaño de poro en el equipo de microfiltración tangencial, se obtiene mayor concentración de proteína en el retenido. En aquella investigación, se concentró leche a distinto porcentaje de grasa, para usarlo en la elaboración de queso (p. 51).

Tabla 3.6. Análisis de varianza del factor de retención volumétrica (FRV) a 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en la membrana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,77042	1	4,77042	257,63	0,0001
Intra grupos	0,07407	4	0,01852		
Total (Corr.)	4,84448	5			

Se observa en la Tabla 3.6, que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el factor de retención volumétrico (FRV), con la utilización de las membranas de 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro en el MFT. El tamaño de poro de las membranas influye en el Factor de retención volumétrica (FRV).

En la Figura 3.1, se presenta los diferentes flujos de permeado obtenidos, al utilizar los dos tipos de membranas en el equipo de microfiltración MFT.

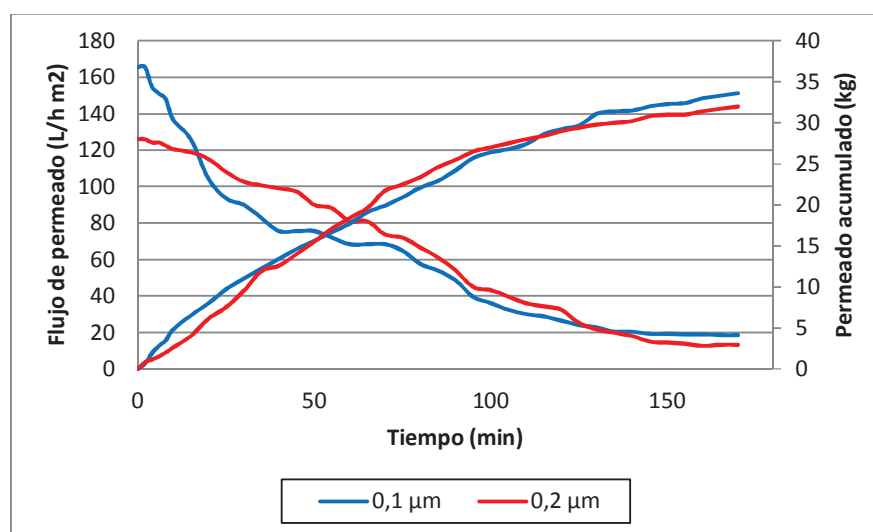


Figura 3.1. Flujos del permeado durante el proceso de microfiltración tangencial con la membrana de 0,1 μm y 0,2 μm de tamaño de poro

Se puede observar en la Figura 3.1 que al inicio de la operación la membrana 0,1 μm , presenta un mayor flujo del permeado con respecto a la membrana de 0,2 μm , esta misma tendencia se observa en investigaciones realizadas por (Arias y Espinel, 2006 p. 50). Posteriormente en el minuto 15 se muestra un efecto contrario, el flujo

del permeado de la membrana de 0,2 μm supera al de la membrana de 0,1 μm , hasta el minuto 135 del proceso, donde las dos velocidades de flujo se vuelven constantes. Esto sucede por la suspensión de macromoléculas en el interior de la membrana, lo que origina el taponamiento de los poros (Aguado et al., 2002, p. 194). Al finalizar el proceso de concentración, se determinó que el permeado fue mayor al usar la membrana 0,1 μm , lo cual concuerda con su mayor velocidad de flujo del permeado en el último período del proceso.

En la Figura 3.2, se muestra el color de la materia prima utilizado en esta investigación, así como el color del retenido y permeado obtenidos luego del proceso de concentración en el MFT. Marcado con el número 1, se presenta el suero de mantequilla, con 2 el retenido y con 3 el permeado.

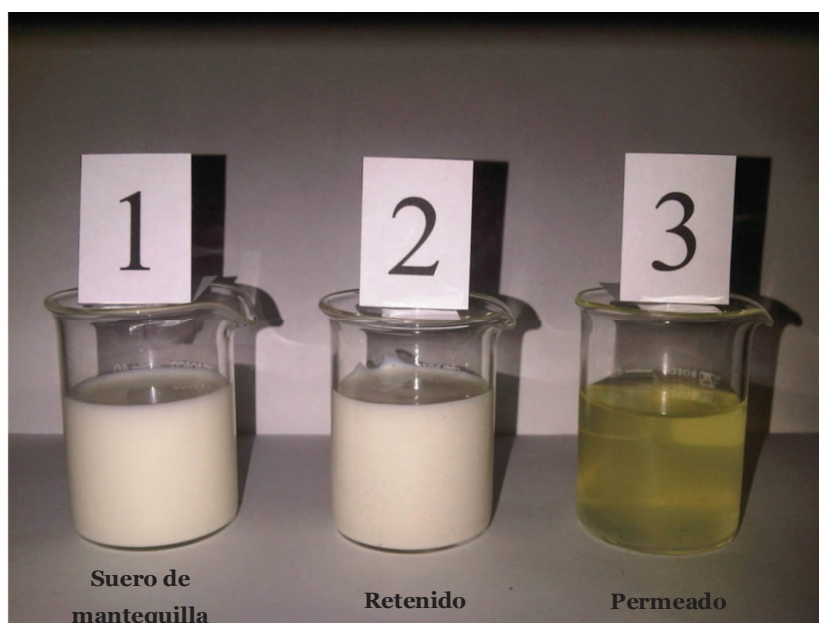


Figura 3.2. Suero de mantequilla, retenido y permeado obtenidos luego del proceso de MFT

Luego de finalizar el proceso de MFT, se obtuvieron como productos: retenido (color blanco) y permeado (color verde claro), tal y como se presentan en la Figura 3.2. El color de estos productos se puede justificar de la siguiente manera, la caseína que se encuentran en dispersión coloidal, dispersa la luz y es la que otorga el color blanco a la leche (Ordoñez, 1998, p. 37). Debido al gran tamaño de

las micelas de caseína, estas no pueden atravesar la membrana, por lo que se quedan en el retenido, por ello el color blanco del mismo. Con esto, se puede afirmar que el suero de mantequilla, está formado por caseína, tal y como lo manifiestan en las investigaciones realizadas por (Repollés, 2012, p. 28) donde además indican, que en el suero de mantequilla existen proteínas del lactosuero y una apreciable cantidad de proteínas de la membrana del glóbulo graso.

Con base en los resultados, se seleccionó la membrana de 0,1 μm de tamaño de poro, debido a que ésta presenta mayor concentración de proteína en el retenido.

3.2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL PERMEADO Y RETENIDO

Los resultados de la caracterización físico-química del retenido y el permeado que presentaron los mejores resultados en el apartado anterior, se presentan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Composición físico-química de la materia prima, retenido y permeado obtenidos en el proceso de MFT

		Materia Prima	Retenido	Factor de concentración	Permeado
Parámetro	Unidades	Cantidad ¹	Cantidad ¹	Cantidad ²	Cantidad ¹
Componentes Próximos					
pH		6,30 \pm 0,01	6,22 \pm 0,03		5,97 \pm 0,11
Sólidos Solubles	°Brix	7,00 \pm 0,14	29,50 \pm 0,71	4,21	4,65 \pm 0,21
Grasa	g/100 g	2,05 \pm 0,35	7,35 \pm 0,07	7,35	0
Proteína	g/100 g	2,31 \pm 0,10	15,82 \pm 0,43	6,90	0,47 \pm 0,03
Cenizas	g/100 g	0,57 \pm 0,06	1,42 \pm 0,35	2,49	0,47 \pm 0,04
Minerales					
Calcio	mg/100 g	71,70 \pm 1,13	195,90 \pm 1,84	2,73	27,50 \pm 2,90
Potasio	mg/100 g	137,15 \pm 4,03	145,35 \pm 35,71	1,06	124,95 \pm 17,04
Fósforo	mg/100 g	75,50 \pm 4,95	240,50 \pm 24,75	3,19	34,50 \pm 2,12
Carbohidratos					
Lactosa	g/100 g	3,32 \pm 0,16	2,17 \pm 0,09	0,65	3,52 \pm 0,52

¹Media \pm DE (n=3), ²Factor de concentración = concentración en el retenido / concentración en la materia prima

Se puede observar en la Tabla 3.7, que el valor del pH disminuye en el permeado, debido a que, parte del fosfato cálcico de la fase acuosa, pasa a la micela de caseína en forma de CCP (fosfato cálcico coloidal) lo que produce una pérdida de fosfato en forma iónica y da como resultado una disminución del pH (Ordoñez, 1998, p. 44; Walstra et al., 2001, p. 52).

La cantidad de grasa en el permeado es 0 %. Esto se debe a que, la grasa no logró pasar la membrana y se quedó en el retenido. El coeficiente de retención de este componente es del 100 %. Esto coincide con los resultados de la investigación realizada por (Arias y Espinel, 2006) al usar la membrana de 0,1 μm en el equipo de MFT (p. 58).

Como se explicó anteriormente, el proceso de concentración, hace que las micelas de caseína queden retenidas por el tamaño que poseen, mientras que las proteínas solubles si pasan a través de la membrana. El valor de proteína que atraviesa la membrana, coincide con el valor obtenido en experimentaciones realizadas por Arias y Espinel, 2006, p.59.

En esta investigación se obtuvo una concentración de proteína de 53,96 % (base seca) en el retenido, este valor coincide con investigaciones realizadas por Morin et al., (2004), donde se obtuvo una concentración de 54,12 % (base seca) de proteína al concentrar suero de mantequilla en MFT usando 0,1 μm tamaño de membranas (p.270).

El contenido de cenizas aumenta en el retenido, lo que podría deberse a que, una cantidad de sales no atravesaron la membrana, por la localización que estas tienen en el suero de mantequilla, tal y como se explica a continuación.

Las micelas de caseína están formadas por subunidades llamadas submicelas, estas se encuentran unidas mediante fosfato cálcico coloidal (CCP). El CCP sirve de unión entre una submicela y otra, por medio de enlaces ester, formados entre los residuos OH de la serina y el ácido fosfórico, que a su vez se unen a un átomo de calcio. Esto explica porque el calcio y el fósforo quedan retenidos en la

membrana (Walstra et al., 2001, p. 128; Ordoñez, 1998, p. 44). En esta investigación se evidenció que una cantidad de estos elementos (calcio y fósforo) atraviesan la membrana, debido a que, cerca de un tercio del calcio y casi la mitad de fósforo se hallan en la fase soluble (Ordoñez, 1998, p. 42), además el calcio se encuentra formando la estructura de la alfa-lacto albúmina, que es una proteína soluble del suero (Ordoñez, 1998, p. 40).

Existe una cantidad de potasio que se queda en el retenido, esto se debe a que el fosfato cálcico coloidal está formado, además de fósforo y calcio, por otros elementos como el potasio, el sodio y el magnesio (Walstra et al., 2001, p. 48; Ordoñez, 1998, p. 44).

3.2.4. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL PERMEADO Y RETENIDO

En la Tabla 3.8, se muestran los resultados de los análisis microbiológicos del retenido y permeado, obtenidos en el proceso de concentración del equipo de MFT.

Tabla 3.8. Análisis microbiológico del retenido, permeado obtenidos en el proceso de MFT

		Materia prima	Retenido	Permeado
Microorganismo	Unidades	Cantidad ¹	Cantidad ¹	Cantidad ¹
Recuento Total de Aerobios	UFC/mL	1,00E+02	1,10E+04	< 10
Recuento Total de Coliformes	NMP	< 0,3	< 3	< 0,3
Hongos	UFC/mL	< 1E+01	< 1E+01	< 1E+01
Levaduras	UFC/mL	< 1E+01	< 1E+01	< 1E+01

¹Media ± DE (n=2)

En la Tabla 3.8, se puede observar que la membrana de 0,1 µm utilizada, retiene microorganismos aerobios y coliformes. Mientras, que la cantidad de hongos y levaduras en el permeado y retenido son las mismas. La causa de este comportamiento podría deberse al tamaño que poseen estos microorganismos.

Lo presentado en la Tabla 3.8, confirma que la MFT es un proceso de

pasteurización en frío, así lo demuestra el permeado con un número reducido de microorganismos.

3.3. FORMULACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA

3.3.1. VALIDACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

En la Figura 3.3, se presenta la variación de la temperatura con respecto al tiempo, durante el proceso térmico de pasteurización se evidencia tres fases: una primera fase de calentamiento hasta 72 °C, otra fase cuando la temperatura se mantiene constante durante 12 s, y la última fase de enfriamiento hasta llegar a una temperatura de 20 °C.

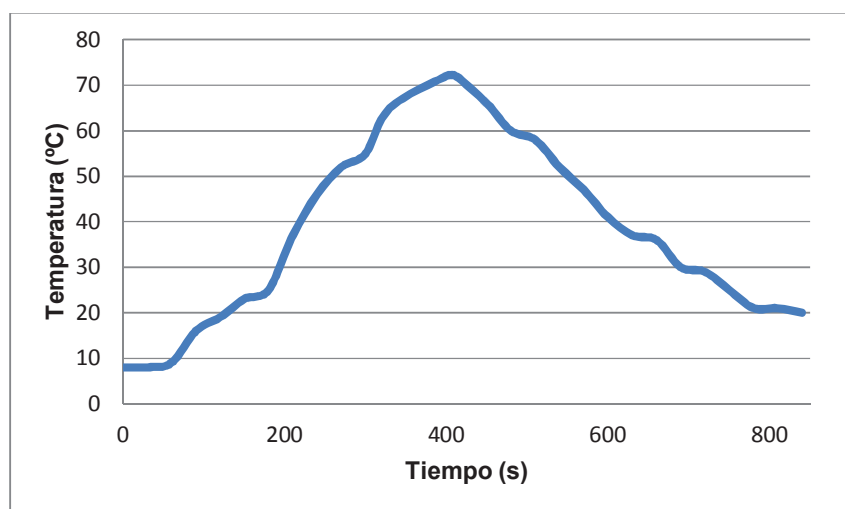


Figura 3.3. Curva de penetración de calor durante el proceso de pasteurización en la bebida láctea

En la Figura 3.4, se muestra la curva de letalidad del microorganismo tomado como referencia, *Salmonella spp* con un $Z = 5,55$ y un $D_{65,5} = 15$ s. El tratamiento térmico al que fue sometida la bebida láctea, fue suficiente para eliminar el microorganismo de referencia. Se produjo un índice de reducción de la población de este microorganismo en el orden de 992, en otras palabras se logró una tasa de supervivencia de 10^{-992} de la *Salmonella spp*. En el Anexo VI

se presenta el cálculo del valor Fo (Intensidad del proceso térmico de pasteurización).

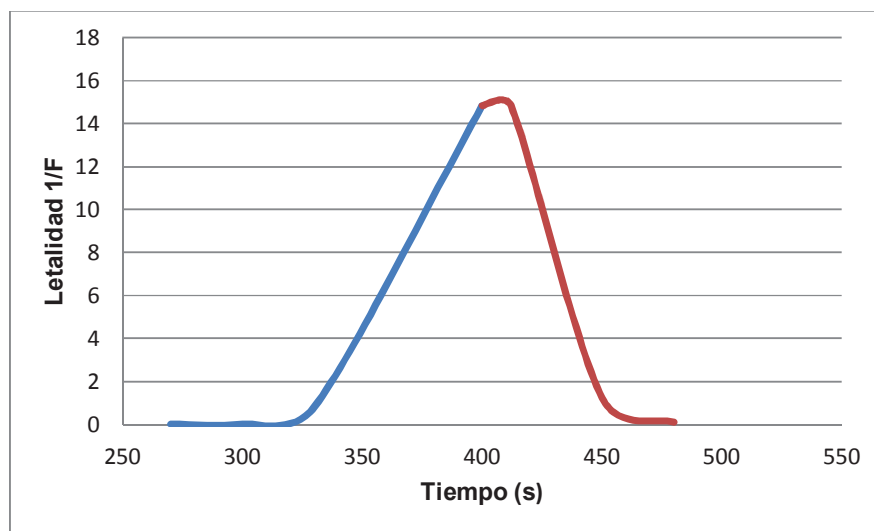


Figura 3.4. Curva de letalidad

Además, de realizar la curva de penetración de calor, calcular el Fo (Intensidad del proceso térmico) y determinar el índice de reducción de la población de la *Salmonella spp*, se realizaron análisis microbiológicos de este microorganismo en la bebida láctea terminada, para validar el proceso de pasteurización. Los resultados se presentan en la Tabla 3.9 y demuestran la ausencia de dicho microorganismo en el producto terminado, lo que evidencia la eficiencia del proceso de pasteurización.

Tabla 3.9. Análisis microbiológicos de *Salmonella spp* en la bebida láctea terminada

Microorganismo	Unidades	Cantidad ¹
<i>Salmonella spp</i>	P/A	Ausencia

¹Media ± DE (n=2)

3.3.2. SELECCIÓN DE LA MEJOR FORMULACIÓN DE LA BEBIDA

Se realizó un análisis sensorial con el propósito de definir cuál es la mejor

formulación. Las nueve formulaciones de la bebida láctea, obtenidas al variar la concentración de retenido y pulpa de mora se presentaron en la Tabla 2.2. Los atributos evaluados por los panelistas fueron: apariencia, sabor a fruta, aroma a fruta, acidez y presencia de sabores extraños.

A continuación, en las Tabla 3.10, 3.12, 3.14, 3.15 y 3.16 se presentan los análisis estadísticos de varianza con la ayuda del programa STATGRAPHICS CENTURION, para establecer la influencia de las distintas formulaciones en los atributos evaluados por los panelistas.

En la Tabla 3.10, se muestra el análisis de varianza del atributo apariencia, evaluado por los panelistas en las nueve formulaciones de la bebida láctea. Se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en la apariencia de las nueve formulaciones evaluadas. También se ve que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los panelistas (BLOQUE) ($p > 0,05$), esto quiere decir que los panelistas que evaluaron sensorialmente las mismas formulaciones, coincidieron en sus apreciaciones.

Tabla 3.10. Análisis de varianza del atributo apariencia evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Apariencia	108,524	8	13,566	5,49	0,0001
Panelistas	77,414	17	4,554	1,84	0,0510
RESIDUOS	113,661	46	2,471		
TOTAL (CORREGIDO)	286,880	71			

En la Tabla 3.11, se presentan los valores medios del atributo apariencia evaluado por los panelistas en las nueve formulaciones de la bebida, así como también los grupos homogéneos. Se han identificado 4 grupos homogéneos, las formulaciones número 1, 7 y 9 son las que tienen mayor valoración y se encuentran dentro de un mismo grupo homogéneo.

Tabla 3.11. Valores medios y grupos homogéneos para el atributo apariencia en las formulaciones de la bebida láctea

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos ¹
2	8	4,47222	0,59975	A
8	8	5,06481	0,59975	A B
3	8	5,30185	0,59975	A B
4	8	6,16111	0,59975	A B C
6	8	6,26852	0,59975	B C
5	8	6,40926	0,59975	B C
9	8	7,30926	0,59975	C D
7	8	7,82407	0,59975	C D
1	8	8,93889	0,59975	D

¹Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($p < 0,05$)

Para visualizar la diferencia en el sabor a fruta en las nueve formulaciones de la bebida láctea, se presenta el análisis de varianza en la Tabla 3.12, se observa que existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el sabor a fruta en las nueve formulaciones evaluadas.

Tabla 3.12. Análisis de varianza del atributo sabor a fruta evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Sabor a fruta	206,294	8	25,789	60,23	0,0000
Panelistas	9,094	17	0,535	1,25	0,2673
RESIDUOS	19,696	46	0,428		
TOTAL (CORREGIDO)	265,695	71			

En la Tabla 3.13, se presentan los valores medios del atributo sabor a fruta evaluado por los panelistas en las nueve formulaciones, así como también los grupos homogéneos. Se han identificado 6 grupos homogéneos. Las formulaciones 1 y 7 son las que tienen mayor valoración y se encuentran dentro de un mismo grupo homogéneo. Esto se puede justificar porque estas

formulaciones son las que poseen mayor cantidad de pulpa de fruta en sus formulaciones 40 % y 35 % respectivamente.

Tabla 3.13. Valores medios y grupos homogéneos para el atributo sabor a fruta en las formulaciones de la bebida láctea

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos ¹
2	8	2,81019	0,24966	A
3	8	3,43981	0,24966	A
5	8	5,29907	0,24966	B
6	8	6,24722	0,24966	C
8	8	6,84722	0,24966	C D
9	8	6,95463	0,24966	C D
4	8	7,38426	0,24966	D E
7	8	8,00648	0,24966	E F
1	8	8,43611	0,24966	F

¹Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($p>0,05$)

En la Tabla 3.14, se muestra el análisis de varianza del atributo aroma a fruta, evaluado por los panelistas en las nueve formulaciones de la bebida láctea. Se observa que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p>0,05$) en el aroma a fruta en las formulaciones evaluadas.

Tabla 3.14. Análisis de varianza del aroma a fruta evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Aroma a fruta	6,8707	8	0,8588	1,76	0,1095
Panelistas	21,5882	17	1,2699	2,61	0,0051
RESIDUOS	22,4193	46	0,4874		
TOTAL (CORREGIDO)	53,7794	71			

Para visualizar la diferencia de la acidez en las nueve formulaciones de la bebida láctea, se presenta el análisis de varianza en la Tabla 3.15, se observa que si

existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el sabor a fruta.

Tabla 3.15. Análisis de varianza del atributo acidez evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Acidez	77,7817	8	9,7227	20,52	0,0000
Panelistas	13,4017	17	0,7883	1,66	0,0864
RESIDUOS	21,7983	46	0,4739		
TOTAL (CORREGIDO)	125,8330	71			

En la Tabla 3.16, se presentan los valores medios del atributo acidez evaluado por los panelistas en las nueve formulaciones, así, como también los grupos homogéneos. Se han identificado 5 grupos homogéneos. Las formulaciones 1, 7, 6 y 4 son las que tienen mayor valoración y se encuentran dentro de un mismo grupo homogéneo. Esto se puede justificar porque estas formulaciones (1,4 y 6) son las que poseen mayor cantidad de pulpa de fruta en sus formulaciones (40 %) y la formulación 7 contiene 35 % de pulpa.

Tabla 3.16. Valores medios y grupos homogéneos para el atributo acidez en las formulaciones de la bebida láctea

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos ¹
2	8	2,48056	0,26265	A
9	8	3,90648	0,26265	B
3	8	4,31759	0,26265	B C
8	8	4,54722	0,26265	B C
5	8	5,05093	0,26265	C D
4	8	5,38426	0,26265	D E
6	8	5,90648	0,26265	E
7	8	6,09537	0,26265	E
1	8	6,13611	0,26265	E

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($p < 0,05$)

En la Tabla 3.17, se muestra el análisis de varianza de sabores extraños en las

formulaciones de la bebida láctea. Se observa que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) en la presencia de sabores extraños en las nueve formulaciones evaluadas.

Tabla 3.17. Análisis de varianza del atributo sabores extraños evaluado por los panelistas en las 9 formulaciones de la bebida láctea

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
Sabores extraños	3,523	8	0,4403	0,35	0,9412
Panelistas	39,373	17	2,3160	1,84	0,0517
RESIDUOS	57,937	46	1,2595		
TOTAL (CORREGIDO)	106,640	71			

Se seleccionó la mejor formulación para la bebida láctea, con base a la ecuación de calidad, que se planteó para esta investigación en la Ec. [2.3]. Para ello se realizó una encuesta a los 18 panelistas, los cuales valoraron en que medida los atributos apariencia, sabor a fruta, aroma a fruta, acidez y sabores extraños en la bebida influyen en la calidad de la bebida láctea, a través de una calificación de cada atributo, según su criterio de cuán importante es en la formulación, de forma que la suma de las calificaciones sumen 100 %.

En la Tabla 3.18, se presentan los valores de apreciación que los panelistas dieron a los atributos apariencia, sabor a fruta, aroma a fruta, acidez y sabores extraños en la bebida.

Tabla 3.18. Valores de ponderación de cada atributo evaluado

Variables	Atributo	Valor
X1	Apariencia	28,89
X2	Sabor a fruta	33,89
X3	Aroma a fruta	12,67
X4	Acidez	8,33
X5	Sabores extraños	16,22

En la Tabla 3.19, se presentan los valores medios de los atributos evaluados por los panelistas, como también el valor que resulta al ser reemplazados en la ecuación de calidad. La formulación que presenta uno de los mejores resultados corresponde a la formulación número 1, sin embargo, según los análisis estadísticos de varianza demostraron que esta formulación es estadísticamente igual a la formulación 7; por lo tanto, se seleccionó la formulación 7, ya que se reducirían los costos directos de fabricación, porque presenta un menor contenido de pulpa de fruta en su formulación. En el Anexo VII se presenta el cálculo del valor de Z en la ecuación de calidad.

Tabla 3.19. Valores de las medias obtenidas por cada formulación para cada atributo evaluado y sus respectivos valores en la ecuación de calidad

Tratamiento	Apariencia (a)	Sabor a fruta (b)	Aroma (c)	Acidez (d)	Sabores extraños (e)	Ecuación Calidad (Z)
1	7,76	6,96	4,92	6,39	1,67	5,49
7	7,47	6,79	4,70	5,87	1,26	5,34
9	7,22	4,90	3,45	3,99	1,56	4,26
6	7,06	6,43	4,64	6,13	2,04	4,98
4	6,84	5,79	4,92	5,89	2,14	4,70
5	5,99	5,22	4,29	4,78	2,13	4,10
3	5,35	4,28	3,64	3,21	2,44	3,33
8	8,94	5,02	3,22	3,29	1,27	4,76
2	4,27	4,05	2,67	2,36	2,02	2,82

3.3.3. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN SELECCIONADA

En la Tabla 3.20, se presenta la caracterización físico-química de la bebida láctea que presentó los mejores resultados en los atributos sensoriales (formulación 7) que corresponde al porcentaje de mezcla conformado por 20 % retenido y 35 % pulpa de mora en su formulación.

