



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH PARA LA
ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TRADICIONAL
CANARIO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: LUISA ESTEFANIA VALENCIA GREFA

DIRECTORA: ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA

Riobamba - Ecuador

2021

© 2021, Luisa Estefania Valencia Grefa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Luisa Estefania Valencia Grefa, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de febrero de 2021

Luisa Estefania Valencia Grefa

CI: 080225999-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TRADICIONAL CANARIO** de responsabilidad de la señorita **LUISA ESTEFANIA VALENCIA GREFA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Adrián Rodríguez Pinos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	2021-03-11
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2021-03-11
Ing. Hugo Segundo Calderón MIEMBRO DEL TRIBUNAL	2021-03-11

DEDICATORIA

A Jehová Dios, el eje principal en mi vida y a quien le debo todo. A mi mami Sonia, por su gran amor, consejos, apoyo incondicional y por haberme instruido grandes enseñanzas y valores para ser una persona de bien. Todo esto fue posible gracias a usted. Sin dejar de lado a mis hermanos Alexander, Andrea, Victor, y a mis sobrinos por su cariño y ayuda en todo momento. Y a todos mis demás familiares, y amigos, que han sido partícipes en mi etapa universitaria.

Estefania

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Jehová por ser mi fortaleza y darme su ayuda para conseguir cada logro en mi vida.

A mi mamá, hermanos y sobrinos por estar siempre pendientes de mis necesidades y apoyarme en todo momento.

A mi amigo Ingeniero Marcos Jácome por brindarme su ayuda y enseñanzas.

Al Ingeniero Marco Manzano por compartir sus conocimientos y abrirme las puertas para el desarrollo de este trabajo de titulación en la Planta de Lácteos Tunshi.

A la Ingeniera Mabel Parada y al Ingeniero Hugo Calderón por su colaboración y ayuda para poder concluir exitosamente este trabajo.

A mis amigos y compañeros que de una u otra forma contribuyeron en esta etapa de mi vida.

Estefania

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1	Identificación del Problema.....	3
1.2	Justificación del proyecto.....	4
1.3	Línea base del proyecto.....	4
1.3.1	<i>Descripción de la Planta de lácteos</i>	4
1.4	Beneficiarios directos e indirectos.....	5
1.4.1	<i>Beneficiarios directos</i>	5
1.4.2	<i>Beneficiarios indirectos</i>	5
1.5	Objetivos.....	5
1.5.1	<i>Objetivo General</i>	5
1.5.2	<i>Objetivos Específicos</i>	6
1.6	Localización del proyecto.....	6

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1	Bebidas Alcohólicas.....	7
2.2	Licor.....	7
2.2.1	<i>Clasificación de los Licores</i>	8
2.3.	Licor de Crema.....	8
2.3.1	<i>Licor con base de leche</i>	9
2.3.2	<i>Procesos de fabricación de licores de Crema</i>	9
2.4	Canario.....	9

2.5	Materias primas para elaboración de Canario	10
2.5.1	Leche	10
2.5.1.1	<i>Leche cruda</i>	11
2.5.1.2	<i>Estabilidad de la leche en presencia de etanol</i>	12
2.5.2	Propiedades del Huevo en licores	13
2.5.3	Aguardiente de caña rectificado	14
2.6	Análisis de licores de Crema	14
2.6.1	<i>Emulsión de licores de crema</i>	14
2.6.2	<i>Factores desestabilizantes en la emulsión de licores de crema</i>	14
2.6.3	<i>Factores físico-químicos desestabilizantes de la emulsión</i>	15
2.6.4	<i>Atributos sensoriales de los licores de crema</i>	16
2.7	Tratamiento térmico para el proceso de elaboración	17
2.7.1	<i>Proceso de Pasteurización</i>	17
2.8	Reactor tipo Batch	18
2.8.1	<i>Estructura de tanques agitados</i>	19
2.8.2	<i>Placas deflectoras o baffles</i>	21
2.8.3	<i>Mezcla y agitación</i>	22
2.8.3.1	<i>Tipos de agitadores</i>	22
2.8.3.2	<i>Rangos de viscosidades según el tipo de agitador</i>	24
2.8.3.3	<i>Potencia de agitación</i>	25
2.9	Balance de masa y energía en el proceso	25
2.10	Transferencia de calor	26
2.10.1	<i>Mecanismos de transferencia de calor</i>	27
2.10.1.1	<i>Transferencia de calor por Convección</i>	27
2.10.1.2	<i>Transferencia de calor por Conducción</i>	27
2.10.1.3	<i>Transferencia de calor por Radiación</i>	27
2.11	Transferencia de calor en reactores con agitador	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1	Tipo de estudio	29
3.2	Métodos y Técnicas	29
3.2.1	<i>Métodos</i>	29
3.2.2	<i>Técnicas</i>	30
3.3	Caracterización de la materia prima	34
3.4	Elaboración de Canario a nivel de laboratorio	34

3.5	Formulación de Canario.....	37
3.6	Variables y parámetros de proceso y diseño.....	38
3.7	Datos adicionales de experimentación.....	39
3.8	Cálculos de Ingeniería para el diseño del reactor	40
3.8.1	<i>Dimensionamiento del tanque del reactor</i>	40
3.8.2	<i>Selección del sistema de agitación</i>	41
3.8.3	<i>Cálculos para agitador: turbina inclinada (45°)</i>	44
3.8.4	<i>Cálculo de número de Reynolds</i>	48
3.8.5	<i>Cálculo de Potencia</i>	48
3.8.6	<i>Cálculo de la tasa de bombeo o caudal</i>	49
3.8.7	<i>Eficiencia de agitación</i>	50
3.8.8	<i>Tiempo de mezcla</i>	50
3.8.9	<i>Balance de Masa</i>	50
3.8.10	<i>Transferencia de Calor en el proceso</i>	53
3.8.11	<i>Cálculo de coeficiente convectivo interno</i>	53
3.8.12	<i>Cálculo de coeficiente convectivo externo</i>	54
3.8.13	<i>Cálculo del coeficiente de transferencia de calor global</i>	55
3.8.14	<i>Cálculo de la temperatura media logarítmica</i>	55
3.8.15	<i>Cálculo de Flujo de Calor</i>	56
3.8.16	<i>Balance de Energía</i>	57
3.9	Cálculo del consumo eléctrico del motor.....	58

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS.....	59
4.1.	Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del producto.....	59
4.2	Especificaciones de diseño del reactor batch	60
4.2.1	<i>Sistema de agitación</i>	60
4.2.2	<i>Diseño estructural del reactor</i>	61
4.3	Especificaciones técnicas del funcionamiento del equipo para la simulación....	62
4.3.1	<i>Balances de materia y energía</i>	63
4.3.2	<i>Variables de operación del equipo</i>	63
4.4	Simulación del Reactor tipo Batch	64
4.4.1	<i>Ingreso de datos de programación</i>	64
4.4.2	<i>Entorno visual del proceso</i>	65
4.5	Diagrama de proceso de Canario.....	68
4.6	Descripción del proceso para elaboración de Canario.....	69

4.7	Requerimiento de tecnología, equipos y materiales	70
4.8	Análisis de costos	71
	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
	CONCLUSIONES.....	78
	RECOMENDACIONES.....	80
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Localización del proyecto.....	6
Tabla 1-2:	Composición de la leche.....	10
Tabla 2-2:	Propiedades físicas de la leche	11
Tabla 3-2:	Rango usual de composición de licores de crema	13
Tabla 4-2:	Rangos de viscosidad para cada tipo de agitador	24
Tabla 1-3:	Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda.....	30
Tabla 2-3:	Determinación de densidad de la leche	31
Tabla 3-3:	Determinación de pH.....	31
Tabla 4-3:	Determinación de proteína láctea	32
Tabla 5-3:	Determinación de grasa láctea.....	32
Tabla 6-3:	Determinación de acidez	32
Tabla 7-3:	Análisis de parámetros de Licores de Crema	33
Tabla 8-3:	Requisitos fisicoquímicos del Canario	33
Tabla 9-3:	Requisitos microbiológicos para el Canario	33
Tabla 10-3:	Resultados de la caracterización de la leche según NTE INEN 9. Leche cruda..	34
Tabla 11-3:	Formulación de Canario a nivel de laboratorio	38
Tabla 12-3:	Escalamiento de la formulación de Canario	38
Tabla 13-3:	Variables y parámetros del proceso y diseño	39
Tabla 14-3:	Conductividad térmica del material del reactor.....	39
Tabla 15-3:	Datos del caldero	39
Tabla 16-3:	Datos Experimentales.....	40
Tabla 17-3:	Tipos de agitadores para viscosidad baja – media.....	42
Tabla 18-3:	Comparación entre Agitadores de Hélice y Turbina	42
Tabla 19-3:	Agitador de turbina de paletas inclinada (45°).....	43
Tabla 20-3:	Proporciones geométricas para agitador tipo turbina	45
Tabla 21-3:	Fracciones másicas de alimentación.....	52
Tabla 1-4:	Resultados caracterización fisicoquímica del Canario	59
Tabla 2-4:	Resultados análisis microbiológico del Canario.....	59
Tabla 3-4:	Dimensionamiento del tanque del reactor	60
Tabla 4-4:	Características del sistema de agitación	60
Tabla 5-4:	Dimensionamiento de sistema de agitación.....	61
Tabla 6-4:	Datos para el cálculo de coeficientes convectivos.....	62
Tabla 7-4:	Coefficientes convectivos y global de transferencia de calor	62
Tabla 8-4:	Flujo másico y volumétrico de vapor	63

Tabla 9-4:	Balance de masa y energía del proceso	63
Tabla 10-4:	Condiciones de Operación del equipo	63
Tabla 11-3:	Requerimientos del Proceso de Canario	70
Tabla 12-4:	Costos de fabricación del reactor.....	71
Tabla 13-4:	Costos de materia prima e insumos	71
Tabla 14-4:	Costos adicionales – botellas de vidrio.....	71
Tabla 15-4:	Total costos directos	72
Tabla 16-4:	Costos de depreciación de los equipos e instrumentos.....	72
Tabla 17-4:	Costos de energía y combustible	72
Tabla 18-4:	Costos adicionales	73
Tabla 19-4:	Total costos indirectos	73
Tabla 20-4:	Balance general de costos.....	73
Tabla 20-4:	Costo de elaboración de canario para una práctica de laboratorio.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Viscosidad vs Temperatura (Leche)	11
Figura 2-2:	Estructura de micela.....	12
Figura 3-2:	Crecimiento de los glóbulos de la emulsión	15
Figura 4-2:	Desnatado.....	15
Figura 5-2:	Coalescencia partículas de grasa.....	15
Figura 6-2:	Proporciones geométricas en tanque agitado	19
Figura 7-2:	Tapa plana.....	20
Figura 8-2:	Cabezal tipo toriesférico	20
Figura 9-2:	Cabezal tipo semielíptico.....	20
Figura 10-2:	Tapa semiesférica.....	21
Figura 11-2:	Tapa cónica autosoportada.....	21
Figura 12-2:	Formación de vórtices en tanques	21
Figura 13-2:	Modelos de flujo en tanques agitados: axial, radial, tangencial.....	22
Figura 14-2:	Agitadores de hélice.....	23
Figura 15-2:	Agitadores de turbina.....	24
Figura 16-2:	Agitadores de paleta.....	24
Figura 17-2:	Transferencia de calor en reactor tipo batch agitado	26
Figura 18-2:	Serpentines de tubos	28
Figura 19-2:	Reactor Batch con chaqueta.....	28
Figura 1-3:	Medición de temperatura	35
Figura 2-3:	Leche con especias y panela	35
Figura 3-3:	Adición de claras y yemas de huevo.....	36
Figura 4-3:	Licor Canario	36
Figura 5-3:	Elaboración de Canario.....	37
Figura 6-3:	Patrón de flujo mezclado	43
Figura 7-3:	Agitador de Turbina palas inclinadas (45°)	44
Figura 8-3:	Proporciones geométricas impulsor tipo turbina.....	44
Figura 9-3:	Dirección de flujo según diámetro de rodete (a) $Da/Dt=0.33$, (b) $Da/Dt=0.5$...	45
Figura 10-3:	Balance de Masa en Reactor	51
Figura 1-4:	Dimensionamiento del sistema de agitación y tanque	61
Figura 2-4:	Ingreso de datos para cálculo de variable en LabVIEW	64
Figura 3-4:	Definición de parámetros para funcionamiento en la primera etapa.....	65
Figura 4-4:	Establecimiento de condiciones en etapa dos y animación.....	65

Figura 5-4:	Establecimiento de condiciones en etapa dos y animación.....	66
Figura 6-4:	Ventana emergente de ingreso de datos	66
Figura 7-4:	Ingreso de datos segunda etapa.....	67
Figura 8-4:	Resultados de simulación en el entorno visual.	67
Figura 9-4:	Diagrama del proceso de Canario	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	Diseño estructural de reactor batch	87
ANEXO B:	Simulación del proceso y reactor batch en LabVIEW.....	90
ANEXO C:	Caracterización físico química Y microbiológica del Canario.....	91
ANEXO D:	Proforma de costos de construcción del reactor batch.....	92
ANEXO E:	NTE INEN 2802. Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos.....	93
ANEXO F:	Correlación del Número de potencia N_p vs Número de Reynolds.....	94
ANEXO G:	Correlación del Numero de flujo vs Número de Reynolds	95
ANEXO H:	Dimensiones de tuberías de acero.....	96

ÍNDICE DE ECUACIONES

- Ec. 1-3:** Diámetro del tanque
- Ec. 2-3:** Volumen de un cilindro
- Ec. 3-3:** Altura del Líquido
- Ec. 4-3:** Altura del tanque
- Ec. 5-3:** Volumen del tanque
- Ec. 6-3:** Diámetro de agitador
- Ec. 7-3:** Ancho de palas
- Ec. 8-3:** Distancia entre fondo del tanque y palas
- Ec. 9-3:** Largo del brazo de agitador
- Ec. 10-3:** Espesor de agitador
- Ec. 11-3:** Ancho de placas deflectoras
- Ec. 12-3:** Espacio entre placa y pared
- Ec. 13-3:** Número de Reynolds
- Ec. 14-3:** Potencia
- Ec. 15-3:** Potencia de agitador
- Ec. 16-3:** Caudal o Tasa de bombeo
- Ec. 17-3:** Eficiencia de agitación
- Ec. 18-3:** Tiempo de mezcla
- Ec. 19-3:** Balance de masa
- Ec. 20-3:** Masa de leche
- Ec. 21-3:** Masa de etanol
- Ec. 22-3:** Masa de alimentación
- Ec. 23-3:** Fracción másica
- Ec. 24-3:** Volumen de Canario
- Ec. 25-3:** Rendimiento del proceso
- Ec. 26-3:** Número de Nusselt
- Ec. 27-3:** Coeficiente convectivo interno
- Ec. 28-3:** Coeficiente convectivo externo
- Ec. 29-3:** Coeficiente de transferencia de calor global
- Ec. 30-3:** Temperatura media logarítmica

- Ec. 31-3:** Flujo de calor necesario
- Ec. 32-3:** Área de transferencia de calor en el tanque
- Ec. 33-3:** Flujo másico de vapor
- Ec. 34-3:** Flujo volumétrico de vapor
- Ec. 35-3:** Balance de Energía
- Ec. 36-3:** Calor requerido para el proceso
- Ec. 37-3:** Consumo energético
- Ec. 1-4:** Precio Unitario
- Ec. 2-4:** Punto de equilibrio

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana
%:	Porcentaje
T:	Temperatura
°C:	Grados Centígrados
ΔT:	Gradiente de Temperatura
P:	Presión
μ:	Viscosidad dinámica
ρ:	Densidad
Q:	Flujo de Calor
U:	Coefficiente Global de Transferencia de Calor
A:	Área
N_{RE}:	Número de Reynolds
N_{Pr}:	Número de Prandtl
C_p:	Calor específico
N:	Velocidad Rotacional
rpm:	revoluciones por minuto
N_p:	Número de Potencia
P:	Potencia
Lb:	Longitud del Brazo del Agitador
Er:	Espesor del Rodete
Da:	Diámetro del Agitador
E:	Distancia del Fondo del Tanque al Rodete
k:	Constante de la Conductividad Térmica
h:	Coefficiente convectivo
LMDT:	Media Logarítmica de Temperatura
m:	metro
kW:	kiloWatt
\dot{Q}:	Flujo volumétrico

RESUMEN

Se diseñó el reactor tipo batch para la elaboración de la bebida alcohólica Canario para el laboratorio de la Planta de Lácteos Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En la obtención de la bebida se identificaron las variables de proceso temperatura, y velocidad de agitación, además los parámetros densidad y viscosidad; que influyen directamente en la operación de agitación. Como resultado de la experimentación se obtuvo 14 L de canario y se realizó el análisis de calidad que cumple con lo establecido en la norma NTE INEN 2802 para licores de crema. Además, se consideró que la materia prima cumpla con la norma NTE INEN 9 para leche cruda. Con los datos experimentales se hicieron los cálculos de ingeniería con el escalamiento para una producción total de 100 L de canario, seguidos del diseño del reactor tipo Batch, obteniéndose una capacidad del tanque de 0,117m³. El equipo estará provisto de una chaqueta y el sistema de agitación está predeterminado por una turbina de palas inclinadas 45 grados, con un patrón de flujo axial y radial. Las condiciones de operación fueron establecidas por los parámetros que intervienen en el proceso. De acuerdo con esto, el reactor tipo Batch enchaquetado será calentado con vapor saturado a una temperatura máxima de 83 grados centígrados para pasteurización y una temperatura de proceso de mezcla de 60 grados centígrados. Conocida la naturaleza de los componentes, se definió como material de diseño acero inoxidable AISI304 para toda la estructura. La validación del diseño del reactor se analizó mediante simulación en el software LabVIEW representando la dinámica del proceso, con el ingreso de las variables que intervienen en el mismo, y corroborando los datos obtenidos. Se recomienda para próximas aplicaciones y construcción del equipo hacer uso de sensores de temperatura para mayor precisión y control de esta variable.

Palabras claves: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA> <DISEÑO> <REACTOR TIPO BATCH> <BEBIDA ALCOHÓLICA> <CANARIO> <LICOR DE CREMA> <AGITACIÓN> <SIMULACIÓN>.



Firmado electrónicamente por:
**ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA**



0674-DBRAI-UPT-2021

ABSTRACT

The batch reactor was designed for the elaboration of the Canario alcoholic beverage for the laboratory of the Tunshi Dairy Plant at Polytechnic High School of Chimborazo. To obtain the drink the process variables temperature and stirring speed were identified, as well as the density and viscosity parameters. To obtain the drink, the following variables were identified for the process, temperature and stirring speed, in addition to another process such as the density and viscosity that directly influence the stirring operation. As a result of the experimentation, 14L of Canario liquor was obtained, the quality analysis was established with the NTE INEN 2802 standard for cream liqueurs. Also, it was considered that the raw material complies with the NTE INEN 9 standard for raw milk. With the experimental data, the engineering calculations were made with the scaling for a total production of 100L of Canario liquor, followed by the design of the Batch reactor, obtaining a tank capacity of 0.117m³. The equipment will be provided with a jacket and the agitation system is predetermined by a turbine with blades inclined 45 degrees, with an axial and radial flow pattern. The operating conditions were established by the parameters involved in the process. The jacketed batch reactor will be heated with saturated steam to a maximum temperature of 83 degrees Celsius for pasteurization and a mixing process temperature of 60 degrees Celsius. Knowing the nature of the components, AISI304 stainless steel was defined as a design material for the entire structure. The validation of the reactor design was analysed by simulation using LabVIEW software, representing the dynamics of the process, entering the variables involved in it, and corroborating the data obtained. It is recommended for future applications and construction of the equipment to use temperature sensors for greater precision and control of this variable.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY> <DESIGN> <BATCH REACTOR> <ALCOHOLIC BEVERAGE> <CANARY> <CREAM LIQUOR> <AGITATION> <SIMULATION>

INTRODUCCIÓN

Las plantas de procesamiento de alimentos utilizan varias unidades, entre ellas los reactores para transformar materias primas, donde las actividades que se realizan vienen acompañadas generalmente por las principales operaciones unitarias como mezcla y agitación. Por ende, estos equipos deben cumplir con las exigencias de las funciones del proceso, que se ven reflejadas en el rendimiento como en la calidad del producto terminado.

El diseño de un reactor es una tarea propia de ingenieros químicos, y consiste en varias etapas que van desde la obtención de datos de las propiedades físicas necesarias de las sustancias, para estimar parámetros involucrados en los procesos de transferencia de calor, transferencia de materia, cantidad de movimiento, considerando a los balances de materia y energía auxiliares importantes tanto para el diseño, el control, optimización y análisis económico, tanto de los procesos existentes así como propuestos.

Las industrias requieren de exactitud para determinar la viabilidad de un nuevo producto, y que las unidades y equipos operen satisfactoriamente. Sin embargo, es necesario conocer y entender los procesos en conjunto, siendo la simulación una herramienta importante para conseguirlo. Muchas empresas manufactureras se valen de herramientas electrónicas como software que ayudan a prever el funcionamiento de equipos, optimizar y con ello mejorar procesos.

En las industrias varias de las tareas realizadas por mano de obra humana, exige mayor esfuerzo, mayor tiempo y por ende mayor costo. Es así que un equipo puede realizar las mismas actividades, reducir fallos, obtener mayor eficiencia y tener un mayor control de las variables y parámetros de proceso.

En consecuencia, el desarrollo de un nuevo producto a nivel industrial viene acompañado de connotaciones de ingeniería y por esta razón, este proyecto tuvo como objetivo diseñar un reactor tipo batch para la elaboración de la bebida alcohólica Canario, conservando la esencia de la formulación tradicional de la región. Siendo la determinación experimental aspecto fundamental para la obtención de datos y a su vez lograr el correcto dimensionamiento del reactor.

Para ello las variables de análisis en la investigación como: viscosidad, densidad, temperatura, velocidad de agitación, presentes en la obtención del Canario permitirán mediante cálculos de ingeniería, realizar la correcta selección del tipo de agitador a utilizar para una buena mezcla, además establecer las condiciones de operación adecuadas para el equipo, determinando de

manera clara los principales parámetros de diseño del reactor, y definiendo mediante simulación los requerimientos y características finales del mismo.

Este diseño permitirá que la Planta de Lácteos pueda llevar a cabo la ejecución del proceso de elaboración de Canario a escala industrial, además de asegurar la inocuidad y calidad alimentaria característicos de sus productos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

El Laboratorio de la Planta de Lácteos ubicado en Tunshi perteneciente a la ESPOCH, se dedica al procesamiento, innovación y diversificación de productos derivados lácteos, la cantidad de leche receptada como principal materia prima, permite en gran medida ampliar la producción de sus productos como la bebida alcohólica Tradicional Canario que es elaborada en la Planta, y conocida en sectores aledaños de la zona.

La Planta de Lácteos no posee un equipo para la producción de la bebida alcohólica Canario, solo se tiene conocimiento sobre su elaboración de manera artesanal (ancestral), y es una limitante de carácter tecnológica, puesto que se requiere de una buena práctica del proceso que brinde condiciones aptas para su manipulación, siendo las bebidas alcohólicas artesanales por lo general, aquellas que se realizan en entornos familiares o en pequeñas comunidades, por mencionado impedimento para ser industrializado en el mercado (Pereira, 2013).

Por tanto, lo ideal es contar con el seguimiento de lineamientos de ingeniería y el desarrollo de diseño de reactores, es propio de ingenieros químicos, donde a base de análisis y aplicaciones teórico-prácticas se consiguen tales hechos. La aplicabilidad de conocimientos, que involucra desde análisis de las materias primas, simulaciones, permite que se consiga tener óptimas condiciones de diseño. Teniendo en consideración que, por medio de la confiabilidad y disponibilidad de equipos en una organización, garantiza aportes en la producción, impactando de igual manera en la calidad del producto final (Orozco, 2013).

Por tal motivo, la Estación Experimental se ve en la necesidad de mejorar la parte tecnológica con nuevos equipamientos, permitiendo que el diseño de un reactor para la elaboración de Canario, cuente con las características específicas que exige el proceso, y sea un medio factible para llevar la ejecución del mismo a futuro.

1.2 Justificación del proyecto

En Ecuador dentro de la industria manufacturera existen varias industrias representativas para la economía del país y una que forma parte de este grupo es la industria alimentaria. Según la Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos y Bebidas (ANFAB), la industria láctea es una de las más representativas, y la elaboración de bebidas alcohólicas constituye entre las de mayor potencial de crecimiento (Calle,2017).