Tabla 3.20. Caracterización físico-química de la bebida láctea

Parámetro	Unidades	Cantidad ¹
Componentes Próximos		
pH		4,27
Sólidos Solubles	°Brix	12
Proteína	g/100 g	5,06 ± 0,41
Cenizas	g/100 g	0,61 ± 0,08
Grasa	g/100 g	1,47 ± 0,07
Minerales		
Calcio	mg/100 g	58,80 ± 17,43
Potasio	mg/100 g	83,70 ± 21,67
Fósforo	mg/100 g	80,00 ± 5,11

¹Media ± DE (n=3)

La cantidad de proteína en el producto terminado fue mayor a la calculada, esto se debe, a que la pulpa de mora aporta también con este nutriente. Se calculó el valor calórico de la bebida a través del aporte de energía de la proteína, grasas y carbohidratos en su composición. Una porción de 250 mL de la bebida láctea aporta con un valor calórico de 855 kJ.

3.4. ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LA BEBIDA LÁCTEA

La bebida seleccionada en el apartado anterior fue sometida a ensayos de estabilidad: análisis microbiológicos, físico-químicos y sensoriales de las muestras almacenadas a -17 °C, 6 °C y 20 °C.

3.4.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados de los análisis microbiológicos de la bebida láctea, sometida a tres temperaturas de almacenamiento durante 21 días, se detallan en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21. Análisis microbiológico de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas

Tiempo (días)	Microorganismo	Temperatura de Almacenamiento			Unidades
		-17 °C	6 °C	20 °C	
0	Recuento Total de Aerobios	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Recuento Total de Coliformes	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Hongos	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Levaduras	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
7	Recuento Total de Aerobios	< 10	< 10	70	UFC/mL
	Recuento Total de Coliformes	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Hongos	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Levaduras	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
14	Recuento Total de Aerobios	< 10	< 10	90	UFC/mL
	Recuento Total de Coliformes	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Hongos	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Levaduras	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
21	Recuento Total de Aerobios	< 10	< 10	90	UFC/mL
	Recuento Total de Coliformes	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Hongos	< 10	< 10	< 10	UFC/mL
	Levaduras	< 10	< 10	< 10	UFC/mL

Los resultados microbiológicos de la Tabla 3.21, indican que la bebida láctea almacenada a las 3 condiciones de temperatura y durante los 21 días, se encuentra dentro de las especificaciones establecidas por la norma INEN 2564:2011 para bebidas lácteas.

3.4.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

3.4.2.1. pH

En la Tabla 3.22, se muestran los valores de los pH obtenidos de la bebida láctea almacenada durante 21 días a tres diferentes temperaturas.

Tabla 3.22. Medida del pH de la bebida láctea almacenada a congelación, refrigeración y ambiente durante 21 días

Tiempo (días)	Temperatura de Almacenamiento		
	-17 °C	6 °C	20 °C
0	4,27 ± 0,00	4,27 ± 0,00	4,27 ± 0,00
7	4,33 ± 0,01	4,32 ± 0,00	4,32 ± 0,00
14	4,33 ± 0,04	4,34 ± 0,01	4,31 ± 0,01
21	4,27 ± 0,01	4,27 ± 0,01	4,03 ± 0,01

Media ± DE (n=2)

En la Tabla 3.23, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre el valor del pH de la bebida láctea almacenada en congelación a -17 °C, refrigeración a 6 °C y ambiente a 20 °C.

Tabla 3.23. Análisis de varianza del pH de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00003	2	0,00002	1	0,4648
Intra grupos	0,00005	3	0,00002		
Total (Corr.)	0,00008	5			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00070	2	0,00035	0,34	0,7368
Intra grupos	0,00310	3	0,00103		
Total (Corr.)	0,00380	5			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,07680	2	0,03840	192	0,0007
Intra grupos	0,00060	3	0,00020		
Total (Corr.)	0,07740	5			

Se puede observar en la Tabla 3.23, al día 7 y día 14 no existe influencia estadísticamente significativa, de la temperatura de almacenamiento sobre el

valor del pH en la bebida; sin embargo, al día 21 se observa que las muestras presentan una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.24, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre el valor del pH de la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.24. Análisis de varianza del pH de la bebida láctea en la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento

Congelación ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00664	3	0,00221	4,32	0,0958
Intra grupos	0,00205	4	0,00051		
Total (Corr.)	0,00869	7			
Refrigeración ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00554	3	0,00184	5,91	0,0595
Intra grupos	0,00125	4	0,00031		
Total (Corr.)	0,00679	7			
Ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,11064	3	0,03688	590,07	0,000
Intra grupos	0,00025	4	0,00006		
Total (Corr.)	0,11089	7			

En la Tabla 3.24, a las condiciones de congelación y refrigeración no existe influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre el valor del pH en la bebida; sin embargo, a las condiciones ambientales, si existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

3.4.2.2. Sólidos solubles (°Brix)

En la Tabla 3.25, se observa la concentración de sólidos solubles (°Brix) a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 3.25. Medida de los sólidos solubles (°Brix) de la bebida láctea almacenada a congelación, refrigeración y ambiente durante 21 días

Tiempo (días)	Temperatura de Almacenamiento		
	-17 °C	6 °C	20 °C
0	12 ± 00	12 ± 00	12 ± 00
7	12 ± 00	12 ± 00	12 ± 00
14	12 ± 00	12 ± 00	12 ± 00
21	12 ± 00	12 ± 00	12 ± 00

Media ± DE (n=2)

Según los resultados de la Tabla 3.25, la concentración de sólidos solubles (°Brix) no varía y se mantiene a 12 °Brix a las tres condiciones de almacenamiento durante los 0, 7, 14 y 21 días.

3.4.2.3. Color

En la Tabla 3.26, se muestran los valores de la coordenada “L” luminosidad, obtenidos de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas, durante los 0, 7, 14 y 21 días.

Tabla 3.26. Luminosidad del color de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas

Tiempo (días)	Temperatura de Almacenamiento		
	-17 °C	6 °C	20 °C
0	16,90 ± 0,08	16,90 ± 0,08	16,90 ± 0,08
7	15,45 ± 0,16	15,65 ± 0,01	15,87 ± 0,08
14	16,62 ± 0,01	16,27 ± 0,11	15,53 ± 0,06
21	16,57 ± 0,06	15,76 ± 0,33	16,05 ± 0,04

Media ± DE (n=2)

En la Tabla 3.27, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la luminosidad del color en la bebida láctea almacenada en congelación, refrigeración y ambiente.

Tabla 3.27. Análisis de varianza de la coordenada luminosidad del color de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,17230	2	0,08615	8,49	0,0582
Intra grupos	0,03045	3	0,01015		
Total (Corr.)	0,20275	5			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,25103	2	0,62552	110,06	0,0016
Intra grupos	0,01705	3	0,00568		
Total (Corr.)	1,26808	5			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,67223	2	0,33612	8,67	0,0566
Intra grupos	0,11630	3	0,03877		
Total (Corr.)	0,78853	5			

Se puede observar en la Tabla 3.27, al día 7 y 21 no existe influencia estadísticamente significativa de la temperatura de almacenamiento sobre la coordenada de luminosidad de la bebida; pero, al día 14 se observa que las muestras presentan una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.28, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la coordenada de luminosidad

del color de la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.28. Análisis de varianza de la coordenada luminosidad del color de la bebida láctea en la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento

Congelación ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,45	3	0,82	91,79	0,0004
Intra grupos	0,04	4	0,01		
Total (Corr.)	2,49	7			
Refrigeración ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,97	3	0,66	20,06	0,0071
Intra grupos	0,13	4	0,03		
Total (Corr.)	2,10	7			
Ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,05	3	0,68	143,45	0,0002
Intra grupos	0,02	4	0,01		
Total (Corr.)	2,07	7			

Se puede observar en la Tabla 3.28, a las tres condiciones de almacenamiento existe una influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre la coordenada luminosidad en la bebida láctea ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.29, se muestran los valores de la coordenada "a" saturación de color, obtenidos de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas, durante los 0, 7, 14 y 21 días.

Tabla 3.29. Saturación del color de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas

Tiempo (días)	Temperatura de Almacenamiento		
	-17 °C	6 °C	20 °C
0	1,18 ± 0,07	1,18 ± 0,07	1,18 ± 0,07
7	1,01 ± 0,56	1,06 ± 0,56	0,89 ± 0,24
14	0,55 ± 0,18	0,20 ± 0,25	0,36 ± 0,13
21	0,26 ± 0,01	0,52 ± 0,32	0,33 ± 0,26

Media ± DE (n=2)

En la Tabla 3.30, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la coordenada saturación de color en la bebida láctea almacenada en congelación a -17 °C, refrigeración de 6 °C y ambiente de 20 °C

Tabla 3.30. Análisis de varianza de la coordenada saturación de color de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,02863	2	0,01431	0,09	0,9153
Intra grupos	0,47110	3	0,15703		
Total (Corr.)	0,49973	5			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,12280	2	0,06140	1,6	0,3358
Intra grupos	0,11480	3	0,03827		
Total (Corr.)	0,23760	5			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,07240	2	0,03620	0,64	0,5869
Intra grupos	0,16975	3	0,05658		
Total (Corr.)	0,24215	5			

En la Tabla 3.30, se puede observar, al día 7, 14 y 21 no existe influencia estadísticamente significativa, de la temperatura de almacenamiento sobre la coordenada de saturación de color en la bebida ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.31, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la coordenada de saturación de color de la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.31. Análisis de varianza de la coordenada saturación de color de la bebida láctea en la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento

Congelación ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,06985	3	0,35662	4,07	0,1045
Intra grupos	0,35090	4	0,08773		
Total (Corr.)	1,42075	7			
Refrigeración ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,27005	3	0,42335	6,22	0,0549
Intra grupos	0,27230	4	0,06808		
Total (Corr.)	1,54235	7			
Ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,04444	3	0,34815	9,44	0,0275
Intra grupos	0,14745	4	0,03686		
Total (Corr.)	1,19189	7			

Se puede observar en la Tabla 3.31, a las condiciones de congelación y refrigeración no existe influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre la coordenada de saturación de color en la bebida; sin embargo, a las condiciones ambientales, si existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.32, se muestran los valores de la coordenada "b" matiz del color, obtenidos de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas, durante los 0, 7, 14 y 21 días.

Tabla 3.32. Matiz del color de la bebida láctea almacenada a tres temperaturas

Tiempo (días)	Temperatura de Almacenamiento		
	-17 °C	6 °C	20 °C
0	0,44 ± 0,08	0,44 ± 0,08	0,44 ± 0,08
7	1,60 ± 0,03	0,87 ± 0,08	0,87 ± 0,02
14	0,64 ± 0,04	0,25 ± 0,30	0,93 ± 0,20
21	0,57 ± 0,01	1,02 ± 0,00	1,13 ± 0,01

Media ± DE (n=2)

En la Tabla 3.33, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la coordenada matiz de color en la bebida láctea almacenada en congelación a -17 °C, refrigeración de 6 °C y ambiente de 20 °C.

Tabla 3.33. Análisis de varianza de la coordenada matiz de color de la bebida láctea en la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,72030	2	0,36015	148,01	0,001
Intra grupos	0,00730	3	0,00243		
Total (Corr.)	0,72760	5			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,47290	2	0,23645	5,32	0,1033
Intra grupos	0,13345	3	0,04448		
Total (Corr.)	0,60635	5			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,34770	2	0,17385	2086,2	0,0000
Intra grupos	0,00025	3	0,00008		
Total (Corr.)	0,34795	5			

En la Tabla 3.33, se puede observar que al día 14 no existe influencia estadísticamente significativa, de la temperatura de almacenamiento sobre la coordenada matiz de color en la bebida; pero, al día 0 y 21 si existe una diferencia

estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.34, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la coordenada matiz de color de la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.34. Análisis de varianza de la coordenada matiz de color de la bebida láctea en la determinación del tiempo de almacenamiento

Congelación ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,70244	3	0,56748	256,49	0,0001
Intra grupos	0,00885	4	0,00221		
Total (Corr.)	1,71129	7			
Refrigeración ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,78614	3	0,26205	10,03	0,0248
Intra grupos	0,10455	4	0,02614		
Total (Corr.)	0,89069	7			
Ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,50794	3	0,16931	14,8	0,0124
Intra grupos	0,04575	4	0,01144		
Total (Corr.)	0,55369	7			

Como se puede observar en la Tabla 3.34, a las tres condiciones de almacenamiento existe una influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre la coordenada matiz de color en la bebida láctea ($p < 0,05$).

3.4.3. ANÁLISIS SENSORIALES

En la Tabla 3.35, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre el atributo apariencia evaluado por los panelistas en la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.35. Análisis de varianza del atributo apariencia evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,17389	2	3,58694	14,25	0,000
Intra grupos	8,30500	33	0,25167		
Total (Corr.)	15,47890	35			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6,00500	2	3,00250	8,54	0,001
Intra grupos	11,60500	33	0,35167		
Total (Corr.)	17,61000	35			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	23,40060	2	11,70030	24,13	0,000
Intra grupos	15,99830	33	0,48480		
Total (Corr.)	39,39890	35			

Como se puede observar, en la Tabla 3.35, a las condiciones de almacenamiento en los días 7, 14 y 21 no existe influencia estadísticamente significativa, de la temperatura de almacenamiento sobre el atributo apariencia en la bebida ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.36, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre el atributo apariencia evaluado por los panelistas en la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.36. Análisis de varianza del atributo apariencia evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia del tiempo de almacenamiento

Congelación ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00222	2	0,00111	0,18	0,8388
Intra grupos	0,20750	33	0,00629		
Total (Corr.)	0,20972	35			
Refrigeración ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,16889	2	0,08444	0,34	0,7126
Intra grupos	8,14000	33	0,24667		
Total (Corr.)	8,30889	35			
Ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5,68222	2	2,84111	3,4	0,0454
Intra grupos	27,56080	33	0,83518		
Total (Corr.)	33,24310	35			

Como se puede observar, en la Tabla 3.36, a las condiciones de congelación y refrigeración no existe influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre el atributo apariencia en la bebida; pero, a las condiciones ambientales, existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.37, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre el atributo aroma a fruta

en la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tabla 3.37. Análisis de varianza del atributo aroma a fruta evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10,49390	2	5,24694	14,04	0,000
Intra grupos	12,33500	33	0,37379		
Total (Corr.)	22,82890	35			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,22722	2	2,11361	6,65	0,0037
Intra grupos	10,48920	33	0,31785		
Total (Corr.)	14,71640	35			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	43,95390	2	21,97690	20,93	0,0000
Intra grupos	34,64250	33	1,04977		
Total (Corr.)	78,59640	35			

Como se puede observar, en la Tabla 3.37, a las condiciones de almacenamiento en los días 7, 14 y 21 existe influencia estadísticamente significativa, de la temperatura de almacenamiento sobre el atributo aroma a fruta en la bebida ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.38, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre el atributo aroma a fruta en la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y

ambiente a 20 °C.

Tabla 3.38. Análisis de varianza del atributo aroma a fruta evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación del tiempo de almacenamiento

Congelación (-17 °C)					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,05056	2	0,02528	1,87	0,1699
Intra grupos	0,44583	33	0,01351		
Total (Corr.)	0,49639	35			
Refrigeración (6 °C)					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,43056	2	1,21528	2,09	0,1393
Intra grupos	19,15500	33	0,58046		
Total (Corr.)	21,58560	35			
Ambiente (20 °C)					
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	25,02390	2	12,51190	10,9	0,0002
Intra grupos	37,86580	33	1,147450		
Total (Corr.)	62,88970	35			

Como se puede observar, en la Tabla 3.38, a las condiciones de congelación y refrigeración no existe influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre el atributo aroma a fruta en la bebida; pero, a las condiciones ambientales, existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.39, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento sobre del atributo presencia de olores extraños en la bebida láctea almacenada en congelación a -17 °C, refrigeración de 6 °C y ambiente de 20 °C.

Tabla 3.39. Análisis de varianza del atributo presencia de olores extraños evaluado por los panelistas en la bebida láctea para la determinación de la influencia de la temperatura de almacenamiento

Día 7					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,84722	2	0,42361	1,75	0,1901
Intra grupos	8,00250	33	0,24250		
Total (Corr.)	8,84972	35			
Día 14					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,58167	2	0,79083	1,33	0,2773
Intra grupos	19,56580	33	0,59290		
Total (Corr.)	21,14750	35			
Día 21					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	24,43390	2	12,21690	9,18	0,0007
Intra grupos	43,90250	33	1,330380		
Total (Corr.)	68,33640	35			

Como se puede observar, en la Tabla 3.39, a las condiciones de almacenamiento en los días 7, 14 no existe influencia estadísticamente significativa, de la temperatura de almacenamiento sobre el atributo presencia de olores extraños en la bebida; pero al día 21 si existe influencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Tabla 3.40, se presenta el análisis estadístico de varianza para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento sobre del atributo presencia de olores extraños en la bebida láctea almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, refrigeración de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.40. Análisis de varianza del atributo presencia de olores extraños en la bebida láctea para determinar la influencia del tiempo de almacenamiento

Congelación (-17 °C)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00222	2	0,00111	0,33	0,7189
Intra grupos	0,11000	33	0,00333		
Total (Corr.)	0,11222	35			
Refrigeración (6 °C)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,08167	2	2,04083	3,21	0,0531
Intra grupos	20,96580	33	0,63533		
Total (Corr.)	25,04750	35			
Ambiente (20 °C)					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	20,25500	2	10,12750	6,63	0,0038
Intra grupos	50,39500	33	1,52712		
Total (Corr.)	70,65000	35			

Como se puede observar, en la Tabla 3.40, a las condiciones de congelación y refrigeración no existe influencia estadísticamente significativa, del tiempo de almacenamiento sobre el atributo presencia de olores extraños en la bebida; pero, a las condiciones ambientales, existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En el estudio de vida útil, se determinó que la temperatura de almacenamiento influyó estadísticamente sobre las propiedades organolépticas de la bebida, a las condiciones de congelación, refrigeración y ambiente se observó un deterioro en las propiedades sensoriales.

Durante el estudio de vida útil se determinó que el tiempo de almacenamiento no influyó estadísticamente sobre las propiedades organolépticas de la bebida, a las condiciones de congelación y refrigeración. Sin embargo, a las condiciones ambientales el tiempo de almacenamiento si tuvo una influencia significativa.

3.4.4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA BEBIDA LÁCTEA

Se realizó el estudio de estabilidad para determinar el tiempo de vida útil de la bebida láctea. Se consideró el final de la vida útil de la bebida cuando los panelistas determinaron que la puntuación del producto cambia en tres unidades con respecto al valor de la muestra de referencia (almacenada en congelación a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$) en los atributos apariencia y aroma a fruta; mientras que para el atributo olores extraños se consideró una diferencia de una unidad.

En la Tabla 3.41 se muestran los parámetros cinéticos de la estabilidad de la bebida láctea, según el modelo planteado por Arrhenius. En el Anexo VIII se presenta el cálculo de la estimación del tiempo de vida útil.

Tabla 3.41. Parámetros cinéticos de la estabilidad de la bebida láctea

Parámetro	Atributos		
	Apariencia	Aroma a fruta	Olores extraños
	Valor	Valor	Valor
Constante de velocidad k (días⁻¹)			
Congelación ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,00092	0,00138	0,00046
Refrigeración ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,00392	0,01175	0,00944
Ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,02234	0,03662	0,02602
Factor de frecuencia k' (días⁻¹)	27 343 790	257 878 732	68 905 373 380
Energía de activación E (KJ/mol)	51 600,95	55 209,98	69 249,73
Tiempo de vida útil del producto almacenado a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$	132 días	66 días	11 183 días

El aroma a fruta es el atributo que primero disminuye su intensidad con respecto a la muestra de referencia según la apreciación de los panelistas, esto ocurre en un tiempo de 66 días, siendo esta la vida útil del producto almacenado a una temperatura de $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido a que los otros atributos tardan más tiempo en disminuir su intensidad.

3.5. DISEÑO DE PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA

El diseño de una planta ineficiente, provoca pérdidas para la empresa. Los costos de un buen diseño de planta son iguales o un poco superior a la de una industria deficiente, pero estos detalles de diseño presentan márgenes de beneficio ante la competencia (Casp, 2005, p.18).

La distribución en planta es fundamental para una industria, determina la supervivencia de la misma. La distribución es el ordenamiento óptimo de las actividades industriales, es el resultado de la interacción entre hombres, materiales y maquinaria, dentro de una edificación (Casp, 2005, p. 68).

3.5.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Según la norma INEN 2564.2011, bebida láctea es el producto obtenido a partir de leche, leche reconstituida o derivados de leche. Posee color, olor y sabor de acuerdo a los ingredientes o aditivos incorporados, en este caso se escogió la fruta de mora, por las ventajas que presenta frente a otras frutas, como por ejemplo: gran aceptación entre los consumidores, relación en la concentración de calcio y fósforo mayor a 1 ($Ca/P > 1$) y mayor contenido de proteína entre las frutas de mayor aceptabilidad.

Como producto principal se obtendrá una bebida láctea de mora y como producto secundario crema de leche con un contenido en grasa del 40 %, (subproducto del proceso de descremado). La bebida láctea estará envasada en botellas de vidrio transparente de 250 mL de capacidad, con un precio de venta fijado en \$ 0,52. Mientras que la crema de leche se envasará en envases de polipropileno de 5 kg a un precio de 1 \$/kg.

3.5.2. CAPACIDAD Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

La elección del sitio donde se ubicará la planta depende de muchos factores a tomar en cuenta, entre ellos tenemos: puntos de venta o mercados de consumidores, puntos de abastecimiento de materia primas o productos intermedios, interacción con otras posibles industrias, necesidad de calidad y cantidad de agua, vías de comunicación, nivel medio de vida (costo de construcción, costo de mano de obra, costo de vida), reglas de urbanismo (Casp, 2005, pp. 43-45).

La planta tendrá una capacidad de procesamiento de 6 000 kg/día de suero de mantequilla. La cantidad de procesamiento fue investigada y está basada en la cantidad de mantequilla elaborada en el Ecuador y de acuerdo con la ubicación de las empresas que se dedican a esta actividad. En la Tabla 3.42, se muestra la cantidad de mantequilla elaborada a nivel nacional.

Tabla 3.42. Estadísticas de la cantidad de elaboración de mantequilla a nivel nacional

Año	Mantequilla (kg/día)
2001	2 206,16
2003	2 555,77
2004	1 230,17
2005	3 124,31
2006	5 063,36
2007	8 303,01
2008	3 681,33
2009	8 173,36
2010	7 757,01
*2011	8 506,16
*2012	9 255,31
*2013	10 004,47

Fuente: INEC, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010

*Datos extrapolados

Se hizo un estudio para determinar el número de industrias lácteas que se dedican a la actividad de elaboración de mantequilla. Se detectaron 18

industrias a nivel nacional, de las cuales 11 se encuentran ubicadas en la provincia de Pichincha.

Con estos antecedentes, se decidió ubicar a la planta en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, debido a la existencia de industrias lácteas que se dedican a la elaboración de mantequilla. Tales como: Miraflores, González, Dulac, Floralp entre otras, lo que asegura la disponibilidad de la materia prima (suero de mantequilla) utilizada en la elaboración de la bebida láctea.

Se trabajará en dos turnos de trabajo de 8 horas, durante 7 días a la semana, los 365 días del año, debido a que esta actividad agroindustrial requiere de este tipo de agenda de trabajo.

3.5.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Los materiales utilizados en la elaboración de la bebida láctea son: suero de mantequilla, pulpa de mora, azúcar refinada, agua y preservantes como benzoato de sodio y sorbato de potasio. Entre los insumos están: botellas de vidrio de 250 mL, etiquetas y cajas de cartón para el empaclado.

3.5.4. PROCESO TECNOLÓGICO

El proceso tecnológico de la elaboración de la bebida tecnológica se detalla en el Anexo IX, mediante el diagrama de bloques del proceso de producción (BFD).

3.5.5. DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto tiene como finalidad diseñar una planta con una capacidad de procesamiento de 6 000 kg/día de suero de mantequilla. La planta se ubicaría en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha

Dada la capacidad de la planta, se establecerán las operaciones unitarias que intervienen en la producción de la bebida láctea, la cantidad de materia prima e insumos a utilizarse y los equipos necesarios.

Luego de desarrollar los diagramas de bloques del proceso de producción (BFD) y el diagrama de flujo del proceso tecnológico (PFD), se realizó la distribución en la planta del área de producción, con sus respectivos cortes, elevaciones, flujo y movimiento de operarios.

El diseño higiénico de la planta consta de una descripción de cada área de producción, se detalla características de pisos, desagües, paredes, techos, puertas y ventanas. Se tomará en cuenta el tamaño de la planta, número de empleados y el proceso que se realice, para determinar los niveles de aireación, ventilación e iluminación en cada área de la planta.