Para lograr realizar el procesamiento de bebidas alcohólicas es necesario contar con tecnificación adecuada que facilite la elaboración del producto. Utilizando como base el sector productivo lácteo que se desenvuelve en la región. Por ende, es fundamental realizar el diseño del equipo para elaboración de canario, con connotaciones industriales de aplicaciones de criterios de ingeniería química, como operaciones unitarias, transferencia de masa, que dan lugar al desarrollo de un buen diseño del reactor, con análisis de variables involucradas dentro del proceso, además de optimas especificaciones técnicas de diseño que involucra diversos factores como el dimensionamiento, accesorios, operación del equipo; y siguiendo las normativas pertinentes: NTE INEN 9:2008 (Leche cruda) y NTE INEN 2802:2015 (Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos), que posteriormente permitirán que el producto final sea apto para el consumo humano.

El diseño del reactor para elaboración de canario en la Planta de Lácteos permitirá que se canalice a una mejor visión por parte de estudiantes de la ESPOCH que podrán plasmar sus conocimientos teóricos y/o científicos para llevar buenas prácticas a nivel de laboratorio, y de igual manera beneficia a la comunidad que tendrá mejores perspectivas en su entorno de producción.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Descripción de la Planta de lácteos

La Planta de Lácteos desarrolla toda una diversidad de productos derivados de la leche, los procesos incluyen la elaboración de yogurt, quesos frescos, majar, mismos que actualmente se realizan con fines educativos por parte de estudiantes de la ESPOCH y otros establecimientos del país, permitiendo desarrollar la parte experimental. Para la obtención de los mismos ha sido necesario contar con equipos que faciliten su elaboración, y garanticen la inocuidad de los mismos. El obtener nuevos productos es motivo importante en un Laboratorio Experimental, además adecuar de mejor manera la elaboración de productos como el Canario, que aún se

desarrolla de manera tradicional, permite ampliar capacidades para mejorar procesos y plantear nuevos caminos de industrialización, que contribuye a que estudiantes que realizan sus prácticas tengan familiaridad con este tipo de procesos de mayor escala, impulsando las bases científicas y técnicas del futuro profesional.

Por ende, con el diseño del reactor la Planta de Lácteos beneficia a la comunidad estudiantil, y proporciona nuevas ideas de emprendimientos con productos tradicionales de la región como el canario que contribuye al desarrollo económico y productivo.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Beneficiarios directos

- El presente proyecto será de beneficio para la Estación Experimental Tunshi – ESPOCH, impulsando la futura implementación del reactor, que será de gran aporte a la diversificación de sus productos.

1.4.2 Beneficiarios indirectos

- Los estudiantes que realicen prácticas en la Estación Experimental, quienes con la implementación del reactor podrán elaborar la bebida Canario.
- Docentes e investigadores de áreas de agroindustria, u otro tipo de ingenierías que podrán desarrollar la parte experimental.
- La comunidad que se dedica a la producción de derivados lácteos y requieren tecnificación, lo cual promueve al desarrollo de nuevas alternativas de negocio, y a que la bebida Canario, brinde un aporte cultural al mostrar un producto autóctono de nuestras comunidades.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar un reactor tipo batch para la elaboración de la bebida alcohólica tradicional Canario.

1.5.2 Objetivos Específicos

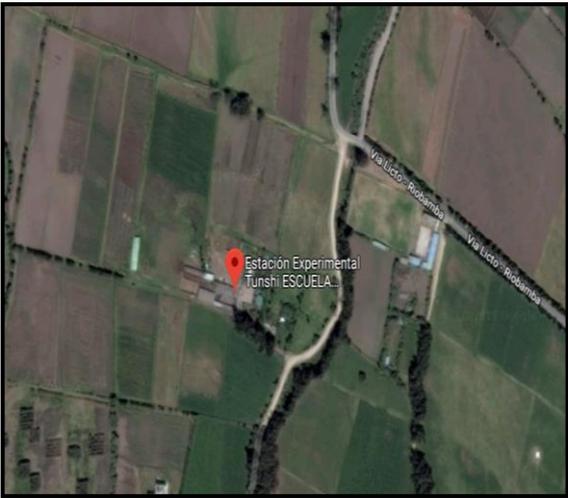
- Elaborar la bebida tradicional de Canario a nivel laboratorio y escalar su producción.
- Caracterizar la materia prima y el producto en base a las normativas, NTE INEN 9: 2008. Leche cruda y NTE INEN 2802:2015 Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos.
- Identificar las variables y parámetros de diseño para los rangos de operación del reactor.
- Realizar los cálculos de ingeniería y validar el diseño del reactor tipo batch mediante simulación con LabVIEW.
- Establecer los costos de diseño del equipo y los costos de producción de canario.

1.6 Localización del proyecto

El presente proyecto técnico se realizará en la Planta de Lácteos perteneciente a la ESPOCH, la misma que se encuentra ubicada en el kilómetro 12 vía Riobamba – Licto en la comunidad de Tunshi San Nicolás, localizado en la provincia de Chimborazo.

Tabla 1-1: Localización del proyecto

Localización	
País:	Ecuador
Provincia:	Chimborazo
Cantón:	Riobamba
Parroquia	Licto
Latitud	2807000 UTM
Longitud	764600 UTM
Altitud	2720 m.s.n.m
Clima	Temperatura promedio 12°C



Fuente: Google Maps, 2021.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Bebidas Alcohólicas

Son bebidas alcohólicas todas aquellas bebidas que presenten diversos contenidos de alcohol etílico. Una definición más amplia es la encontrada en la normativa ecuatoriana NTE INEN 338:1992 Bebidas Alcohólicas, donde indica que son los productos alcohólicos aptos para el consumo humano, provenientes de la fermentación, destilación, preparación o mezcla de los mismos, de origen vegetal, salvo las preparaciones farmacéuticas (NTE INEN 338. Bebidas Alcohólicas. Definiciones, 1992, p. 3).

2.2 Licor

El licor es una bebida alcohólica aromatizada, por lo general fuerte, dulce que generalmente contienen licores destilados, que se obtiene por destilación de mostos fermentados, por mezcla de aguardientes, alcohol etílico rectificado o bebidas alcohólicas destiladas o sus mezclas, con o sin, sustancias de origen vegetal, o con sustancias aromatizantes, que deben estar edulcorados con azúcar, glucosa o miel, a las que se puede añadir otros ingredientes y aditivos alimentarios aptos para el consumo humano (NTE INEN 1837, 2016, p. 3).

La calidad de los licores se encuentra relacionada con las propiedades que presentan las materias primas que se utilizan para su elaboración. A los licores se los conocen por sus nombres genéricos, su sabor, color y graduación alcohólica.

Para el proceso de obtención de licores se aplican diferentes técnicas de elaboración como los antes mencionados. Siendo los licores que proceden de una destilación con o sin maceración, los de mejor paladar. Además, dichos procedimientos de elaboración difieren entre los licores clásicos y de los que se elaboran de manera industrial (Reyes Linares, et al., 2011, p. 14).

2.2.1 Clasificación de los Licores

Existen varios tipos de licores, debido a cuantiosas sustancias que pueden utilizarse y por la amplia gama de procesos para su elaboración. Tomando en consideración algunos criterios, se los puede clasificar de acuerdo al método de producción, composición, materia prima empleada, grado alcohólico, número de sustancias aromatizantes, entre otros (Muentes, & Villamil., 2017, p. 4).

Según el contenido de azúcar o aspecto que presente el licor, se clasifica de la siguiente manera:

- **Licor seco.** Presenta un contenido de azúcares de hasta 50 gramos por litro.
- **Licor semiseco.** Contiene cantidad de azúcares entre 51 gramos por litro hasta 100 gramos por litro.
- **Licor dulce.** Contiene cantidad de azúcares entre 101 gramos por litro hasta 250 gramos por litro.
- **Licor crema o crema.** Presenta consistencia viscosa con un contenido de azúcares mayor a 251 gramos por litro.
- **Licor escarchado.** Se encuentra sobresaturado de azúcar y presenta formación de cristales de azúcar.

(NTE INEN 1837. Bebidas Alcohólicas. Licores. Requisitos, 2016, pp. 1-2)

2.3. Licor de Crema

El licor de crema es una emulsión del tipo aceite en agua, de pequeñas gotas de grasa; son bebidas alcohólicas que resultan de combinar materias primas lácteas (con o sin grasa láctea), etanol, azúcar, en ciertos casos estabilizantes, colorante y sabor, además de otros ingredientes. La elaboración de este tipo de licores consiste en la adición de los mencionados componentes, sobre una base que en conjunto con la acción mecánica de agitación da lugar a la dilución de los mismos. El contenido de alcohol que confiere a estos licores rodea del 10 a 20% de etanol y generalmente el contenido de sacarosa llega hasta una concentración de 20% (Moya, 2013, p.13) (Sáenz, 2015, p.7).

Existen ciertos fundamentos que explican los fenómenos químicos que se presentan al mezclar leche con alcohol, que por lo general está relacionado con la inestabilidad que presentan, siendo este uno de los aspectos principales que afecta el equilibrio de sus componentes y por ende la vida útil de estos tipos de licores (Medina, 2017, p.4).

Por su corto periodo de vida útil que propician estos productos, generan una amplia oportunidad para que precipite la caseína, la cual es inducida por el calcio iónico propio de la leche, dando lugar a uno de los principales problemas que protagoniza este tipo de licores (Medina, 2017, p. 6) (Moya, 2013, p.13).

El componente necesario para la base de los licores de crema que puede considerarse como componente universal es la caseína, sin embargo, no todos contienen grasa láctea y existe en gran medida diversificación por la composición y naturaleza de los demás componentes que pueden contener tales como carbohidratos, aromatizantes y estabilizantes (Moya, 2013).

2.3.1 Licor con base de leche

Los licores con base de leche son bebidas que generalmente son azucaradas (con una generosa proporción de azúcar) a las cuales se le agregan diversos principios aromáticos, teniendo un contenido alcohólico superior a los 15°, a veces llegando a superar los 50°centesimales.

Su elaboración consiste en la formación de una emulsión que deberá mantenerse estable hasta el momento del consumo, y permanecer resistente al desnatado y a la formación de coágulos de grasa en el cuello de la botella, puesto que si se logra cumplir con estos requerimientos, se habra logrado obtener de manera exitosa una bebida acorde a las exigencias para este tipo de licores. (Moya, 2013, p.8)

2.3.2 Procesos de fabricación de licores de Crema

La fabricación de los licores de crema se realiza de acuerdo a las diferentes técnicas de elaboración, pero en su mayoría, las operaciones básicas comprenden: mezclado, homogenización, estandarización, alcoholización, adición de color y sabor y por último embotellamiento, no obstante, todas deben sujetarse al comportamiento esperado de la caseína con respecto a su solubilidad en presencia de etanol y otros constituyentes presentes, principalmente durante el almacenamiento (Moya, 2013).

2.4 Canario

El Canario es una bebida dulce y cremosa, con una base de leche, aguardiente de caña, y otros ingredientes. Su nombre se origina debido al color amarillo intenso de las yemas de huevo que se asemejan al de las plumas de los canarios. Por ende, es una bebida con un característico color amarillo y levemente viscosa. Es considerada una bebida típica de la ciudad de Riobamba, aunque

algunos acentúan que es proveniente del cantón Sigsig en la provincia del Azuay; además de otros pueblos cercanos a las zonas como Pallatanga, Echandía, El corazón. Sin embargo, es conocida en varias localidades del Ecuador y sobre todo en zonas rurales (Montaguano, 2012, pp. 53-54).

De acuerdo a la normativa ecuatoriana (NTE INEN 2802), el canario puede formar parte de los cocteles o bebidas alcohólicas mixtas y aperitivos que especifica la norma, además por su materia prima base que es la leche, se encuentra dentro de la clasificación que conforman los licores de crema.

2.5 Materias primas para elaboración de Canario

2.5.1 Leche

La leche es uno de los alimentos primordiales e importantes para la ingesta diaria de los seres humanos por las propiedades nutricionales que presenta. Es segregada por las glándulas mamarias de los mamíferos, con el objetivo de nutrir las crías en su primera fase de vida, está compuesta de proteínas, lactosa, grasas, vitaminas, minerales y enzimas. Estos constituyentes difieren entre sí por el tamaño molecular y por su solubilidad, tornando a la leche en un complicado sistema físico-químico (Quispe, 2018, p. 47).

En la Tabla 1-2 y Tabla 2-2 se puede apreciar algunos de los componentes principales y propiedades físicas de la leche respectivamente:

Tabla 1-2: Composición de la leche

Componentes	Composición de la leche	Composición de la leche
	en base seca (%)	fresca (%)
Agua	--	87.0
Lactosa	37.6	4.7
Grasa	30.4	4.0
Proteína	26.4	3.5
Caseína	20.8	2.6
Seroproteínas	5.6	0.6
Minerales	5.6	0.8
Fosfato de calcio	3.4	0.4

Fuente: Medina, 2017

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

2.5.1.1 Leche cruda

La leche cruda es obtenida del ordeño íntegro e higiénico de vacas sanas y bien alimentadas, sin adición ni sustracción alguna, exento de calostro y libre de sustancias extrañas a su naturaleza, destinado al consumo en su forma natural o a elaboración ulterior. Además, la leche cruda es aquella que no ha sufrido o ha sido sometida a algún tipo de calentamiento o tratamiento térmico, es decir que su temperatura no ha superado la de la leche, inmediatamente después de ser extraída de la ubre que no es más de 40°C (NTE INEN 9, 2008, p. 1).

Tabla 2-2: Propiedades físicas de la leche

Propiedad	Valor
Densidad (15°C g/cm ³)	1032
Viscosidad (15°C cP)	1.7 - 2.2
pH	6,65-6,71
Acidez (% Ácido Láctico)	0.15-0.18
Conductividad Térmica (kJ/kg°C)	3,85

Fuente: (López, 2003)

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

La viscosidad de la leche tiene gran incidencia en los derivados lácteos. Lo mismo que ocurre con la mayoría de líquidos, la viscosidad de la leche desciende con el aumento de temperatura.

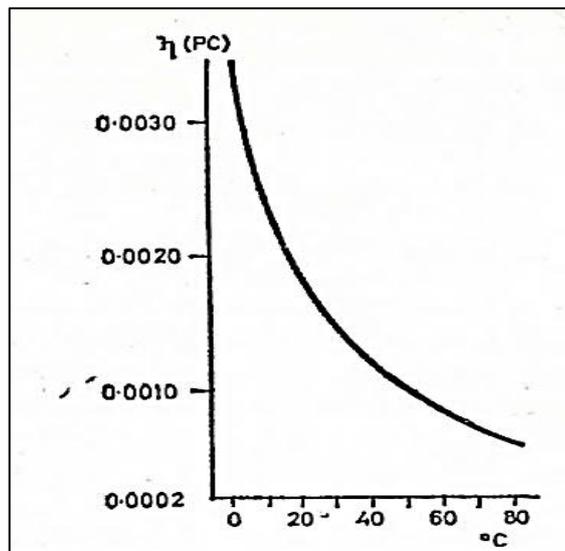


Figura 1-2: Viscosidad vs Temperatura (Leche)

Fuente: (Zavala, 2005, p. 43)

2.5.1.2 Estabilidad de la leche en presencia de etanol

Dentro de la estructura molecular de las proteínas de la leche, se denota la presencia de la caseína que tiene una estructura flexible desordenada, mientras que las seroproteínas una estructura globular compacta. La caseína puede formar polímeros complejos denominados micelas de caseína, y estas a su vez están constituidas por submicelas, todo esto debido a que la caseína presenta abundantes grupos ionizables, hidrófilos e hidrófobos. El constituyente restante de solidos micelares, tiene material inorgánico (fosfato de calcio coloidal o fosfato de calcio micelar). Además, la caseína cuenta con su fracción proteica constituida por sus cuatro componentes, α 1-, α 2-, β - y κ -caseína.

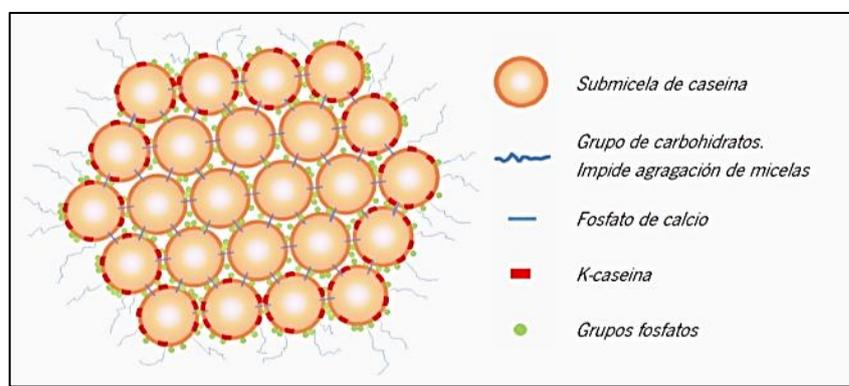


Figura 2-2: Estructura de micela

Fuente: (López, 2003)

Cuando la leche tiene pH normal (pH=6.6), las micelas de caseína presentan exceso de cargas negativas, que causa que se repelan entre sí, siendo lo que determina su estabilidad dentro de la solución, mencionada carga se encuentra controlada principalmente por la cantidad presente de calcio micelar y el calcio soluble libre (López, 2003).

El proceso molecular exacto de la afectación que sufre a nivel molecular la estructura de la proteína de la leche en presencia de etanol aun no es claro. Sin embargo, se mencionan algunas explicaciones al respecto. La primera, que la estabilidad de la leche en presencia de etanol se rige a que, a mayor contenido de Ca^{+2} la leche es menos termoestable, beneficiando de este modo la coagulación debido a las alteraciones del balance salino de ella (Holt, 1991, pp.133-134)

Otra explicación alude al hecho de que la disociación inducida de la micela de caseína por causa del etanol, se debe a la presencia del fosfato de calcio coloidal, puesto a que el etanol es menos polar que el agua, éste se encarga de disminuir la constante dieléctrica del medio, dando lugar a

las interacciones electrostáticas que juegan un papel clave en la estabilización de la micela de caseína (Ye & Harte, 2013, pp.799-803).

2.5.2 Propiedades del Huevo en licores

El huevo presenta capacidad emulsionante siendo propia de la yema debido a su estructura, por ser una emulsión del tipo aceite-agua, confiriendo gran estabilidad en las diferentes emulsiones que interviene, por su viscosidad y por la presencia de agentes tenso-activos como: lecitina, colesterol, proteínas y lipoproteínas, los cuales actúan formando una película alrededor de los glóbulos de grasa previniendo su coalescencia.

La capacidad espumante es una propiedad de la clara del huevo, siendo una emulsión agua-aire. La formación de espuma obtenida después del batido se debe a las proteínas globulinas y lisozima, que contribuyen a que se produzca alta viscosidad. Además, durante el batido es en la albumina líquida donde se atrapan las burbujas de aire y dan lugar a la espuma.

Las proteínas del huevo, interaccionan de manera que juega un papel importante en las propiedades organolépticas de los alimentos como olor, sabor, color y consistencia, por sus características físico-químicas.

Tabla 3-2: Rango usual de composición de licores de crema

Componente	% (p/p)
Grasa de Leche	2,5 – 17,0
Azúcares añadidos	15 – 20
Caseinato de sodio	2,0 – 3,5
Sólidos no grasos de leche+	1,0 – 1,4
Sólidos totales	32 – 42
Etanol (Whisky, tequila, brandy, etc)	12 – 17,0
Agua	46 - 51

Fuente: Sáenz, 2015

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Según la NTE INEN 2802 (ANEXO F), se puede usar el término “crema” a aquellas bebidas alcohólicas que contengan materias primas lácteas, y el grado alcohólico debe tener variaciones de 0.5 a 50% (Vol).

2.5.3 Aguardiente de caña rectificado

Una de las bases principales para la elaboración de licores es el aguardiente. La NTE INEN 362: Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de caña rectificado. Requisitos, indica que el aguardiente de caña rectificado corresponde al producto obtenido mediante fermentación alcohólica y destilación de jugos, además de otros derivados de la caña de azúcar, sometido a rectificación, de modo que conserve sus características organolépticas. El volumen de alcohol etílico contenidos en 100 ml de bebida (grado alcohólico volumétrico) no puede ser inferior a 30°GL.

2.6 Análisis de licores de Crema

Los análisis que generalmente se realizan a los licores de crema son los siguientes: densidad, pH, contenido de sólidos totales, viscosidad (usualmente con un viscosímetro Brookfield, a velocidad de corte constante de 79 s⁻¹ y a 30°C), estabilidad del producto (Muir y Banks, 1985).

2.6.1 Emulsión de licores de crema

Una emulsión es toda dispersión formada por dos sustancias líquidas no miscibles, una de las cuales se halla dispersa en la otra en forma de gotas pequeñísimas. Una muy conocida es la leche. Los tamaños de los diámetros de las gotas líquidas dispersas se hallan en el rango de 0,1 a 20 µm. La base láctea es el principal constituyente de los licores de crema, y dentro de ésta la emulsión grasa-soporte (agua + Dextrina). Es un tipo de emulsiones muy delicadas, esto se debe a que la emulsión grasa-soporte forma un equilibrio extremadamente inestable, siendo la naturaleza de los componentes, que los hace muy vulnerables a los cambios o modificaciones del medio en la que se utiliza (Casanova, et al., 2004, pp. 13-20).

2.6.2 Factores desestabilizantes en la emulsión de licores de crema

La calidad en los licores de crema se basa principalmente en su estabilidad y uniformidad, y son varios los factores que desestabilizan el equilibrio de la emulsión de estos licores como:

- **La maduración de Ostwald:** La principal causa de este fenómeno es la homogeneización a una presión inferior a la necesaria, para su completa dispersión, provocando en la emulsión un crecimiento de los glóbulos más grandes a expensas de los más pequeños por la diferencia de presiones internas en los mismos (Parkin, et al., 2010).

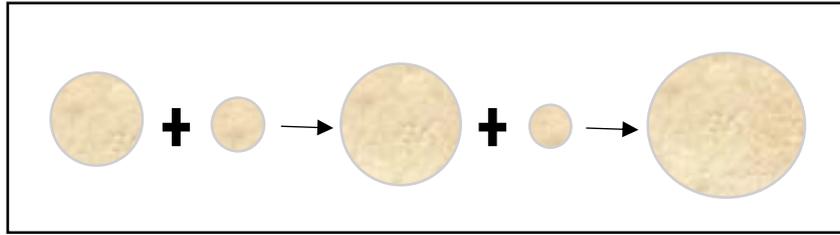


Figura 3-2: Crecimiento de los glóbulos de la emulsión

Fuente: (Moya, 2013)

- **Desnatado:** Ocasionado a causa de una deficiente homogeneización, separándose las fases debido a la diferencia de densidad, donde la fase dispersa se concentra en la parte superior (Parkin, et al., 2010).

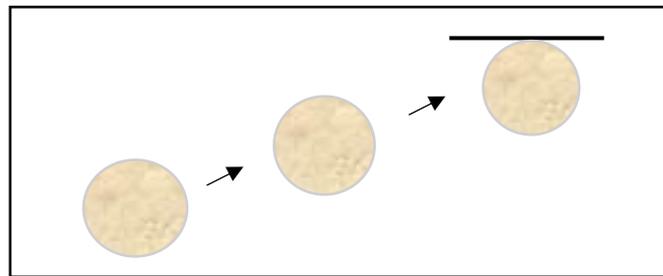


Figura 4-2: Desnatado

Fuente: (Moya, 2013)

- **Coalescencia:** Es provocada por la agitación térmica o mecánica, que consiste en la unión entre sí de las partículas de grasa a causa de choques. Además, también pueden darse coalescencia parcial donde gotas de grasa se cristaliza por efectos de la temperatura (Parkin, et al., 2010).

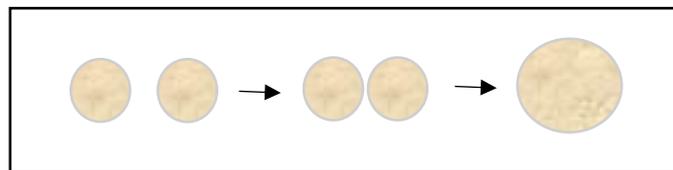


Figura 5-2: Coalescencia partículas de grasa

Fuente: (Moya, 2013)

2.6.3 Factores físico-químicos desestabilizantes de la emulsión

- **Variaciones de pH:** Puede ocasionar importantes alteraciones; la disminución del pH provoca la agregación y precipitación de la caseína que tiene un punto isoeléctrico de 4,6; incitando la separación de fases de la emulsión. Por otro lado, el aumento del pH también puede provocar

pardeamiento por reacciones de Maillard de las proteínas (Caseína) o esterificación de los aromas causando significativos cambios organolépticos. Además, el aumento del PH ocasiona el posible incremento de la viscosidad debido a cambios bacterianos o enzimáticos. (Parkin, et al., 2010).

- **Variaciones de graduación alcohólica:** Puede generar la formación de cristales de grasa en la superficie, a causa de la coalescencia parcial, inducida por la poca solubilidad de las proteínas en etanol, así como precipitación de las proteínas (Parkin, et al., 2010).
- **Agitación violenta:** Provoca principalmente coalescencia, logrando separar la fase grasa: desnatado, a más de ocasionar la incorporación de aire que podría facilitar la formación de micelas de grasa que quedan atrapadas en las gotas de aire (Parkin, et al., 2010).
- **El orden de adición de productos:** Con la finalidad de evitar problemas de solubilidad de los ingredientes es necesario adicionar los productos a la base láctea lentamente, y sobre el centro de agitación para facilitar la dispersión de los productos (Parkin, et al., 2010).
- **Temperatura de conservación y luz:** Los licores de crema deben almacenarse a temperaturas entre 5 a 20 °C y estar protegidos de la exposición a luz, para evitar la aceleración de reacciones que pueden darse como reacciones de Maillard y rancidez de la nata (Parkin, et al., 2010).

2.6.4 Atributos sensoriales de los licores de crema

- **Color y apariencia.** Los licores de crema deben tener un color limpio, natural (puede extenderse de un brillante blanco a un color de nata ligera). Sin embargo, el color que confieren a los mismos depende de los componentes adicionales, siendo el huevo para la elaboración de Canario el que le proporciona el color ligeramente amarillento. Su aspecto debe ser liso, aterciopelado, sin separación excesiva de suero. Debe ser libre del sedimento visible y de decoloración de la superficie. Los ingredientes de condimento deben ser constantes en el tamaño y color para producir la apariencia deseada de un producto terminado (Sáenz, 2015 p. 24).
- **Sabor.** Debe ser agradable, suave, aromático y libre de sabores indeseables como: rancio, oxidado, añejo y sucio. Los ingredientes de condimento serán añadidos en un nivel suficiente para impartir un sabor deseable característico al producto final (Sáenz, 2015 p. 24).

- **Consistencia.** Debe ser ligeramente viscosa, uniforme, libre de masas o grano y fácil de batir. Los ingredientes de condimento que se incorporen adicionalmente, serán consistentes en el tamaño y la distribución del producto final (Sáenz, 2015 p. 24).

2.7 Tratamiento térmico para el proceso de elaboración

El objetivo de los tratamientos térmicos es la destrucción de microorganismos, donde a mayor temperatura, existe mayor probabilidad de muerte de microorganismos y sus esporas.

Para el proceso de obtención de licores, el contenido alcohol de los mismos es importante; puesto que de esta variable depende su estabilidad. Si el contenido de alcohol se halla por debajo de 10 (p/p), mencionada estabilidad puede afectarse bacteriológicamente por ciertos lactobacilos que pueden desarrollarse en estas condiciones, para lo cual es necesario realizar tratamientos térmicos que garanticen la inocuidad del producto (Moya, 2013).

Existen varios puntos a considerar a la hora de realizar el tratamiento térmico, principalmente los parámetros relacionados a temperatura y tiempo que se deben tomar en cuenta para la pasteurización. Pueden surgir repercusiones a consecuencia del calentamiento de la leche, como disminución de pH, y otros efectos que van hasta la precipitación de caseína. Otro aspecto a tomar en consideración es la temperatura a la cual se debe realizar la alcoholización, primero por la solubilidad del fosfato cálcico que puede ser reducida en presencia de etanol, y segundo evitar una posible vaporización del alcohol, debido a las altas temperaturas, por ello debe fijarse una temperatura de alcoholización inferior a la temperatura de ebullición del mismo (68°C – 78.5°C) (Medina, 2017, p.8).

2.7.1 Proceso de Pasteurización

La pasteurización es un proceso térmico de carácter químico que se realiza a los alimentos con la intención de disminuir la presencia de microorganismos patógenos o para desactivar ciertas enzimas que modifican los sabores de los alimentos y evitar cualquier riesgo de transmitir enfermedades. Sin embargo, deben emplearse temperaturas por debajo del punto de ebullición de los alimentos para evitar su desnaturalización (Álvarez & Cedeño, 2010, p. 23).

Existen tres tipos de procesos de pasteurización: VAT o lenta, pasteurización HTST a altas temperaturas durante un breve período y proceso a altas temperaturas UHT (Álvarez & Cedeño, 2010, p.23).

➤ **Pasteurización VAT**

También se denomina pasteurización lenta y fue el primer método de pasteurización. La palabra VAT se traduce del inglés y significa tina o tinaja, puesto que se lo realizaba en grandes recipientes. El proceso consiste en calentar la leche a 85°C por 30 minutos y dejar enfriar, lo que lo hace un proceso lento para continuar con envasados del producto. Actualmente se aplican métodos más eficientes en la industria. (Chávez, 2018, p. 17)

➤ **Pasteurización HTST**

Proviene de las siglas High Temperature/Short Time, consiste en exponer al alimento a altas temperaturas durante un período de tiempo breve, es el método más utilizado, práctico, y se necesita de poco equipamiento industrial ayudando a reducir costos de mantenimiento de equipos. Sin embargo, el proceso requiere de personal altamente calificado que realice controles estrictos durante todo el proceso de producción, siendo esta su principal desventaja. La leche es sometida a una temperatura de 100°C por 15 segundos. Cuando se etiqueta a la leche como “pasteurizada” generalmente se ha tratado con el proceso HTST (Álvarez & Cedeño, 2010, p. 24).

Existen dos métodos HTST: en batch (lote) y en flujo continuo; en el proceso batch la leche es calentada en un recipiente estanco o autoclave industrial, siendo un proceso muy sencillo para pequeños productores. Mientras en el proceso de flujo continuo, se hace circular el alimento entre dos placas de metal denominadas intercambiador de calor de placas o de forma tubular (PHE) (Álvarez & Cedeño, 2010, p. 24).

➤ **Pasteurización UHT**

Este proceso es de flujo continuo y se caracteriza por exponer a la leche u otros alimentos a una temperatura de 138 °C durante un período de al menos dos segundos. Permitiendo una mínima degradación del alimento. El periodo de conservación del producto es de 10 a 45 días si se mantiene en refrigeración a 10°C. La leche que ha sido tratada por este método es etiquetada como “ultrapasteurizada” o simplemente UHT (Álvarez & Cedeño, 2010, p. 24).

2.8 Reactor tipo Batch

Un reactor es cualquier porción del espacio donde la materia circula, se intercambia y se transforma, con el objetivo principalmente de producción a nivel industrial. También se lo

denomina reactor discontinuo, intermitente o de tanque agitado y se caracteriza por no tener flujos de entrada ni de salida, es simplemente un reactor con un agitador que se encarga de homogenizar la mezcla, tienen la ventaja de ser muy flexibles en su uso puesto que son fáciles de operar, su costo de instrumentación es bajo. Este reactor suele ser utilizado a nivel industrial en pequeñas producciones o pruebas piloto (nivel de laboratorio). Su desventaja viene dada en la mano de obra utilizada para la carga y descarga principalmente (Cunill, et al., 2010, pp. 1-3).

2.8.1 Estructura de tanques agitados

Generalmente son recipientes cilíndricos, provistos de un eje vertical donde se coloca un agitador, el cual es accionado por un motor; el reactor puede o no estar cerrado. El reactor puede variar en sus proporciones según la naturaleza del fluido, en la siguiente figura se muestran las dimensiones estándar utilizadas en tanques agitados (McCabe, et al., 2003, p. 206).

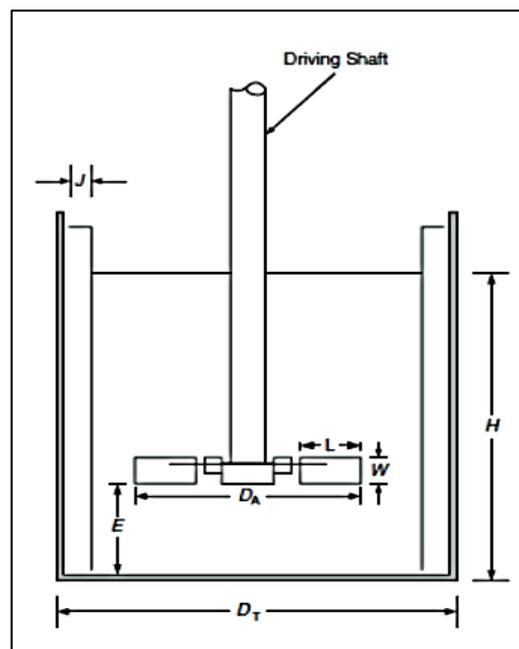


Figura 6-2: Proporciones geométricas en tanque agitado

Fuente: (Coker, 2001. p. 555)

➤ Tipos de fondos y tapas en tanques

Entre los tipos de fondos y tapas (de acuerdo a la forma que tengan) más utilizados en reactores químicos se encuentran los siguientes (Couper, 2005. p. 660):

- **Planos:** Son los utilizados para recipientes que se encuentren sujetos a presión interna o atmosférica. son de bajo costo y son ideales para almacenamiento.

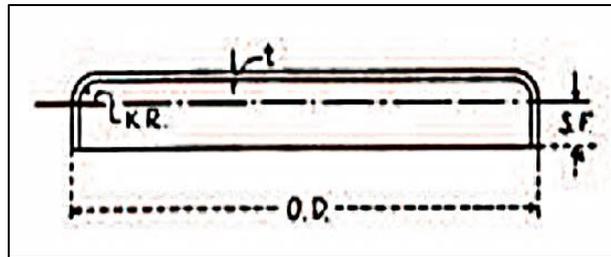


Figura 7-2: Tapa plana

Fuente: (Couper, 2005. p. 660)

- **Toriesféricos:** Son aquellos que soportan presiones manométricas y por su bajo costo son las más utilizadas.

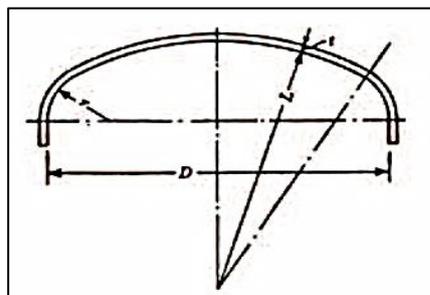


Figura 8-2: Cabezal tipo toriesférico

Fuente: (Couper, 2005. p. 660)

- **Semielípticos:** Tienen forma de elipse. Diseñada para mayores presiones que las anteriores, razón por la cual son más costosas.

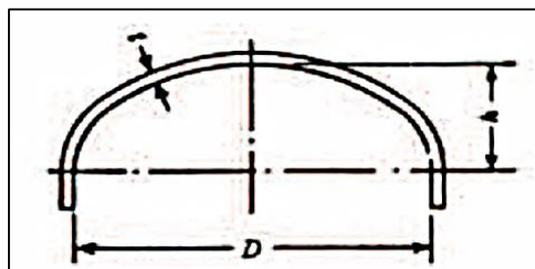


Figura 9-2: Cabezal tipo semielíptico

Fuente: (Couper, 2005. p. 660)

- **Semiesféricos:** Soportan altas presiones, tienen alto costo.

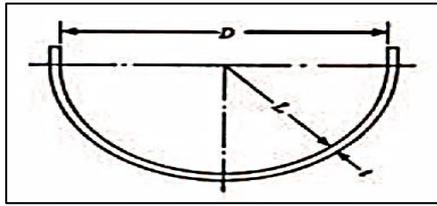


Figura 10-2: Tapa semiesférica

Fuente: (Couper, 2005. p. 660)

- **Cónico:** Su diseño es formado para aproximar la superficie de un cono recto que se apoya solamente en su periferia. Son unas de las más utilizadas del estándar API 650.

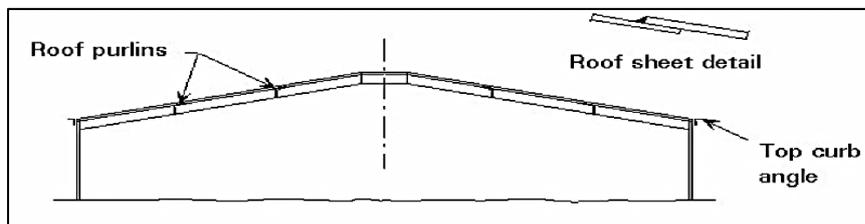


Figura 11-2: Tapa cónica autoportada

Fuente: (Couper, 2005. p. 660)

2.8.2 Placas deflectoras o baffles

Cuando un fluido es agitado a altas velocidades, se forman vórtices que desfavorecen al mezclado. Los vórtices pueden evitarse colocando el agitador en posición descentrada o con la instalación de baffles. Puesto que estos ayudan a cambiar la dirección del fluido creando un patrón de flujo desequilibrado. Considerando además que la viscosidad del fluido y el tamaño del tanque también afectan dicho patrón. En la siguiente figura se ilustran diferentes comportamientos del fluido: cuando se da la formación de vórtices con un agitador en el eje central, cuando no se tiene placas deflectoras, y agitadores radial y axial (turbina y hélice) (Coker, 2001. p. 564).

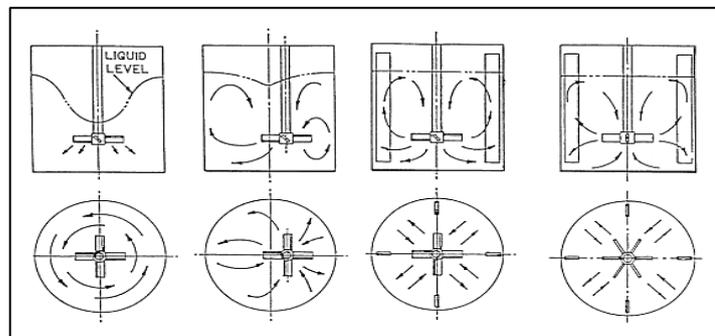


Figura 12-2: Formación de vórtices en tanques

Fuente: (Couper, 2005. p. 660)

2.8.3 Mezcla y agitación

La mezcla y agitación son acciones distintas. La mezcla consiste en la distribución al azar, de dos fases individuales o que en un inicio se encontraban separadas y después lograr que ambas fases se distribuyan al azar entre sí. Por otro lado, la agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos con movimiento generalmente circulatorio en el interior de un recipiente. La operación se utiliza para acelerar los procesos de transferencia de calor y masa (McCabe, et al., 2003, pp. 242).

La operación unitaria de agitación se realiza con diversos fines dependiendo del tipo de proceso. Estos fines comprenden:

- Dilución de partículas sólidas.
- Homogenización de líquidos miscibles (alcohol metílico y agua).
- Distribución de un gas en un líquido.
- Para formación de emulsiones con otro fluido no miscible, por ejemplo, agua y aceite.
- Distribuir el calor brindado por serpentín o chaqueta (McCabe, et al., 2003, pp. 242).

2.8.3.1 Tipos de agitadores

Para una agitación de líquidos se deben considerar ciertos factores como la viscosidad y el propósito de la agitación. Los agitadores consisten en un rodete montado en un eje y accionado por un motor eléctrico. Se presentan según el parámetro de flujo que gobierna el principio de la agitación: agitadores de flujo axial y agitadores de flujo radial (Chávez, 2018, p. 9).

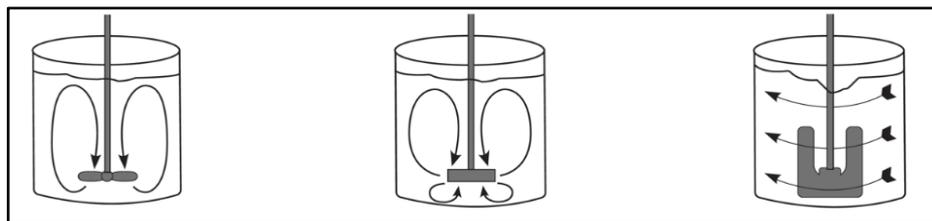


Figura 13-2: Modelos de flujo en tanques agitados: axial, radial, tangencial

Fuente: (Productos químicos del sur, 2019).

- **Agitador de flujo axial:** Crean un campo de flujo de ida y vuelta, debido a que el flujo se desprende de las placas del impulsor (45°) permitiendo la recirculación y luego retornando hasta la zona central de las palas. Este tipo de flujo cuenta con un Reynolds de entre 200 a 600, y cuando el número de Reynolds disminuye se convierte en flujo radial. Estos tipos de agitadores contienen a todos los que tienen palas que forman un ángulo menor de 90° con el

plano perpendicular al eje. Siendo las hélices y turbinas de palas inclinadas las más distintivas de este tipo de agitadores (McCabe, et al., 2003).

- **Agitadores de flujo radial:** Éstos incluyen palas (o aspas) paralelas al eje del motor, siendo los más característicos para este tipo, los de palas planas. Crean un flujo radial para cualquier Reynolds y suministran alta velocidad de forma tangencial, pero baja capacidad de impulsión.

En los diferentes procesos industriales de mezclado, la velocidad tangencial no constituye un factor de importancia, pero si se espera que la capacidad de impulsión sea lo mayor posible. Por ende, este tipo de agitador no es de uso habitual en industrias, siendo los más utilizados los que maximizan el flujo y minimizan la velocidad tangencial (McCabe, et al., 2003).

- **Agitadores de hélice:** es un agitador de flujo axial, que opera con alta velocidad y se utiliza para líquidos pocos viscosos. Los agitadores de hélice más pequeños, giran a toda la velocidad del motor, unas 1.150 ó 1.750 rpm; los mayores giran de 400 a 800 rpm. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque (McCabe, et al., 2003).

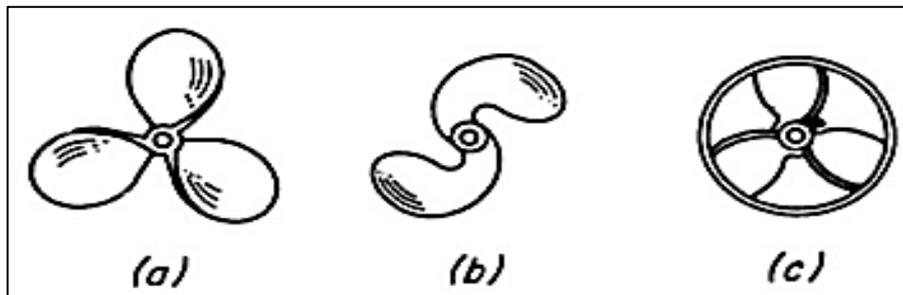


Figura 14-2: Agitadores de hélice

Fuente: (McCabe, et al., 2003)

- **Agitadores de Turbina:** Gira sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El rodete puede ser abierto, o cerrado. El diámetro del rodete va del orden del 30 al 50% del diámetro del tanque. Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio rango de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen intensas corrientes. En la siguiente figura se visualizan algunos tipos de agitadores de turbina: (a) Abierto de palas verticales, (b) De disco con álabes, (c) De paletas verticales curvas, (d) Cerrado de paletas curvas con un anillo difusor (McCabe, et al., 2003).

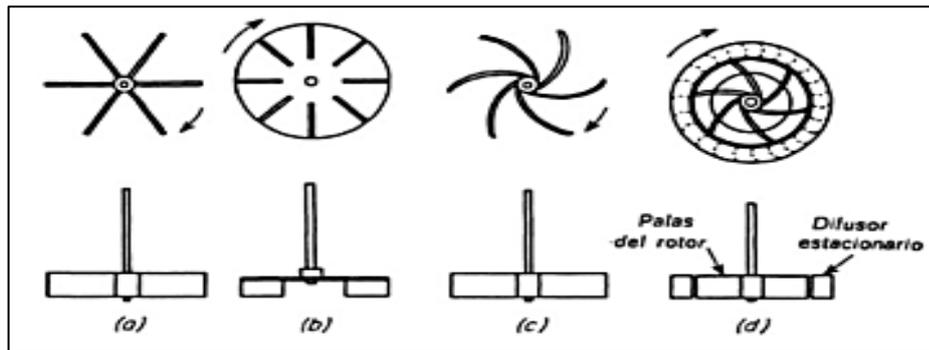


Figura 15-2: Agitadores de turbina.

Fuente: (McCabe, et al., 2003)

- **Agitadores de Paleta:** Es un agitador eficaz, gira sobre un eje vertical, está formado por una paleta plana, siendo muy útil para problemas sencillos. También son comunes los agitadores de dos y 3 paletas. Las palas giran en el centro del tanque a velocidades bajas o moderadas, impulsando al líquido radial y tangencialmente, pero no con movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las palas estén inclinadas (axial), las cuales son recomendables para gotas de menor tamaño con respecto a una emulsión (McCabe, et al., 2003).

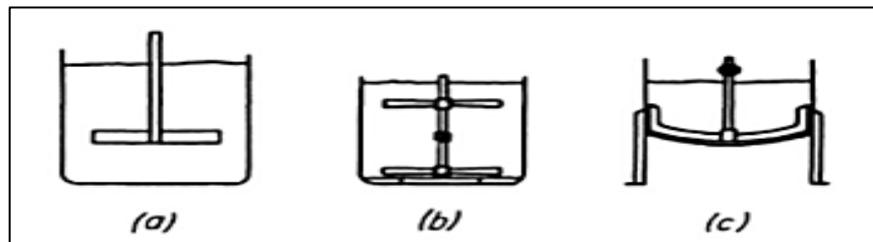


Figura 16-2: Agitadores de paleta

Fuente: (McCabe, et al., 2003)

2.8.3.2 Rangos de viscosidades según el tipo de agitador

La viscosidad es un factor determinante para la selección del tipo de agitador por ende en la siguiente tabla se detallan los valores de viscosidad según el tipo de agitador:

Tabla 4-2: Rangos de viscosidad para cada tipo de agitador

Tipo de Agitador	Viscosidad (pascales por segundo)
Turbinas	< 100
Paleta modificada	50 - 100
Helicoidales	> 500

Fuente: Raxón, 2013

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

2.8.3.3 Potencia de agitación

La potencia necesaria que se requiere para mover el eje del agitador es designada por las relaciones empíricas para el diseño del reactor. La determinación de la potencia se basa en la definición del número de Reynolds y su aplicación en gráficas de método experimental, y depende de variables como dimensiones principales del tanque y de las paletas, propiedades físicas del fluido (viscosidad y densidad del fluido) y RPM del agitador.

➤ **Número de Reynolds**

Es una expresión adimensional que permite caracterizar el movimiento de un fluido, puesto que define si el carácter del fluido que se agita es turbulento o laminar. Relaciona densidad, viscosidad, velocidad y la dimensión típica de un flujo. El tipo de régimen se define de la siguiente manera (McCabe, y otros, 2007):

Régimen laminar: $Re < 300$, para fluidos muy viscosos

Régimen transitorio: $300 < Re < 10000$

Régimen turbulento: $Re > 10000$

➤ **Numero de potencia**

Se relaciona entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor (fuerzas externas) y la fuerza de inercia aplicadas al fluido. Su valor adimensional es obtenido mediante gráficas para cada tipo de agitador correlacionando con Reynolds (Chávez, 2018. p. 18).

➤ **Numero de caudal**

El número de flujo es un numero adimensional que permite apreciar la capacidad de bombeo o caudal que atraviesa el plano del agitador (Castillo, 2013. p. 39).

2.9 Balance de masa y energía en el proceso

El balance de materia implica la aplicación de la ley de conservación de la masa: “La materia no se crea ni se destruye”. Un balance de materia no es más que una contabilización de material. El balance tanto de ingreso como de salida del producto debe ser monitoreada. La potencia del agitador como el tiempo de reacción dependerán también de la cantidad de materia que ingresa al reactor (Mosquera & Muñoz, 2017. pp. 17-18).

El balance de energía en reactores es importante para conocer las necesidades energéticas exigidas por el proceso y se refleja en los flujos de energía entre los alrededores u operaciones y el proceso como tal, en el que la temperatura del reactor se mantenga dentro de los intervalos deseados (Mosquera & Muñoz, 2017. pp. 17-18).

2.10 Transferencia de calor

La transferencia de calor es el proceso por el cual se da el intercambio de energía en forma de calor desde cuerpos calientes a fríos. En las industrias de procesos químicos es común calentar o enfriar los fluidos de un proceso operando en recipientes tipo batch, donde el flujo de calor y la temperatura varían en función del tiempo en un punto fijo. En dichos procesos las variables son el tipo de superficie, tiempo y temperatura. El tiempo de transferencia de calor puede reducirse al aumentar la agitación del fluido, la tasa de circulación del medio de transferencia de calor (chaqueta o serpentín), y el área de transferencia de calor. (Coker, 2001. p. 636).