Las áreas sanitarias constan de duchas, sanitarios, vestidores, lavamanos y pediluvios ubicados antes del ingreso a la planta. También se detalla la indumentaria que los operarios deben utilizar en cada área.

Para completar el diseño de la planta, serán implementados los servicios generales como oficinas, laboratorio de control de calidad, taller de mantenimiento, bodega de material de limpieza, bodega de desechos, parqueaderos para visitas, recepción de materia prima y expedición de producto terminado.

3.5.6. PLANO DE SIMBOLOGÍA, ABREVIATURAS Y NOMENCLATURA UTILIZADA EN EQUIPOS Y LÍNEAS DE CORRIENTE.

La codificación de los equipo se hizo en base a la nomenclatura del equipo por las zonas o áreas de trabajo. Según Casp (2005) debe existir la separación de zonas en el área de producción, para limitar la propagación de polución, limitar el desplazamiento del personal, disminuir los transportes de

calor que son otros vectores de contaminación y limitar zonas secas de húmedas (p.186).

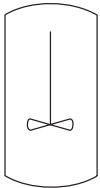
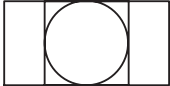
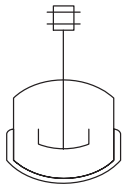
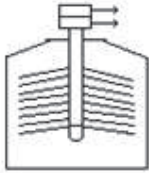
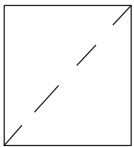
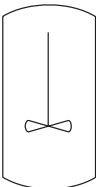
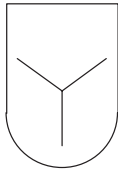
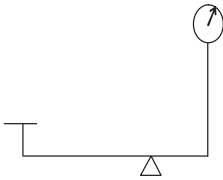
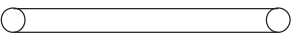
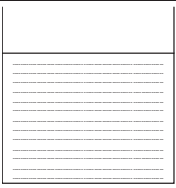

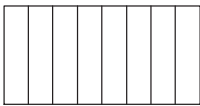
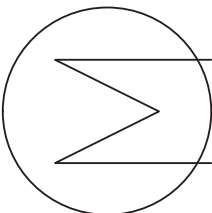
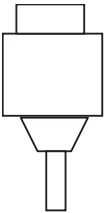
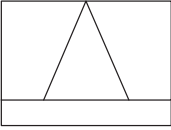
En la Tabla 3.43, se detallan las zonas, y los equipos que pertenecen a cada una de ellas con sus respectivos procesos, así como la nomenclatura utilizada en el diagrama de flujo del proceso tecnológico (PFD). En el Anexo X, se presenta el PFD donde se explica la descripción detallada del proceso, con todas las corrientes que intervienen en la elaboración de la bebida láctea.

Tabla 3.43. Codificación de los equipos del área de producción por área y proceso

Área	Proceso	Equipos	Codificación
1	Recepción de Leche	Tanque de recepción	TR-101
	Filtrado	Tanque filtro	FR-102
2	Recepción de fruta	Gavetas en pallets	
	Pesado	Balanza	BL-201
3	Selección de fruta	Banda transportadora	BT-301
	Lavado de fruta	Tanque de limpieza	TL-302
	Enjuagado de fruta	Banda transportadora	BT-303
	Escaldado	Marmita	ES-304
4	Calentamiento del suero	Intercambiador a placas	MA-401
	Centrifugado del suero	Centrífuga	CR-402
	Almacenamiento del suero descremado	Tanque de almacenamiento	TB-403
5	Microfiltrado	Microfiltrador tangencial	MT-501
	Almacenamiento del retenido	Tanque de almacenamiento	TP-502
	Almacenamiento del jarabe	Tanque de almacenamiento	TJ-503
6	Despulpado	Despulpadora	DE-601
	Almacenamiento de fruta	Tanque de almacenamiento	TA-602
7	Mezclado	Tanque de mezcla	TM-701
	Pasteurizado	Pasteurizador	IT-702
8	Envasado	Envasador	EV-801
	Esterilizado de botellas	Esterilizador	ES-802

La simbología de los equipos utilizados en el diagrama de flujo del proceso tecnológico (PFD), se encuentran en la Tabla 3.44.

Tabla 3.44. Simbología de los equipos utilizados en el área de producción de la planta

Equipos			
			
Tanque de recepción	Filtro	Marmita	Centrifuga
			
Microfiltración Tangencial	Tanque de almacenamiento	Tanque de mezcla	Balanza
			
Banda transportadora	Tanque de limpieza	Despulpador	Intercambiador de calor a placas
			
Intercambiador de calor tubular	Envasadora	Refrigeración	

3.5.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

El proceso inicia con la recepción de las materias primas: suero de mantequilla y fruta de mora. El tanquero, provisto de un tanque de acero inoxidable, descarga el suero de mantequilla en el tanque de recepción TR-101, por medio de bombas a través de tuberías.

El momento que el suero llega a la planta se le somete a pruebas de control de calidad (acidez, densidad, grasa y crioscopia), para detectar posibles adulteraciones. El suero de mantequilla (1) es sometido a un pre-tratamiento, que consiste en una limpieza del mismo, por medio de un sistema de filtros tubulares de cartucho FR-102, Existen dos filtros colocados en paralelo, de manera que mientras el uno trabaja, el otro es sometido al proceso de limpieza. Estos filtros separan, las impurezas en la corriente (2) y el suero filtrado en la corriente (3).

Luego, se calienta el suero hasta una temperatura de 50 °C en un intercambiador de calor de placas MA-401 utilizando como fluido calefactor agua caliente a 90 °C corriente (4) para, a continuación someterlo a un proceso de descremado en una centrífuga hermética provista de un tambor, en cuyo interior se dispone de una serie de platillos cónicos CR-402, donde se separa en dos corrientes, la (5) de crema de leche y la (6) de suero descremado.

El suero descremado (6) se almacena en un tanque pulmón TB-403 y luego entra al proceso de concentración en un microfiltrador tangencial MT-501 donde se separa el retenido (8) y el permeado (9). El retenido (8) se lo transporta a un tanque pulmón TP-502, para utilizarlo en los siguientes procesos y el permeado (9) es descargado hacia la planta de tratamiento de efluentes residuales, la cual se encuentra fuera del alcance de esta investigación.

La futa de mora es descargada por medio de gavetas, en la recepción de fruta se realiza un muestreo, para controlar su calidad, de acuerdo a los requerimientos de la norma INEN 2427:2010 (grado de madurez, estado de la fruta, frutos indeseables). Luego la fruta de mora (10) es pesada mediante una báscula BL-201.

La fruta pesada (10) se la coloca en una banda transportadora BT-301, para realizar un proceso de selección, que consiste en eliminar partículas extrañas, frutos indeseables y fruta con podredumbre (11). A continuación la fruta libre de impurezas (12) entra a un tanque de limpieza TL-302 y es lavada con agua (13) y cloro a 50 ppm, después la fruta es enjuagada (14) por duchas en una

banda transportadora.

La fruta enjuagada (14) es transportada a una marmita con enchaquetamiento ES-304, para el proceso de escaldado, como fluido calefactor se utilizo vapor saturado. Luego la fruta escaldada (16), entra a una despulpadora DE-601, donde se separa las semillas (17) y la pulpa de mora (18). Finalmente se almacena la pulpa de mora (18) en un tanque de almacenamiento TA-602, para utilizarla más adelante en la formulación de la bebida láctea.

Previamente, se elaboró una solución de jarabe a una concentración de 60 °Brix, la azúcar (19) utilizada es transportada en sacos de 45 kg por medio de un montacargas manual desde la bodega de suministros, hasta la marmita ES-304 en donde se realiza la disolución del azúcar con agua (20), luego se incrementa la temperatura de la solución hasta 70 °C, como fluido calefactor se utilizo vapor saturado (21), a continuación el jarabe (22) pasa a través de tuberías por medio de una bomba hasta un tanque de almacenamiento TJ-503. El jarabe se almacena por un día antes de incorporarla en la bebida, el azúcar no se vuelve a solidificar porque se le agrega un químico preservante.

A continuación, se realiza la formulación de la bebida láctea, donde se mezcla la pulpa de mora (23), retenido (24), el jarabe (25) y agua (26) en un tanque de mezcla TM-701, por medio de un agitador se logra un producto homogéneo (27), que luego pasa por medio de tuberías a un intercambiador de calor tubular de superficie rascada IT-702, para el proceso de pasteurización se utilizó como fluido calefactor vapor saturado (28).

Finalmente, el producto pasteurizado (29), se envasa en botellas de vidrio mediante una envasadora EV-801, las botellas seran previamente esterilizadas con peróxido hidrógeno (H_2O_2) en el esterilizador de botellas ES-802. El producto envasado es empacado manualmente en cartones de 24 unidades y son llevados a la cámara de refrigeración RE-803 por medio de un montacargas manual. En el Anexo XI se presentan las especificaciones técnicas de los equipos.

Tabla 3.47. Resumen del balance de masa en la línea de elaboración de la bebida de mora

Componente	Corriente										
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Temperatura (°C)	20	20	121	70	20	10	20	15	15	121	20
Total (kg/h)	153,2	102,1	17,9	255,3	149,7	85,6	56,7	147,19	462	44,8	415,8
Sacarosa (kg/h)	153,2		--	--	--	--	--	--	--	--	--
Agua (kg/h)	--	102,1	--	--	--	--	--	147,19	--	--	--
Jarabe (kg/h)	--	--	--	255,3	--	--	56,7	--	--	--	--
Pulpa de mora (kg/h)	--	--	--	--	149,7	--	--	--	--	--	--
Retenido (kg/h)	--	--	--	--	--	85,6	--	--	--	--	--
Bebida de mora (kg/h)	--	--	--	--	--	--	--	--	462	--	--
Vapor de agua (kg/h)	--	--	17,9	--	--	--	--	--	--	44,8	--
Bebida de mora pasteurizada (kg/h)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	415,8

3.5.3. BALANCE DE ENERGÍA

Para calcular el balance de energía se tomó en cuenta todos los procesos en los que interviene vapor saturado como fluido calefactor. Estos procesos son calentamiento del suero, escaldado de la pulpa de fruta y la pasteurización de la bebida láctea. En el Anexo XII, se detalla el cálculo de la energía requerida en cada proceso.

En la Tabla 3.48, se encuentra el resumen del balance de energía de la planta de producción.

Tabla 3.48. Resumen del balance de energía de la planta

Proceso	Energía requerida (kJ/día)
Calentamiento del suero	1 005 228,6
Escaldado de la pulpa de mora	408 370,24
Preparación del jarabe	78 524,59
Pasteurización de la bebida láctea	886 408,8
TOTAL	2 378 532,23
TOTAL (factor de seguridad 40 %)	3 329 945,12

La energía total requerida por la planta es de 3 329 945,12 kJ/día, se consideró un factor de seguridad del 40 %.

3.5.3.1. REQUERIMIENTO DE VAPOR

Según los resultados de la Tabla 3.48, la energía térmica diaria necesaria es de 3 329 945,12 KJ, para determinar la cantidad de vapor saturado necesario a 40 psi ($Lv_{vapor} = 2\,171,73$ kJ/kg y una temperatura de 130,68 °C a estas condiciones) se aplica la ecuación [3.1].

$$Q_{Total} = m_{vapor} * Lv \quad [3.1]$$

Donde:

Q_{Total} = calor total necesario (kJ/día)

m_{vapor} = masa del vapor saturado (kg)

Lv = calor latente de vaporización (kJ/kg)

Al emplear la ecuación [3.1] con los datos de la presente investigación, el resultado de la masa de vapor es de:

$$Q_{Total} = m_{vapor} * Lv \quad [3.1]$$

$$3\,329\,945,12\text{kJ} = m_{vapor} * 2\,171,73 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m_{vapor} = 1\,533,31 \text{ kg}$$

Según los cálculos la planta necesita diariamente 1 533,31 kg de vapor saturado, a las condiciones antes mencionadas.

En este contexto, se determina que es posible la reutilización de 1 533,31 litros diarios de condensado que serán utilizados para la alimentación de la caldera. Es necesario remover el condensado de manera rápida y eficiente por medio de

trampas de vapor instaladas en la descarga de condensado hacia un tanque de reserva. Recuperar el condensado, en lugar de tirarlo, conlleva ahorros significativos de energía, tratamiento químico y agua fresca. Las tuberías de conducción de vapor y el distribuidor de vapor dispondrán de aislamiento térmico, para disminuir las pérdidas de calor hacia el ambiente.

3.5.3.2. SELECCIÓN DEL CALDERO

De acuerdo a los resultados de la Tabla 3.48, con la cantidad de energía que requiere la planta, se puede determinar la capacidad del caldero en BHP (BHP = 33 600 BTU/h) mediante la ecuación [3.2]

$$\text{Capacidad del caldero} = \frac{\text{Total de energía requerida}}{\text{Tiempo de los procesos en que interviene energía}} \quad [3.2]$$

$$\text{Capacidad del caldero} = 3\,329\,945,12 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} * \frac{\text{día}}{9 \text{ horas}} * \frac{\text{BTU}}{1,055 \text{kJ}} \frac{\text{BHP}}{33\,600 \text{ BTU/h}}$$

$$\text{Capacidad del caldero} = 10,44 \text{ BHP}$$

Según los cálculos, la planta necesitará un caldero con una de capacidad de 12 BHP.

3.5.3.3. REQUERIMIENTO DE COMBUSTIBLE

El combustible que se usara para la caldera será diésel por ser el más barato. Los cálculos para determinar la cantidad de diésel se obtiene al aplicar la Ec. [3.1], ($h_{\text{diésel}} = 52\,325 \text{ kJ/kg}$, $\rho_{\text{diésel}} = 0,83 \text{ kg/L}$).

$$Q_{\text{Total}} = m_{\text{diesel}} * h_{\text{Diesel}} \quad [3.1]$$

$$3\,329\,945,12 \text{ kJ} = m_{\text{diesel}} * 52325 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m_{\text{diésel}} = 63,63 \text{ kg}$$

Se transforma a galones mediante la ecuación de la densidad del diesel [3.3]

$$\rho_{diésel} = \frac{m_{diésel}}{V_{diésel}} \quad [3.3]$$

$$0,83 \frac{kg}{L} * \frac{3,7854 L}{gal} = \frac{63,63 kg}{V_{diésel}}$$

$$V_{diésel} = 20,25 gal$$

Según los cálculos, la planta necesita diariamente 20,25 galones de diésel para el funcionamiento de la caldera.

3.5.4. DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA

Se diseñó la planta con una configuración en forma de U, por las ventajas que ésta posee como: fachadas de ampliación, única fachada de recepción y expedición, solución más compacta, distancias más cortas de desplazamiento, esta configuración es menos costosa con respecto a otras, la parte frigorífica se ubica en la misma zona, acceso sobre una cara del terreno (Casp, 2005, p.197).

Los muelles de recepción de materia prima y expedición de producto terminado, deben tener una altura, además una pendiente con evacuación de aguas y barreras para no permitir ingresos de animales (Casp, 2005, p.291). En el Anexo XIII, se presenta la distribución del área de producción (Lay out) y en el Anexo XIV se presentan las elevaciones y cortes del área de producción.

En la Tabla 3.49, se encuentran los criterios que se utilizaron para dimensionar las áreas de trabajo de la planta, así, como de los almacenes de recepción, bodega de insumos y producto terminado.

Tabla 3.49. Criterio para el dimensionamiento de las áreas en la planta de producción

Producción	Almacenes	Recepción y Expedición	Limpieza
Equipos y movilidad	Ritmos de fabricación	Frecuencia y volúmenes de las entregas	Tipo de materiales a limpiar
Mantenimiento de equipos	Secuencia de trabajo	Condiciones de almacenamiento	Frecuencia de limpieza
Puestos y turnos de trabajo	Volúmenes de materia prima, producto terminado e insumos	Demora de las operaciones	

Fuente: Casp, 2005, p. 194

Según Casp (2005) es necesario prever la ampliación de la planta, al menos dos o tres caras, para poder cumplir las futuras exigencias del mercado (p.193). En esta investigación se concibió la ampliación de dos caras de la planta.

3.5.5. DISEÑO HIGIÉNICO DE LA PLANTA

Las características de los materiales de los pisos, paredes, ventanas y puertas del área de producción se encuentran en la Tabla 3.50.

Tabla 3.50. Características del piso, paredes, techo y ventanas en la zona de producción

Área	Pisos	Paredes	Techo	Ventanas	Puertas
Producción	Concreto liso: impermeable, resistente, fácil de limpiar, antideslizantes, las unión con la pared redondeada con radio mínimo de 2,5 cm.	Lisas, fácil de lavado y desinfección, color claro, cemento con pintura anti fúngica.	Techo de eternit con recubrimiento refractivo, sin techo falso.	Las ventanas no deben tener repisas interiores. Deben poseer protección.	Las puertas de salida se abrirán hacia afuera. Las puertas que separan las áreas de trabajo deben ser puertas cortinas fáciles de lavar.

En la Tabla 3.51, se detallan las características de los servicios generales de la planta como las oficinas, talleres de mantenimiento, laboratorio de control de calidad, almacenes de insumos, almacenes de desechos y bodega de producto terminado.

Tabla 3.51. Características de los servicios generales

Servicio	Número	Descripción
Oficinas	4	Las oficinas estarán divididas por curules desmontables, suelo de madera, techo falso, paredes lisas y de colores claros, puertas de madera. Existe un pasillo de entrada de 1 m de ancho.
Talleres de mantenimiento	1	Ubicado cerca del área de producción, para el mantenimiento continuo de los equipos, posee piso de concreto liso.
Laboratorio de control de calidad	1	Posee, piso de baldosa, paredes de color blanco anti fúngica, suficiente iluminación y aireación, puerta corrediza.
Almacenes de insumos	1	Los pisos son de concreto liso, paredes lisas de colores claros, la unión entre el piso y la pared deben ser redondeadas
Almacenes de desechos	1	Piso de concreto liso, paredes de cemento lisas

En la Tabla 3.52, se detallan las características que deben tener las áreas sanitarias.

Tabla 3.52. Características de las áreas sanitarias

Área	Número	Descripción
Sanitarios	2	Uno para varones y otro para mujeres. Los retretes estarán pegados a la pared conectados a la red de abastecimiento de agua. Tendrá una ventana de 30 x 60 cm para la ventilación
Duchas	2	Tipo cabina, una para varones y otra para mujeres, junto a cada ducha se encuentra la cabina para vestirse y desvestirse el área es de 2 m ² por cada una.
Vestidores	2	Los vestidores cuentan con armarios metálicos dos para cada operario, el primero para colocar la ropa de calle y el segundo para la indumentaria de trabajo. Además de una banca para facilitar el cambio de ropa
Lavamanos	8	2 en sanitarios, 2 en vestidores, 2 en exclusas, provistos con llave de cierre automático, dotados de jabón, toallas desechables y un dispensador con desinfectante
Pediluvios	1	Se encontrara al ingreso del área de producción, para la limpieza del calzado. El pediluvio estará provisto por una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6 %

Los sanitarios dependen del número empleados, además se instalará una ducha por cada 8 trabajadores. Existirán dos vestidores, uno para hombres y otro para mujeres. A la entrada y salida de los aseos y sanitarios, se dispondrá de un

lavamanos con cierre automático, toallas desechables, jabón, detergente y cepillos de uñas (Casp, 2005, p.281).

3.5.6. ESTUDIO DE SEGURIDAD DE LA PLANTA

En la Tabla 3.53, se detallan el número de desagües, que posee cada área, además de la iluminación requerida y caudal de aireación recomendada para la ergonomía en el trabajo (Casp, 2005, p.275).

Tabla 3.53. Niveles de iluminación, aireación y número de desagües de cada área

Área	Desagües	Iluminación (LUX)	Aireación (m ³ /h)
Producción	15	220	45
Bodega de insumos	6	110	25
Laboratorio de calidad	1	540	30
Oficinas	-	110	25
Taller de mantenimiento	1	220	30
Vestidores	6	110	45

El personal participa en muchas de las actividades durante el proceso de producción, lo que podría ocasionar contaminación al producto, se recomienda, usar ropa adecuada en cada zona, acondicionar los accesos con exclusas y limitar las intervenciones del personal (Casp, 2005, p. 180). En la Tabla 3.54, se especifica la ropa que debe usar el personal en cada área de trabajo y en el Anexo XV se presenta el movimiento de operarios y flujo de producto en la planta.

Tabla 3.54. Indumentaria del personal en cada área

Área	Indumentaria
Producción	Cofia, mascarilla, overol blanco, botas blancas de cauchos
Lab. de control de calidad	Mandil blanco, cofia, guantes, botas blancas de caucho
Supervisión	Mandil blanco, cofia, botas de caucho color blanco
Mantenimiento	Overol, calzado antideslizante, casco industrial
Administrativo	Semiformal

3.5.7. PROGRAMA DE TRABAJO

En la Tabla 3.55, se presenta el diagrama de Gantt, con la que se ha planificado trabajar en este proyecto, el diagrama está conformado por las todas actividades y los tiempos empleados en realizarlas.

Tabla 3.55. Diagrama de Gantt

PROCESO	HORAS LABORALES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recepción	■	■	■	■	■											
Filtrado		■	■	■	■	■										
Calentamiento		■	■	■	■	■										
Centrifugado			■	■	■	■	■									
Microfiltración				■	■	■	■	■	■							
Almacenado					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Preparacion de jarabe	■	■														
Recepción	■															
Pesado	■	■														
Selección		■	■	■	■											
Lavado			■	■	■	■	■									
Desinfección			■	■	■	■	■									
Enjugado			■	■	■	■	■	■								
Escaldado				■	■	■	■	■	■	■	■					
Despulpado				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Almacenado					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Mezclado						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Pasteurizado						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Envasado						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Limpieza de equipos														■	■	■

La hora de entrada del personal del primer turno de trabajo será a las 7:00 h y la salida a las 15:00 h. La entrada del siguiente turno será a las 15:00 h y la salida a las 22:00 h.

3.6. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

El estudio de pre factibilidad económica, tienen como objetivo determinar si el

proyecto es viable y determinar si generará rentabilidad a sus accionistas y dueños.

Toda actividad industrial cuenta con una estructura organizacional que determina la jerarquía del personal en la empresa. En la Figura 3.5, se detalla el organigrama empresarial presentado para este proyecto.

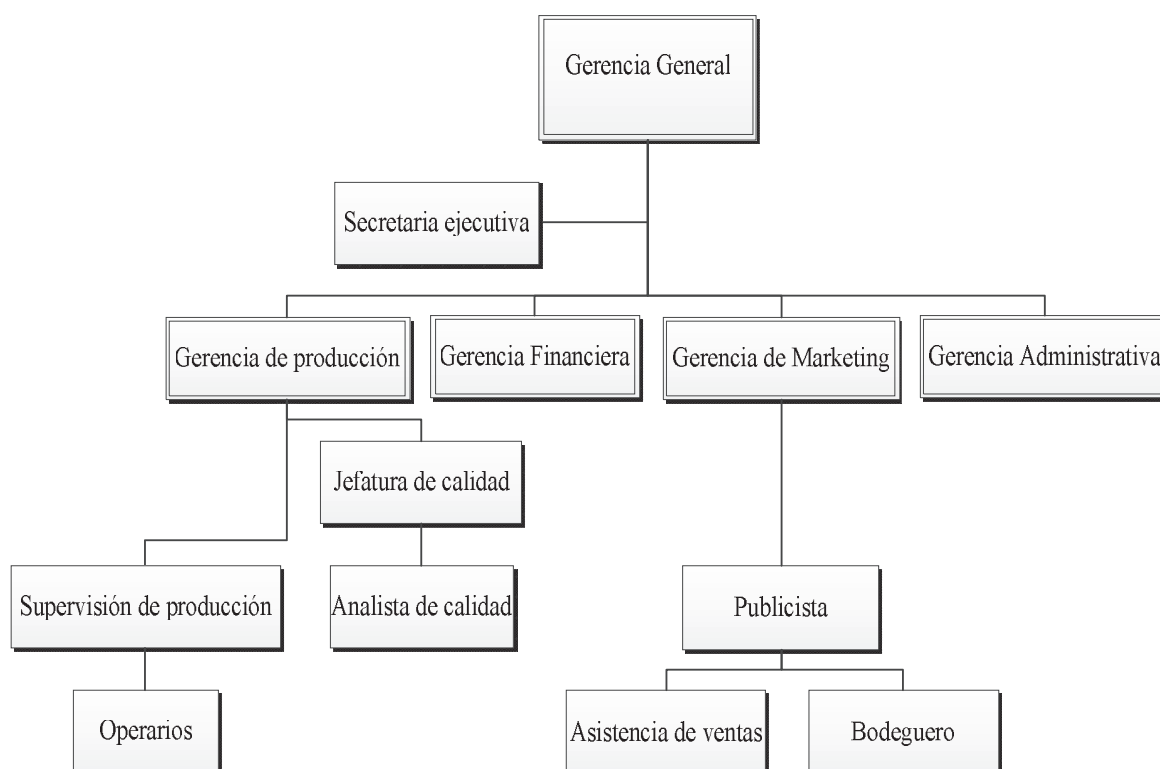


Figura 3.5. Organigrama empresarial

3.6.1. INVERSIONES

Las inversiones necesarias para la implementación del proyecto, como la adquisición de todos los activos fijos o tangibles, activos diferidos o intangibles y el capital de trabajo para la puesta en marcha del proyecto se presentan en la Tabla 3.56.

Estas inversiones serán financiadas en un 40 % por aporte de accionistas y el 60 % de la inversión será financiado mediante un crédito en una institución financiera periodo (Sapag y Sapag, 2003, p. 269). a una tasa de interés efectiva del 12,5 %, la amortización de la deuda se detalla en el Anexo XVI.

Tabla 3.56. Inversión total del proyecto

Rubro	Valor (\$)	(%)
<u>Activo fijo</u>		
Terreno y construcciones	254 021	22,25
Maquinaria y equipo	230 578	20,19
Instalación de maquinaria y equipos	34 587	3,03
Camión	34 550	3,03
Instrumentación de laboratorio	10 000	0,88
Tuberías y accesorios	46 116	4,04
Equipo y muebles de oficina	3 976	0,35
Imprevistos (5%)	30 691	2,69
<u>Activo diferido</u>	61 140	5,35
<u>Capital de operación</u>	436 177	38,20
TOTAL	1 141 836	100,00

Como se puede observar en la Tabla 3.56, la inversión total del proyecto es de \$ 1 141 836 donde el 56,44 % corresponde al costo de los activos fijos, el 5,35 % al activo intangible y el 38,20 % al capital de trabajo. El capital de trabajo, es el capital adicional que garantice los recursos suficientes para adquirir la materia prima y cubrir los costos de operación de un periodo (Sapag y Sapag, 2003, p. 236). El capital de trabajo del proyecto se calculó por el método del periodo de desfase según Sapag y Sapag (2003) y estará estimado para dos meses de funcionamiento de la planta, en el cual se consideró los días de comercialización y la venta a crédito de la bebida (p. 242).

En la Anexo XVII, se detalla el costo de la maquinaria y equipos, costo del terreno y las construcciones, costo de la instalaciones de maquinaria y equipo (5 % del costo total de maquinaria y equipo), costo de equipos y muebles de oficina y se detalla el activo intangible.

3.6.2. COSTO DE OPERACIÓN

Los costos de operación de la planta productora, están determinados por el costo de producción, gasto administrativo, gasto de venta y gasto financiero.

En la Tabla 3.57, se presentan los costos de producción anuales de la bebida láctea. Dentro de estos costos están la materia prima, mano de obra directa e indirecta; materiales indirectos de fabricación, depreciación de maquinaria y equipos de la planta; suministros como combustible, energía eléctrica y agua; mantenimiento de maquinaria equipos y edificios que se realiza en forma periódica y amortización del activo diferido. En el Anexo XVIII, se detallan los costos de cada rubro.

Tabla 3.57. Costos de producción anuales de la bebida láctea

Costos de Anuales Producción		
Rubro	Valor (\$)	(%)
Materiales Directos		
Materia Prima	1 960 076	82,49
Mano de obra directa	84 688	3,56
Carga Fabril		
Mano de obra indirecta	83 217	3,50
Materiales indirectos	72 788	3,06
Suministros	33 653	1,42
Depreciaciones		
Construcciones	10 513	0,44
Maquinaria y Equipo	31 149	1,31
Camión	6 910	0,29
Activo Intangible	13 032	0,55
Mantenimiento		
Maquinaria y Equipo	23 058	0,97
Edificios	10 513	0,44
SUBTOTAL	2 329 597	
Imprevistos (2%)	46 592	1,96
TOTAL	2 376 189	100,00

Generalmente en las industrias el rubro que presenta mayor valor son los materiales directos. De acuerdo a los resultados de la Tabla 3.57, en este proyecto los materiales directos representan el 82,49 % del total del costo de producción, el costo más alto del proyecto. Los rubros que aportan más al costo de materiales directos son los precios de las botellas de vidrio y el valor de la fruta de mora, por lo tanto si se requiere disminuir el costo de producción se tendría que reducir los costos de la fruta y las botellas de vidrio.

En el Anexo XVIII, se presentan los gastos de administración, los cuales se componen por los sueldos del personal administrativo, depreciación de los equipos de oficina y los suministros de oficina; también se detallan los costos de ventas, dentro de los cuales se encuentran los sueldos del personal ventas y publicidad y por último el gasto financiero que corresponde al interés que se paga a la institución financiera por el crédito.

En la Tabla 3.58, se presentan los costos operacionales anuales del proyecto, los cuales están determinados por el costo de producción, gasto administrativo, gasto de venta y gasto financiero.

Tabla 3.58. Costos operacionales anuales de la bebida láctea

Rubro	Valor (\$)	(%)
Costo de producción	2 376 189	91,67
Costos de ventas	50 613	1,95
Gastos de administración y generales	79 563	3,07
Gastos financiero	85 638	3,30
TOTAL	2 592 002	100,00
Unidades producidas	5 990 400	
Costo unitario del producto	0,43	
Precio de venta unitario	0,50	

En la Tabla 3.58, se observa que el costo de operación es de \$ 2 592 002 para producir 5 990 400 botellas de 250 mL de bebida al año. El costo unitario de la bebida láctea es de \$ 0,43, cabe recalcar que se consideró un margen de utilidad

del 15 %, por lo tanto, el precio de venta estará fijado en \$ 0,50. El precio de bebidas de mora de 250 mL oscila entre \$ 0,45 y \$ 0,53, lo que indica que el producto tiene la capacidad de competir en el mercado de bebidas, e incluso tendría una ventaja competitiva por el precio y el aporte proteico que posee.

3.6.3. CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

En la Figura 3.6, se presentan el punto de equilibrio del proyecto, valor donde, las ventas se igualan a los costos totales (costo fijos más costos variable), significa la cantidad mínima que debe producir la empresa para no incurrir en pérdidas. En el Anexo XIX, se encuentra los valores de los costos fijos, costos variables y ventas del proyecto que se utilizó para el cálculo del punto de equilibrio.

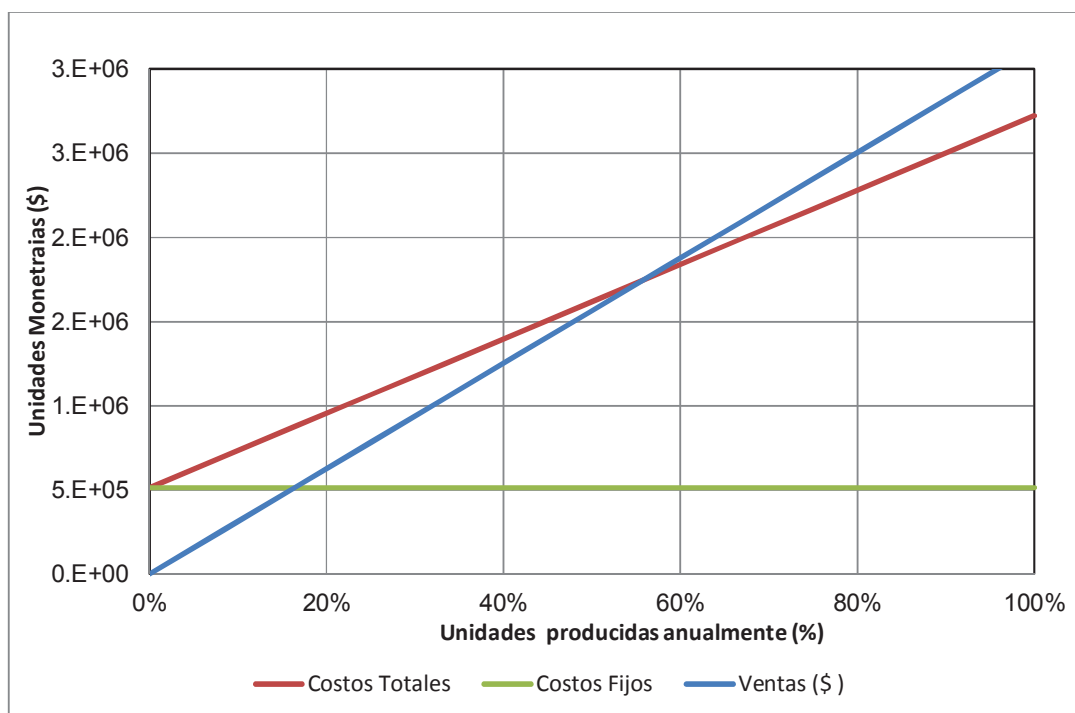


Figura 3.6. Punto de equilibrio del proyecto

Según los resultados de la Figura 3.6, se puede observar, que el punto de equilibrio para este proyecto es de 55,46 % del total de las unidades producidas en el año, este porcentaje corresponde a 3 322 371 unidades. En consecuencia,

a la planta, le sobra por utilizar el 44,54 % del total de su capacidad.

3.6.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN LA RELACIÓN COSTO, VOLUMEN UTILIDAD

En este proyecto se consideró un margen de utilidad del 15 % sobre el costo de operación del producto, para analizar la sensibilidad del proyecto se ha creado un escenario en el que los inversionistas del proyecto exigen una utilidad del 20 % del costo de operación.

En efecto, si se desea generar más utilidades, habrá que subir el precio de venta del producto y aumentar el volumen, reduciendo los costos fijos y variables o una combinación de estas cuatro variables.

3.6.4.1. INCREMENTO DEL PRECIO DE VENTA

Al considerar un margen de utilidad del 20 %, el precio de venta de la bebida láctea debería aumentar de \$ 0,50 a \$ 0,52. Lo que quiere decir que aumenta en un 4 % el precio. Con este precio la bebida estaría con la capacidad de seguir compitiendo en el mercado, ya que se trata de un producto nuevo en sabor, aspecto y textura que lo hacen único. En la tabla 3.59, se presenta el estado de resultados de un año de operaciones en el supuesto de aumentar el precio de venta.

Tabla 3.59. Estado de resultados al aumentar el precio de venta

Rubro	Cantidad (\$)
Ventas	3 268 384
Costos Variables	-2 209 883
Margen de contribución	1 058 501
Costos Fijos	-513 770
Utilidad	544 731

3.6.4.2. INCREMENTO DEL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

El volumen de producción de la planta debería aumentar de 5 990 400 a 6 874 901 unidades al año, que equivale a aumentar en un 14,76 % la capacidad total de la planta. Esto no es factible, ya que la planta fue diseñada para producir 5 990 400 unidades de botellas de bebida láctea al año. En la tabla 3.60, se presenta el estado de resultados en el supuesto de aumentar el volumen de producción

Tabla 3.60. Estado de resultados al aumentar el volumen de producción

Rubro	Cantidad (\$)
Ventas	3 594 680
Costos Variables	-2 536 179
Margen de contribución	1 058 501
Costos Fijos	-513 770
Utilidad	544 731

3.6.4.3. REDUCCIÓN DE LOS COSTOS FIJOS

Al considerar un margen de utilidad del 20 %, los costos fijos deberían disminuir de \$ 513 770 a \$ 377 587 en el año, lo que corresponde a disminuir en 26,50 % éste rubro. En efecto, se tendría que reducir la mano de obra directa, mano de obra indirecta, el personal administrativo y ventas o sustitución por otros de menor costo laboral. En la tabla 3.61, se presenta el estado de resultados de un año de operaciones en el supuesto de disminuir los costos fijos.

Tabla 3.61. Estado de resultados al disminuir los costos fijos

Rubro	Cantidad (\$)
Ventas	3 132 201
Costos Variables	-2 209 883
Margen de contribución	922 318
Costos Fijos	-377 587
Utilidad	544 731

3.6.4.4. REDUCCIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES

Al incrementar el margen de utilidad, se debería disminuir los costos variables unitarios de \$ 0,37 a \$ 0,35, que equivale a disminuir el 5,41 % este rubro. Por lo tanto, si se quiere disminuir los costos variables se tendría que reducir el costo de la fruta de mora y el precio de los envases de vidrio o sustituir la materia prima e insumos. En la tabla 3.62, se presenta el estado de resultados de un año de operaciones en el supuesto de disminuir los costos variables.

Tabla 3.62. Estado de resultados al disminuir los costos variables

Rubro	Cantidad (\$)
Ventas	3 132 201
Costos Variables	-2 073 700
Margen de contribución	1 058 501
Costos Fijos	-513 770
Utilidad	544 731

En conclusión, para llegar al objetivo de los inversionistas de aumentar al 20 % el margen de utilidad, se podría combinar los tres supuestos factibles, en primer lugar se debería aumentar el precio de venta del producto y dicha estrategia debe combinarse con la reducción de costos fijos y variables.

3.6.5. CÁLCULO DEL FLUJO DE CAJA

En la Tabla 3.63, se presenta el flujo de efectivo de este proyecto, los valores están proyectados para un horizonte de evaluación de 10 años (Sapag y Sapag, 2003, p. 266). Además, para los valores futuros se ha estimado un factor del 4,03 % que corresponde a la inflación en los últimos 2 años en el país, según el Banco Central del Ecuador.

El cálculo de la depreciación de activos fijos y la amortización de activos intangibles se realizó mediante el criterio de línea recta sin valor residual; es decir,

supone que se deprecia todo el activo en igual proporción cada año (Sapag y Sapag, 2003, p. 266).

El valor de salvamento o desecho se calculó por el método económico, según Sapag y Sapag (2003), la simplicidad de éste método muestra un resultado más optimista, aunque probablemente el más real (p. 259).

Tabla 3.63. Flujo de caja del proyecto

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso de ventas		3 036 134	3 158 491	3 285 778	3 418 195	3 555 948	3 699 252	3 848 332	4 003 420	4 164 758	4 332 598
Costos de producción		-2 314 584	-2 407 862	-2 504 899	-2 605 846	-2 710 862	-2 820 110	-2 933 760	-3 051 991	-3 174 986	-3 302 938
Gasto de ventas		-50 613	-52 652	-54 774	-56 982	-59 278	-61 667	-64 152	-66 737	-69 427	-72 225
Gasto administrativo		-79 166	-82 356	-85 675	-89 128	-92 719	-96 456	-100 343	-104 387	-108 594	-112 970
Interés préstamo		-85 638	-80 874	-75 516	-69 487	-62 705	-55 075	-46 491	-36 835	-25 971	-13 749
Depreciación		-48 969	-48 969	-48 969	-48 969	-48 969	-42 059	-42 059	-42 059	-42 059	-42 059
Amortización intangible		-13 032	-13 032	-13 032	-13 032	-13 032					
Utilidad antes de impuestos		444 132	472 744	502 912	534 750	568 382	623 886	661 526	701 411	743 721	788 656
Impuesto a la renta (23%)		-102 150	-108 731	-115 670	-122 993	-130 728	-143 494	-152 151	-161 325	-171 056	-181 391
Participación de trabajadores (15%)		-66 620	-70 912	-75 437	-80 213	-85 257	-93 583	-99 229	-105 212	-111 558	-118 298
Utilidad neta		275 362	293 101	311 806	331 545	352 397	386 809	410 146	434 875	461 107	488 967
Depreciación		48 969	48 969	48 969	48 969	48 969	42 059	42 059	42 059	42 059	42 059
Amortización intangible		13 032	13 032	13 032	13 032	13 032					
Inversión total	-1 141 836										
Préstamo	685 101										
Amortización del crédito		-38 107	-42 870	-48 229	-54 257	-61 039	-68 669	-77 253	-86 910	-97 773	-109 995
Valor de salvamento											3 051 058
Flujo de caja	-456 734	299 257	3 12 233	325 579	339 290	353 359	360 199	374 953	390 025	405 393	3 472 089

Para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se consideró un tasa de evaluación del proyecto del 12,99 %, valor que resulta al ponderar el costo de capital de los accionistas o Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) y el aporte del crédito otorgado por una institución financiera. La Tasa de descuento mínima aceptable de rendimiento (TMAR) está formado por la suma de la tasa de interés pasiva = 4,53 %, inflación = 4,03 % y riesgo país= 5,16 %. El crédito en una institución financiera es concedido con un interés efectivo del 12,5 %.

Como se mencionó anteriormente, la inversión será financiada con un 40 % del aporte de accionistas y 60 % por un crédito en una institución financiera. En la Tabla 3.64, se detalla la tasa de ponderación de la inversión y el resultado de la tasa de evaluación del proyecto.

Tabla 3.64. Tasa de evaluación del proyecto

Inversión total	Aporte (%)	Tasa de interés (%)	Tasa de ponderación (%)
Capital de accionista	40	13,72	5,49
Institución financiera	60	12,50	7,50
Tasa de evaluación del proyecto			12,99

De acuerdo a los resultados del flujo de caja del proyecto presentados en la Tabla 3.63, se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que son indicadores financieros para evaluar proyectos y ayudan a decidir, si el proyecto es rentable o no. En la Tabla 3.65, se presenta los resultados de este análisis.

Tabla 3.65. Indicadores Financieros (TIR, VAN)

Indicadores Financiero	Valor
Tasa interna de retorno (TIR)	71,28 %
Valor actual neto (VAN)	\$ 2 389 509

Como se indica en la Tabla 3.65, el proyecto presenta un valor TIR de 75,56 %, el cual es mayor al costo de oportunidad (interés pagado por el banco). El valor actual neto es igual a \$ 2 316 942 Según Zambrano (2010), cuando el valor neto es positivo debe aceptarse la inversión (p. 268).

El valor del VAN (valor actual neto) de \$ 2 316 942, se refiere al dinero que queda para el dueño, después que a los beneficios del proyecto se le ha descontado todos los costos las inversiones (costos de producción, gasto de administración, gasto de ventas, gasto financiero, depreciaciones, etc.).

Por lo tanto, según los resultados de los indicadores financieros TIR y VAN presentados Tabla 3.65, muestran que éste es un proyecto rentable.

El recuperar y darle un valor agregado al suero de mantequilla, un co-producto subutilizado en la industria láctea, vuelve a este proyecto rentable.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Los resultados de los análisis microbiológicos realizados al suero de mantequilla usado en esta investigación, indican que, está dentro del rango para considerarlo como suero de buena calidad. Mientras que los resultados de los análisis físico-químicos del suero, revelan que a excepción de la grasa, todos los parámetros se encuentran dentro de las especificaciones establecidas en la norma INEN 718:2011.
2. En microfiltración tangencial MFT, el tamaño de poro de la membrana influyó estadísticamente significativa sobre la concentración de proteína en el retenido y sobre el factor de retención volumétrica (FRV).
3. Los mejores rendimientos obtenidos en el proceso de MFT, se consiguieron al utilizar la membrana 0,1 μm de tamaño de poro; se alcanzó una concentración de proteína de $15,82 \pm 0,43$ g/100 g en el retenido.
4. El permeado obtenido a las mismas condiciones de trabajo descritas anteriormente, tiene un contenido de proteína de $0,47 \pm 0,03$ g/100 g, además contiene calcio $27,5 \pm 2,90$ mg/100 g, potasio $124,95 \pm 17,04$ mg/100 g, fósforo $34,50 \pm 2,12$ mg/100 g y lactosa $3,52 \pm 0,52$ g/100 g que lo hacen aprovechable.
5. El retenido obtenido, luego del proceso de concentración en el MFT está formado por caseína. Debido al tamaño de las micelas de caseína, éstas no pueden atravesar la membrana, por lo que se quedan en el retenido, por ello el color blanco del mismo.

6. El retenido, además de estar formado por caseína, se podría afirmar que contiene proteínas de la membrana del glóbulo graso, debido a su peso molecular (mayor que el de la caseína), no logran atravesar la membrana 0,1 μm utilizada en esta investigación.
7. Debido a los enlaces cisteínicos que se originan entre la micela de caseína y las proteínas del suero, especialmente β -lactoglobulina, se podría concluir que en el retenido existe la presencia de esta proteína del suero.
8. El tratamiento térmico al que fue sometida la bebida láctea, fue suficiente para eliminar el microorganismo seleccionado como referencia. Se produjo un índice de reducción de la población de este microorganismo de 992, análisis microbiológicos indican la ausencia de este microorganismo en la bebida elaborada.
9. La formulación conformada por 20 % retenido y 35 % de pulpa de mora, fue la que presentó los mejores resultados en cuanto a propiedades organolépticas.
10. El producto desarrollado contiene una concentración de proteína de alrededor de $5,06 \pm 0,11$ g/100 g, este valor es mayor al esperado; esto se debió a que la pulpa de mora también aporta con este nutriente.
11. La cantidad de calcio presente en el producto desarrollado fue menor al esperado; esto ocurrió por la adición de sorbato de potasio como preservante, el cual hace precipitar los iones calcio.
12. Durante el tiempo de almacenamiento a tres temperaturas, la bebida fue microbiológicamente estable, no presentó aumento en la población de microorganismos.

13. Durante el estudio de vida útil, la temperatura de almacenamiento influyó estadísticamente sobre las propiedades organolépticas de la bebida, a las condiciones de congelación, refrigeración y ambiente se observó un deterioro en las propiedades sensoriales.
14. En el estudio de vida útil, el tiempo de almacenamiento no influyó estadísticamente sobre las propiedades organolépticas de la bebida, a las condiciones de congelación y refrigeración. Sin embargo, a las condiciones ambientales el tiempo de almacenamiento sí tuvo una influencia significativa.
15. De acuerdo al estudio de estabilidad, la bebida láctea tiene un tiempo de vida útil de 66 días mantenida a una temperatura de 8 °C, en este tiempo las propiedades organolépticas cambian con respecto a la muestra de referencia.
16. El estudio de la pre-factibilidad económica de la implementación de la planta procesadora de la bebida láctea, dió indicadores financieros de TIR de 71,28 % y VAN de \$ 2 316 942, lo que demuestra que el proyecto es viable.
17. Si se llegará a implementarse el proyecto, éste generaría empleo aproximadamente a 17 personas del lugar para puestos como operarios y alrededor de 13 puestos de más altos mandos.
18. Debido al precio del producto, éste estaría en la capacidad de competir en el mercado, incluso tendría ventajas con respecto a otras marcas. Por otro lado, las características de este nuevo producto tanto en sabor como en aspecto y textura hacen que sea único en el mercado.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Mejorar los rendimientos en la línea de elaboración de la mantequilla a nivel industrial, al trabajar a una temperatura baja, de alrededor de 11 °C a 15 °C durante el proceso de batido, así se disminuye la grasa que se escapa en el suero de mantequilla.
2. Realizar un análisis sensorial de la bebida láctea, en el que se evalué el atributo de sabor y presencia de sabores extraños en el producto terminado, durante el estudio de la vida útil del producto.
3. Realizar ensayos de formulación con otras frutas como: tomate de árbol, guanábana y frutilla.
4. Desarrollar un estudio de aceptabilidad de la bebida láctea, para determinar la acogida del producto terminado en el mercado nacional y su aceptación entre los posibles consumidores.
5. Investigar alternativas, para aislar la membrana del glóbulo graso, presente en el suero de mantequilla. Debido a que existe un gran interés en concentrados de la misma por sus beneficios que posee.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (18va. ed.). Maryland, USA.
2. Aguado, J., Calles, J., Cañizares, P., López, B., Santos, A., Serrano, D y Rodríguez, F. Editor. (2002). *Ingeniería de la industria alimentaria*. Volumen II. Madrid, España: Síntesis.
3. Arias, M. y Espinel A. (2006). *Evaluación de la utilización de la Microfiltración Tangencial (MFT) para la fabricación de queso y aprovechamiento del lactosuero*. (Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
4. Belitz, H., Grosch, W. y Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*. (4ta. ed.). Berlin, Alemania: Springer.
5. Britten, M., Lamothe, S. y Robitaille, G. (2008). Effect of cream treatment on phospholipids and protein recovery in butter- making process. *International journal of food science and technology*. 43(1) 651-657.
6. Burns, P., Molinari, F., Beccaria, A., Páez, R., Meinardi, C., Reinheimer, J. y Vinderola, G. (2010). Suitability of buttermilk for fermentation with *Lactobacillus helveticus* and production of a functional peptide-enriched powder by spray-drying. *Journal of applied microbiology* 109 1370-1378.
7. Bylund, G. (2003). *Manual de Industrias Lácteas*. (2da. ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.

8. Casp, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
9. Casp, A. y Abril, J. (2003). *Proceso de conservación de alimentos*. (2da. ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
10. Chacon, A. (2006). Tecnologías de membranas en la agroindustria láctea. *Agronomía Mesoamericana*. 17(2), 243-254.
11. Charris, M. y Rois, R. (2001). *Elaboración de una bebida fermentada y saborizada a partir del suero obtenido como subproducto de la fabricación de mantequilla*. (Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero de Producción Agroindustrial no publicado). Universidad de la Sabana, Bogotá, Colombia.
12. Cochran, W. y Cox, G. (1983). *Diseños Experimentales*. (2da. Ed). México D.F. México: Trillas
13. Connell, J. y Fox, P. (2000). Heat stability of buttermilk. *Journal of Dairy Science*. 83 1 728-1 732.
14. Corredig, M., Roesch, R. y Dalgleish, D. (2003). Production of a novel ingredient of buttermilk. *Journal of Dairy Science*. 86(9) 2744-2750.
15. Fox, P. y Mcsweeney, P. (2006). *Advanced dairy chemistry*. (3era. ed.). Volumen II. United States of America: Springer.
16. Gassi, J., Famelart, M. y López, C. (2008). Heat treatment of cream effects of physicochemical properties of sweet buttermilk. *Dairy Sc*. 88() 369-385, doi: 10.1051/dst:2008006

17. Gallego, H. (2011). *Factores que influyen en la colmatación de membranas de microfiltración tangencial y representación matemática*. (Trabajo para aspirante a doctor en Ingeniería, publicada). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
18. Geankoplis, C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. (3 era. ed.). México, México: Compañía Editorial Continental S.A.
19. INEC (2008). *II Censo Nacional Económico, Encuesta de manufacturas y minería*. Quito, Ecuador.
20. INEN. (2011). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2564:2011 Bebidas lácteas requisitos*. Quito, Ecuador.
21. INEN. (2011). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 718:2011 Suero de mantequilla (buttermilk) requisitos*. (2da. ed.). Quito, Ecuador.
22. King, J., Diao, J., Shepherd, M., Singh, R., Spencer, H., Gong, C. y Jiang, X. (2012). Validating thermal inactivation of *Salmonella spp.* in fresh and aged chicken litter. *Applied and environmental microbiology*. 78(4) 1302-1307.
23. Martínez, R. y Fernández, A. (2009). *El costo de hambre: Impacto social y económico de la desnutrición infantil en el estado plurinacional de Bolivia, Ecuador, Paraguay y Perú*. Santiago de Chile, Chile: CEPAL.
24. Mendoza, J. (2010). *Uso de la tecnología de membranas en la clarificación de vinos*. Universidad del valle, Cali, Colombia: Reciteia.
25. Morin, P., Jiménez, R. y Pouliot, Y. (2004). Effect of Temperature and pore size on the fractionation of fresh and reconstituted buttermilk by microfiltration. *Journal of Dairy Science*. 87(2) 267-273.