Al momento de analizar el proceso de transferencia de calor, se deben considerar suposiciones para facilitar el cálculo como:

- El coeficiente de transferencia de calor global U es constante para el proceso.
- Los caudales de líquido están en estado estable.
- Los calores específicos son constantes para el proceso.
- El medio de calentamiento o enfriamiento tiene una temperatura de entrada constante.
- La agitación proporciona una temperatura uniforme del fluido del lote.
- Las pérdidas de calor son insignificantes y no hay cambio de fase (Coker, 2001. p. 636).

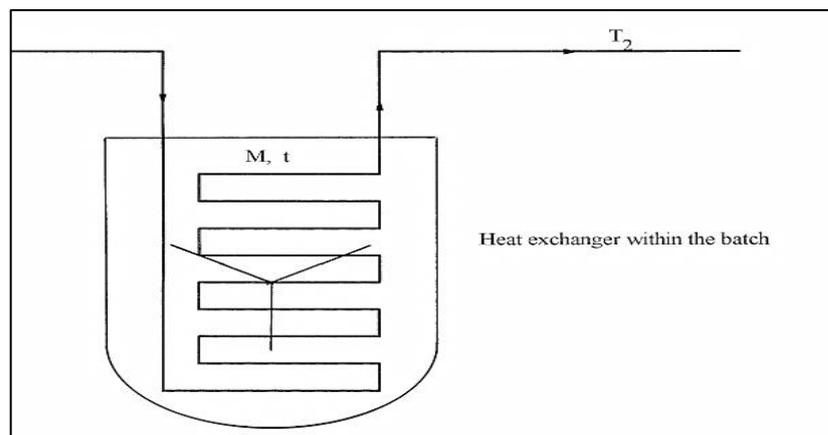


Figura 17-2: Transferencia de calor en reactor tipo batch agitado

Fuente: (Coker, 2001. p. 638).

2.10.1 Mecanismos de transferencia de calor

La energía en forma de calor puede transferirse mediante tres mecanismos: conducción, convección y radiación.

2.10.1.1 Transferencia de calor por Convección

Es la transferencia de energía, entre la superficie de un sólido y un fluido adyacente debido a que este último, se encuentra en movimiento. Mientras más rápido sea el movimiento del fluido, mayor será la transferencia de calor por convección. Siendo un parámetro que se calcula de manera experimental (Conesa, 2013. pp. 6-8).

2.10.1.2 Transferencia de calor por Conducción

Es la relación de la tasa de transferencia de calor con el gradiente de temperatura, el cual se basa en el contacto directo entre dos cuerpos donde el calor se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura por el movimiento cético de las moléculas o el impacto directo entre cuerpos (Conesa, 2013. pp. 4-6).

2.10.1.3 Transferencia de calor por Radiación

Existen varios fenómenos de radiación, entre los cuales se encuentra la radiación térmica donde la transferencia de calor ocurre en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz. Este mecanismo depende de la naturaleza de la superficie y de la temperatura absoluta a la que se encuentre (Conesa, 2013. pp. 4-6).

2.11 Transferencia de calor en reactores con agitador

En los reactores tipo batch, puede suministrarse calor al sistema por medio de un serpentín o una chaqueta que recubre al reactor, el cuál proporciona un área de transferencia grande debido a sus vueltas y a un bajo costo (Coker, 2001. p. 616).

La tasa de transferencia de calor entre un fluido y un recipiente depende de las propiedades del fluido (densidad, viscosidad, calor específico, etc.), medio de calentamiento (o enfriamiento), geometría del reactor y grado de agitación. (Coker, 2001. p. 616).

➤ Serpentes de Tubos

Es uno de los medios más económicos para la transferencia de calor. Para ello es necesario determinar el área de transmisión de calor requerida para que la temperatura del líquido contenido dentro del reactor aumente, disminuya, o se mantenga constante en un tiempo determinado. En la zona baja del recipiente se sitúan los serpentines de calentamiento, y en la parte alta los de enfriamiento. Pueden estar colocados de manera que faciliten su drenaje (Coker, 2001. p. 620).

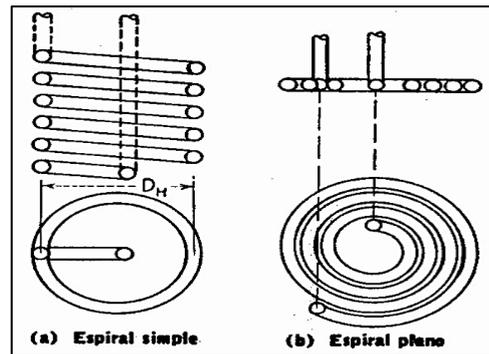


Figura 18-2: Serpentes de tubos

Fuente: (Couper, 2005. p. 564).

➤ Reactor con chaqueta

Son utilizados cuando se requiere de limpieza frecuente del reactor, o a su vez cuando se dificulta colocar en el interior serpentines. Con una camisa o chaqueta se tendrá un mejor coeficiente global de transmisión de calor que los serpentines externos. Sin embargo, se dispone de área limitada para que se lleve a cabo la transmisión de calor, y el fluido líquido no mantiene sus características uniformes en el interior de la chaqueta (Coker, 2001. p. 620).

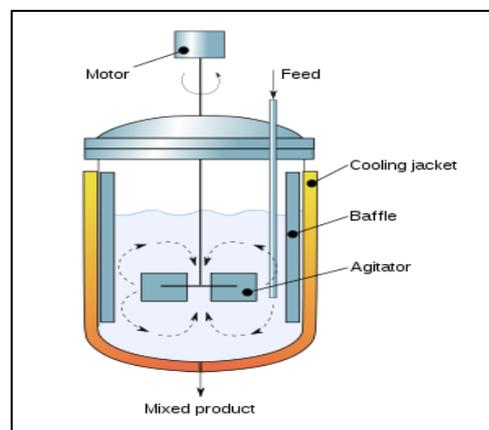


Figura 19-2: Reactor Batch con chaqueta

Fuente: (Mosquera & Muñoz, 2017. pp. 17-18)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

El presente proyecto, tiene como línea de base la aplicación de técnicas y métodos, que dan lugar primeramente a la recopilación de información sobre las características y propiedades del Canario, debido a que no se cuenta con algún estudio referente a esta bebida en específico, beneficiando de esta manera al desarrollo del proyecto. Además, se requirió de un proceso experimental para una correcta obtención de variables de proceso, que se verán representadas en el óptimo diseño del equipo y su simulación.

En base a las características de la materia prima a procesar (leche cruda) y demás componentes que dan lugar al producto final deseado (Canario), mediante la recolección de información se llevará a cabo el ensayo experimental y finalmente establecer el diseño del reactor.

3.2 Métodos y Técnicas

3.2.1 *Métodos*

- **Método deductivo**

Según las necesidades que se presentan para la obtención del producto hasta el objetivo final de diseño y simulación del equipo, se recolecta la información requerida partiendo de los fundamentos de transferencia de calor, operaciones unitarias, reacciones químicas, y cálculos básicos para el correcto manejo de las variables que se llevan a cabo durante el proceso.

- **Método Inductivo**

Éste permite obtener conclusiones generales a partir de conjeturas particulares planteadas. En este trabajo de titulación se estudia el proceso de la leche y demás componentes para obtener canario. Para ello se establece las características de la materia prima a usar, parámetros y variables del proceso de elaboración de Canario; bajo dichas condiciones, se analizan las alternativas de diseño

del reactor batch y finalmente se constata mediante simulación que los parámetros determinados cumplen con la buena operatividad del reactor.

- **Método Experimental**

Mediante un enfoque experimental se realizó ensayo a nivel de laboratorio; y a partir de diferentes técnicas y materiales se efectuó la transformación de la materia prima para obtener el producto deseado. Lo cual permite manipular y controlar las variables involucradas en el proceso como temperatura, tiempo, entre otras, que rigen sobre el diseño del equipo.

3.2.2 Técnicas

➤ Materia Prima

Tabla 1-3: Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Resultado	Método de ensayo
Densidad relativa a 15°C a 20 °C	g/mL	1,029 1,028	1,032 1,033	1,028	NTE INEN 11
Materia grasa	% ¹	3	-	1,7	NTE INEN- ISO 2446
Acidez titulable como ácido láctico	%	0,13	0,17	0,126	NTE INEN 13
Sólidos totales	%	11,2	-	90,5	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	%	8,2	-	----	*
Cenizas	%	0,65	-	----	NTE INEN 1
Punto de congelación (punto crioscópico)	°C	-0,536	-0,512	-----	NTE INEN- ISO 5764
Proteínas (N*6,38)	%	2,9	-	2,82	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)**	h	4	-	6 h Muy buena	NTE INEN 18
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	Para leche destinada a pasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen; y para la leche destinada a ultrapasteurización				NTE INEN 1500
MICROBIOLÓGICO					
Recuento de	UFC/mL	-----	1,5x10 ⁶	1,2x10 ³	NTE INEN

microorganismos aeróbios mesófilos					1529-5
Coliformes totales	UFC/mL	10			NTE INEN 1529-7
Escherichia Coli	UFC/mL	Ausencia			NTE INEN 1529-8

Fuente: NTE INEN 9:2008. Leche cruda.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 2-3: Determinación de densidad de la leche

	Materiales	Procedimiento
Densidad Relativa	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta • Termómetro • Baño de agua, con regulador de temperatura, ajustado a 0.5°C a 20°C. • Balanza analítica, (sensibilidad al 0.1mg). 	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinar la probeta y verter la muestra hasta llenar la probeta completamente de manera que no se forme espuma. • Introducir la probeta en baño de agua, con la relación 1 a 3 cm, debajo del borde de la probeta. • Estabilizar la temperatura de la leche con variación máxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, y determinar su valor mediante registrándolo como t. • Sumergir el lactodensímetro suavemente hasta que llegue cerca de su posición de equilibrio sin que se adhiera a las paredes de la probeta. • La zona de lectura del lactodensímetro debe estar por encima de la parte superior de la probeta. • Leer la medida de graduación del menisco superior y registrar su valor como d. • Realizar los cálculos.

Fuente: NTE INEN 11. Leche. Determinación de la densidad relativa

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 3-3: Determinación de pH

	Materiales	Procedimiento
pH	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente • Vaso de precipitación • Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el potenciómetro • Tomar la medida del pH de la leche.

Fuente: Manual de procedimientos para la vigilancia y control de la inocuidad de leche cruda, 2013.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 4-3: Determinación de proteína láctea

	Materiales	Procedimiento
Proteína Láctea	<ul style="list-style-type: none"> • 2 vasos de precipitación 250 ml • Termómetro (0 – 150 °C) • Probeta 250 ml • Pipeta 10 ml • Pipeta 5 ml • Bureta de 25 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 50 ml de leche en cada vaso de precipitación. • Agregar 2 ml de oxalato de potasio (28 %). • Añadir en el primer vaso 1 ml de solución de sulfato de cobalto (5 %) para comparar color. • Agregar al segundo vaso 0,5 ml. de fenolftaleína y titular con 0,25 N de NaOH hasta el color del primer vaso. • Añadir 10 ml de formalina neutralizada al 40% • Titular con NaOH 0,143 N hasta el color de comparación para neutralizar la muestra.

Fuente: NTE INEN 16:2015. Leche y Productos Lácteos. Determinación de contenido de Nitrógeno.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 5-3: Determinación de grasa láctea

	Materiales	Procedimiento
Grasa Láctea	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta • Butirómetro Gerber • Baño de agua María • Centrífuga 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentar la muestra y luego agregar con cuidado 10 ml de H₂SO₄ en el Butirómetro. • Añadir 10,94 ml de muestra, reposar por 3 min. • Agregar 1 ml de alcohol amílico • Tapar agitar y centrifugar • Retirar de la centrifuga y colocar en baño María a 65 °C en un intervalo de 4 a 10 min.

Fuente: NTE INEN 12:1973 Leche. Determinación del contenido de grasa.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 6-3: Determinación de acidez

	Materiales	Procedimiento
Acidez	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Bureta • Estufa • Matraz Erlenmeyer • Matraz aforado • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentar la muestra • Lavar y secar el matraz Erlenmeyer en la estufa a 103 °C • Enfriar y pesar • Añadir 20 g de muestra en el matraz • Titular con NaOH al 0,1 N, agitando hasta que el color rosado perdure por 30 segundos • Hacer cálculos

Fuente: NTE INEN 13:2006. Leche. Determinación de la Acidez Titulable.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

➤ Producto

Las características estándar de los licores de crema se basan en estudios obtenidos de una investigación de las principales marcas de licores cremosos irlandeses (cuna de licores de crema). A continuación, se presentan los principales parámetros de análisis:

Tabla 7-3: Análisis de parámetros de Licores de Crema

Parámetro	Valor
pH	6.25 - 6.90
Viscosidad	26-29 mPa.s
Cantidad de Sólidos	39.5 - 39.6
Grado alcohólico	17%

Fuente: Moya, 1996

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

La bebida alcohólica Canario según la Normativa NTE INEN 1837: Bebidas Alcohólicas. Licores, se encuentra en la clasificación de licores tipo crema por la base láctea que la conforma en gran parte, y según la normativa NTE INEN 2802: licor de crema este licor cumple con los requisitos prescritos en mencionadas normativas como se detalla en la siguiente tabla a continuación:

Tabla 8-3: Requisitos fisicoquímicos del Canario

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	0,5	50	NTE INEN 340
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	3	-	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	0,13	0,17	NTE INEN 2014
El volumen 100 cm ³ corresponde al alcohol absoluto				

Fuente: NTE INEN 2802:2015. Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 9-3: Requisitos microbiológicos para el Canario

Requisitos	Unidad	Resultado	Método de Ensayo
Mohos y Levaduras ^a	UFC/ml	10	NTE INEN 1529-10
Salmonella ^b	UFC/ml	Ausencia	NTE INEN 1529-15
^a Cocteles o bebidas alcohólicas mixtas o aperitivos elaborados con vino o cerveza.			
^b Cocteles o bebidas alcohólicas mixtas o aperitivos que tengan huevo, leche o chocolate.			

Fuente: NTE INEN 2802:2015. Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

3.3 Caracterización de la materia prima

La leche cruda empleada para este proyecto fue adquirida de la misma Planta de Lácteos, la cual cumple con los requisitos físico-químicos y microbiológicos; correspondientes a la normativa INEN 9 (Ver ANEXO D):

Tabla 10-3: Resultados de la caracterización de la leche según NTE INEN 9. Leche cruda

Requisitos	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Densidad relativa a 15°C a 20 °C	g/mL	1,030	NTE INEN 11
Materia grasa	%	1,7	NTE INEN-ISO 2446
Acidez titulable como ácido láctico	%	0,126	NTE INEN 13
Sólidos totales	%	90,5	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	%	----	*
Cenizas	%	----	NTE INEN 1
Punto de congelación (punto crioscópico)	°C	-----	NTE INEN-ISO 5764
Proteínas (N*6,38)	%	2,82	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)**	h	6 h Muy buena	NTE INEN 18
MICROBIOLÓGICO			
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos	UFC/mL	1,2x10 ³	NTE INEN 1529-5
Coliformes totales	UFC/mL	10	NTE INEN 1529-7
Escherichia Coli	UFC/mL	Ausencia	NTE INEN 1529-8

Fuente: Norma INEN NTE 9:2008.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

3.4 Elaboración de Canario a nivel de laboratorio

Para la elaboración de canario se realizó análisis físico químico y microbiológico a la leche cruda, que cumplen con la norma NTE INEN 009.

Posteriormente, mediante el uso de las instalaciones del laboratorio de la Planta de lácteos se procedió a realizar el canario. En primera instancia, luego del tamizado de la leche cruda, se realizó la pasteurización de la leche, a 85°C durante 30 minutos.



Figura 1-3: Medición de temperatura

Realizado por: Valencia Grefa Luisa, 2021

A continuación, se procedió a la adición de panela y especias (aliños dulces), los mismos que le darán un sabor agradable. Después se dejó enfriar la leche para poder filtrar, permitiendo retirar las especias y así la bebida tenga consistencia homogénea y sin sólidos presentes.



Figura 2-3: Leche con especias y panela

Realizado por: Valencia Grefa Luisa, 2021

Luego, antes de calentar nuevamente la leche a 60°C, se añaden las claras de huevo a punto de nieve, y después las yemas y esencia de vainilla, que le confieren el color a la bebida, dicho calentamiento se llevó a cabo por 20 min, mientras se mezcla mecido constantemente para que se integren todos los componentes.



Figura 3-3: Adición de claras y yemas de huevo

Realizado por: Valencia Grefa Luisa, 2021

Transcurrido el tiempo y conforme la bebida se muestre uniforme, se procede a enfriar hasta 30°C, y se añadió el alcohol tomando en cuenta su temperatura de volatilidad (75°C). Luego se mezcla completamente por unos minutos.



Figura 4-3: Licor Canario

Realizado por: Valencia Grefa Luisa, 2021

La textura de la bebida es uniforme y por último es envasada a temperatura ambiente en botellas o recipientes de vidrio para su mejor conservación.

El proceso para la elaboración de canario se encuentra plasmado en el siguiente diagrama de bloques (Figura 5-3):

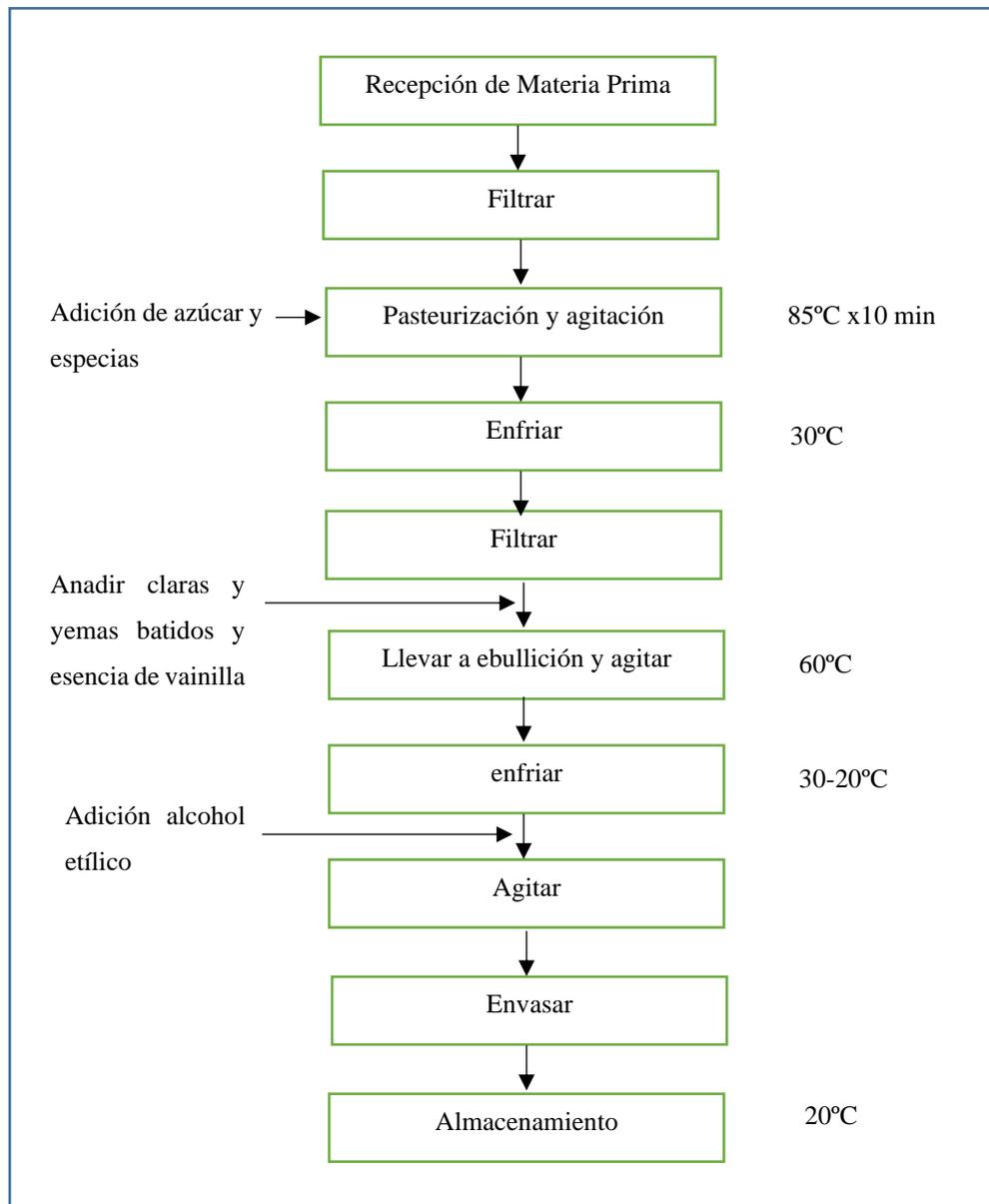


Figura 5-3: Elaboración de Canario

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

3.5 Formulación de Canario

Se tomó como base la formulación tradicional del Canario proporcionada por la Planta de Lácteos, y revisión bibliográfica como la presentada en la Tabla 2-2. Luego de realizar el correspondiente ensayo preliminar, para obtener los valores de insumos necesarios para el proceso, se obtuvieron los datos finales de insumos y sus proporciones; para su posterior evaluación en cuanto a propiedades físicas, químicas y sensoriales basada en normativa.

Se hizo la relación con una cantidad de leche de 10 litros y luego se extrapoló a la cantidad de 70 litros como se muestra a continuación:

Tabla 11-3: Formulación de Canario a nivel de laboratorio

Aditivos	Cantidad
Leche	10 LITROS
Panela	2,5 kg
Condimentos / aliños dulces	0,12 kg
Huevos	2,2 kg (36 u)
Esencia de Vainilla	0,08 L
Etanol (Aguardiente de Caña 40° GL)	3 L
Total de Canario obtenido	14,25 L

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 12-3: Escalamiento de la formulación de Canario

Aditivos	Cantidad
Leche	70 LITROS
Panela	17,5 kg
Condimentos / aliños dulces	0,84 kg
Huevos	15,4 kg (216 u)
Esencia de Vainilla	0,56 L
Etanol (Aguardiente de Caña 40° GL)	21 L
Total de Canario obtenido	100 L

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

El escalamiento de la formulación de canario, una vez establecidos los parámetros de control para su elaboración, se maximiza a una producción de 14,25 a 100 L de canario, como se especifica en las tablas.

3.6 Variables y parámetros de proceso y diseño

Las variables involucradas en el presente diseño se definen en base a la naturaleza dependiente o independiente de las mismas, y los parámetros arrojados a nivel de laboratorio como la viscosidad que fue obtenida experimentalmente y los demás parámetros se visualizan en el ANEXO C. Tanto las variables como los parámetros se exponen a continuación:

Tabla 13-3: Variables y parámetros del proceso y diseño

Variable		Descripción	Valor
Variables Dependientes	<i>Temperatura</i>	En todo el proceso es necesario controlar temperatura tanto de pasteurización como de cocción.	60°C - 83°C
	<i>Velocidad de agitación</i>	Necesaria para que se efectúe una agitación eficiente.	100 rpm
	<i>Capacidad del Reactor</i>	De esta variable depende el diseño del equipo.	117 L
Variable Independiente	<i>Tiempo de mezcla</i>	Corresponde a la duración de la operación.	-----
Parámetros		Descripción	Valor
	<i>Viscosidad</i>	Parámetro que influye directamente en las características de agitación.	29 cP
	<i>Densidad</i>	Los demás parámetros al igual que el anterior forman parte de las características que definen la calidad del producto final.	1,28 g/ml
	<i>pH</i>		6,30
	<i>°Brix</i>		29,6
	<i>°GL</i>		17%

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

3.7 Datos adicionales de experimentación

Tabla 14-3: Conductividad térmica del material del reactor

Característica	Valor
Conductividad Térmica de Acero inoxidable AISI 304	16,3 W/ m K

Fuente: Mosquera & Muñoz, 2017

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 15-3: Datos del caldero

Característica	Valor
Presión de trabajo	45 psi
Temperatura de Salida	91 °C

Fuente: Planta de Lácteos Tunshi

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 16-3: Datos Experimentales

Característica	Valor
Temperatura de Pasteurización	83 °C
Temperatura de Cocción	60 °C

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

3.8 Cálculos de Ingeniería para el diseño del reactor

3.8.1 Dimensionamiento del tanque del reactor

➤ Cálculo de diámetro de tanque

Teniendo como dato un volumen de producción deseado de 100 L, y considerando una estructura de forma cilíndrica, se hace uso de la siguiente fórmula (Coker, 2001. P. 586):

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \quad \text{Ec. 1-3}$$

Donde:

Dt = diámetro del tanque

V = volumen de producción

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0,1\text{m}^3}{\pi}}$$
$$Dt = 0,50 \text{ m}^3$$

➤ Cálculo de altura del líquido

El parámetro estándar de diseño indica la relación $Dt = h_L$, la cual se corrobora aplicando la fórmula del volumen del cilindro, como sigue:

$$V = \frac{\pi \times \emptyset^2 \times h}{4} \quad \text{Ec. 2-3}$$

Donde:

V = volumen

h = altura

\emptyset = diámetro

$$h_L = \frac{4 \times V}{\pi \times Dt^2} \quad \text{Ec. 3-3}$$

$$h_L = \frac{4 \times 0,1 \text{ m}^3}{\pi(0,5 \text{ m})^2}$$

$$h_L = 0,5 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de altura del tanque**

Para la determinación de la altura del reactor se toma como referencia de diseño $Dt=h_L$ y se aplica un factor de seguridad de 20 % para que el líquido no quede al mismo nivel que la altura del tanque, resultando la siguiente expresión:

$$h_t = 1,2 Dt \quad \text{Ec. 4-3}$$

$$h_t = 1,2 \times 0,5 \text{ m}$$

$$h_t = 0,60 \text{ m}$$

➤ **Cálculo del volumen del tanque**

Con una altura del tanque de 0,60 m la capacidad total del reactor queda como sigue:

$$V_t = \frac{\pi \times \emptyset^2 \times h_t}{4} \quad \text{Ec. 5-3}$$

Donde:

V_t = volumen del tanque

h_t = altura del tanque

$$V_t = \frac{\pi \times (0,5 \text{ m})^2 \times 0,60 \text{ m}}{4}$$

$$V_t = 0,117 \text{ m}^3$$

3.8.2 Selección del sistema de agitación

El cálculo para el diseño del agitador se basa principalmente en el diámetro del reactor, viscosidad del fluido, además de potencia del motor, número de Reynolds y dimensionamiento del eje de rotación y aspas. La forma cilíndrica del tanque seleccionada cumple con la finalidad de eliminar regiones donde no penetrarían las corrientes del fluido (Colina).