- 26.Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. (2da. ed.). México, México: Limusa.
- 27.Mora, A. (2010). *Matemática Financiera*. (3era. ed.). Bogotá, Colombia: Alfaomega.
- 28.Ordoñez, J., Cambrero, M., Fernández, L., García, M., García, G., Hoz, L. y Selgas, M. (1998). *Tecnología de los alimentos*. Volumen II. Madrid, España: Síntesis.
- 29.Pérez, A., Olías, R., Espada, J., Olías, J. y Sanz, C. (1997). Rapid Determination of Sugars, Nonvolatile Acids and Ascorbic Acid in Strawberry and other Fruits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, pp. 3 545-3 549.
- 30.Pham, P., Duffy, T., Dmytrash, A., Lien, V., Thomson, A. y Clandinin, M. (2011). Estimate of dietary ganglioside intake in a group of healthy Edmontonians based on selected foods. *Journal food composition and analysis*. 24(1) 1032-1037.
- 31.Ripollés, L. (2012). *Estudio de las proteínas presentes en el glóbulo graso de la leche de vaca y oveja*. (Trabajo fin de master en iniciación a la investigación en ciencia y tecnología de los alimentos no publicado). Universidad de Saragoza, España.
- 32.Sapag, N. y Sapag, R. (2003). *Preparación y evaluación de proyectos*. (4ta. Ed.). México, México: Mc Graw Hill.
- 33.Schmeling, N., Konietzny, R, Sieffert, D, Rolling, P. y Staudt (2010). Functionalized Functionalized copolyimide membranes for the separation of gaseous and liquid mixtures. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. 6 789-800.

- 34.Sodini, I., Morin, P., Olabi, A. y Jiménez, R. (2006). Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk. *Journal of Dairy Science*. 89(2), 525-536.
- 35.Ureña, M., D' Arrigo, M. y Girón O. (1999). *Evaluación Sensorial de los alimentos*. Lima, Perú: Agraria.
- 36.Vaclavik, V. y Christian, E. (2008). *Essential of food science*. (3era. ed.). Texas, Estados Unidos: Springer.
- 37.Vanderghem, C., Bodson, P., Danthine, S., Paquot, M., Deroanne, C. y Blecker (2010). Milk fat globule membrane and buttermilk: from composition to valorization. *Biotechnology agronomic society environment* 14(3), 485-500.
- 38.Voltaire, S., Ferreira, L. y Tessaro, I (2012). Membrane concentration of liquids food by forward osmosis: process and quality view. *Journal of food engineering*. 111, 483-489.
- 39.Walstra, P., Geurts, T., Noomen, A., Jellema, A. y Van Boekel, M. (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Zaragoza, España: Acribia.
- 40.Wong, P. y Kitts, D. (2003). Chemistry of Buttermilk Solid Antioxidant Activity. *Journal of Dairy Science*. 86(5) 1541-1546.
- 41.Zamora, M. (2003). Guia de nutrición, cocina, salud y lifestyle. Recuperado de http://nutriguia.com/alimentos/leche_desnatada.html. (Agosto, 2013)

ANEXOS

ANEXO I

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZÚCARES POR HPLC

El contenido de azúcares se cuantificó mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

Reactivos

- Agua deionizada
- Ácido sulfúrico 96 % grado analítico de Pureza, Baker
- Estandar D(+)-Galactosa, 99,5 %, Sigma
- Estandar D(+)-Glucosa, 99,5 %, Sigma
- Estandar D-fructosa, 100 %, Sigma

Materiales

- Matraces aforados de capacidad 50, 25 y 10 mL
- Probeta de 50 mL
- Centrifuga
- Embudos de vidrio
- Cromatógrafo líquida de alta presión

Columna:	Aminex HPX-87H
Fase móvil:	H ₂ SO ₄ 0,02 N (0,555 mL/L de H ₂ SO ₄ 96 %)
Flujo:	0,5 mL/min
Presión:	114 bar
Temperatura:	30 °C
Detector:	Índice de refracción a 30 °C
Lazo de inyección:	20 µL
Tiempo de recorrido:	30 minutos
Límite de detección:	ppm

Procedimiento:

Se preparó la fase móvil H_2SO_4 0,02 N y se filtró por una membrana de 0,45 μm . Luego se preparó los estándares, se pesó separadamente 2 500 mg de cada uno de los estándares y se disolvió con la fase móvil en un matraz de 25 mL. Se hizo diluciones 2/100, 1/20 y 1/5 de cada uno de los estándares.

Se hizo una dilución de la muestra con la fase móvil (dilución 1:5 con la fase móvil), luego, se centrifugó durante 8 minutos a 4 000 rpm, a una temperatura de 5 °C. A continuación, se separó el sobrenadante y se filtró por una membrana de 0,45 μm . Se inyectó en el equipo de HPLC, luego se leyó las mediciones del cromatógrafo y se realizaron los respectivos cálculos.

ANEXO II

DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE MICROFILTRACIÓN
TANGENCIAL

La Unidad Piloto de Microfiltración fue donada por la compañía Técnicas Aplicadas (TIA). El equipo trabaja con sistema Bach, su esquema se presenta en la Figura All.1. y sus elementos se enumeran a continuación

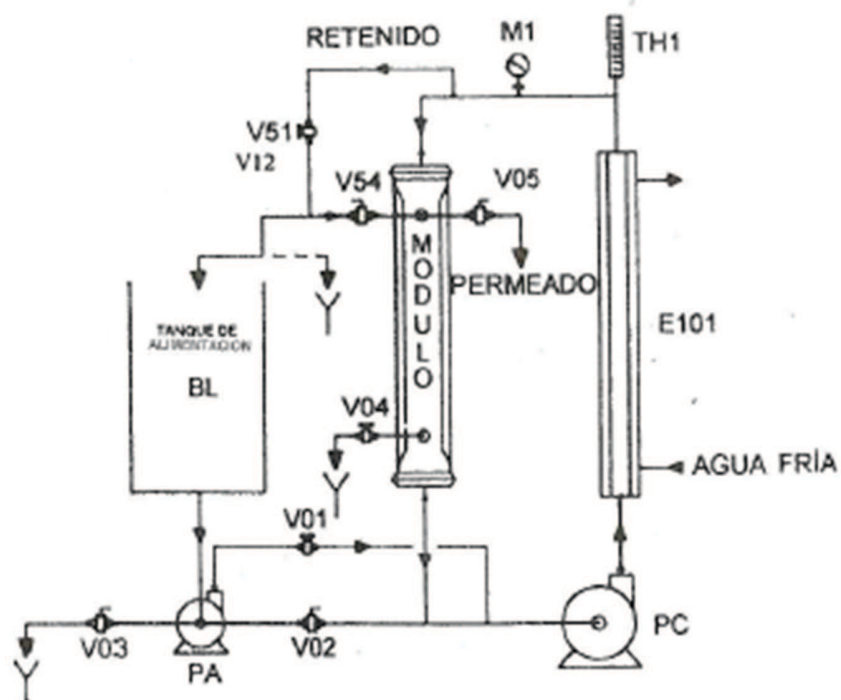


Figura All.1. Unidad Piloto de microfiltración tangencial

Un tanque de alimentación de 20 L de capacidad (BL).

Una bomba de alimentación tipo centrífuga (PA).

Una bomba de circulación tipo centrífuga (PC).

Un intercambiador de calor tubular (E101).

Un módulo de filtración que contiene en su interior una membrana de cerámica de 100 nm (0,1 μm) de diámetro de poro en su interior y con una superficie de membrana de 0,2 m² (Tipo P 1 940, Marca SCT, MEMBRALOX).

Una válvula que permite regular el flujo de alimentación (V01).

Una válvula que permite eliminar el contenido del módulo (V02). cerrada durante el proceso.

Una válvula que permite vaciar el tanque de alimentación (V03). cerrada durante el proceso.

Dos válvulas (V04, V05) que permite la salida del permeado. Abierta durante el proceso.

Una válvula para controlar la presión de la instalación (V51).

Una válvula para el flujo en contracorriente (V54). Cerrada durante el proceso.

Un manómetro para medir la presión a la entrada del módulo (M1).

Un termómetro para medir la temperatura a la salida del intercambiador (TH1).

Tanque extremo de alimentación (FT).

Válvula de salida del tanque extremo de alimentación (V11).

El módulo de filtración está compuesto por:

Un soporte constituido por alfa alúmina de estructura macro porosa muy permeable y al mismo tiempo muy resistente, de geometría tipo multitubular (canales paralelos en los cuales su superficie interior esta revestida por la membrana).

El módulo o carcasa metálica en la que en su interior se instalan los elementos cerámicos. Está sellado mediante cauchos para evitar fugas y fijar los elementos cerámicos al módulo. El volumen muerto del equipo es de 2 litros.

Modo de Uso:

Conectar el MFT al interruptor de energía eléctrica. Cerrar todas las válvulas, excepto las válvulas (V51) que controla la presión de la instalación y (V01) que regula el flujo de alimentación, luego depositar la muestra en el tanque de alimentación (BL) aproximadamente el 75 % de su capacidad.

Encender primero la bomba de alimentación, esperar que se estabilice y luego encender la bomba de recirculación. Regular el flujo de recirculación a 1 000 L/h mediante las válvulas (V01) y (V51) a la presión de trabajo. Según especificaciones del fabricante, esto garantiza una velocidad constante de 5 m/s en la membrana.

Para trabajar en modo concentración, un método que consiste en no recircular el permeado al tanque de alimentación, se abre la válvula (V04 y V05) que permite la salida del permeado y se cierra la válvula (V54). En cambio para operar en modo recirculación, donde el permeado regresa al tanque de alimentación, se abre la válvula (V54) y se cierran las válvulas (V04 y V05).

El intercambiador de calor tubular (E101) utiliza como fluido refrigerante agua, que se acopla mediante una manguera desde el suministro de agua. El flujo de agua fría se regula manualmente abriendo o cerrando la llave de agua.

Una vez terminado el proceso, primero se apaga la bomba de circulación y luego la bomba de alimentación. Se abre todas las válvulas y se descarga la muestra del tanque de alimentación.

ANEXO III

LAVADO DEL MÓDULO DE MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL

1. Lavado caliente básico:

Abrir todas las válvulas para eliminar el retenido del tanque de almacenamiento y del equipo, enjuagar con agua hasta que el pH que salga por la válvula del permeado y la que recircula al tanque sea neutro.

Luego, llenar el tanque de almacenamiento con agua caliente (70 - 75 °C) hasta aproximadamente el 75 % de su capacidad. Por cada litro de agua se añadir 30 mL de una solución de sosa cáustica del 33 % y 10 mL de hipoclorito de sodio del 5,25 %.

Abrir la válvula para flujo en contracorriente y poner en funcionamiento el equipo por 30 minutos a una presión de 2 bar. Transcurridos los 30 min alimentar al tanque de almacenamiento de agua fría para que la temperatura baje lentamente.

Apagar el equipo y vaciarlo completamente. Enjuagar con agua potable hasta llegar a un pH neutro.

2. Lavado frío ácido :

Llenar el tanque de almacenamiento con agua fría (20 °C). Por cada litro de agua se añadir 5 mL de ácido nítrico del 65 %. Abrir la válvula para el flujo en contracorriente y poner en funcionamiento el equipo por 10 minutos a una presión de 2 bar.

Apagar el equipo y vaciarlo completamente. Enjuagar con agua potable hasta pH neutro. Verificar si la membrana regresó a su permeabilidad hidráulica original.

ANEXO IV



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS
Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE ANÁLISIS SENSORIAL**

Nombre del Evaluador: _____ Fecha: _____
Producto: Bebida de Mora Hora: _____

Usted va a recibir 4 muestras para evaluarlas. Califique las muestras en relación a los atributos de: apariencia, sabor a fruta, aroma a fruta y presencia de sabores extraños. Ubique a la izquierda el código de la muestra y en la escala una señal vertical, tomando en cuenta, que el extremo izquierdo corresponde a débil intensidad del atributo y el extremo derecho corresponde a fuerte intensidad del atributo.

Escala de Apariencia

Muestra	Mala apariencia	Buena apariencia				
_____	<table style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> </table>					

Escala de Sabor a fruta

Muestra	Débil sabor a fruta	Fuerte sabor a fruta				
_____	<table style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> </table>					

Escala de Aroma de fruta

Muestra	Débil aroma a fruta	Fuerte sabor a fruta				
_____	<table style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td></tr> </table>					

Escala de Acidez

Muestra	Baja acidez	Alta acidez				
_____	<table border="1"><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr></table>					

Escala de Presencia de sabores extraños

Muestra	Ausencia de sabores extraños	Presencia de sabores extraños				
_____	<table border="1"><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr></table>					

Comentarios: _____

Gracias por su colaboración

ANEXO V



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS
Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE ANÁLISIS SENSORIAL

Nombre del Evaluador: _____ Fecha: _____
 Producto: Bebida de Mora Hora: _____

Usted va a recibir tres muestras codificadas y una muestra de referencia marcada con la letra R. Compare las muestras con respecto a la de referencia para evaluar las diferencias en los siguientes atributos: apariencia, aroma de fruta y presencia de olores extraños. Ubique a la izquierda el código de la muestra y en la escala una señal vertical, tomando en cuenta, que el extremo izquierdo corresponde a menos intensidad del atributo y el extremo derecho corresponde a más intensidad del atributo.

Apariencia

Muestra	Menos que R	R	Más que R

Aroma de fruta

Muestra	Menos que R	R	Más que R

Presencia de olores extraños

Muestra	Menos que R	R	Más que R

Comentarios: _____

Gracias por su colaboración

ANEXO VI

CÁLCULO DEL VALOR F₀
(INTENSIDAD DEL PROCESO TÉRMICO DE PASTEURIZACIÓN)

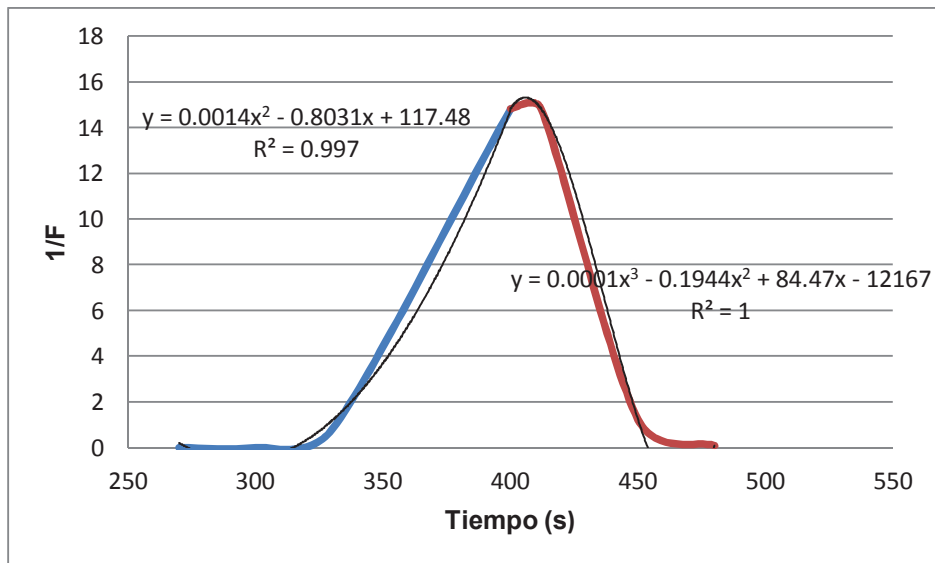


Figura AVI.1. Curva de letalidad

Se calculó F₀ (Intensidad del proceso térmico de pasteurización), integrando el área bajo la curva.

$$F_0 = \int_{315}^{400} (0,0013659191x^2 - 0,8031113x + 117,475)dx + \int_{400}^{453} (0,00014835449x^3 - 0,19438153x^2 + 84,469976x - 12166,803)dx$$

$$F_0 = (489,46 + 512,61) \text{ segundos}$$

$$F_0 = 1\ 002,07 \text{ segundos}$$

Se calculó el D (Tiempo de reducción decimal) a la temperatura de 72 °C para el microorganismo tomado como referencia: *Salmonella spp.* Z = 5,55 y D_{65,5} = 15 s.

$$\log(D) = -\frac{1}{z} * T + b$$

$$\log(15) = -\frac{1}{5,55} * 65,5 + b$$

$$b = 12,98$$

$$\text{LOG}(D) = -\frac{1}{5,55} * 72 + 12,98$$

$$D_{72} = 1,0163 \text{ s}$$

Se determinó la intensidad del proceso de pasteurización, mediante la siguiente fórmula.

$$Fo = \gamma * D_{72}$$

$$1002,07 = \gamma * 1,01$$

$$\gamma = 992,14$$

ANEXO VII

ECUACIÓN DE CALIDAD DE LA BEBIDA LÁCTEA

Para determinar el valor de Z en la ecuación de calidad Ec. [2.3], se reemplazó en cada formulación, los valores de apreciación que los panelistas dieron a los atributos apariencia, sabor a fruta, aroma a fruta, acidez y sabores extraños presentados en la Tabla 3.18.

$$Z = aX1 + bX2 + cX3 + dX4 - eX5$$

$$Z = a * 0,29 + b * 0,34 + c * 0,13 + d * 0,08 - e * 0,16$$

Luego, se reemplazaron los valores medios de los atributos evaluados por los panelistas presentados en la Tabla 3.19, para cada una de las nueve formulaciones.

$$Z = 7,76 * 0,29 + 6,96 * 0,34 + 4,92 * 0,13 + 6,39 * 0,08 - 1,67 * 0,16$$

$$Z = 5,49$$

Este es el valor de Z para la formulación número 1

ANEXO VIII

ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA LÁCTEA

Para determinar la vida útil de la bebida láctea, se sometió al producto terminado a tres condiciones de almacenamiento durante 21 días:

- Congelación (-17 °C)
- Refrigeración (6 °C)
- Ambiente (20 °C)

Se consideró el final de la vida útil de la bebida, cuando los panelistas determinaron que la puntuación del producto cambia en tres unidades con respecto al valor de la muestra de referencia (almacenada en congelación a -17 °C) en los atributos apariencia y aroma a fruta; mientras que para el atributo olores extraños se consideró una diferencia de una unidad

Con los resultados de los análisis sensoriales y aplicando la siguiente fórmula se calculan las velocidades de cambio de los atributos a las diferentes temperaturas.

$$\text{Log}(A) = \text{Log}(A_o) - \frac{kt}{2,303} \quad [\text{AVIII.1}]$$

Donde:

A = concentración (valor) del factor al tiempo t

A_o = concentración (valor) del factor al tiempo 0

t = tiempo (días)

k = constante de velocidad a la temperatura estudiada

Tabla AVIII.2. Cambio de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea a condiciones de congelación (-17 °C)

Tiempo (días)	[A]	log[A]
0	5,0000	0,6990
7	4,9583	0,6953
14	4,9417	0,6939
21	4,9417	0,6939

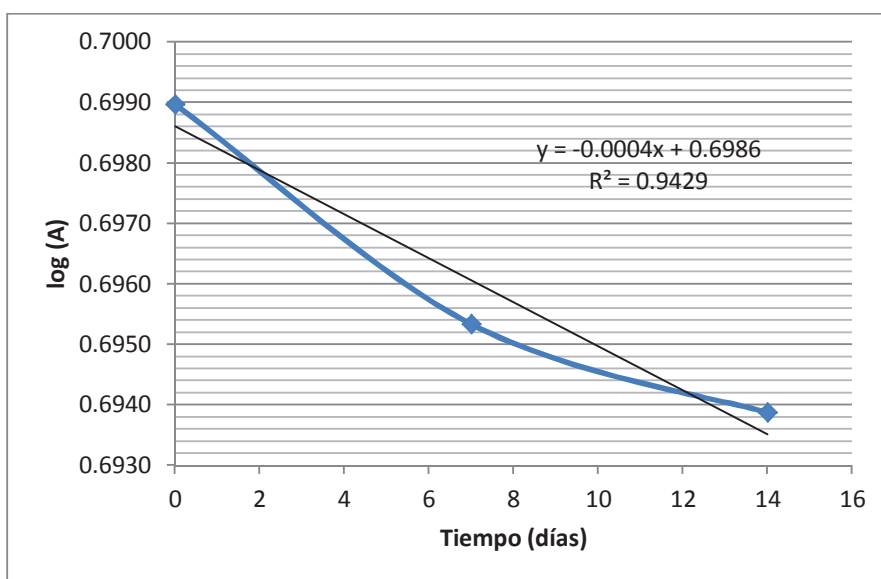


Figura AVIII.1. Log de la apreciación del atributo apariencia vs. Tiempo a condiciones de congelación

Tabla AVIII.2. Cambio de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea a condiciones de refrigeración (6 °C)

Tiempo (días)	[A]	log[A]
0	5,0000	0,6990
7	4,6333	0,6659
14	4,4667	0,6500
21	4,5667	0,6596

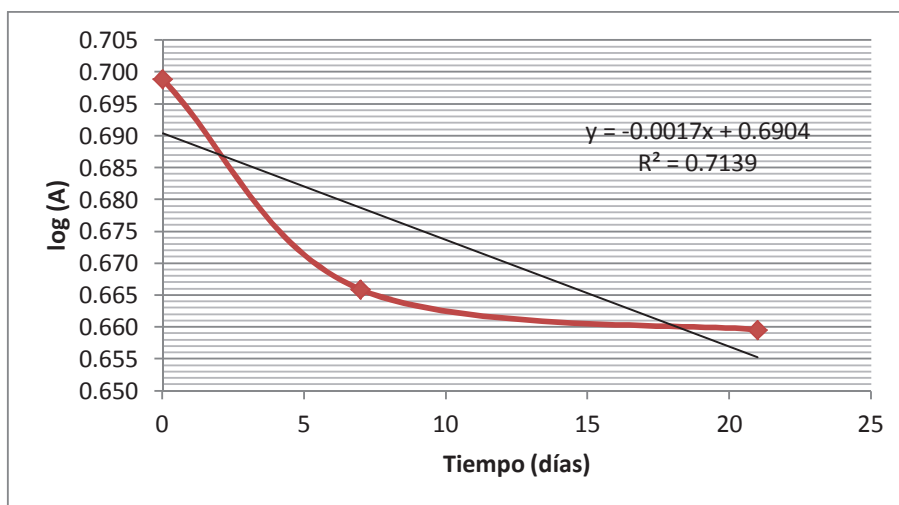


Figura AVIII.2. Log de la apreciación del atributo apariencia vs. Tiempo a condiciones de refrigeración

Tabla AVIII.3. Cambio de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea a condiciones ambientales (20 °C)

Tiempo (días)	[A]	log[A]
0	5,000	0,6990
7	3,892	0,5901
14	3,942	0,5957
21	3,075	0,4878

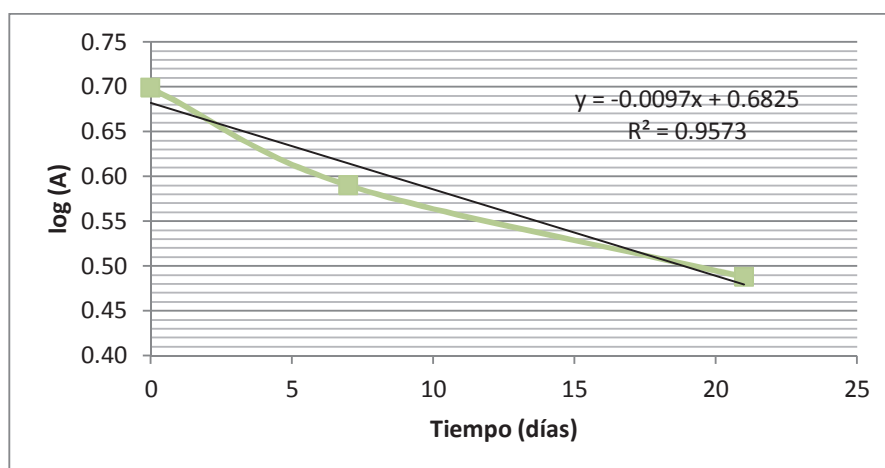


Figura AVIII.3. Log de la apreciación del atributo apariencia vs. Tiempo a condiciones ambientales

De los gráficos Log de la apreciación del atributo apariencia en la bebida láctea vs. Tiempo correspondiente a las diferentes condiciones de almacenamiento, la pendiente de cada una es igual a $-k/2,203$. Los valores de k se presentan en la Tabla AVIII.4.