Luego de contar con las principales dimensiones del tanque, se dispone a la selección del agitador de acuerdo a la viscosidad del fluido que se va a mezclar como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17-3: Tipos de agitadores para viscosidad baja – media

Tipo de rodete	Viscosidad [Pa.s]
Ancla	$10^{-1} - 2$
Hélice	$10^{-3} - 10^1$
Turbina	$10^{-3} - 3 \times 10^1$
Paletas	$10^{-1} - 3 \times 10^1$

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Fuente: Chávez, 2018

La bebida Canario tiene una viscosidad de 0,029 Pa.s y una densidad de 1280 kg/m³. Además, tomando como referencia la Tabla 2-3, donde el valor de la viscosidad promedio de los licores de cremas oscila entre 0,026 a 0,029 Pa.s, permitiendo asegurar la selección del tipo de agitador. Según los datos anteriores se presentan dos opciones para elegir el tipo de agitador: hélice o turbina.

Es necesario analizar el patrón de flujo que caracteriza a cada tipo de agitador. Por ello, a continuación, en la Tabla 11-3, se detallan comparaciones entre los rodetes de hélice y turbina para escoger la opción más conveniente, basada en sus principales características:

Tabla 18-3: Comparación entre Agitadores de Hélice y Turbina

Tipo de rodete	Características	Ventajas	Desventajas
<i>Hélice</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo Axial • Líquidos pocos viscosos. • Velocidad >400rpm 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo en 3 direcciones • Flujo turbulento que ayuda a agitación y mezcla • No necesita Placas deflectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de hélice más complejo • Costo elevado • Eficaz en tanque de tamaño mayor a 1500 m³
<i>Turbina</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo Radial • Minimiza fuerza cortante • Velocidad de 50-500 rpm 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad de mezcla • Costo moderado • Facilidad de ubicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita placas deflectoras • Pueden producir remolinos • Produce Vórtice

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Fuente: (McCabe, et al., 2007) (Colina, S)

Según (Colina, S.) los componentes que contribuyen principalmente a la mezcla son las velocidades radial y longitudinal. Mientras que la velocidad rotatoria solo hace que el líquido de vueltas sin llegar a mezclarse (desaprovechando la potencia), dando lugar a vórtices y remolinos.

Se ha constatado que con patrones de flujo mezclados (axial y radial), se obtiene un tiempo de mezcla de un 20% menor que con un solo patrón de flujo, siendo recomendado utilizar mencionados patrones para un óptimo proceso de mezcla. (Coker, 2001. p.567)

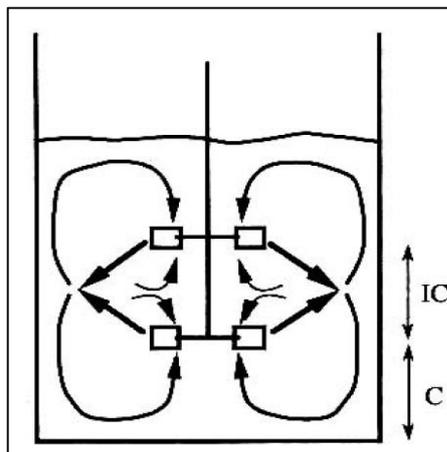


Figura 6-3: Patrón de flujo mezclado

Fuente: (García & Jáuregui, 2006. p.100)

De acuerdo a la viscosidad se puede seleccionar un agitador de turbina o hélice. Sin embargo, en función de las características antes mencionadas y la naturaleza de los componentes, se requiere una agitación de flujo axial y radial, para una buena mezcla; además, la naturaleza de los componentes hace que el patrón de flujo mixto permita obtener mejor uniformidad que es una de las finalidades del proceso. Por ende, el tipo de agitador indicado, es el de turbina de palas inclinadas (45°), y en conjunto con la instalación de baffles, se evita la formación de vórtices, ofreciendo la función deseada.

Tabla 19-3: Agitador de turbina de paletas inclinada (45°)

Descripción	4 palas inclinadas en dirección del flujo.
Campo de flujo generado	Axial / Radial
Régimen alcanzado	De transición / Turbulento
Viscosidad del medio	30 - 300 Pa·s
Np (Número de potencia)	1,25

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Fuente: (Castillo, 2013. p.19) (Coker, 2001. p.567)

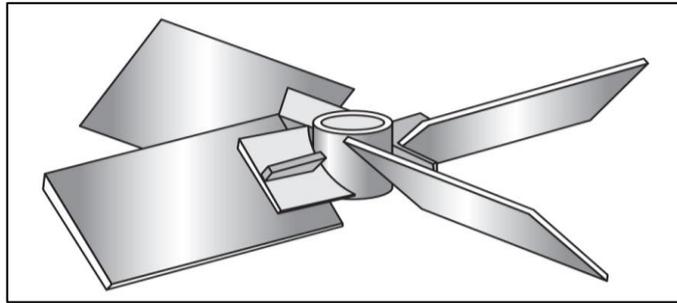


Figura 7-3: Agitador de Turbina palas inclinadas (45°)

Fuente: (McCabe, et al., 2007).

3.8.3 Cálculos para agitador: turbina inclinada (45°)

Para el diseño del sistema de agitación se tiene como base las correlaciones principales del desempeño de los agitadores, y está formado por variables como: Diámetro del estanque (D_t), Diámetro del agitador (D_a), altura del fluido (H), ancho de las placas deflectoras (J), distancia desde el fondo del estanque hasta el impulsor (E). Se presentan las partes del mismo a continuación:

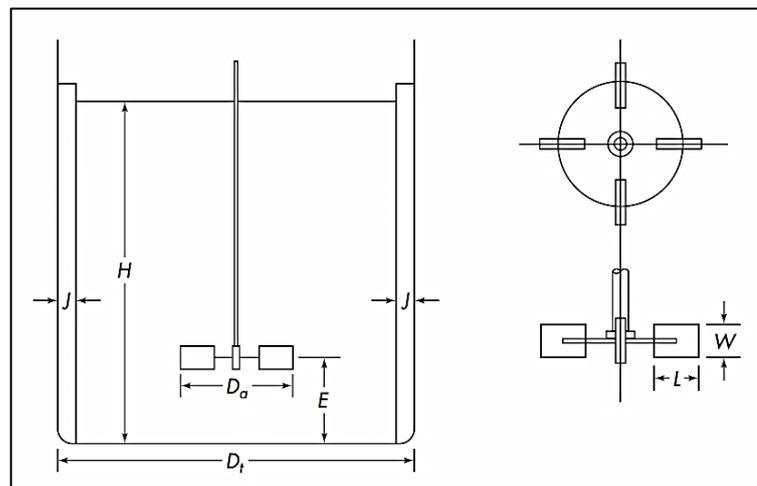


Figura 8-3: Proporciones geométricas impulsor tipo turbina

Fuente: (McCabe, et al., 2007)

Es necesario mencionar que la geometría aplicada para el diseño del agitador del reactor, depende en gran medida del modelo de flujo que se desea obtener y del proceso a llevar a cabo; y partiendo de esto, en la actualidad se cuenta con la geometría estándar para los equipos de agitación, pero se ha comprobado que hay variaciones, por ejemplo: dependiendo de la relación entre el diámetro de las palas del agitador (D_a) y el diámetro del tanque (D_t). Si esta relación (D_a/D_t) aumenta, el flujo generado variará, pasando de ser totalmente axial a tener un cierto componente de flujo

radial. En la siguiente figura se constata el comportamiento de este fenómeno, siendo: a) (flujo axial) paleta de menor diámetro que b) (flujo axial y radial) (Hernández, 2007. p.26).

Los parámetros geométricos y adimensionales para un agitador, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20-3: Proporciones geométricas para agitador tipo turbina

$Da = \frac{1}{4} Dt$	$\frac{E}{Dt} = 0,33$	$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$
$W = \frac{1}{6} Da$	$\frac{H}{Dt} = 1$	$\frac{J}{Dt} = 0,1$
Dt = Diámetro del Tanque Da = Diámetro del agitador L = Largo de palas W = Ancho de palas E = Distancia entre agitador y fondo de tanque H = Altura del liquido J = Ancho de Baffles		

Fuente: (Coker, 2001. p. 556) (McCabe, et al., 2007).

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

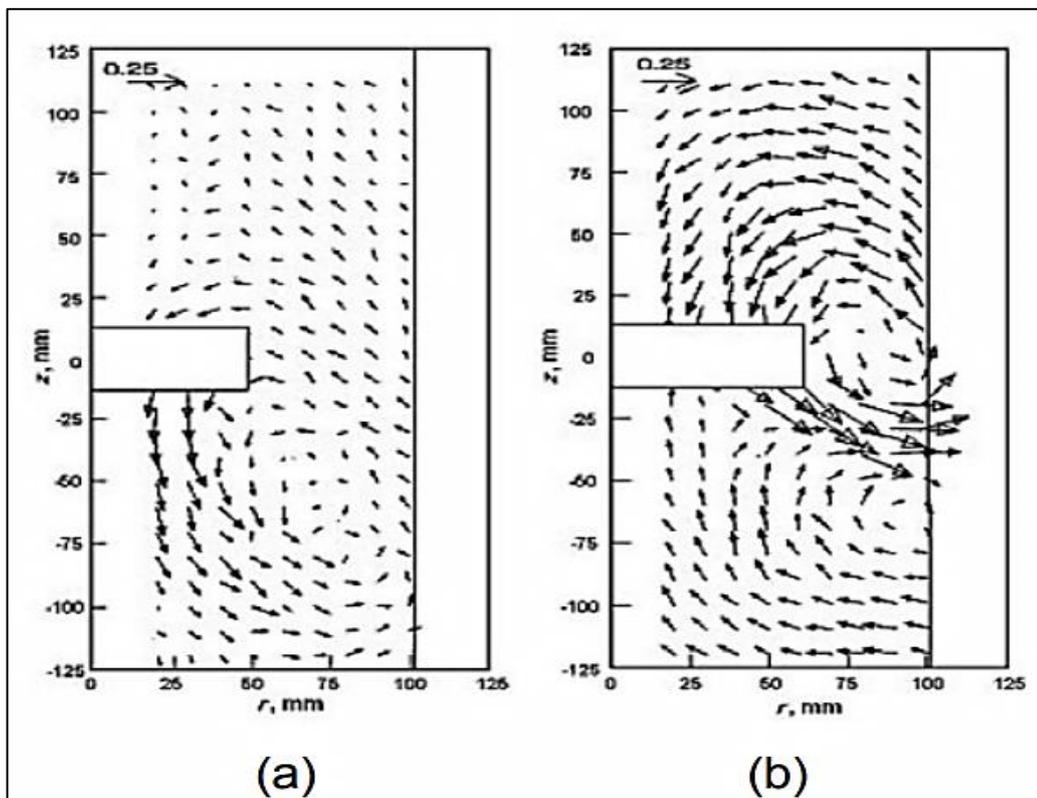


Figura 9-3: Dirección de flujo según diámetro de rodete (a) $Da/Dt=0.33$, (b) $Da/Dt=0.5$

Fuente: (Hernandez, 2007. p.26)

- **Cálculo de diámetro de agitador (Da)**

$$Da = \frac{1}{2}Dt \quad \text{Ec. 6-3}$$

Donde:

Da = Diámetro del agitador

Dt = Diámetro del tanque

$$Da = \frac{1}{2} \times 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}$$

- **Cálculo de ancho de palas (w)**

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{6} \quad \text{Ec. 7-3}$$

Donde:

W = Ancho de palas

Da = Diámetro del agitador

$$W = 0,17 \times 0,25 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

- **Cálculo de distancia entre fondo del tanque y paleta (E)**

$$E = \frac{1}{3}Da \quad \text{Ec. 8-3}$$

Donde:

Da = Diámetro del agitador

E = Distancia entre fondo de tanque y rodete

$$E = \frac{1}{3} \times 0,25 \text{ m}$$

$$E = 0,08 \text{ m}$$

- **Cálculo de largo de brazo de agitador (LB)**

$$L_B = h_t - E \quad \text{Ec. 9-3}$$

Donde:

L_B = largo de brazo de agitador

E = Distancia entre fondo de tanque y paleta

h_t = Altura de tanque

$$L_B = 0,6 \text{ m} - 0,08 \text{ m}$$

$$L_B = 0,52 \text{ m}$$

- **Cálculo de espesor de agitador (E_R)**

$$E_a = \frac{1}{10} L_B \quad \text{Ec. 10-3}$$

Donde:

L_B = largo de brazo de agitador

E_a = Espesor de agitador

$$E_a = \frac{1}{10} \times (0,52 \text{ m})$$

$$E_a = 0,052 \text{ m}$$

➤ **Diseño de Placas deflectoras**

El agitador estará dispuesto en la parte central, por lo cual se utilizarán 4 placas deflectoras o baffles, para evitar vórtices alrededor del eje y reducir así, los esfuerzos que actúen sobre este.

- **Cálculo de ancho de placa (J)**

$$J = 1/12 Dt \quad \text{Ec. 11-3}$$

Donde:

J = ancho de placa

Dt = Diámetro del tanque

$$J = \frac{1}{12} \times 0,5 \text{ m} = 0,042 \text{ m}$$

- **Cálculo de espacio entre placa y pared (f):**

$$f / Dt = 0,02 \quad \text{Ec. 12-3}$$

Donde:

f = Espacio entre placa y pared

Dt = Diámetro del tanque

$$f = 0,02 \times 0,5 \text{ m}$$

$$f = 0,01 \text{ m}$$

3.8.4 Cálculo de número de Reynolds

$$N_{RE} = \frac{Da^2 \times N \times \delta}{\mu} \quad \text{Ec. 13-3}$$

Donde:

N_{RE} : Número de Reynolds

Da^2 : Diámetro del rodete

N : Número rotacional (rps)

δ : Densidad del fluido

μ : Viscosidad del fluido

La velocidad rotacional de la turbina de palas inclinadas comprende de 30 a 500 rpm, y se dispone para el presente diseño usar 100 rpm (Coker, 2001. p. 571).

$$N_{RE} = \frac{(0,25 \text{ m})^2 \times 1,67 \text{ rps} \times 1280 \text{ kg/m}^3}{0,029 \text{ Kg /m.s}}$$
$$N_{RE} = 4606,9$$

El tipo de flujo al que corresponde el valor del Número de Reynolds calculado es de transición: $10 < N_R < 10000$ el flujo es de transición (Coker, 2001. p. 571).

3.8.5 Cálculo de Potencia

Para calcular el número de potencia se suele realizar una corrección del número de potencia por medio del número de Froude, sin embargo, cuando se utilizan baffles o deflectores, el número de Froude es despreciable y la fórmula tomando en cuenta que es flujo turbulento queda de la siguiente manera (Coker, 2001. p. 567):

$$P = N_p \delta N^3 Da^5 \quad \text{Ec. 14-3}$$

Dónde:

N_p : Número de potencia (adimensional).

N : Velocidad rotacional (rps).

Da : Diámetro del rodete (m).

δ : Densidad (kg/m^3)

El N_p (número de potencia) para el tipo de agitador turbina plana inclinada 45° puede hallarse mediante gráfica a partir del Número de Reynolds calculado (ANEXO G), donde interpolando se obtuvo $N_p=1,28$ (Coker, 2001. p. 567).

$$P = (1,25) (1280 \text{ kg/m}^3)(1,67\text{rps})^3(0,25 \text{ m})^5$$

$$P = 7,3 \text{ W} = 0,0073 \text{ KW}$$

$$P = 0,01 \text{ HP}$$

Este valor indica la potencia consumida por el agitador para el presente proceso. Sin embargo, se requiere potencia adicional para problemas de carácter mecánico. Y para la selección del motor se estima una contingencia de carga del motor que se añade como porcentaje (Coker, 2001. p. 575).

Suponiendo una carga del 80% y pérdidas por fricción de 35%, la potencia del motor queda definido por (Castillo, 2013. p. 38):

$$P = \frac{0,01 \text{ HP} \times 1,35}{0,8} \quad \text{Ec. 15-3}$$

$$P = 0,02 \text{ HP} = 0,015 \text{ KW}$$

3.8.6 Cálculo de la tasa de bombeo o caudal

La capacidad de bombeo Q_a de un impulsor se determina mediante el número de caudal N_Q , que da una idea de la cantidad de caudal o flujo interno que circula a través del plano del agitador. El N_Q para una turbina de pala inclinada se calcula con el número de Reynolds correlacionando mediante la gráfica que se visualiza en el **ANEXO H** obteniendo un valor de 0,60.

$$Q = N_Q N D a^3 \quad \text{Ec. 16-3}$$

Donde:

N_Q = número de caudal o flujo

N = número de rotaciones por segundo

Da = diámetro del agitador

$$Q = 0,60 \times 1,67 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \times (0,25\text{m})^3$$

$$Q = 0,016 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.8.7 Eficiencia de agitación

Estará determinado por la relación entre el numero flujo y el número de potencia:

$$\eta = \frac{N_Q}{N_P} \quad \text{Ec. 17-3}$$
$$\eta = \frac{0,60}{1,25} = 0,5$$

Mientras el valor se acerque a 1 es mejor, puesto que indica que el agitador está expulsando hacia las paredes cierta cantidad de fluido sin consumir tanta potencia. Siendo en este caso relativamente bueno (Coker, 2001. p. 578).

3.8.8 Tiempo de mezcla

El tiempo de mezcla teórico en tanques, puede estimarse a partir de fórmulas empíricas que son usualmente aplicadas en industrias químicas y estas determinan en esencia el tiempo en que se consigue el 95% de homogeneidad de la mezcla.

$$t_m = \frac{K \times Dt^2}{M^{1/2}} \quad \text{Ec. 18-3}$$

Donde:

M = momento (velocidad por caudal)

Dt = Diámetro del tanque

K = 9 (constante para tiempo de mezcla)

$$t_m = \frac{9 \times (0,5 \text{ m})^2}{\sqrt{0,01 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,016 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}}$$
$$t_m = 177,9 \text{ s}$$

3.8.9 Balance de Masa

Debido a que en el proceso no se suceden transformaciones químicas de materia, por ende, la ecuación general queda:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$
$$\text{Acumulación de masa dentro del sistema} = \text{Masa total que entra al sistema} - \text{Masa total que sale del sistema}$$
$$F = S - Y \quad \text{Ec. 19-3}$$

Para el cálculo de entrada de cada uno de los componentes se utilizaron datos de densidad.

- **Cálculo de masa de leche:**

$$\begin{aligned} \text{kg de leche} &= \delta_{\text{leche}} \times v_{\text{leche}} && \text{Ec. 20-3} \\ \text{kg de leche} &= 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,07 \text{ m}^3 \\ \text{kg de leche} &= 72,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Cálculo de masa de etanol:**

$$\begin{aligned} \text{kg de etanol} &= \delta_{\text{etanol}} \times v_{\text{etanol}} && \text{Ec. 21-3} \\ \text{kg de etanol} &= 789,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,021 \text{ m}^3 = 16,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

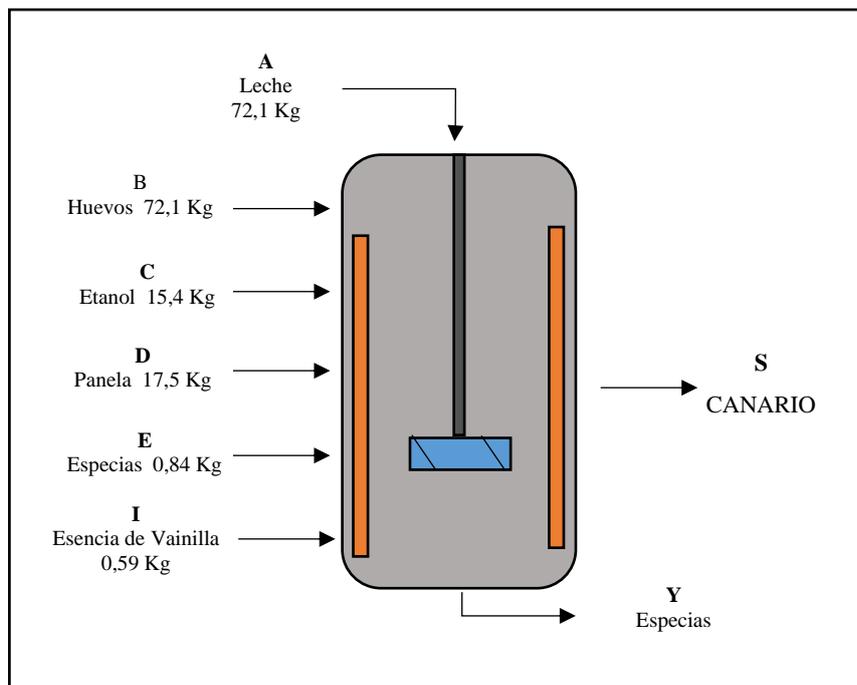


Figura 10-3: Balance de Masa en Reactor

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

- **Cálculo de masa de alimentación:**

$$\begin{aligned} m_{\text{alimentación}} &= \text{kg}_{\text{leche}} + \text{kg}_{\text{huevo}} + \text{kg}_{\text{etanol}} + \text{kg}_{\text{panela}} + \text{kg}_{\text{especias}} + \text{kg}_{\text{esencia vainilla}} && \text{Ec. 22-3} \\ m_{\text{alimentación}} &= 72,1 \text{ kg} + 15,4 \text{ kg} + 16,6 \text{ kg} + 17,5 \text{ kg} + 0,84 \text{ kg} + 0,59 \text{ kg} \\ m_{\text{alimentación}} &= 123,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Cálculo de fracciones másicas de alimentación (x_i):**

$$x_i = \frac{m_i}{t} \quad \text{Ec. 23-3}$$

Donde:

m_i = masa de cada componente

m_t = masa total de alimentación

Tabla 21-3: Fracciones másicas de alimentación

x_{leche}	x_{huevo}	x_{etanol}	x_{panela}	$x_{especias}$	$x_{ese.vainilla}$
0,59	0,13	0,13	0,14	0,007	0,003

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

- **Balance de Masa**

Durante el proceso de evaporación durante la pasteurización de la leche, se prevé pérdida de agua, sin embargo, serán pérdidas mínimas y la masa del producto será igual a la masa de alimentación. Considerando además los productos que salen del sistema (especias) según la Ec. 19-3:

$$F = S - Y$$

$$\text{Masa de Alimentación} = 123,03 - 0,84 \text{ kg}$$

$$\text{Masa Total} = 122,2 \text{ kg}$$

- **Cálculo de volumen total de Canario**

Partiendo del dato de densidad del producto obtenido experimentalmente y masa total tenemos:

$$\delta = m/v \quad \text{Ec. 24-3}$$

$$v = \frac{122,2 \text{ kg}}{1280 \text{ kg/m}^3}$$

$$v = 0,0955 \text{ m}^3 = 96 \text{ L}$$

- **Rendimiento del proceso**

$$\frac{V_{obtenido}}{V_{deseado}} \times 100\% \quad \text{Ec. 25-3}$$

$$\frac{96 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} \times 100\% = 96\%$$

3.8.10 Transferencia de Calor en el proceso

En el presente proceso de estudio la transferencia de calor se realiza a través de convección forzada en el líquido, conducción a través de la pared del reactor, y convección forzada en el medio de la camisa o chaqueta.