Tabla AVIII.3. Constantes de velocidad a las temperaturas estudiadas

	T(K)	1/T	k (días ⁻¹)	ln(k)
Congelación	256	0,00391	0,00092	-6,98983
Refrigeración	279	0,00358	0,00392	-5,54291
Ambiente	293	0,00341	0,02234	-3,80142

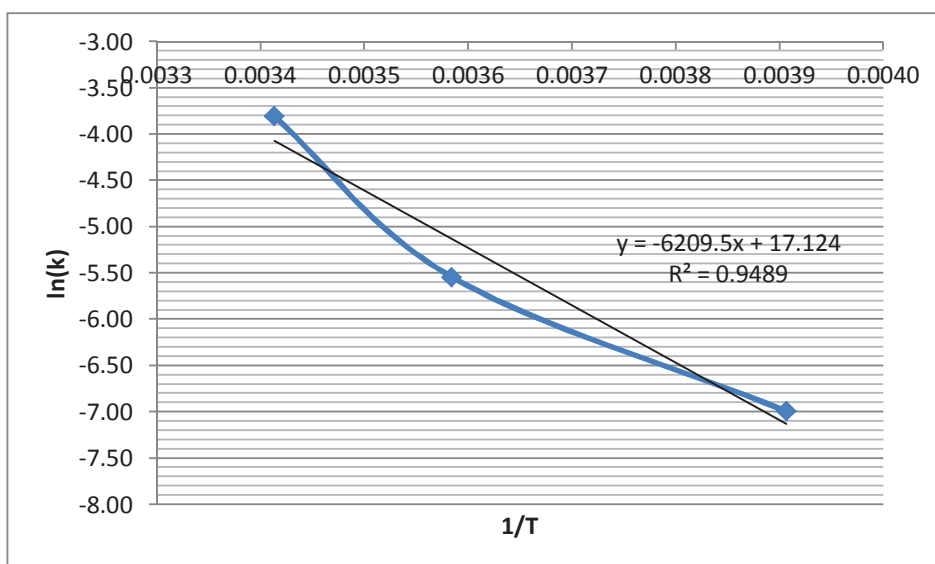


Figura AVIII.4. Linealización para determinar el factor de frecuencia y la energía de activación

Con los valores de k determinados mediante la ecuación de Arrhenius, se determina la energía de activación E y el factor de frecuencia k'

$$\ln(k) = \ln(k') - \frac{E}{RT}$$

[AVIII.2]

Donde:

k = constante de velocidad a la temperatura T

k' = factor de frecuencia

E = energía de activación

R = constante universal de los gases

T = temperatura absoluta

Factor de frecuencia k'= 27 343 789,9 días⁻¹

Energía de activación E= 51 600,9 KJ/mol

Se determinó el tiempo en el que el atributo apariencia de la bebida, cambia en tres unidades con respecto a una muestra de referencia, según la apreciación de los panelistas a 8 °C. A continuación, se presenta el ejemplo del cálculo.

$$\ln(k) = \ln(k') - \frac{E}{RT}$$

$$\ln(k) = \ln(27\,343\,789,9) - \frac{51\,600,9 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{molK}} * (8 + 273)\text{K}}$$

$$k = 0,006916 \text{ días}^{-1}$$

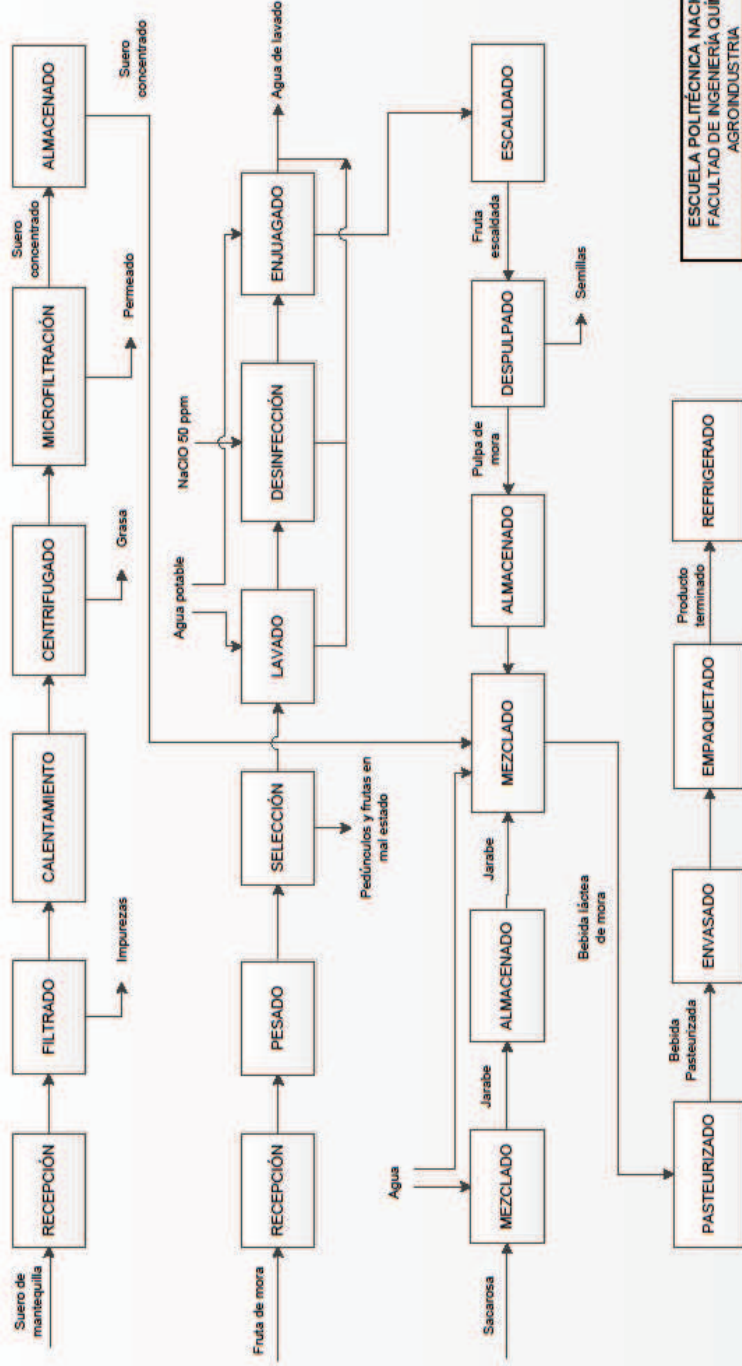
$$\text{Log}(A) = \text{Log}(A_o) - \frac{kt}{2,303}$$

$$\text{Log}\left(\frac{2}{5}A_o\right) = \text{Log}(A_o) - \frac{0,006916 \text{ días}^{-1}t}{2,303}$$

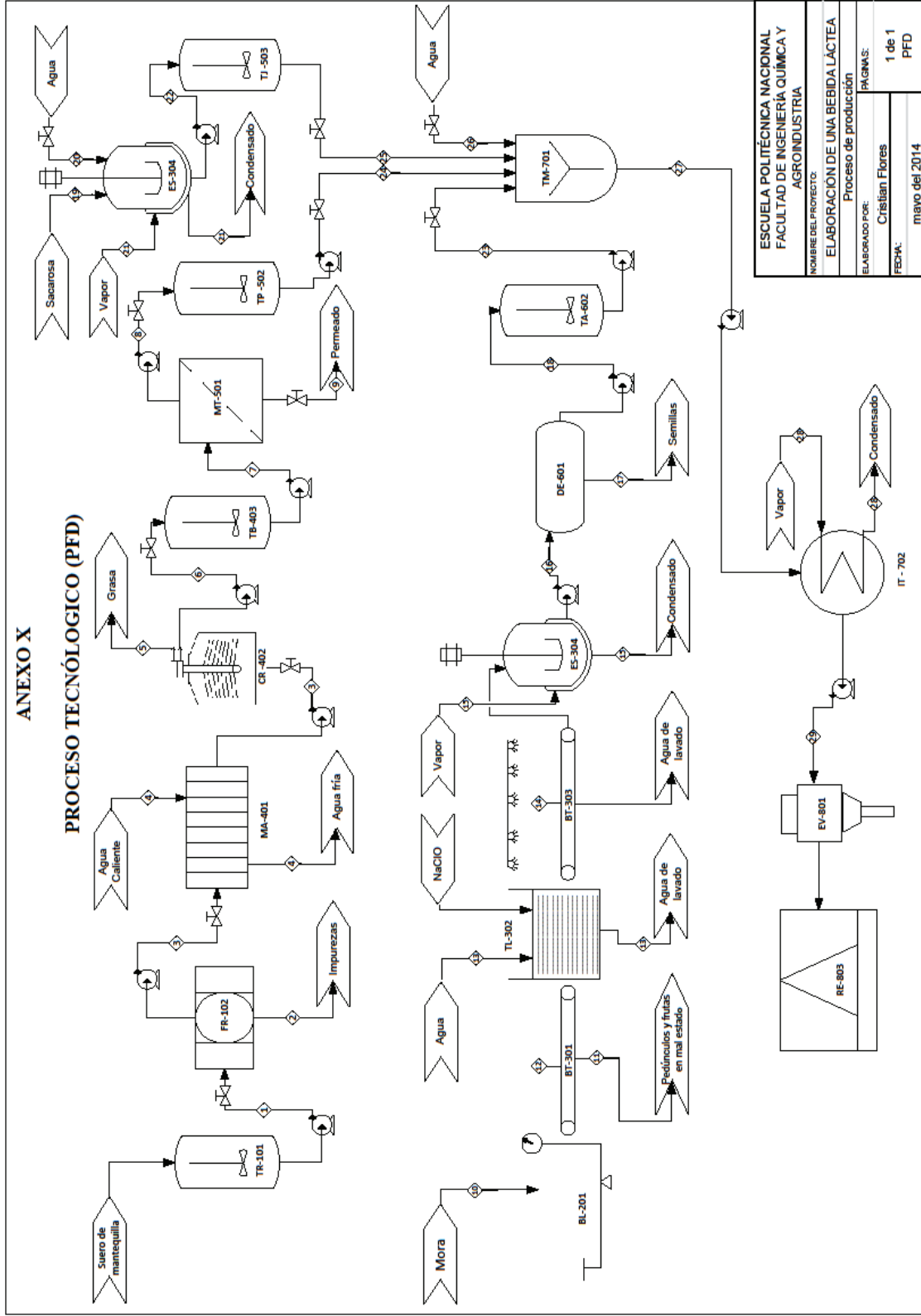
$$t = 132,51 \text{ días}$$

ANEXO IX

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN (BFD)



ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA	
NOMBRE DEL PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA	
PROCESO DE PRODUCCIÓN	
ELABORADO POR: Cristian Flores	PAGINAS: 1 de 1
FECHA: mayo del 2014	BFD



ANEXO XI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 01

Código del equipo: TR-101

Modelo:

Tanque silo vertical

Especificaciones Técnicas:

Capacidad 8000 L

Material de construcción:

Sistema de agitación tipo propela a 50 rpm

Aislamiento de poliuretano de 70 mm

Fondo cónico para facilitar el drenado

Acabado tipo pulido sanitario

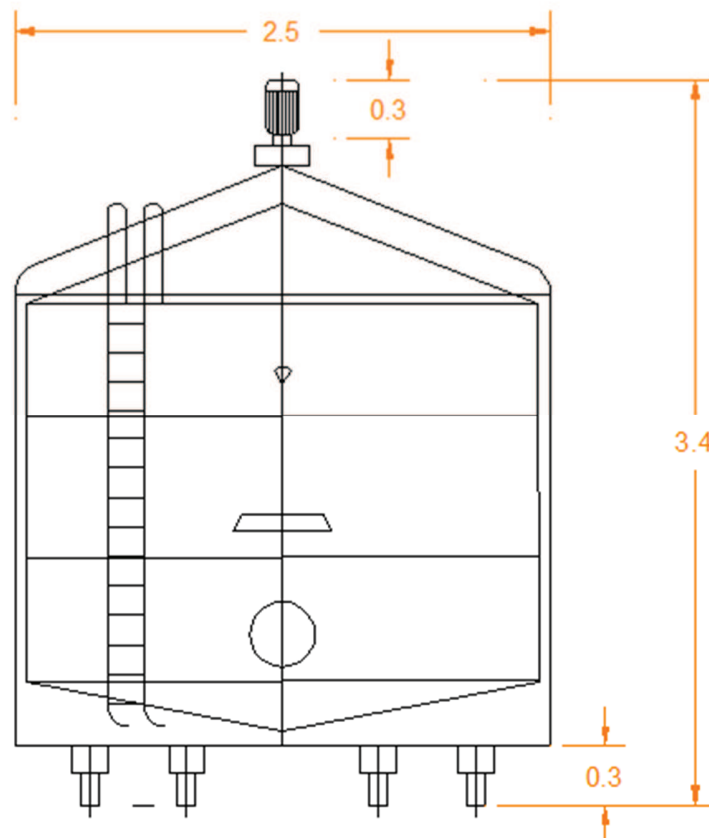
Escalera lateral

Acero inoxidable AISI 304

Cuatro patas con tornillos de nivelación de alta resistencia

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 02

Código del equipo: TR-102

Modelo:

Filtros tubulares de cartucho

Especificaciones Técnicas:

Temperatura máxima de operación 52 °C

Tamaño de poro de filtración 0,1 mm.

Alta resistencia química

Diámetro interno 28 mm

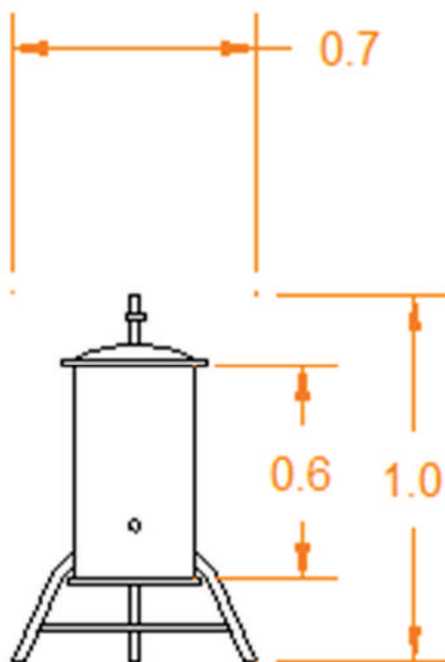
El módulo de filtración contiene en su interior 3 filtros tubulares de polipropileno.

Material de construcción:

100 % Polipropileno alta pureza

N° unidades en planta: 2

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 03

Código del equipo: BL-201

Modelo:
Balanza electrónica con indicador digital

Especificaciones Técnicas:

Capacidad de 200 a 300 kg

Sensibilidad de 50 g

Unidades de peso en lb o kg

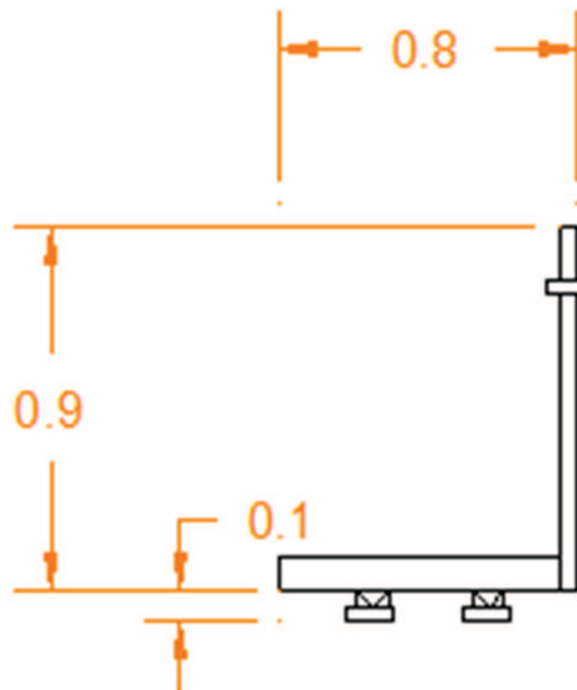
Salida RS-232 para comunicación con periféricos

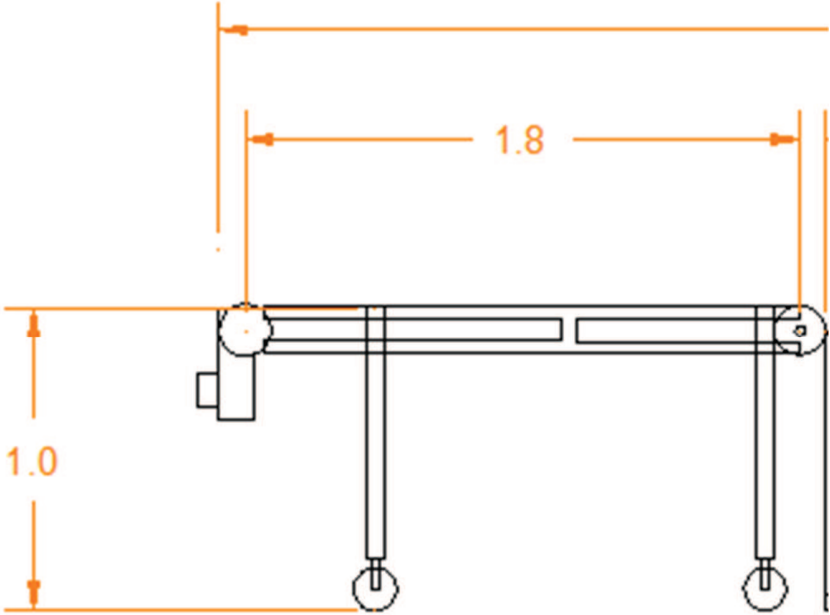
Material de construcción:

Tapa de acero inoxidable AISI 304

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 04	
Código del equipo: BL-301	
Modelo: Banda transportadora de selección de frutas	Especificaciones Técnicas: Regulación de altura de patas Regulación de velocidad
Material de construcción: Banda hecha de material poliuretano, homogéneas, impermeables.	
N° unidades en planta: 1	Duchas de aspersión
Esquema del equipo	
 <p>The diagram shows a side view of a conveyor belt system. It features a horizontal belt supported by two vertical legs, each ending in a castor wheel. The belt is driven by a motor on the left side. Three dimensions are indicated with orange arrows: a vertical dimension of 1.0 on the left side, a horizontal dimension of 1.8 between the two legs, and a longer horizontal dimension at the top representing the total length of the belt assembly.</p>	

HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 05

Código del equipo: BT-302

Modelo:
Tanque de limpieza de frutas
por inmersión

Especificaciones Técnicas:

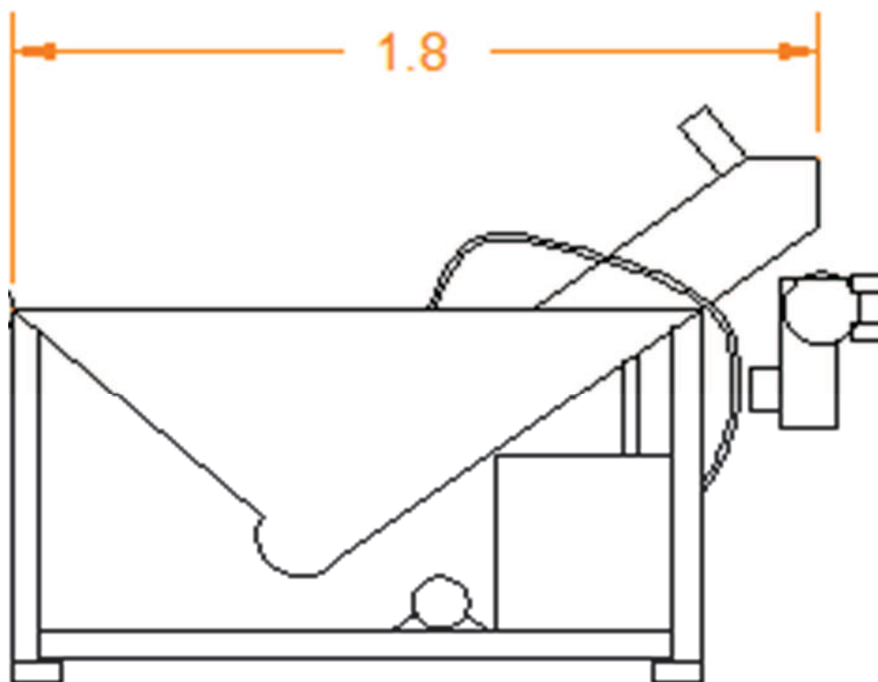
Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

Cantidad de procesamiento
Tina de recepción de 200 L
Duchas de aspersión
Banda transportadora con cangilones
Sistema de alimentación y eliminación de agua
Inyección de aire comprimido

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 06

Código del equipo: BT-303

Modelo:

Banda transportadora de selección de frutas

Especificaciones Técnicas:

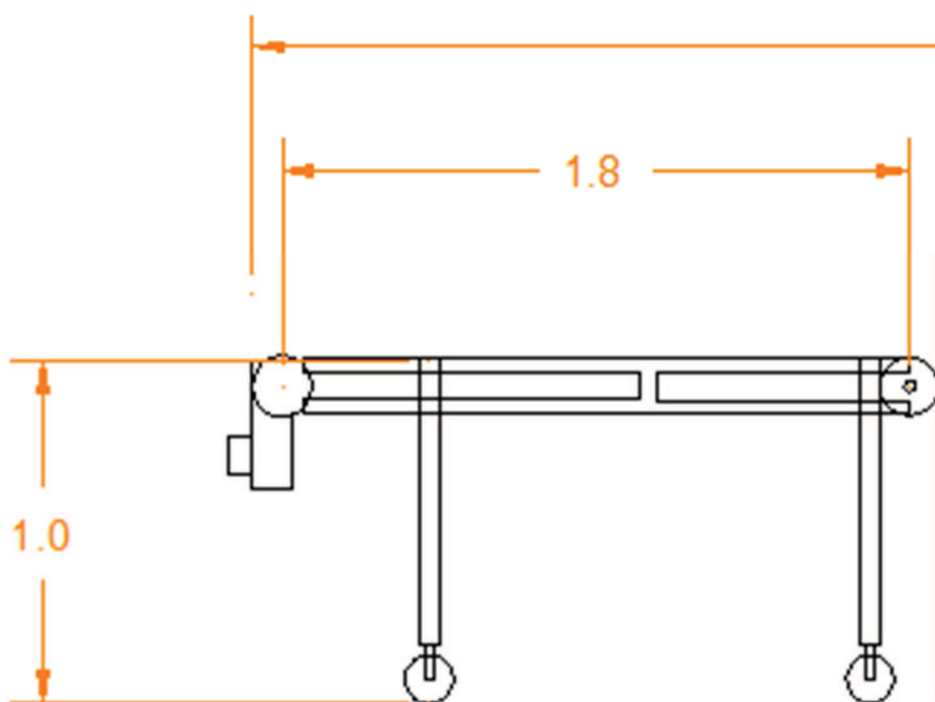
Material de construcción:

Banda hecha de material poliuretano, homogéneas, impermeables.

Regulación de altura de patas
Regulación de velocidad de la banda
Duchas de aspersión y sistema de alimentación y eliminación de agua

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 07

Código del equipo: ES-304

Modelo:

Marmita enchaquetada a vapor

Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

Especificaciones Técnicas:

Capacidad 1000 L

Posee una forma hemisférica

Está en un 75 % cubierta de chaqueta a vapor

La chaqueta tiene una entrada de vapor y una salida de condensado para retorno a la caldera

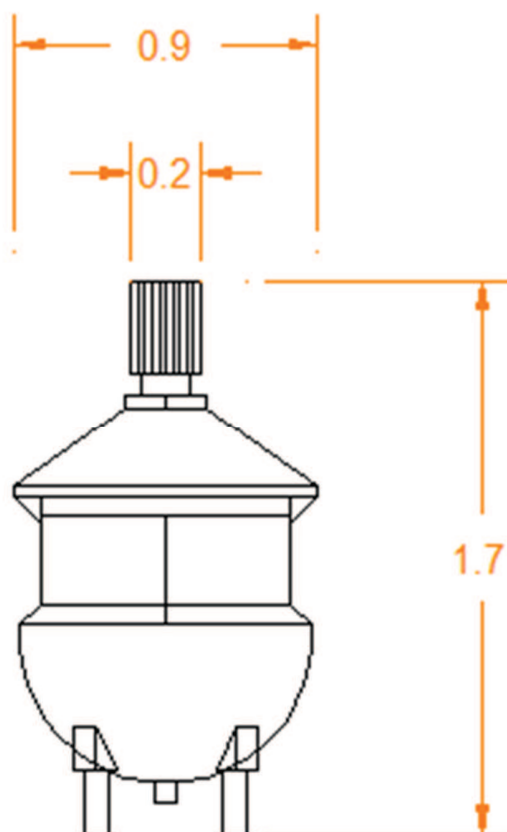
El equipo cuenta con un sistema de agitación tipo ancla a una velocidad e 16 RPM

Control de alimentación de vapor y recuperación de condensado.