3.8.11 Cálculo de coeficiente convectivo interno

El coeficiente de transferencia de calor puede calcularse a partir de la correlación numérica de Nusselt (Nu), que permite cuantificar la transferencia de calor del fluido hacia una determinada superficie; quedando la expresión para tanques agitados (fluidos en movimiento) como sigue a continuación (Coker, 2001. p. 620):

$$Nu = \frac{h_i D_t}{k_f} = C \times (N_{RE})^a \times (N_{Pr})^b \times \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^c \quad \text{Ec. 26-3}$$

Para una turbina estándar la expresión queda de la siguiente manera (Coker, 2001. p. 622):

$$\frac{h_i D_t}{k_f} = 0,62 \times \left(\frac{\delta N D_a^2}{\mu} \right)^{0,67} \times \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{0,33} \times \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Donde:

N_p : Número de Prandt

N_{RE} : Número de Reynolds

h_i : Coeficiente de Transferencia de calor de la pared del tanque ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

D_t : Diámetro del Tanque (m)

D_a : Diámetro del agitador (m)

k_f : Conductividad térmica ($W/m \text{ } ^\circ C$)

N : Velocidad Rotacional (rps)

ρ : densidad del fluido (kg/m^3)

C_p : Capacidad Calorífica ($J/kg \text{ } K$)

μ_b : viscosidad del Fluido ($Kg/m.s$)

μ_w : Viscosidad del fluido a temperatura de la pared ($Kg/m.s$)

C , a , b , c : Constantes según el tipo de agitador.

Datos:

$$C_{p(\text{Leche})} = 3,85 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

Conductividad térmica de la leche: $0,53 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

μ_w = Este valor se desconoce y se asume $\mu_w = \mu_b$ (Coker, 2001. p. 622)

- Cálculo de número de Prant

El número de Prant relaciona la difusividad molecular de cantidad de movimiento y la difusividad térmica.

$$\text{NPr} = \frac{C_p \mu}{k} \quad \text{Ec. 27-3}$$
$$\text{NPr} = \frac{\left(\frac{3850 \text{ J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) \left(0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}\right)}{0,53 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}}$$
$$\text{NPr} = 210,66$$

El número de Prant va desde 0,001 hasta 100000. Para $\text{NPr} < 1$, indica que el calor se difunde más rápido y por lo general los metales son un ejemplo de ello. Mientras que para $\text{Pr} > 1$ indica que el calor se difunde con más lentitud (Romero, 2013. p.19).

$$\frac{h_i(0,5\text{m})}{0,53 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} = 0,62 \times (4606,9)^{0,67} \times (210,66)^{0,33} \times \left(\frac{0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}{0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}\right)^{0,14}$$
$$h_i = 1093,86 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Mientras más turbulento sea un fluido, más alto será el coeficiente convectivo. El cual está definido de 100 a 40000 para líquidos por convección forzada (Romero, 2013. p. 4).

3.8.12 Cálculo de coeficiente convectivo externo

$$\frac{h_0 D_c}{k_a} = 0,62 \times \left(\frac{\delta v D_c}{\mu}\right)^{0,67} \times \left(\frac{C_p \mu}{k}\right)^{0,33} \times \left(\frac{\mu_a}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad \text{Ec. 28-3}$$

Donde:

El agua está teóricamente en la chaqueta a $79 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando condensadores.

v = Velocidad del agua ($0,39 \text{ m/s}$)

h_0 = Coeficiente convectivo externo

k_a = Conductividad térmica del agua

D_c = Diámetro interno de la chaqueta (0,6 m)

ρ_a = Densidad del agua

C_p = Capacidad calorífica del agua a la temperatura de entrada

μ_a = Viscosidad del agua a la temperatura de entrada

μ_w = Viscosidad experimental a la pared de la chaqueta

$NPr = 2,252$ a $79\text{ }^\circ\text{C}$

$$\frac{h_0(0,6\text{ m})}{0,6694\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}} = 0,62 \times \left[\frac{\left(972,37\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left(0,39\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(0,6\text{ m})}{3,6\times 10^{-4}\frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}}\right]^{0,67} \times [2,252]^{0,33} \times (1)^{0,14}$$
$$h_0 = 6962,62\frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}}$$

3.8.13 Cálculo del coeficiente de transferencia de calor global

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + FF_i + \frac{x_w}{k} + \frac{1}{h_j} + FF_j \quad \text{Ec. 29-3}$$

Los factores de incrustaciones FF_i y FF_j dentro del tanque y dentro de la chaqueta pueden considerarse despreciables, debido a que el tanque está diseñado para operar con materiales no agresivos, por tanto, la ecuación queda de la siguiente manera (Coker, 2001. p. 620):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_0}}$$
$$U = 945,3\frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}}$$

3.8.14 Cálculo de la temperatura media logarítmica

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(t_1 - T_1) - (t_2 - T_2)}{\ln\left(\frac{t_2 - T_2}{t_1 - T_1}\right)} \quad \text{Ec. 30-3}$$

Donde:

t_1 = Temperatura del fluido de entrada en el reactor

t_2 = Temperatura del fluido de salida en el reactor

T_1 = Temperatura del fluido entrante en chaqueta

T_2 = Temperatura del fluido de salida en la chaqueta

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(20-91)-(40-83)}{\ln \frac{(40-83)}{(20-91)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 55,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Este es un valor promedio logarítmico de las diferencias de temperatura entre la temperatura del contenido del recipiente y la temperatura en la chaqueta. Lo que indica que 55,83 °C se necesita para que se lleve a cabo la transferencia de calor en el sistema (Coker, 2001. p. 620).

3.8.15 Cálculo de Flujo de Calor

Es necesario calcular la cantidad de calor necesario para que se lleve a cabo el proceso para elevar la temperatura de la leche de 20°C a 83°C. Y para determinarlo debe analizarse el reactor que tiene forma de cilindro y cuya área es el dato de partida. Tomando en cuenta que este contara con una chaqueta de 4 mm de espesor. La ley de Newton de Transferencia de Calor se expresa a continuación:

$$Q = U \times A \times \Delta T_{LMTD} \quad \text{Ec. 31-3}$$

Siendo:

Q = Flujo de calor

U = Coeficiente de Transferencia de calor de la pared del tanque, antes calculado.

A = Área total de transferencia de calor

El Área total de transferencia de calor estará calculada por la fórmula correspondiente tanto a la base como a la parte lateral del cilindro:

$$A_t = 2 \pi r h + \pi r^2 \quad \text{Ec. 32-3}$$

Donde:

At = Área total del tanque del reactor

h = altura del reactor

r = radio del reactor

$$A_t = 2\pi(0,25\text{m})(0,6 \text{ m}) + \pi (0,25\text{m})^2$$

$$A_t = 1,14 \text{ m}^2$$

Reemplazando en Ec. 29-3:

$$Q = \left(945,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right) \times 1,14 \text{ m}^2 \times 55,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 60164,7 \text{ W}$$

$$Q = 60,16 \text{ kJ/s}$$

- **Cálculo de flujo másico de agua necesario para la transferencia de calor**

Se toma como punto de partida la temperatura de entrada a la chaqueta para llegar a la temperatura de 83 °C para la pasteurización.

$$Q = mC_p\Delta T$$

$$m = \frac{Q}{C_p\Delta T(\text{caldero})} \quad \text{Ec. 33-3}$$

Datos:

$$C_{p(\text{Agua})} = 4,20 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C a } 91^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura de vapor de caldera} = 127 ^\circ\text{C}$$

$$\dot{m} = \frac{60,96 \text{ kJ/s}}{4,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (400,15 \text{ K} - 364,15 \text{ K})}$$

$$\dot{m} = 0,4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 1451,4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{Q} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad \text{Ec. 34-3}$$

Datos:

$$\rho = 964,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{Q} = 1451,4 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1}{964,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\dot{Q} = 1,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.8.16 Balance de Energía

Mediante el balance de energía se encontrará la cantidad de vapor necesario para trabajar a condiciones optimas.

$$-Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{absorbido}} \quad \text{Ec. 35-3}$$

Donde:

$$Q_{\text{cedido}} = \text{calor cedido de la caldera } (91^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{absorbido}} = \text{calor absorbido por los productos}$$

$$(mC_p\Delta T)_{agua a 91^\circ C} = (mC_p\Delta T)_{leche}$$

Datos:

El Cp a 91°C que entra a la chaqueta es: 4,20 kJ/kg °C

El Cp de la leche es: 3,85 KJ/Kg °C.

$$m \times 4,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (127^\circ\text{C}-91^\circ\text{C}) = 122,2 \text{ kg} \times 3,85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (83^\circ\text{C}-20^\circ\text{C})$$

$$m = 196,03 \text{ kg}$$

El calor necesario para que se lleve a cabo el proceso es:

$$Q = mC_p\Delta T(\text{chaqueta}) \quad \text{Ec. 36-3}$$

$$Q = 196,03 \text{ kg} \times 4,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (91^\circ\text{C}-83^\circ\text{C})$$

$$Q = 6586,61 \text{ kJ}$$

Siendo la temperatura a la salida de la caldera de 91°C, proporciona 196,03 kg de vapor y un flujo de calor de 6586,61 kJ que corresponde a la energía necesaria de funcionamiento del equipo y para que se lleve a cabo el proceso en el mismo

3.9 Cálculo del consumo eléctrico del motor

$$\text{Consumo de energía al día} = \text{consumo de potencia} \times \frac{\text{h}}{\text{día}} \text{ de uso} \quad \text{Ec. 37-3}$$

Para el cálculo del consumo energético del motor se hace uso de la ecuación 15-3 correspondiente a la potencia del agitador de 0,015 kW, para estimar el precio de la operación por uso. Además el dato del precio del kWh es tomado en base al valor fijo que se maneja hasta el presente en el país de \$10\$.

$$\text{Consumo de energía al día} = 0,015 \text{ kW} \times \frac{1,5 \text{ h}}{\text{día}}$$

$$\text{Consumo de energía al día} = \frac{0,023 \text{ kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{Precio de la operación} = \frac{0,023 \text{ kWh}}{\text{día}} \times 0,1 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Precio de la operación} = 0,0023 \frac{\$}{\text{día}}$$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del producto

Tabla 1-4: Resultados caracterización fisicoquímica del Canario

Determinaciones	Unidad	Resultado
Alcohol fracción volumétrica	%	17
Furfural	mg / 100 cm ³	4
Metanol	Mg / 100 cm ³	0.14
Densidad	g/ml	1.28
Grados Brix	°Brix	29.6
pH	unid	6.30

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Los análisis fisicoquímicos para el Canario (ANEXO C) se efectuaron inmediatamente después de su obtención indicando que de acuerdo a la NTE INEN 2802 (ANEXO F) los datos resultantes cumplieron con los parámetros establecidos en la norma. Además, de acuerdo a los valores estándar para este tipo de licores de crema plasmados en la Tabla 4-2, las variables analizadas para la bebida están en conformidad con dichos valores, y una vez culminado el proceso de agitación cabe mencionar que la bebida no presentó anomalías o cambios en su textura para su almacenamiento.

Tabla 2-4: Resultados análisis microbiológico del Canario

Examen Microbiológico		
Análisis	Unidad	Resultado
<i>Salmonella</i>	UFC/25g	Ausencia

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tras realizar el análisis microbiológico se constató la ausencia de *salmonella* en la bebida Canario (ANEXO C), cumpliendo así con lo especificado en la norma NTE INEN 2802 (ANEXO F) del inciso dos, para este tipo de licores que contienen leche en su composición. Estos resultados constituyen la estabilidad microbiana, conferida principalmente al aguardiente añadido.

4.2 Especificaciones de diseño del reactor batch

Los resultados del dimensionamiento del tanque se basan en los cálculos realizados con las ecuaciones del 1-3 a 12-3, además las otras características del equipo se encuentran en la proforma realizada del ANEXO E; y se visualizan a manera de resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3-4: Dimensionamiento del tanque del reactor

<i>Especificaciones</i>	<i>Detalle</i>
Material del reactor	Acero inoxidable AISI 304
Espesor de la plancha	2 mm
Tapa	plana
<i>Dimensionamiento de tanque</i>	
Volumen	0,1 m ³
Altura (H)	0,6 m
Diámetro del tanque (Dt)	0,25 m
<i>Dimensionamiento de chaqueta</i>	
Diámetro de la chaqueta	0,6 m
<i>Baffles</i>	
Ancho de baffle	0,042 m
Espacio entre baffle y tanque	0,01 cm

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.2.1 Sistema de agitación

El diseño del sistema de agitación se basó en características estándar presentes en la Tabla 19-3 y en la ecuación 14-3 con respecto a la potencia calculada y se resume a continuación.

Tabla 4-4: Características del sistema de agitación

Descripción	Detalle
Método de agitación	Mecánica
Tipo de agitador	Turbina tipo palas inclinadas 45°
Numero de palas	4
Velocidad de agitación (rpm)	100 rpm
Potencia	0,01 HP
Dirección de flujo	Axial y Radial

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Los resultados del dimensionamiento del sistema de agitación se obtuvieron a partir de las ecuaciones 6-3, 7-3, 9-3 y 10-3 del capítulo anterior; como sigue a continuación:

Tabla 5-4: Dimensionamiento de sistema de agitación

Descripción	Dimensiones (m)
Longitud brazo de agitador	0,52
Espesor de rodete	0,052
Diámetro de agitador	0,25
Ancho de palas	0,04
Distancia entre fondo de tanque y agitador	0,08

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.2.2 Diseño estructural del reactor

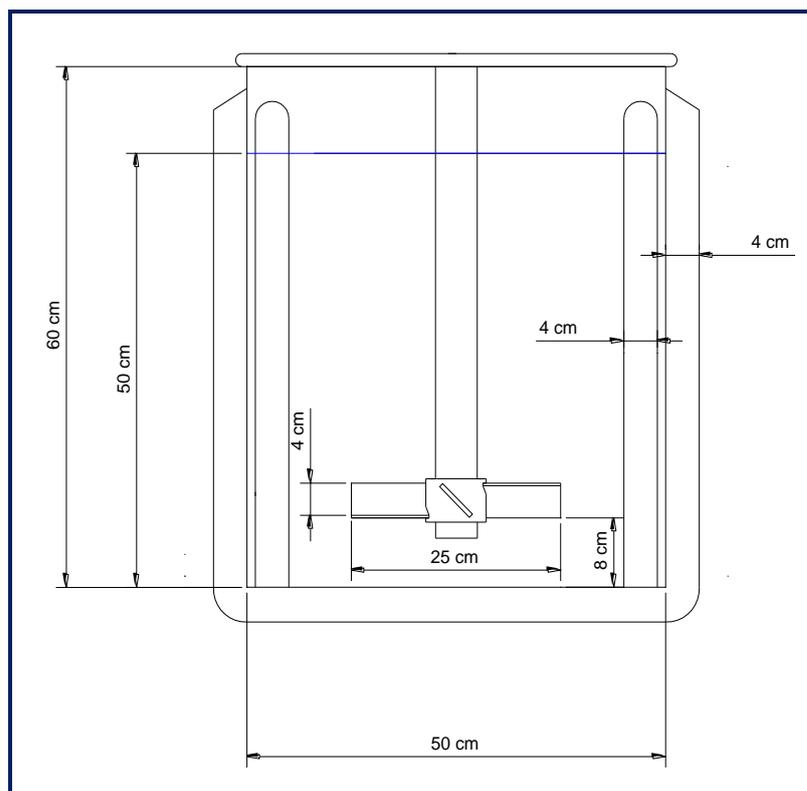


Figura 1-4: Dimensionamiento del sistema de agitación y tanque

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

El dimensionamiento del equipo, está en conformidad con el diseño final del mismo. Cumpliendo con el diseño estándar para el sistema de agitación tipo turbina y para el tanque como se observó en la Figura 8-3 y Tabla 22-3. La naturaleza y características del producto fueron la base para

escoger el sistema de agitación y material de diseño. En el ANEXO A se visualizan las dimensiones y componentes del equipo.

4.3 Especificaciones técnicas del funcionamiento del equipo para la simulación.

Los datos y cálculos detallados en el capítulo anterior sirvieron para validar el diseño con la simulación del reactor, dichos datos a analizar serán representados en el mismo.

Los datos calculados anteriormente en las ecuaciones 13-3 a la 16-3 que se citan en la siguiente tabla, fueron utilizadas para el posterior cálculo de los coeficientes de transferencia de calor:

Tabla 6-4: Datos para el cálculo de coeficientes convectivos

<i>Variables coeficiente convectivo interno</i>	
Descripción	Valor
Número de Reynolds	4606,9
Número de Prant	210,66
<i>Variables coeficiente convectivo externo</i>	
Número de Reynolds	6,32x10 ⁵
Número de Prant	2,25

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

A partir de los datos citados en la Tabla 6-4 se hallaron los coeficientes convectivos para la transferencia de calor con las ecuaciones que van de la 25-3 a la 29-3, donde el cálculo de las mismas se representa en la simulación:

Tabla 7-4: Coeficientes convectivos y global de transferencia de calor

Descripción	Parámetro	Valor $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$
Coficiente convectivo interno	h_i	1093,86
Coficiente convectivo externo	h_0	6962,62
Coficiente global	U	945,3

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

En la Tabla 7-4, la resistencia térmica total se definió con “U”. Y está determinado por el coeficiente de transferencia de calor convectivo de la película del fluido dentro del tanque que compone el reactor y la conductividad del segundo fluido que es el agua que llega a la chaqueta.

Tabla 8-4: Flujo másico y volumétrico de vapor

Descripción	Parámetro	Valor	Unidad
		$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$	
Flujo másico	\dot{m}	1451,4	kg /h
Flujo volumétrico	\dot{Q}	1,5	m ³ /h

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Los flujos másicos y volumétricos corresponden a los del agua saturada que entra a la chaqueta y que provienen del caldero, dichos valores fueron obtenidos de las ecuaciones 33-3 y 34-3.

4.3.1 Balances de materia y energía

Los balances de masa y energía a continuación están expresados con el valor final de la alimentación y el calor requerido para el funcionamiento del equipo, a partir de las ecuaciones 19-3 y 36-3 respectivamente.

Tabla 9-4: Balance de masa y energía del proceso

Descripción	Parámetro	Valor	Unidad
Balance de materia	F	122,2	kg
Balance de energía	Q	6586,61	kJ

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.3.2 Variables de operación del equipo

La principal variable a controlar será la temperatura y según lo determinado experimentalmente en la Tabla 16-3, las condiciones de operación estarán en función de la misma, debido a la dinámica del proceso, como se tiene en la siguiente tabla:

Tabla 10-4: Condiciones de Operación del equipo

Descripción	Parámetro	Valor	Unidad
Temperaturas máximas	T	83-60	°C

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.4 Simulación del Reactor tipo Batch

La simulación permite representar procesos, plantas químicas, equipos con la finalidad de diseñar, analizar y optimizar, representando lo que ocurre en un proceso real (Ramirez, 2005. pp. 1-3).

LabVIEW es un software, que permite personalizar y diseñar sistemas de medición, prueba, control, entre otros. Facilitando la interacción de un determinado proceso con el usuario (interfaz hombre-máquina). Teniendo como principal ventaja la programación visual (Ramirez, 2005. pp. 1-3).

Con la simulación del proceso de elaboración de canario se tiene una percepción cercana a la realidad de las etapas y manejo de variables. Para ello se siguen una serie de procedimientos.

4.4.1 Ingreso de datos de programación

La simulación se realizó en tres etapas, y se ingresaron las variables a analizar tomando los datos de las Tablas 14-3, 15-3, 16-3, 7-4 y 10-4, para la corroboración de los valores obtenidos en las Tablas 7-4, 8-4, 9-4, con respecto a la transferencia de calor, balances de energía y masa, en el reactor. Para lo cual el entorno del software incluye la parte de ingreso de ecuaciones con Matlab. Además, se definieron los periodos de operación según la temperatura de entrada en el sistema (Tabla 10-4).

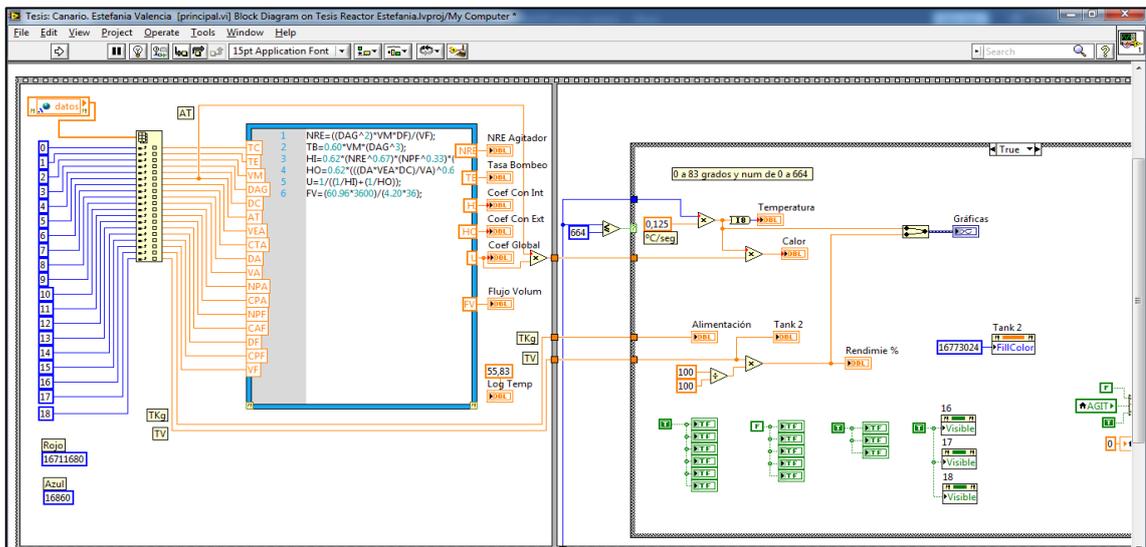


Figura 2-4: Ingreso de datos para cálculo de variable en LabVIEW

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

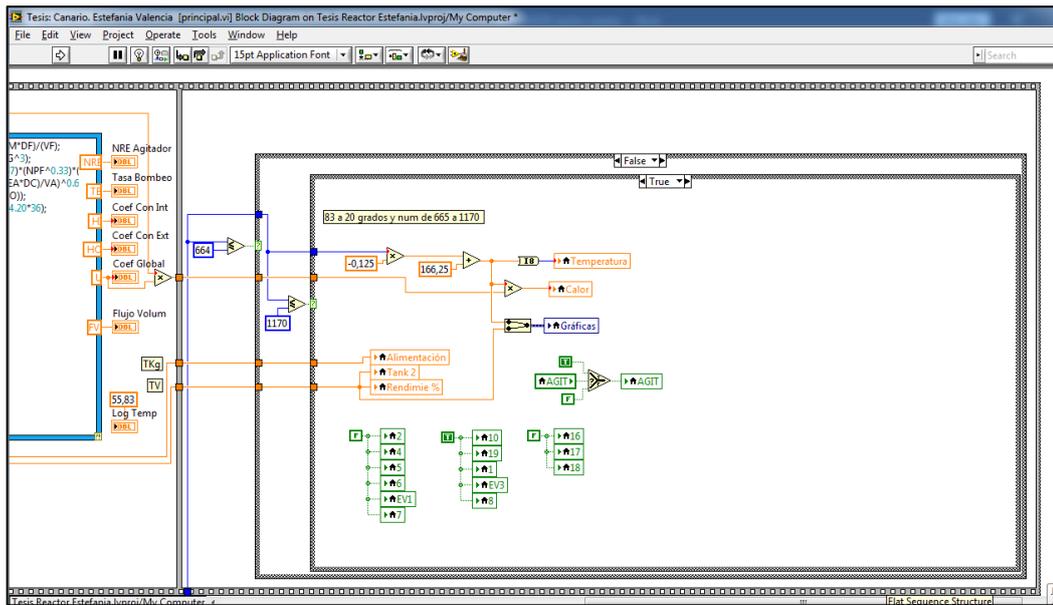


Figura 3-4: Definición de parámetros para funcionamiento en la primera etapa

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

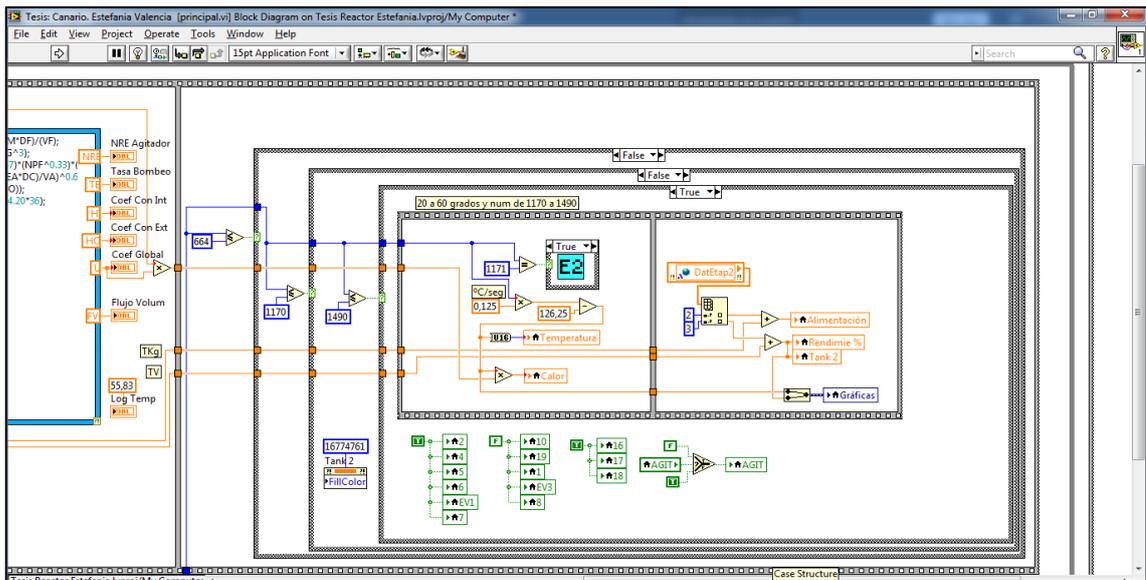


Figura 4-4: Establecimiento de condiciones en etapa dos y animación.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.4.2 Entorno visual del proceso

Se estructuraron las diferentes etapas del proceso, mostrando los elementos que son parte del mismo. Para cada etapa se visualizan previamente ventanas emergentes para ingresar los datos. Además, se muestran los resultados de las variables y la dinámica de la temperatura y rendimiento del proceso en una gráfica en tiempo real. Ver entorno completo en ANEXO B.

Para el funcionamiento ideal del equipo fue necesario corroborar los resultados obtenidos de los cálculos que se realizaron de manera manual mediante la simulación. Donde se reflejan dichos cálculos durante la dinámica del proceso.

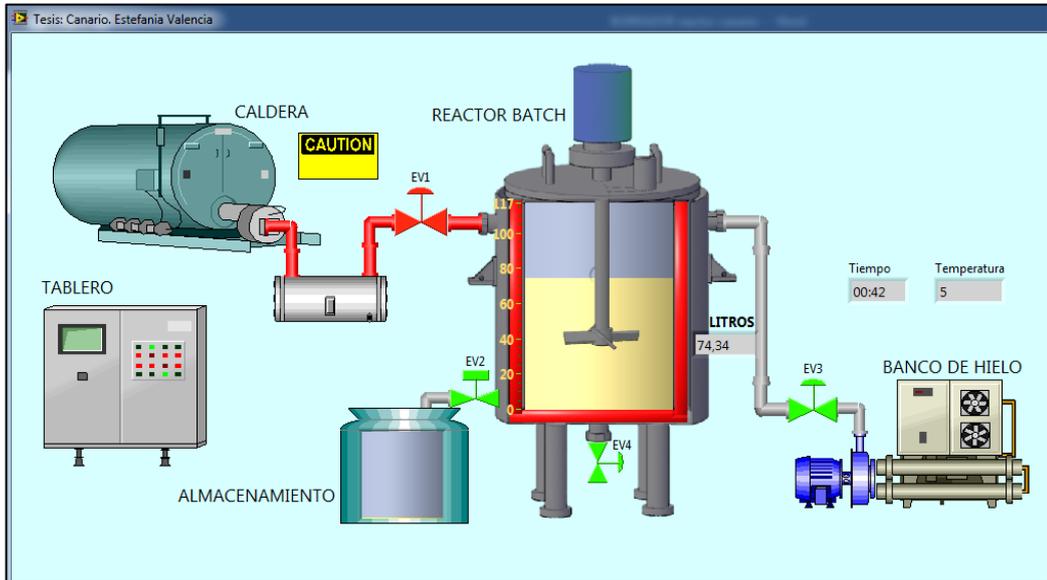


Figura 5-4: Establecimiento de condiciones en etapa dos y animación.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

INGRESAR DATOS: ETAPA 1

TC [°C]	AGUA	FLUIDO TANQUE	ALIMENTACIÓN
83	Velocidad [m/s] 0,39	Num. Prant 210,66	Leche [Kg] VL=m/d [l] 72,1 70
TE [°C] 20	Conduc. Térm. [W/m°C] 0,6694	Cons. Agitador 0,62	Panela [Kg] VP=m/d [l] 17,5 3,5
Vel. motor [rps] 1,67	Densidad [Kg/m³] 972,37	Densidad [Kg/m³] 1280	Especias [Kg] VE=m/d [l] 0,84 0,84
Diam. Agit. [m] 0,25	Viscosidad [Kg/ms] 0,00036	CP Fluido [KJ/Kg°C] 3,85	Total [Kg] Total V [litros] 90,44 74,34
Diam. Chaqueta [m] 0,6	Num. Prant 2,252	Viscosidad [Kg/ms] 0,029	<input type="button" value="OK"/>
Area Tanque [m²] 1,14	CP Agua [KJ/Kg°C] 4,2		

Figura 6-4: Ventana emergente de ingreso de datos

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

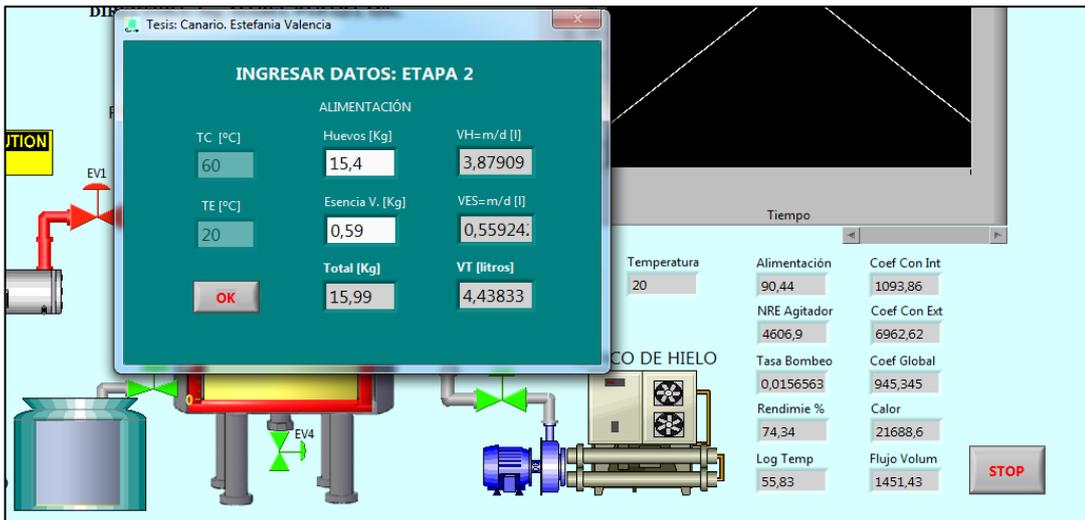


Figura 7-4: Ingreso de datos segunda etapa

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

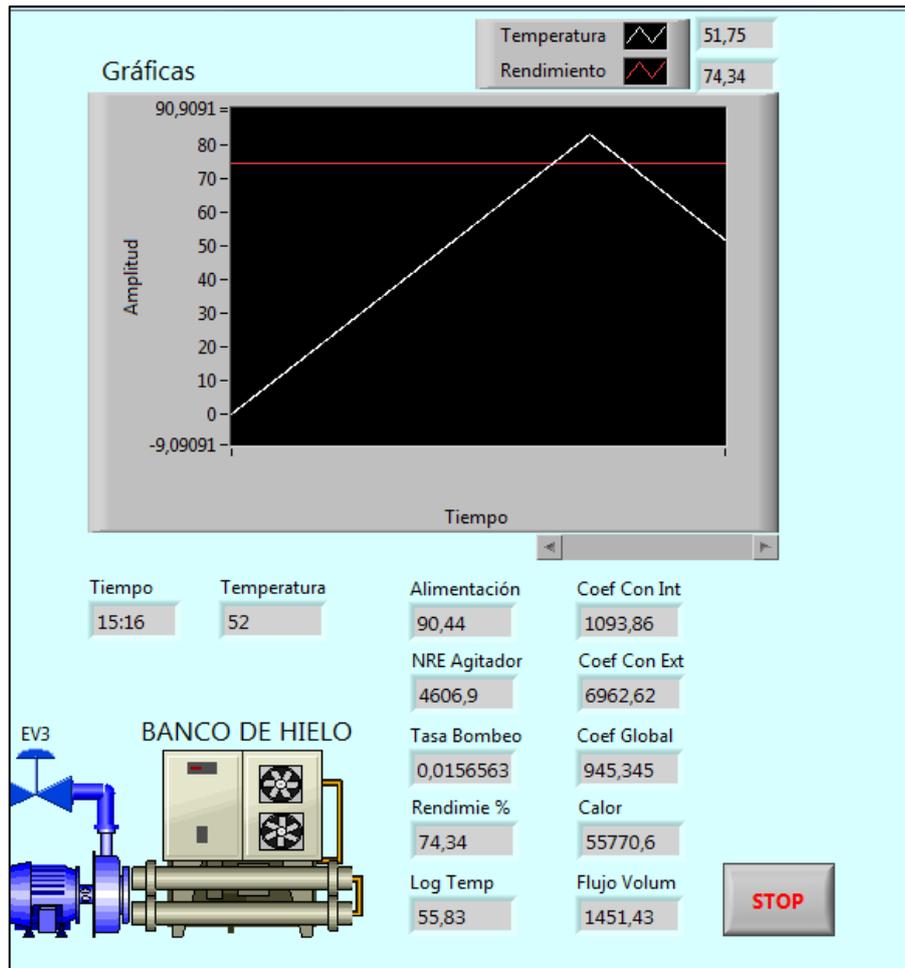


Figura 8-4: Resultados de simulación en el entorno visual.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.5 Diagrama de proceso de Canario

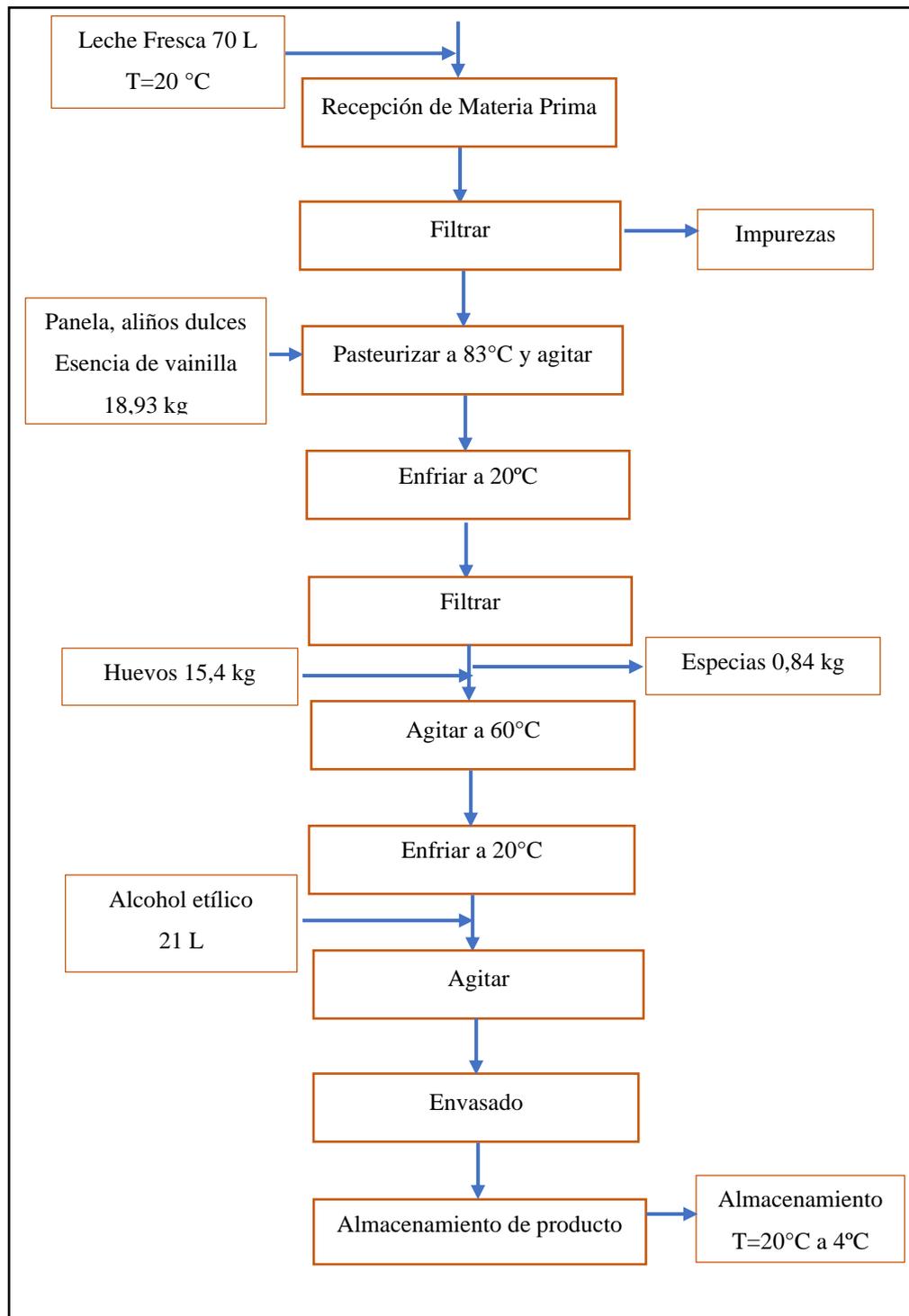


Figura 9-4: Diagrama de bloques del proceso de Canario

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.6 Descripción del proceso para elaboración de Canario

A continuación, se detallan toda las etapas y operaciones unitarias principales que forman parte del proceso de elaboración de Canario siguiendo a detalle la figura 9-4 que fue basada en lo realizado experimentalmente:

- **Recepción de materia prima:** La leche cruda es la materia prima principal que inicialmente es receptada de la Estación experimental Tunshi.
- **Filtración:** Luego de la recepción de la materia prima, es la primera operación unitaria que se realiza y su ejecución permite eliminar cuerpos extraños, es decir los sólidos flotantes que se encuentran en la leche.
- **Pasteurización:** La temperatura aplicada de 83°C es proporcionada por la caldera que opera a 10 psi. Además, durante esta operación se agregan las especias para conferir el aroma y sabor a la leche.
- **Enfriamiento:** Se interrumpe el ingreso del vapor saturado, una vez alcanzada la temperatura de 83°C y se suministra agua fría a la chaqueta, hasta alcanzar una temperatura en la que se pueda manipular el equipo para la siguiente operación.
- **Filtración:** Antes de continuar agregando los demás componentes, se procede a retirar las especias, con la ayuda de un tamiz, para que en lo posible no queden restos de especias, puesto que la textura del licor al final del proceso debe ser uniforme.
- **Mezclado:** Antes de iniciar con el mezclado, se agregan los huevos que proporcionan el color y sabor característicos al licor. Además, la esencia de vainilla puede ser agregada mientras se lleva a cabo la agitación. Para esta operación se requiere una temperatura de 60°C para que los componentes se integren y que la emulsión permanezca estable
- **Enfriamiento:** Una vez conseguida una buena emulsión se suministra agua fría a la chaqueta hasta que llegue a la temperatura de 40°C (o menos) para agregar etanol.
- **Mezclado:** Se continúa agitando por un corto tiempo todos los componentes hasta que se integren y se tenga una textura homogénea, que es facilitada por esta operación. En esta etapa no es necesario suministrar calor.

- **Envasado:** Una vez realizada la descarga del licor del reactor, se procede al envasado a temperatura ambiente con la finalidad de conservar el producto a salvo para no exponerlo a contaminación ambiental como microorganismos, evitando de esta manera alteraciones sensoriales del producto y sea apto para consumo humano.
- **Almacenamiento:** El licor de crema Canario debe almacenarse a temperaturas inferiores a 20°C y en un lugar seco.

4.7 Requerimiento de tecnología, equipos y materiales

Para llevar a cabo el proceso de elaboración de Canario es necesario contar con los materiales adecuados los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 11-3: Requerimientos del Proceso de Canario

Tecnología /equipo /maquinaria	Etapa de proceso	Descripción
<i>Reactor Batch con Chaqueta</i>	Pasteurización y Mezclado	Recipiente en forma cilíndrica con capacidad de operación de 100 L. Utilizado para llevar a cabo procesos de mezclado con su sistema de agitación, para la obtención de productos lácteos.
<i>Caldero</i>	Intercambio de calor	Proporciona vapor necesario para que se lleve a cabo el proceso.
<i>Banco de Hielo</i>	Enfriamiento	Utilizado en la industria láctea para reducir altas temperaturas.
<i>Termómetros / Sensores de temperatura</i>	Control de temperatura	Medición de temperatura del fluido dentro del reactor y con sensores se obtienen valores en tiempo real durante la operación.
<i>Viscosímetro</i>	Medición de Viscosidad	Es necesario obtener datos de viscosidad tanto de materia prima como del producto para llevar a cabo el control de calidad.
<i>Refractómetro</i>	Medición de pH	Controla el pH de materias primas y productos, para detectar crecimiento microbiano.
<i>Balanza</i>	Pesar sustancias	Para añadir cantidades exactas.
<i>Filtro</i>	Filtración	Para eliminar las impurezas y obtener un producto uniforme
<i>Envases</i>	Almacenamiento	Proceso para la conservación del producto.

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

4.8 Análisis de costos

El análisis económico del proceso elaborado involucra determinar la inversión para la construcción del equipo y precios de los insumos.

➤ Costos Directos

Son todos aquellos costos que tienen participación directa en la elaboración del producto.

- Costos de implementación del equipo

Tabla 12-4: Costos de fabricación del reactor

Recursos materiales	Valor \$
Reactor	1850
Total	1850

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

- Costos de materia prima e insumos

Tabla 13-4: Costos de materia prima e insumos

Canario	Producción	Precio Unitario	TOTAL
	100 L	\$	\$
Leche (L)	70	0,30	21,00
Panela (kg)	17,5	1,00	17,50
Especias (kg) (0,006 kg/u)	0,84 (140 u)	0,10	14,00
Huevos (unidades)	216	0,12	25,92
Esencia de Vainilla (ml)	560 (5 u)	1,50	7,50
Etanol (Aguardiente de Caña) (L)	21	2,00	42,00
		Sumatoria	127,92
	Imprevistos 10%		12,79
		Total	140,71

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

Tabla 14-4: Costos adicionales – botellas de vidrio

Producción (L)	Precio Unitario \$	TOTAL
100	1,00	100,00

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

- **Total costos directos:**

El total de costos directos de la Tabla 13-4 y Tabla 14-4 se detalla a continuación:

Tabla 15-4: Total costos directos

Materiales	Valor (\$)
Materia prima e insumos	140,71
Envases	100,00
Costo total	240,71

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

➤ **Costos Indirectos**

Tabla 16-4: Costos de depreciación de los equipos e instrumentos

Equipo	Vida Útil	Costo	Depreciación	
			Anual (\$)	Mensual (\$)
Reactor	10	1850	320,00	26,66
Balanza	10	200	20,00	1,67
Mesas de acero Inoxidable	10	200	20,00	1,67
Termómetro	3	15	5,00	0,416
		Total	365,00	30,416

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

- **Consumo energético:**

Suponiendo realizar el producto una vez al mes, y haciendo uso del valor obtenido de la ecuación 37-3, se tiene:

Tabla 17-4: Costos de energía y combustible

Consumo adicional	Costos (\$)	
	Mensual	Anual
Energía requerida por el motor	0,012	0,144
Combustible (diésel)	1,30	15,60
Total	1,312	15,744

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

En la siguiente tabla se asume el costo de mantenimiento del equipo en referencia al valor promedio que se suele pagar en la planta, y el costo del agua también sigue el mismo mecanismo:

Tabla 18-4: Costos adicionales

Consumo adicional	Costos (\$)	
	Mensual	Anual
Mantenimiento del Equipo	30,00	360,00
Consumo de agua	5,00	60,00
Total	35,00	420,00

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

- **Total costos indirectos:**

No están relacionados directamente con el proceso, pero son necesarios para la operación del mismo en la planta; siguiendo los valores totales obtenidos en las Tablas 16-3, 17-3 y 18-3.

Tabla 19-4: Total costos indirectos

Costos Indirectos	Mensual (\$)	Anual (\$)
Costos de energía y combustible	1,312	15,744
Costos de depreciación	30,416	365,00
Costos adicionales	35,00	420,00
Total	66,72	800,73

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

➤ **Total de costos (directos e indirectos)**

Dentro de los costos directos se encuentra el total de la Tabla 15-4. Se define una producción de una vez al mes. También se toma en cuenta el valor mensual de los costos indirectos de la Tabla 19-4, para estimar el precio total de la producción de canario:

Tabla 20-4: Balance general de costos

Tipo de costo	Valor mensual (\$)
Costos directos	240,72
Costos Indirectos	66,72
Total de costos	307,44

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

➤ **Costo unitario de producción**

Se estima realizar 100 unidades de canario al mes con una utilidad de 30%.

$$\text{Costo Unitario (\$)} = \frac{\text{Costo de Producción}}{\text{Producción mensual}} \quad \text{Ec. 1-4}$$

$$\text{Costo Unitario (\$)} = \frac{240,72}{100 \text{ L}} = 2,41$$

$$\text{Precio} = \text{Costo unitario} + (\text{costo unitario} \times \% \text{ de utilidad})$$

$$\text{Precio} = 2,41 + (2,41 \times 0,30)$$

$$\text{Precio (\$)} = 3,13$$

Si el producto es vendido a \$3,13 cada botella, existe una ganancia de 0,72 ctvs, por litro de Canario.

➤ **Punto de equilibrio**

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costo Fijo}}{\text{Precio de venta} - \text{costo unitario}} \quad \text{Ec. 2-4}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{307,44}{3,13 - 2,41}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = 427 \text{ litros por mes}$$

➤ **Costo de la elaboración de canario para una práctica de Laboratorio**

A continuación, se detalla el valor equivalente de una práctica de laboratorio de elaboración de canario en el reactor, considerando un total de 25 estudiantes, conforme a los costos de materia prima y envases de la Tabla 15-4. Dicho valor se deduce a continuación hallando el valor que tendría que pagar cada estudiante en una práctica de laboratorio.

Tabla 20-4: Costo de elaboración de canario para una práctica de laboratorio.

Materiales	Precio total (\$)	Precio por estudiante (\$)
Materia prima	140,71	5,63
Envases	100,00	4
Total	240,72	9,63

Realizado por: Valencia Grefa, Luisa, 2021

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se caracterizó la leche cruda dando cumplimiento a la norma NTE INEN 9 y cuyos datos obtenidos se sitúan en la Tabla 10-3 y ANEXO D, estando en los rangos permitidos establecidos en dicha norma como se ve en la Tabla 1-3, siendo la materia prima apta para su procesamiento a fin de obtener la bebida.

La parte experimental se llevó a cabo a nivel de laboratorio, sin equipos técnicos, con agitación manual por 3 horas que duró el proceso. De dicha experimentación se obtuvo el escalamiento para una producción deseada de 100 L de licor (Tabla 12-3).

La identificación de variables, comprendió la temperatura, la cual depende de las condiciones de operación del caldero, el mismo que trabaja con agua líquida saturada a 91°C y 10 psi (Tabla 15-3). Para lo cual la temperatura de pasteurización se realiza a 83°C (Tabla 16-3), considerando que ésta es la máxima temperatura de operación. Por otro lado, la velocidad de agitación de 100 rpm (Tabla 13-3) influye directamente en el tiempo de obtención del producto y uniformidad del mismo, puesto que durante la experimentación fue otra de las variables que se necesitó controlar hasta la obtención de la bebida.