Válvula de seguridad

N° unidades en planta: 2

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 08

Código del equipo: MA-401

Modelo:
Intercambiador de calor de
placas

Especificaciones Técnicas:

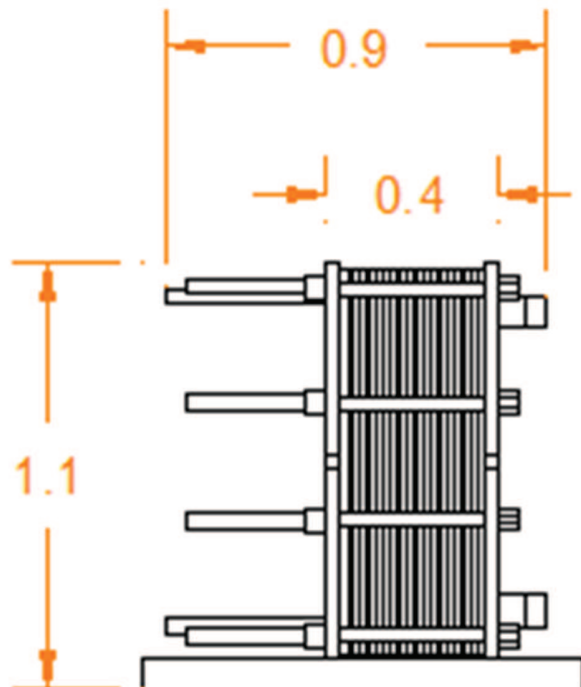
Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 316

Temperatura máxima de operación 100 °C
Área de transferencia: 0,60 m²
Configuración ondulada de las placas
Velocidad del flujo de alimentación 1 m/s
Dimensiones de la placa: Largo: 0,60 m Ancho: 0,15 m.
Espacio entre placa: 0,005 m.
Numero de placas: 7 unidades
Coeficiente Global de transferencia de calor: 3,12 kw/m²K

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 09

Código del equipo: CR-402

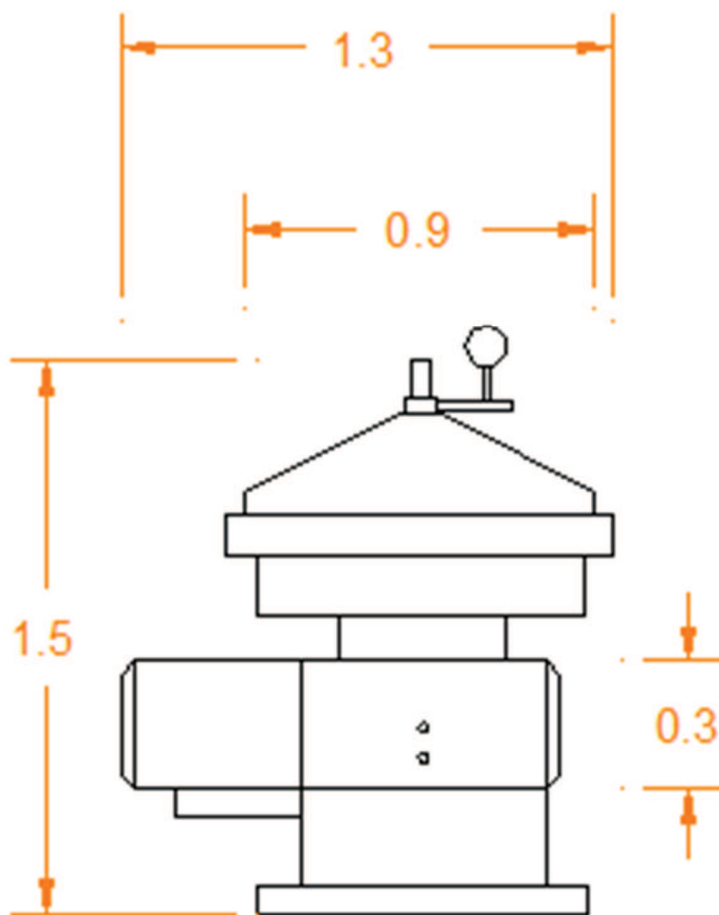
Modelo:
Centrífuga semi-hermética de
platos cónicos

Especificaciones Técnicas:

Material de construcción:
Acero inoxidable AISI 304Capacidad 1100 kg/h
Velocidad de rotación en el tambor: 8000 rpm
% inicial de grasa en la alimentación 3-5
% máximo de grasa en el descremado 0,03
Temperatura de descremado 45 °C-50 °C

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 10

Código del equipo: TB-403

Modelo:

Tanque de almacenamiento

Especificaciones Técnicas:

Capacidad 1200 L

Sistema de agitación tipo hélice vertical

Aislamiento de poliuretano de alta densidad 50 mm

Cuatro patas con tornillos de nivelación de alta resistencia

Fondo cónico para facilitar el drenado

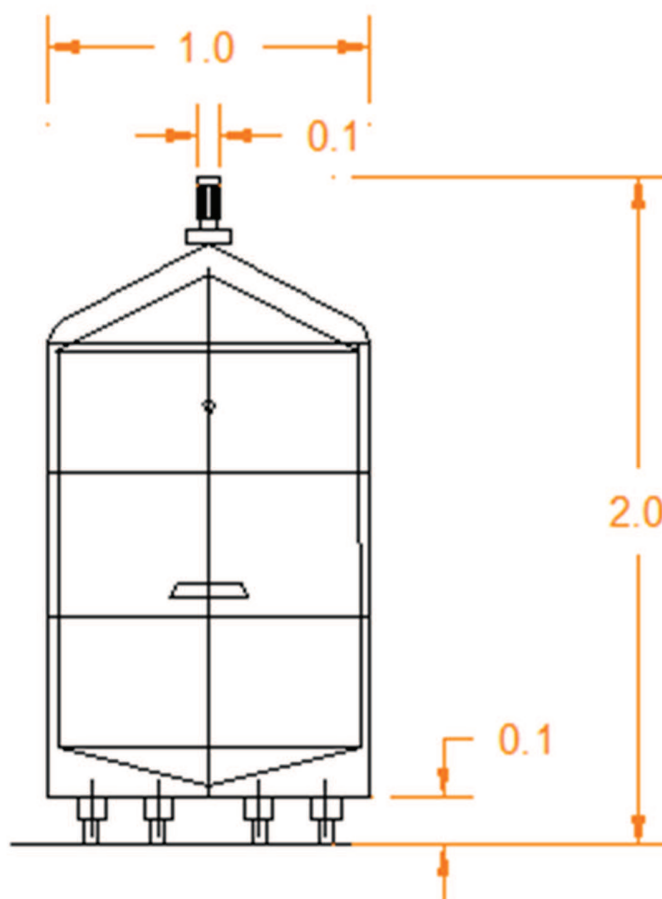
Acabado tipo pulido sanitario

Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

N° unidades en planta:

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 11

Código del equipo: MR-501

Modelo:
Microfiltrador Tangencial

Especificaciones Técnicas:

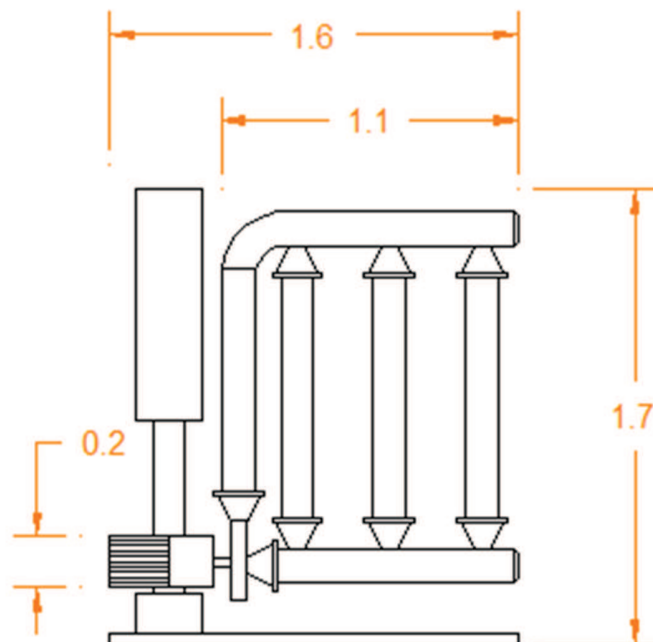
Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

Temperatura máxima de operación 52 °C
 Tamaño de poro de filtración 0,1 μ m.
 Alta resistencia química
 El módulo de filtración contiene en su interior filtros tubulares de cerámica
 Area de la membrana 4,32 m
 Permeabilidad Hidraulica de la membrana 0,00005 m/sbar.
 Diametro del canal de la membrana de cerámica 0,004 m.
 Longitud del módulo de la membrana de cerámica 1,02 m.
 Numero de canales 336
 Numero de modulos 18 unidades.
 Velocidad del fluido en la membrana 0,5 m/s.

N° unidades en planta:

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 12

Código del equipo: TP-502

Modelo:
Tanque de almacenamiento

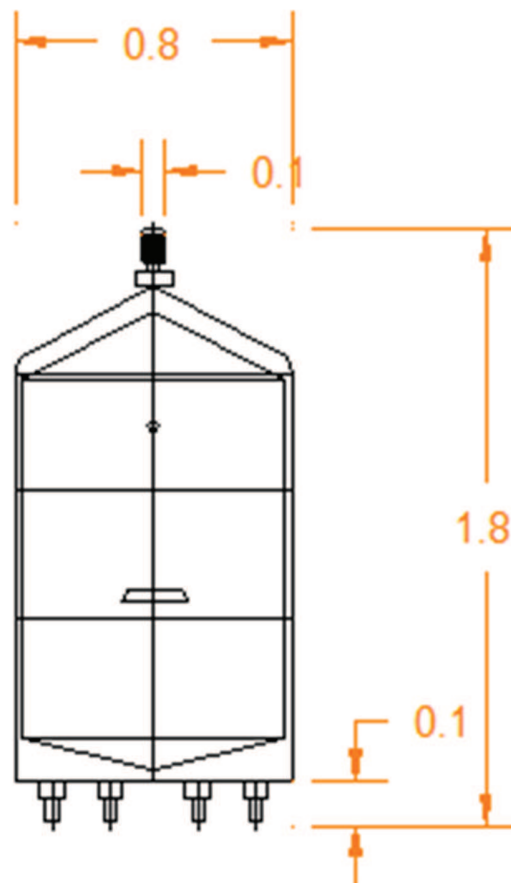
Especificaciones Técnicas:

Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304Capacidad 1000 L
Sistema de agitación tipo hélice vertical
Aislamiento de poliuretano de alta densidad 50 mm
Cuatro patas con tornillos de nivelación de alta resistencia
Fondo cónico para facilitar el drenado

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 13

Código del equipo: TJ-503

Modelo:
Tanque de almacenamiento

Especificaciones Técnicas:

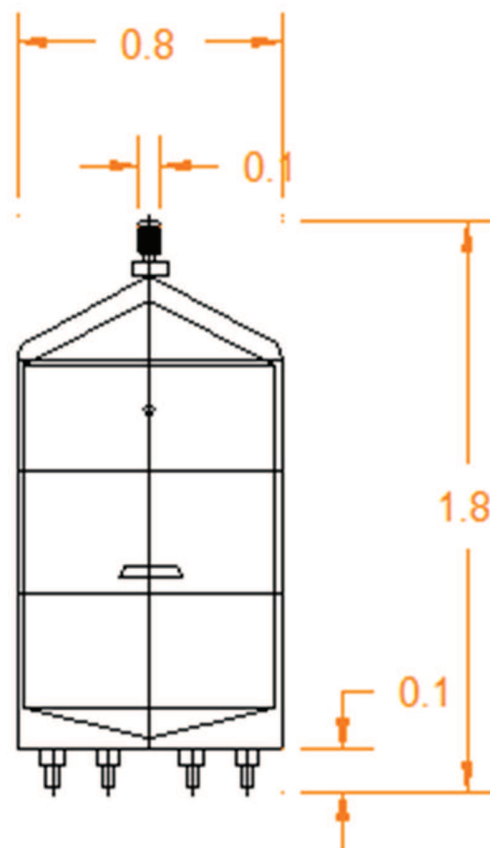
Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

Capacidad 1000 L
Sistema de agitación tipo hélice vertical
Aislamiento de poliuretano de alta densidad 50 mm
Cuatro patas con tornillos de nivelación de alta resistencia
Fondo cónico para facilitar el drenado

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 14

Código del equipo: DE-601

Modelo:
Despulpadora para frutas de
semilla pequeña

Especificaciones Técnicas:

Capacidad de 300 a 400 kg/h

Material de construcción:

Tamiz de un 1 mm en el tambor

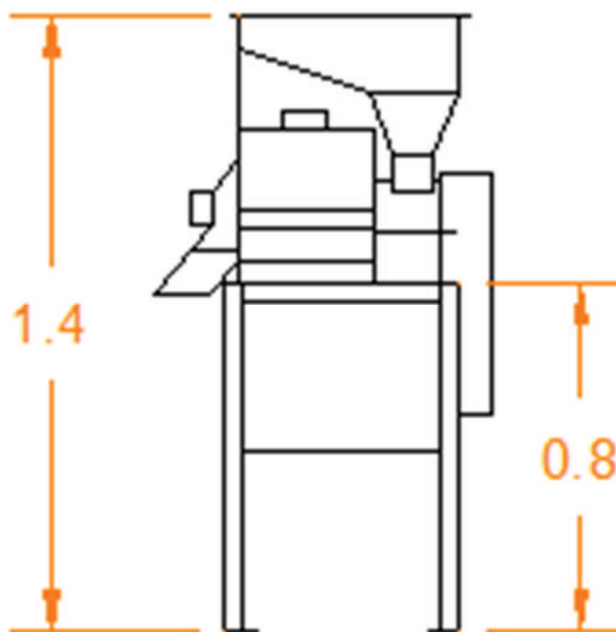
Aspas de despulpado en acero

Aspas con una velocidad de 1730 rpm

Acero inoxidable AISI 304

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 15

Código del equipo: TA-403

Modelo:
Tanque de almacenamiento

Especificaciones Técnicas:

Capacidad 1200 L

Sistema de agitación tipo hélice vertical

Aislamiento de poliuretano de alta densidad 50 mm

Cuatro patas con tornillos de nivelación de alta resistencia

Fondo cónico para facilitar el drenado

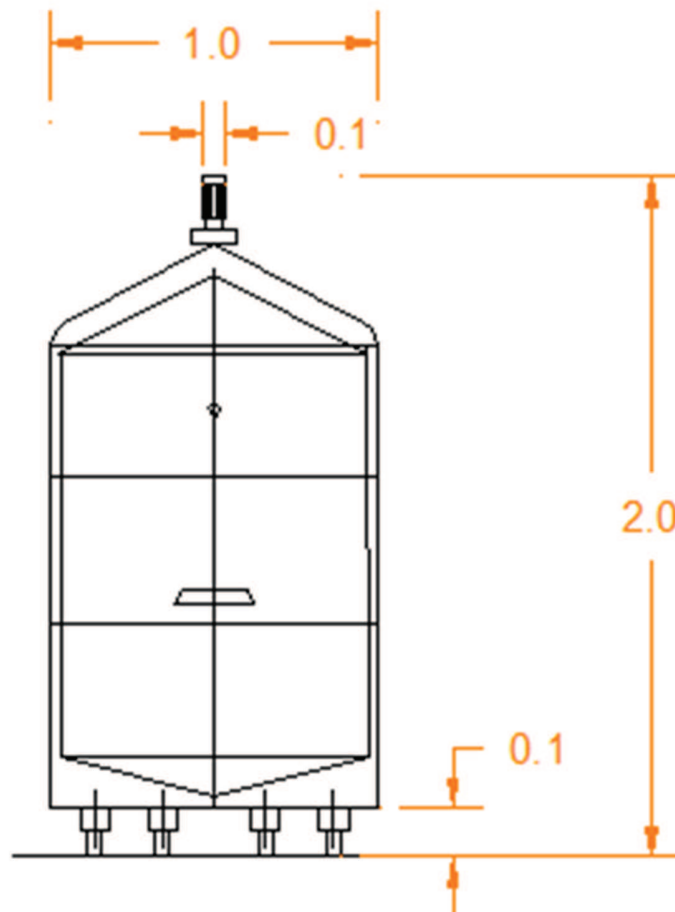
Acabado tipo pulido sanitario

Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 16

Código del equipo: TM-701

Modelo:
Depósito de mezcla vertical

Especificaciones Técnicas:

Capacidad de 1000 L

Material de construcción:

Tanque toro esférico para fácil drenado

Boca de inspección de rápida apertura

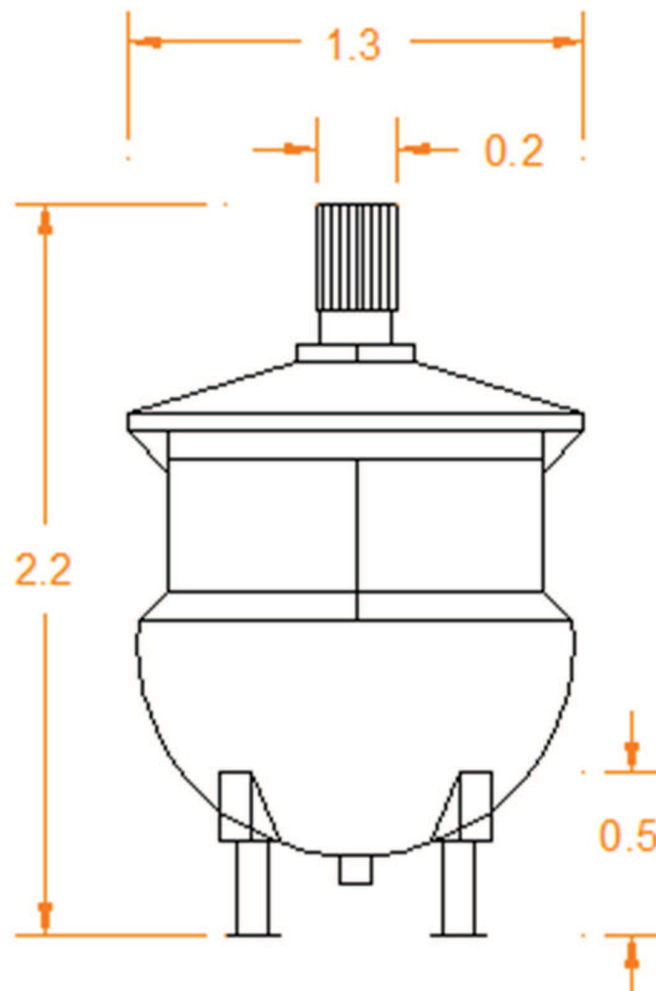
Trípode ajustable

Acero inoxidable AISI 304

Sistema de agitación tipo aspas a una velocidad de 45 rpm

N° unidades en planta:

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 17

Código del equipo: IT-702

Modelo:
Intercambiador de calor de
superficie raspada

Especificaciones Técnicas:

Material de construcción:

Temperatura máxima de operación 150 ° C.

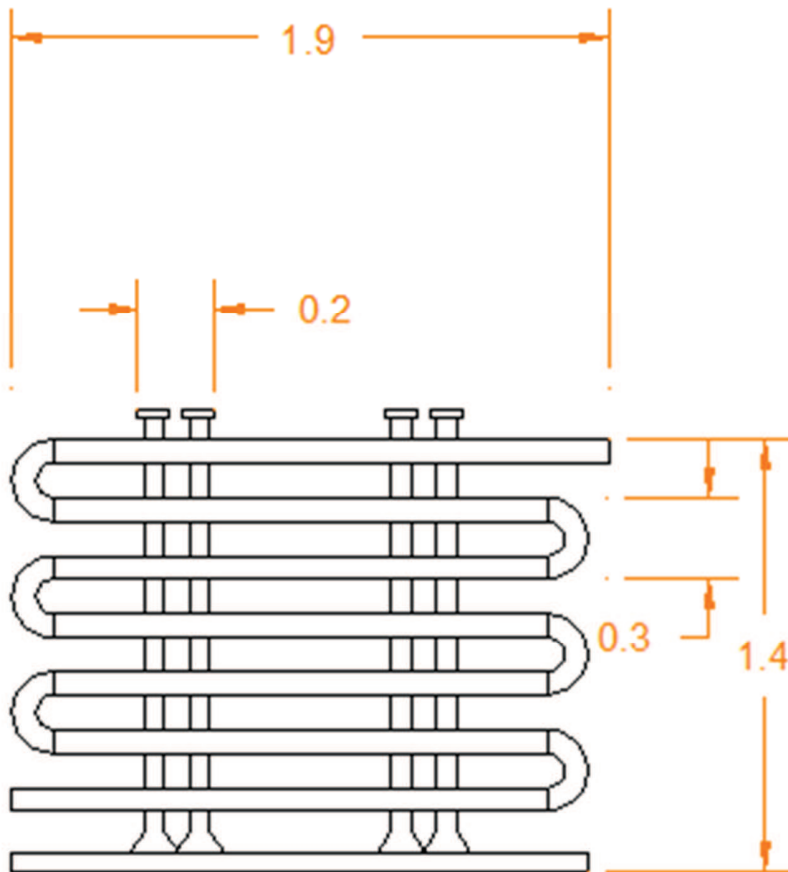
Acero inoxidable AISI 316

Área de transferencia

Rotor con paletas raspadoras

N° unidades en planta:

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 18

Código del equipo: EV-801

Modelo:
Llenadora automática para
líquidos viscosos

Especificaciones Técnicas:

Material de construcción:

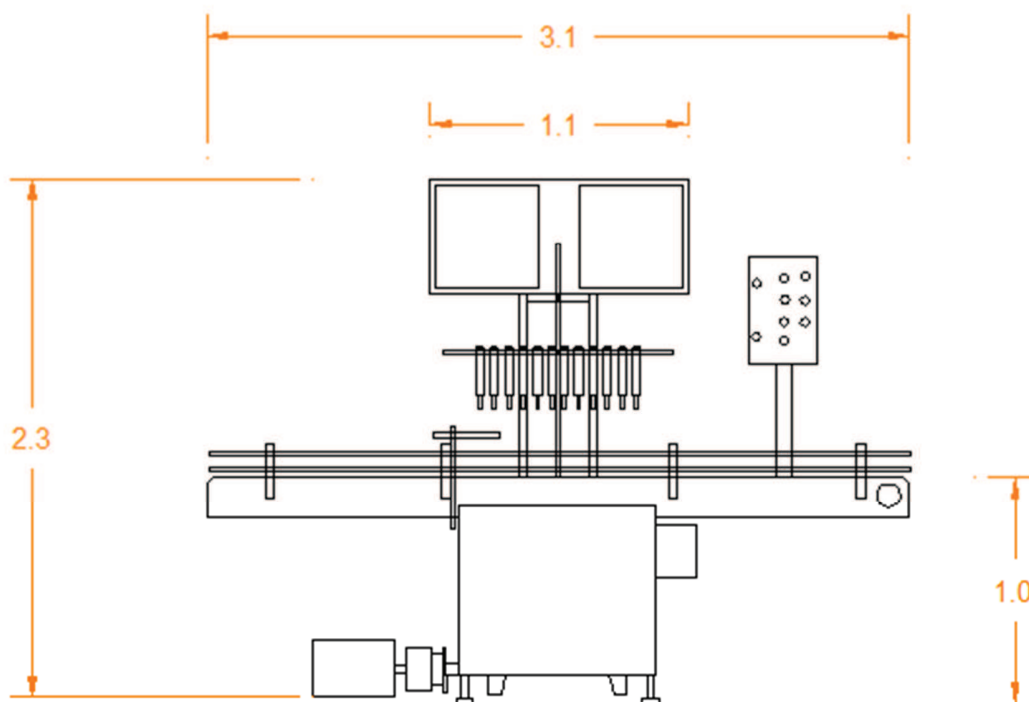
Acero inoxidable AISI 316

Provisto por un tanque de alimentación de 60 Litros.
Cuatro boquillas de llenado.
Capacidad de llenado de 30 botellas por minuto.
Requiere de aire comprimido a 90 psi
Consumo de aire de 150 L/min

N° unidades en planta:

Para el desplazamiento de los envases, consta de un transportador con banda plástica tipo table top. Los topes neumáticos permiten que los envases sean alineados con respecto de las boquillas para el llenado automático..

Esquema del equipo



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS N° 19

Código del equipo: ES-802

Modelo:
Esterilizador de botellas

Especificaciones Técnicas:

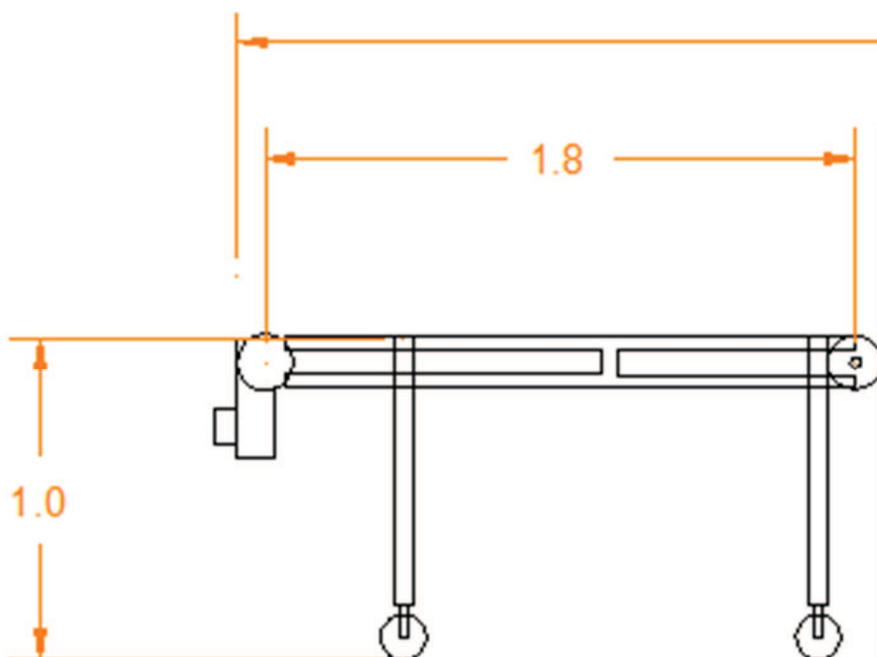
Material de construcción:

Acero inoxidable AISI 304

Capacidad de lavado de 30 botellas por minuto.
Dispone de 8 boquillas para inyección de agua a presión
Dispone de una bomba que bombear agua ionizada.
Permite enjuagar botellas de 200 mL a 400 mL

N° unidades en planta: 1

Esquema del equipo



ANEXO XII

BALANCE DE ENERGÍA

Para calcular la cantidad de energía necesaria en cada proceso donde se requiere vapor saturado como fluido calefactor, se utilizó la siguiente fórmula.

$$Q = m * Cp * \Delta T \quad \text{[AXII.1]}$$

Donde:

Q = necesario (kJ/día)

m = masa (kg/día)

Cp = calor específico latente de vaporización (KJ/kg °C)

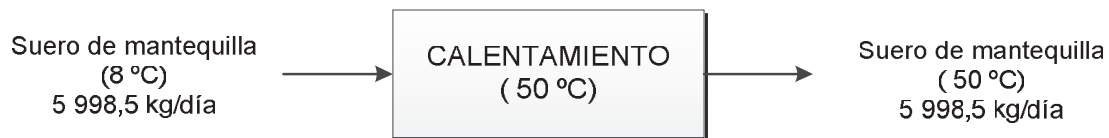
Proceso: Calentamiento del suero de mantequilla:

En primer lugar se calculó el calor específico del suero de mantequilla para utilizarlo en la Ec. AXII.1, lo cual se realizó en función de la composición de sus componentes, En la Tabla AXII.1, se presenta el Cp de sus componentes.

Tabla AXII.1. Composición del suero de mantequilla y Cp de sus componentes

Componentes	Suero de mantequilla (%)	Cp (kJ/kg*°C)
Proteína	2,31	2,18
Grasa	2,05	2,03
Carbohidratos	3,32	1,88
Minerales	0,57	1,13
Agua	91,75	4,17
Total	100	3,99

A continuación, se realizó un balance de energía en el proceso de calentamiento del suero.



$$Q = m_{\text{suero}} * C_{p_{\text{suero}}} * \Delta T$$

$$Q = 5\,998,5 \text{ kg} * 3,99 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * (50 - 8)^\circ\text{C}$$

$$Q = 1\,005\,228,63 \text{ kJ}$$

Proceso: Escaldado de la pulpa de fruta:

En primer lugar debe calcularse el calor específico de la pulpa de fruta, lo cual se realizó en función de la composición de sus componentes, En la Tabla AXII.2, se presenta el Cp de sus componentes.

Tabla AXII.2. Composición de la pulpa de mora y Cp de sus componentes

Componentes	Pulpa de mora (%)	Cp (kJ/kg*°C)
Proteína	1,1	2,18
Grasa	0,9	2,03
Carbohidratos	10,2	1,88
Minerales	0,6	1,13
Agua	87,2	4,17
Total	100	3,88

A continuación, se realizó el balance de energía en el proceso de escaldado de la fruta de mora.



$$Q = m_{fruta} * Cp_{fruta} * \Delta T$$

$$Q = 1913,64 \text{ kg} * 3,88 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (70 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q = 408\,370,24 \text{ kJ}$$

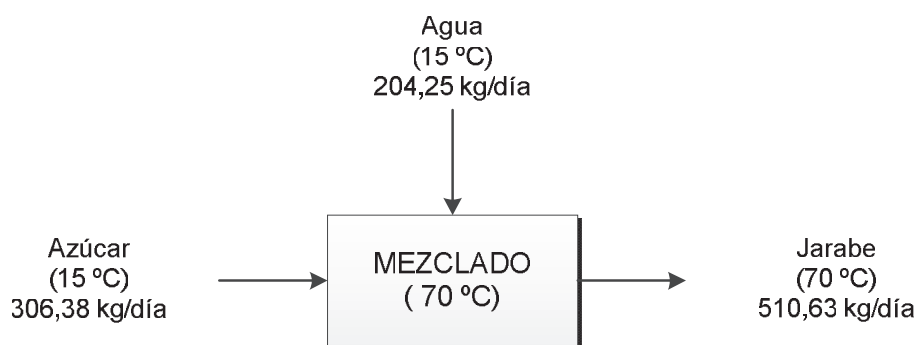
Proceso: Preparación del jarabe a 60 °Brix:

En primer lugar debe calcularse el calor específico del jarabe a 60 °Brix, lo cual se realizó en función de la composición de sus componentes, En la Tabla AXII.3, se presenta el Cp de sus componentes.

Tabla AXII.3. Composición del jarabe (60 °Brix) y Cp de sus componentes

Componentes	Jarabe (%)	Cp (kJ/kg*°C)
Carbohidratos	60	1,88
Agua	40	4,17
Total	100	2,80

A continuación, se realizó el balance de energía en el proceso de la elaboración del jarabe a 60 °Brix.



$$Q = m_{jarabe} * Cp_{jarabe} * \Delta T$$

$$Q = 510,63 \text{ kg} * 2,80 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (70 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q = 78524,59 \text{ kJ}$$

Proceso: Pasteurización de la bebida láctea

En primer lugar debe calcularse el calor específico de la bebida láctea, lo cual se realizó en función de la composición de sus componentes, En la Tabla AXII.4, se presenta el Cp de sus componentes.

Tabla AXII.4. Composición de la bebida láctea y Cp de sus componentes

Componentes	Bebida láctea (%)	Cp (kJ/kg*°C)
Proteína	5,06	2,18
Grasa	1,47	2,03
Carbohidratos	12	1,88
Minerales	0,61	1,13
Agua	80,86	4,17
Total	100	3,74

A continuación, se realizó el balance de energía en el proceso de pasteurización de la bebida láctea, en este proceso se eleva la temperatura del producto hasta 72 °C se mantiene durante 12 s y luego se enfría hasta 15 °C.

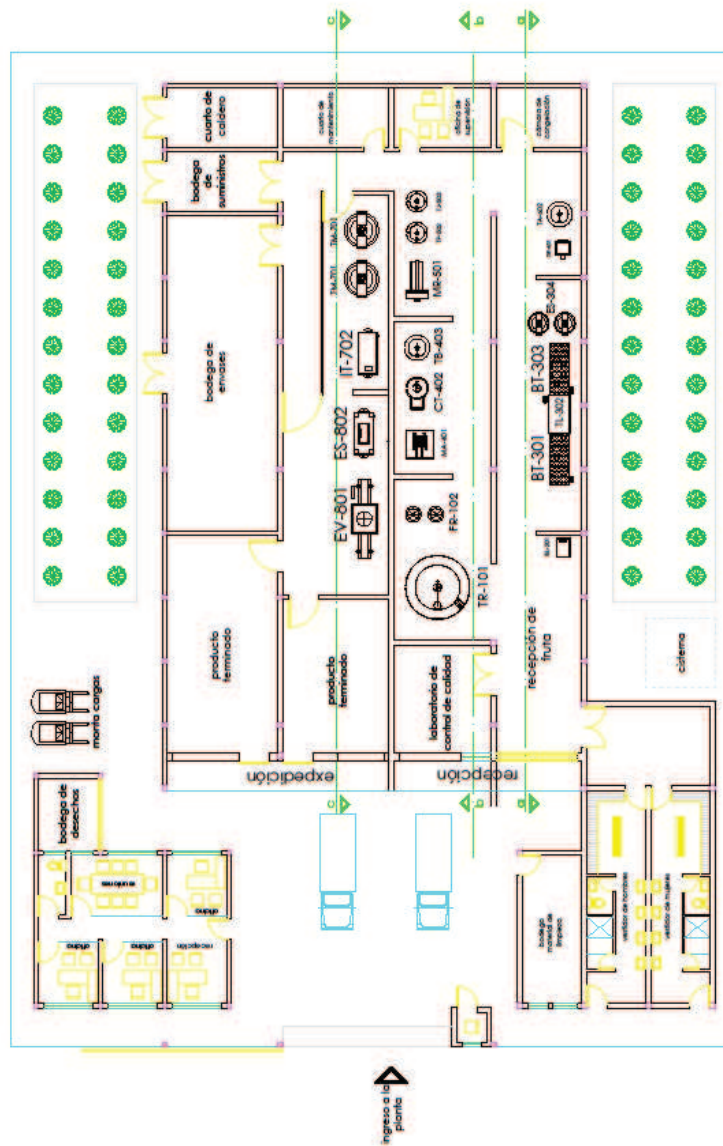


$$Q = m_{fruta} * Cp_{fruta} * \Delta T$$

$$Q = 4\,158,03\,kg * 3,74\,kJ/kg\,^{\circ}C * (72 - 15)^{\circ}C$$

$$Q = 886\,408,84\,kJ$$

ANEXO XIII
DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

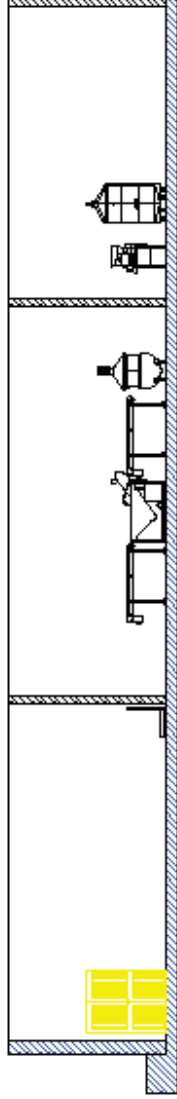


PLANTA BAJA
ESC 1 : 150

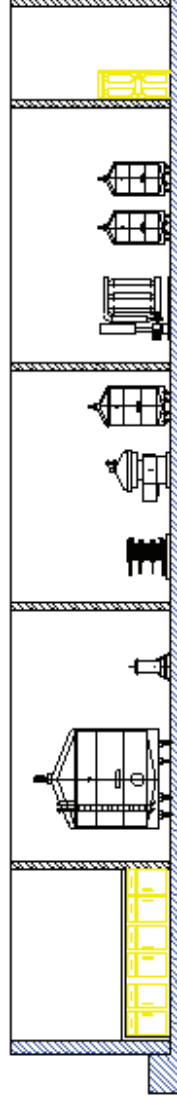
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA
NOMBRE DEL PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA
CONTIENE: LAYOUT
ELABORADO POR: CRISTIAN FLORES
FECHA: MAYO 2014
Página 1 de 1

ANEXO XIV
ELEVACIONES Y CORTES DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN PRODUCCIÓN

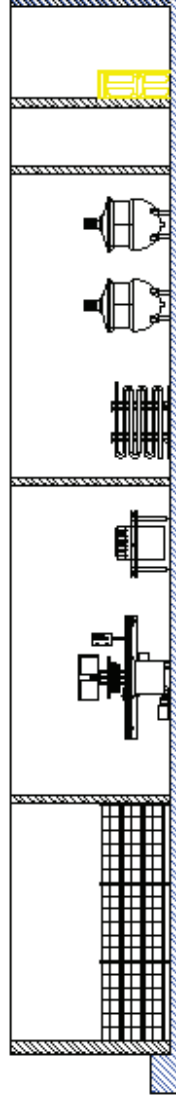
CORTE a-a



CORTE b-b



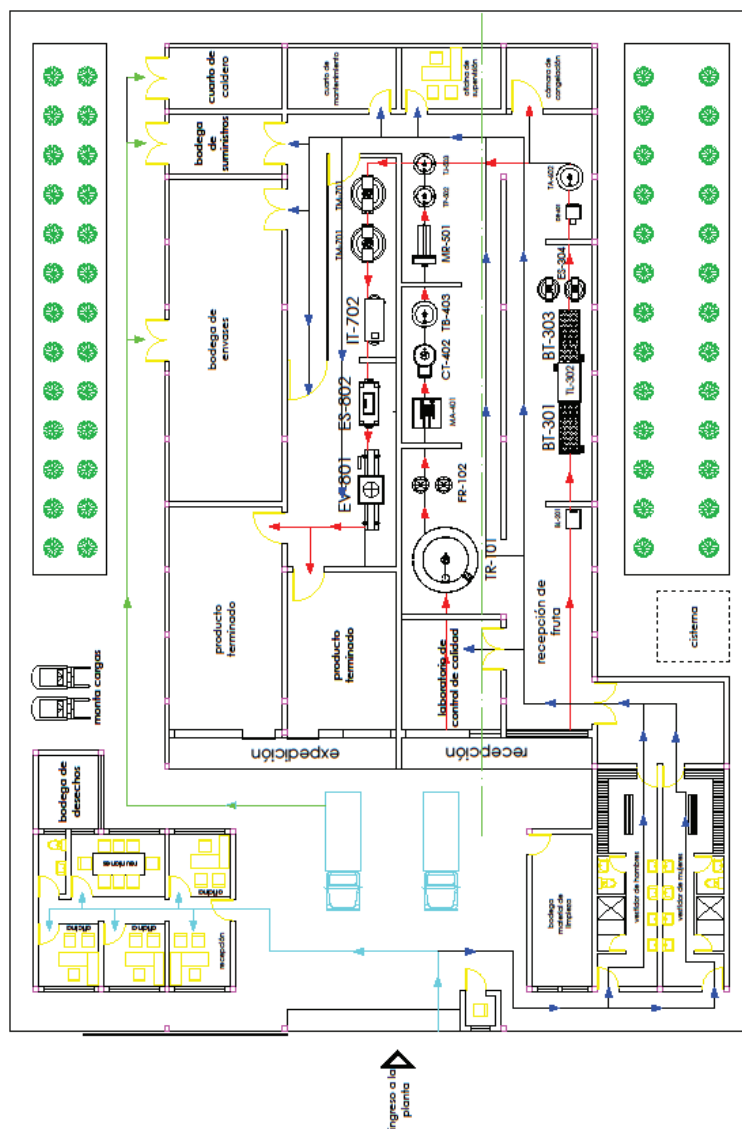
CORTE c-c



ELEVACIONES
ESC 1 : 100

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA
NOMBRE DEL PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA
CONTIENE: ELEVACIÓN Y CORTES DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN
ELABORADO POR: CRISTIAN FLORES
FECHA: MAYO 2014
Página 1 de 1

ANEXO XV
FLUJO DE PRODUCTO Y MOVIMIENTO DE OPERARIOS



- LEYENDA**
- Personal
 - Personal administrativo
 - Personal de laboratorio de calidad
 - Producto
 - Insumos

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA
NOMBRE DEL PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA
CONTIENE: FLUJO DE PRODUCTO Y MOVIMIENTO DE OPERARIOS
ELABORADO POR: CÉSAR FLORES
FECHA: MAYO 2014
Página 1 de 1

PLANTA BAJA
ESC 1 : 150

ANEXO XVI

AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO

En la Tabla AXVI.1, se presenta la amortización de la deuda otorgada por una institución financiera, a una tasa de interés efectiva del 12,5 %, durante de 10 años, con cuotas iguales.

Tabla AXVI.1. Amortización del crédito otorgado por una institución financiera

Periodo (años)	Saldo insoluto (\$)	Interés (\$)	Cuota (\$)	Capital pagado (\$)	Saldo de deuda (\$)
1	685101	85638	123744	38107	646995
2	646995	80874	123744	42870	604125
3	604125	75516	123744	48229	555896
4	555896	69487	123744	54257	501639
5	501639	62705	123744	61039	440600
6	440600	55075	123744	68669	371931
7	371931	46491	123744	77253	294678
8	294678	36835	123744	86910	207768
9	207768	25971	123744	97773	109995
10	109995	13749	123744	109995	0

ANEXO XVII

INVERSIONES

En la Tabla AXVII.1, se presentan los costos de la maquinaria y equipos. Las cotizaciones fueron realizadas en empresas dedicadas a la venta de equipos para la industria de alimentos como: Astimec S.A., Inoxidables M/T, Aditmaq, Ecoserv, Balanzmatic entre otras.

Tabla AXVII.1. Cotizaciones de maquinaria y equipo

Designación del equipo	Número de unidades	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
Balanza	1	550	550
Bandas Transportadoras	2	875	1750
Tanque de limpieza	1	1890	1890
Marmita	2	2550	5100
Despulpador	1	3290	3290
Tanque de almacenamiento de pulpa	1	10258	10258
Tanque de recepcion	1	12430	12430
Filtro de leche	1	950	950
Descremador	1	13380	13380
Tanque de almacenamiento de suero descremado	1	10258	10258
Intercambiador a placas	1	8990	8990
Microfiltrador tangencial	1	35000	35000
Tanque de almacenamiento del retenido	1	7980	7980
Tanque de almacenamiento del jarabe	1	7980	7980
Tanque de mezcla de la bebida	2	2500	5000
Intercambiador de calor	1	18760	18760
Envasadora	1	15500	15500
esterilizador de botellas	1	4950	4950
caldero	1	18500	18500
camara de refrigeración	1	33500	33500
camara de refrigeración	1	13750	13750
compresor de aire	1	813	813
	TOTAL		230578

En la Tabla AXVII.2, se detallan los costos del terreno y las construcciones de la planta.

Tabla AXVII.2. Costo del terreno y construcciones

Designación	Área (m²)	Valor (\$ /m²)	Valor total (\$)
<u>Terreno</u>	1 094,00	40	43 760
<u>Construcciones</u>			
fábrica	340,42	280	95 318
oficinas	56,48	320	18 074
cerramiento	405,00	145	58 725
bodegas	100,82	250	25 205
baños	45,24	280	12 667
guardia	1,82	150	273
	949,78	TOTAL CONSTRUCCIONES	210 261
		TOTAL TERRENO Y CONSTRUCCIONES	254 021

En la Tabla AXVII.3, se presentan los costos de los equipos y muebles de oficina

Tabla AXVII.3. Costo de equipos y muebles de oficina

Denominación	Número de unidades	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Escritorio	4	79,9	320
Sillones para escritorio	4	48,5	194
Computadores	4	600,0	2 400
Archivadores	4	110,0	440
Estanterías y repisas	3	94,0	282
Sillas	8	20,0	160
mesa de conferencia	1	180,0	180
TOTAL			3 976

Los activos intangibles o diferidos corresponden al costo de patentes, asistencia técnica, transferencia de tecnología, planeación, etc. Los costos de éstos rubros se presentan en la Tabla AXVII.4.

Tabla AXVII.4. Activo diferido o intangible

Rubro	Costo total (\$)
Planeación e integración (3% de la inversión total)	34255
Ingeniería del proyecto (3,5 % de la inversión en activos de producción)	8070
Supervisión (1,5 %)	17128
Administración del proyecto (0,5 % de la inversión total)	5709
TOTAL	65162

ANEXO XVIII

COSTO DE OPERACIÓN

Los costos de operación de la planta productora de la bebida láctea están determinados por el costo de producción, gasto administrativo, gasto de venta y gasto financiero. En las siguientes Tablas se desglosan el valor de cada rubro.

En la Tabla AXVIII.1, se presentan los costos de la materia prima como el suero de mantequilla, fruta de mora y azúcar

Tabla AXVIII.1. Costo de la materia prima

Designación	Costo (\$/kg)	Materia prima por año (kg)	Costo por año (\$)
Suero de mantequilla	0,02	2 160 000	43 200
Mora	1,60	506 419	810 270
Azúcar refinada	0,80	110 297	88 237
Botellas y tapas	0,17	5 990 400	1 018 368
	TOTAL		1 960 076

En la Tabla AXVIII.2, se presentan los costos de los materiales indirectos de fabricación como botellas de vidrio de 250 mL, cartones etiquetas y preservantes.

Tabla AXVIII.2. Costo de los materiales indirectos de fabricación

Designación	Costo (\$/kg)	Materiales indirectos por año (kg)	Costo por año (\$)
Benzoato de potasio	6,30	1 199	7 552
Sorbato de sodio	2,24	1 199	2 685
Cartones	0,25	250 200	62 550
		TOTAL	72 788

La mano de obra directa está formada por 17 obreros que reciben un sueldo de \$ 345 más beneficios de ley.

En la Tabla AXVIII.3, se presentan los salarios de la mano de obra indirecta

Tabla AXVIII.3. Salario del personal de mano de obra indirecta

Cargo	Salario Mensual (\$)	Aporte Patronal al 12.15% IESS	Mensual, ex-bonificaciones (\$)	Anual, ex-bonificaciones	Vacaciones (\$)	13avo (\$)	14avo (\$)	Fondo de Reserva (\$)	Total anual (\$)
Gerente de producción	1 200	146	1 346	16 150	673	1 346	318	1 346	19 832
Jefe de control de calidad	900	109	1 009	12 112	505	1 009	318	1009	14 954
Supervisor de producción	800	97	897	10 766	449	897	318	897	13 327
Supervisor de producción	800	97	897	10 766	449	897	318	897	13 327
Analista de calidad	650	79	729	8 748	364	729	318	729	10 888
Analista de calidad	650	79	729	8 748	364	729	318	729	10 888
TOTAL									83 217

En la Tabla AXVIII.4, se presentan los gastos de administración, los cuales se componen por los salario del personal administrativo, depreciación de los equipos de oficina y los suministros de oficina. En la Tabla AXVII.5, se desglosa el salario del personal de ventas con sus beneficios de ley.

Tabla AXVIII.4. Gasto de administración anual

Rubro	Valor (\$)	(%)
Sueldos administrativos	76 076	95,62
Depreciación de equipos de oficina	397	0,50
Gastos de oficina	1 529	1,92
Imprevistos (2%)	1 560	1,96
TOTAL	79 563	100,00

Tabla AXVIII.5. Salario del personal administrativo

Cargo	Salario (\$)	Aporte Patronal al IESS (12,15%)	Mensual, ex-bonificaciones (\$)	Anual, ex-bonificaciones (\$)	Vacaciones (\$)	13avo (\$)	14avo (\$)	Fondo de Reserva (\$)	Total anual (\$)
Gerente general	1 800	219	2 019	24 224	1 009	2 019	318	2 019	29 589
Gerente administrativo	1 200	146	1 346	16 150	673	1 346	318	1 346	19 832
Gerente financiero	1 200	146	1 346	16 150	673	1 346	318	1 346	19 832
Secretaria ejecutiva	400	49	449	5 383	224	449	318	449	6 822
								TOTAL	76 077

En la Tabla AXVIII.6, se detallan los costos de ventas, dentro de los cuales se encuentran los sueldos del personal ventas y publicidad. En la Tabla AXVII.7, se desglosa el salario del personal de ventas con sus beneficios de ley

Tabla AXVIII.6. Gasto de ventas anuales

Rubro	Valor (\$)	(%)
Sueldos de ventas	43148	85,25
Publicidad	6472	12,79
Imprevistos (2%)	992	1,96
TOTAL	50613	100,00

Tabla AXVIII.7. Salario del personal de ventas

Puesto de Trabajo	Salario	Aporte Patronal al IESS (12,15%)	Mensual, ex-bonificaciones (\$)	Anual, ex-bonificaciones (\$)	Vacaciones (\$)	13avo (\$)	14avo (\$)	Fondo de Reserva (\$)	Total anual (\$)
Gerente de marketing	1 100	134	1 234	14 804	617	1 234	318	1 234	18 206
Publicista	575	70	645	7 738	322	645	318	645	9 670
Asistente de ventas	450	55	505	6 056	252	505	318	505	7 636
Bodeguero	450	55	505	6 056	252	505	\$318	505	7 637
								TOTAL	43 148

ANEXO XIX

PUNTO DE EQUILIBRIO

En la Tabla AXIX.1, se encuentra el valor de los costos fijos y variables para la producción de la bebida láctea, y las ventas proyectadas anualmente.

Tabla AXIX.1. Costos fijos, variables y ventas para la elaboración anual de la bebida láctea

Porcentaje (%)	Unidades Producidas en el año	Costos Fijos (\$)	Costos Variables (\$)	Costos totales (\$)	Ventas (\$)
0%	0	484 155	0	484 155	0
8%	499 200	484 155	175 654	659 809	248 400
17%	998 400	484 155	351 308	835 463	496 800
25%	1 497 600	484 155	526 962	1 011 117	745 201
33%	1 996 800	484 155	702 616	1 186 771	993 601
42%	2 496 000	484 155	878 270	1 362 424	1 242 001
50%	2 995 200	484 155	1 053 924	1 538 078	1 490 401
58%	3 494 400	484 155	1 229 578	1 713 732	1 738 801
67%	3 993 600	484 155	1 405 231	1 889 386	1 987 202
75%	4 492 800	484 155	1 580 885	2 065 040	2 235 602
83%	4 992 000	484 155	1 756 539	2 240 694	2 484 002
92%	5 491 200	484 155	1 932 193	2 416 348	2 732 402
100%	5 990 400	484 155	2 107 847	2 592 002	2 980 802
		PUNTO DE EQUILIBRIO	3 322 371	unidades	