El control y análisis al producto terminado se basó en la NTE INEN 2802 (Ver ANEXO F). Dentro del análisis físico-químico cuyos valores como la fracción volumétrica con 17%, metanol con 0,14 mg y furfural con 4 mg que se encuentran en la Tabla 1-4, fueron atribuidos por el aguardiente de caña utilizado con 37% de alcohol. Además se analizaron otros parámetros que no forman parte de las especificaciones técnicas de la norma pero que fueron datos necesarios para el diseño del equipo para este tipo de licores de crema que se encuentra presente en la Tabla 3-2 de donde se obtuvieron los siguientes datos: grados Brix 29,6, viscosidad 29 cP, pH de 6,30 y densidad de 1,28 g/ml que se hallan en la Tabla 1-4, dichos datos son los encargados de ayudar a mantener el equilibrio de la bebida en cuanto a la uniformidad y en cierta medida para el análisis microbiológico, el cual presentó ausencia de *Salmonella* en UFC/25 g (Tabla 1-4), que contribuye a las características organolépticas del licor. Cabe recalcar que la formulación de la bebida no incluye estabilizantes ni conservantes de ningún tipo que modifique sus propiedades para extender el tiempo de vida de almacén de la misma.

Las características de la bebida en cuanto a la naturaleza y fase del fluido (emulsión) dieron lugar a la selección del sistema de agitación y está predeterminada por el agitador tipo turbina de palas

inclinadas 45° (Tabla 19-3), el cual permite que no exista la separación de fases que puede darse con los glóbulos de grasa presentes en la leche.

Con el dimensionamiento estructural de la Tabla 3-4 con un volumen total de 117 L; los cálculos posteriores involucraron el balance de masa realizado, de donde se obtuvo un valor de 122,2 Kg en la alimentación (Tabla 9-4), equivalente a un volumen total de producción de 96 L que se calculó en la Ec. 21-3. Esto se refleja en el rendimiento del proceso con un valor del 96% (Ec 22-3), dato analizado en función de la producción deseada de diseño de 100 L (Tabla 12-3). Además, con el balance de energía se determinó el calor necesario para la buena operación del equipo de 6586,61 kJ que se refleja en la Tabla 9-4, y el flujo de vapor requerido de 1451,4 kg/h (0,4 kg/s) presente en la Tabla 8-4. Dichos valores son adecuados para las condiciones de trabajo del caldero con un consumo de combustible diésel de 5 gl/h (Tabla 17-4) bajo estimaciones de la Planta.

La simulación se realizó bajo criterios técnicos experimentales en función de los cálculos realizados de transferencia de calor, balance de materia y energía incluidos en las Tablas 6-4 a 10-4. En las mismas se observan el comportamiento real del proceso y está dividida en etapas correspondientes a las paras que sufre el equipo, donde se identifican situaciones como el aumento de nivel del tanque, comportamiento de la temperatura a través del tiempo (aumento y disminución de temperatura) mediante una gráfica como se tiene en la Figura 8-4, con ello permitiendo representar el funcionamiento del equipo.

Adicionalmente se realizó la estimación de costos los cuales involucran en primera instancia la implementación del equipo, con un precio de \$1850, correspondiente a la proforma realizada que se visualiza en el ANEXO E. Dentro de los costos directos de producción, se estimó el valor total de materia prima de \$140,71 calculado en la tabla 13-4, para una producción total de 100 L. El envasado del producto se estimó por un valor total de \$100 para 100 L de canario, haciendo uso de envases de vidrio de 1 L, lo cual se encuentra detallado en la Tabla 14-4. Por otro lado, los costos indirectos presentes en la Tabla 19-4, corren por cuenta de la institución y están representados por la energía eléctrica, combustible, y mantenimiento del equipo donde se hizo el análisis con una proyección anual y mensual. Con todo ello el balance general de costos arrojó un total de \$307,44. El precio de la bebida es de \$3,13 cada botella, con una utilidad del 30% (Ec. 1-4).

Además, con el punto de equilibrio calculado, se especifica que se deben obtener 427 botellas de licor canario (Ec. 2-4) para poder cubrir los costos fijos de producción.

El costo total de una práctica de laboratorio que se encuentra en la Tabla 20-4 es de \$240,71 considerando costos de materia prima y envases, representarían \$9,63 por estudiante, (considerando un total de 25 estudiantes), lo cual resultaría conveniente por el bajo costo que implica una práctica de elaboración de Canario.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el reactor tipo batch para la obtención de Canario, con forma cilíndrica, capacidad neta de 117 L y altura nominal de 0,6 m, descritos en la Tabla 3-4. El equipo está constituido por una chaqueta y un agitador de turbina de palas inclinadas de 45°, con un motor reductor especificado en la proforma del ANEXO E con una potencia mínima requerida de 0,02 HP según lo calculado en la Ec. 1-3.
- La elaboración de canario a nivel de laboratorio se basó en la formulación de la planta, escalando su producción a un volumen de diseño de 100 L (Tabla 12-3). El producto obtenido presentó características propias de la naturaleza de los componentes, mostrándose formación de espuma durante la agitación como se ve en la Figura 3-3, que finalmente se tornó uniforme gracias a la agitación proporcionada evitando separación de fases.
- La caracterización de la leche se siguió en base a la NTE INEN 9. Leche cruda, de los requisitos de la Tabla 1-3. El producto final cumplió con las especificaciones técnicas vigentes en la NTE INEN 2802: Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos, según los análisis físico químicos y microbiológicos del ANEXO C.
- Las variables de diseño que caracterizan la producción de canario son temperatura, que incluyó la temperatura de trabajo de 83°C para la pasteurización y la temperatura de cocción de 60°C, velocidad de agitación 100 rpm, capacidad del reactor y tiempo de agitación ilustrados en la Tabla 13-3. Los parámetros de calidad del producto arrojaron datos de: densidad 1280 kg/m³, viscosidad 29 cP, grados Brix de 29.6, pH 6.30 (ANEXO C).
- Los cálculos realizados cuyos valores ilustrados están en las Tablas 6-4 a 9-4, siguieron criterios de transferencia de calor con el análisis del vapor requerido para el proceso obteniendo un flujo de vapor de 0,0004 Kg/s; con el balance de masa se obtuvo 122,2 kg; por último, el balance de energía comprendió 6586,61 kJ de calor necesario para el proceso.
- La validación del diseño se llevó a cabo en el Software LabVIEW, con la corroboración de los datos obtenidos según las Tablas 6-4 a 9-4, mediante el ingreso de las ecuaciones 13-3 a la 36-3, que representan principalmente el caudal, calor, alimentación total, rendimiento del proceso, cuyos resultados se aprecian en el panel principal de simulación, apreciándose además la dinámica del proceso de elaboración de Canario como se observa en la Figura 8-4.

- El análisis económico comprendió el precio de construcción del reactor por un valor de \$1850 que se evidencia en la proforma del ANEXO E. Adicionalmente, se estimaron costos directos e indirectos de producción, los cuales abarcaron valores de \$140,71 del total de materia prima para la producción de 100 L de canario, y a su vez precios de envases por \$100,00 visibles en la Tabla 15-4 correspondiente a los costos directos. Los demás costos relacionados indirectamente en el proceso involucraron energía eléctrica, combustible y mantenimiento del equipo presentes en la Tabla 19-4. El costo que implica una práctica de laboratorio se encuentra plasmado en la Tabla 20-4 con un valor de \$9,63 por estudiante.

RECOMENDACIONES

- Realizar varios ensayos de la bebida canario haciendo uso de conservantes y estabilizantes, para extender el tiempo de vida útil durante el almacenamiento del licor, mediante análisis físico químicos y microbiológicos en diferentes periodos de tiempo, y además considerar la influencia de variables, y el tipo de envases, para mantener la estabilidad de parámetros del licor.
- Llevar a cabo la implementación del equipo, siguiendo las especificaciones técnicas de diseño, como el dimensionamiento y variables de operación.
- Para tener un mayor control de las temperaturas, se recomienda instalar sensores y válvulas de control automático y de regulación de flujo para la camisa, con el fin de garantizar el buen funcionamiento del equipo.
- Tomar en cuenta las temperaturas para la cocción de 60°C para evitar separación de fases en la bebida, y antes de agregar el alcohol verificar que se encuentre a una temperatura inferior a la de volatilidad del mismo.
- Es necesario que posteriormente se diseñe un tipo de filtro dentro del tanque para lograr mayor uniformidad de la bebida que es su principal característica, puesto que las materias primas pueden tener componentes extraños, o si se utilizan especias que luego requieren ser retiradas.

GLOSARIO

Micela: Es la formación de gel de caseína que confiere estabilidad a la leche durante su tratamiento térmico, concentración y almacenamiento (Holt, 1991, pp.133-134).

Caseína: Es una proteína presente en la leche y sus derivados, encargada de formar el cuajo, y se utiliza principalmente en la elaboración de quesos (Holt, 1991, pp.133-134).

Batch: Cantidad total de materia prima que se introduce al sistema al inicio del proceso, obteniéndose la cantidad total de producto una vez transcurrido un tiempo determinado, puede ser ajustado a retención o paras (Cunill, et al., 2010, pp. 1-3).

Sensor: Dispositivo que detecta magnitudes físicas o químicas, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida (Ramirez, 2005. pp. 1-3).

LabVIEW: (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) entorno de desarrollo con lenguaje de programación visual gráfico para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real (NATIONAL INSTRUMENTS, 2020).

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J. & CEDEÑO, P. Proyecto de Factibilidad para la creación de la empresa de Lácteos Madre Selva en el Cantón Pastaza [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2010. pp. 23-26. [Consulta: 2020-06-04]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/969>.

CALLE, Karina. Diseño e implementación de un manual de buenas prácticas de manufactura (BPM) para la fábrica de aguardiente artesanal destilería Mayte en el Canton Morona, Provincia Morona Santiago [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017.

CASANOVA, F. & CARDONA, T. "Emulsiones o/w estabilizadas con caseinato sodio: Efecto de los iones calcio, concentración de proteína y temperatura". *Vitae* [en línea], 2004, (Colombia) 11(1), pp. 13-19. [Consulta: 04 julio 2020]. ISSN: 0121-4004. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169818259001>.

CASTILLO, Vladimir. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad del Bío-Bío, Chile. 2013. pp. 15-20. [Consulta: 2020-07-24]. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf

CHÁVEZ, Marcelo. Diseño de un reactor tipo batch para la elaboración de yogurt en la quesera Doña Isabelita, localizada en la parroquia de San Gerardo, cantón Guano, Provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 10-. [Consulta: 15 julio 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10429>.

COKER, A. K. *Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design*. Estados Unidos: Publicaciones profesionales del Golfo, 2001, pp. 152-160.

COLINA, Luisa. *Mezcla de Fluidos* [en línea], pp. 7-48. [Consulta: 2020-07-24]. Disponible en: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/mezclado_fluidos.pdf

CONESA, Juan A. *Mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección, radiación)* [en línea], 2013, pp. 4-9. [Consulta: 13 julio 2020]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34475/1/Mecanismos%20de%20transmisi%C3%B3n>

20de%20calor%20%28CONDUCCION%2C%20CONVECCION%2C%20RADIACION%29.pdf

COUPER, James; et al. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. 2ª ed. Estados Unidos: Gulf Professional Publishing, 2005. [Consulta: 22 junio 2020]. Disponible en: <https://es.1lib.eu/book/543677/d9a056?dsource=recommend>

CUNILL, Fidel, et al. *Reactores Químicos. Apuntes Universidad de Barcelona* [en línea], 2010. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/12703/1/APUNTS%20DE%20REACTORS%20QU%C3%8DMICS.pdf>.

GEANKOPLIS, J. *Procesos de transporte y Operaciones Unitarias* [en línea]. 3ª ed. México: CECSI, 2003, pp. 161-173. [Consulta: 24 julio 2020]. Disponible en: <https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>

HOLT, C. Estructura y estabilidad de las micelas de caseína bovina [en línea], 1992,(Escocia) 43(1), pp. 63-150. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065323308605549>.

LEVENSPIEL, Octave. *Ingeniería de las reacciones químicas*. 2ª ed. Barcelona-España: Reverté, 1986, p. 137.

LÓPEZ, Angel. *Manual de Industrias lácteas*. 3ª ed. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa, 2003.

MCCABE, Warren; et al. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 7ª ed. New York-Estados Unidos: McGraw-Hill, 2003, pp. 240-253.

MEDINA, Edgar. Elaboración de una bebida tradicional a base de leche y alcohol etílico [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Tecnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. 2017. pp. 6-12. [Consulta: 2020-06-10]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17344/3/Medina%20Yunda%20Edgar.pdf>.

MONTAGUANO, Marco. Investigación de bebidas tradicionales ecuatorianas [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de las Americas, Quito, Ecuador. 2012. pp. 53-54. [Consulta: 2020-06-07]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3651>.

MOSQUERA, Anahí & MUÑOZ, Ray. Rediseño y experimentación de un reactor discontinuo didáctico del laboratorio de operaciones unitarias, para la obtención de cristales de fosfato trisódico [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2017. pp. 17-20. [Consulta: 2020-07-2]. Disponible en: <https://tinyurl.com/y4jccokd>

MOYA, Silvia. Efecto de diferentes tipos de alteraciones sobre la estabilidad de los licores de crema. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. 2013. pp. 4-30. [Consulta: 2020-06-15]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2>.

NATIONAL INSTRUMENTS. ¿Qué es LabVIEW? [blog]. 2020. [Consulta: 2020-07-15]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>

NTE INEN 338. *Bebidas Alcohólicas: Definiciones.*

NTE INEN 9. *Leche Cruda.*

OROZCO, E & CERVERA, J. "Diseño y Distribucion de Instalaciones Industriales Apoyado en el Uso de la Simulacion de Procesos". *Researchgate* [en línea], 2013, (1), pp. 1-3. [Consulta: 03 junio 2020] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318872836_DisenoyDistribuciondeInstalacionesIndustrialesApoyadoenelUsodeSimulaciondeProcesos.

PARKIN, K. et al. *Química de los alimentos.* 3ª ed. España: Acribia. 2010.

PEREIRA, JAVIER. Estudio de factibilidad para la industrialización del aguardiente de caña, de los microproductores en la parroquia de Moraspungo, Cantón Pangua [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2013. pp. 3-14. [Consulta: 2020-06-04]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10728/1/T-UCE-0003-CA201-2016.pdf>.

RAMIREZ, MARVIN. Desarrollo de módulos de simulación de procesos en ingeniería química [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de El Salvador, El Salvador, 2005. pp.1-3. [Consulta: 2020-07-13]. Disponible en: http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2142/1/Desarrollo_de_m%C3%B3dulos_de_simulaci%C3%B3n_de_procesos_en_Ingenier%C3%ADa_Qu%C3%ADmica.pdf.

RAXÓN, EDDIE. Diseño de un sistema de mezclado para la producción de suavizantes en la industria textil [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de San Carlos, Guatemala. 2013. pp. 35-40. [Consulta: 2020-07-12] Disponible en:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1394_Q.pdf.

REYES LINARES, ARLYN, et al. " Aspectos generales sobre la elaboración del licor de limón. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar ". *ICIDCA*. [en línea], 2011, (Cuba) 45(1), pp. 13-19. [Consulta: 07 agosto 2020]. ISSN: 0138-6204. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223122251002>.

ROMERO, Roxsana. *Convección* [en línea], 2013, (España). p.3-20. Disponible en:
<http://files.transferenciadecalorupv.webnode.es/200000034-2ac962bc36/CLASE%206%20CONVECCI%C3%93N%20numeros%20adimensionales.pdf>

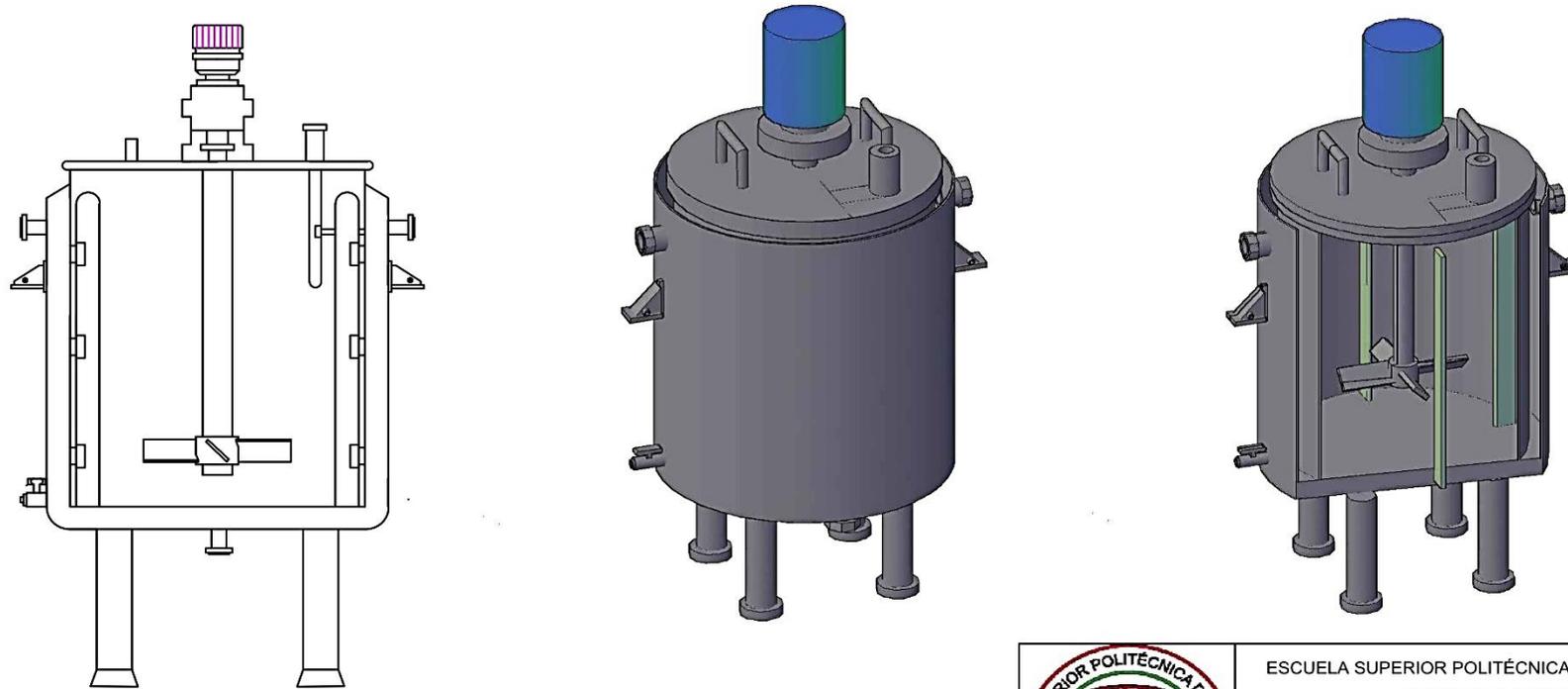
SÁENZ, MARÍA. Desarrollo de un licor de crema con sabor a curuba (*Passiflora mollissima*) para el viñedo y cava Loma de Puntalarga en Nobsa, Departamento de Boyacá [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de La Salle, Colombia. 2015, pp. 7-10. [Consulta: 2020-07-02]. Disponible en:
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/140?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_alimentos%2F140&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.

YE, R. & HARTE, F. "Casein maps : effect of ethanol , pH , temperature , and CaCl₂ on the particle size of reconstituted casein micelles". *Journal of Dairy Science* [en línea], 2013, (United State of America), pp. 1-5. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en:
<http://doi.org/10.3168/jds.2012-5838>.

ZAVALA POPE, José. *Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche* [en línea], 2005, (Perú), p. 43. [Consulta: 13 junio 2020]. Disponible en:
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/\\$FILE/Aspectosnutricionalesytecnol%C3%B3gicosdelaleche.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/$FILE/Aspectosnutricionalesytecnol%C3%B3gicosdelaleche.pdf)

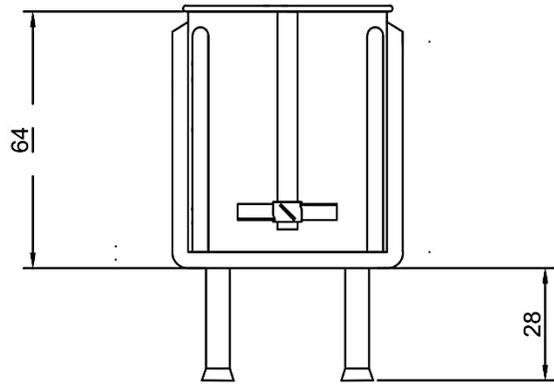
ANEXOS

ANEXO A: Diseño estructural de reactor batch



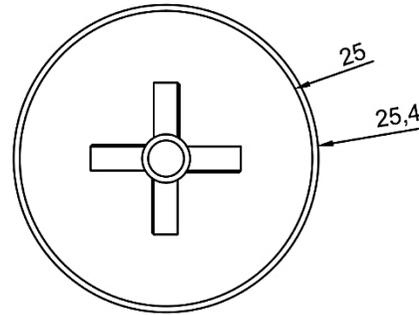
	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	
	DISEÑO DE UN REACTOR BATCH PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TRADICIONAL CANARIO	
CONTIENE: REACTOR BATCH	ELABORADO POR: LUISA ESTEFANIA VALENCIA GREFA	
	REVISADO POR: ING. MABEL PARADA MSc. ING. HUGO CALDERÓN MSc.	
LAMINA: 1/3	ESCALA: S/E	FECHA: 10/12/2020

TANQUE

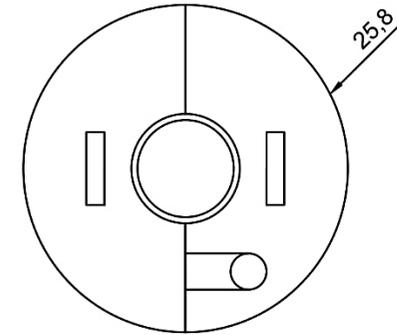


VISTA FRONTAL

TAPA

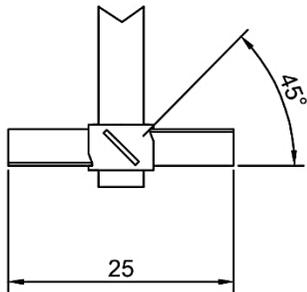


VISTA SUPERIOR

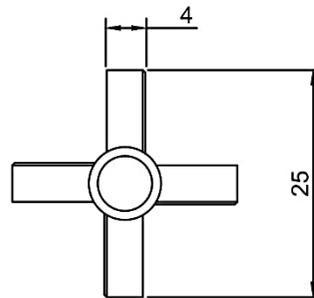


VISTA SUPERIOR

AGITADOR



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DISEÑO DE UN REACTOR BATCH PARA LA ELABORACIÓN
DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TRADICIONAL CANARIO

CONTIENE:
DIMENSIONAMIENTO

ELABORADO POR:
LUISA ESTEFANIA VALENCIA GREFA

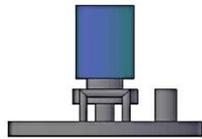
REVISADO POR:
ING. MABEL PARADA MSc.
ING. HUGO CALDERÓN MSc.

LAMINA:
2/3

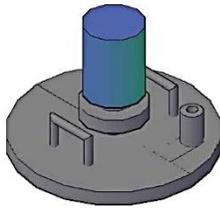
ESCALA:
S/E

FECHA:
10/12/2020

TAPA

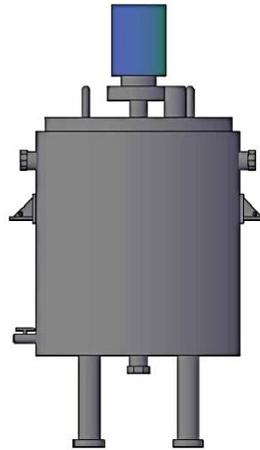


VISTA LATERAL IZQUIERDO



VISTA ISOMÉTRICA

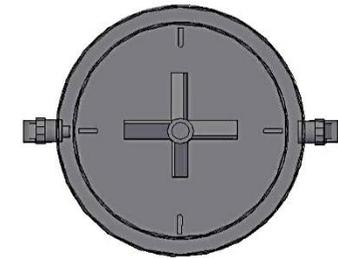
REACTOR BATCH



VISTA FRONTAL

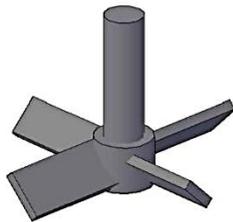


VISTA LATERAL IZQUIERDO

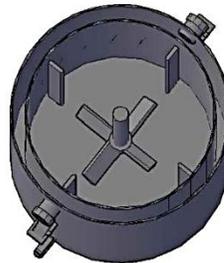


VISTA SUPERIOR

AGITADOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SIN TAPA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DISEÑO DE UN REACTOR BATCH PARA LA ELABORACIÓN
DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TRADICIONAL CANARIO

CONTIENE:
REACTOR BATCH

ELABORADO POR:
LUISA ESTEFANIA VALENCIA GREFA

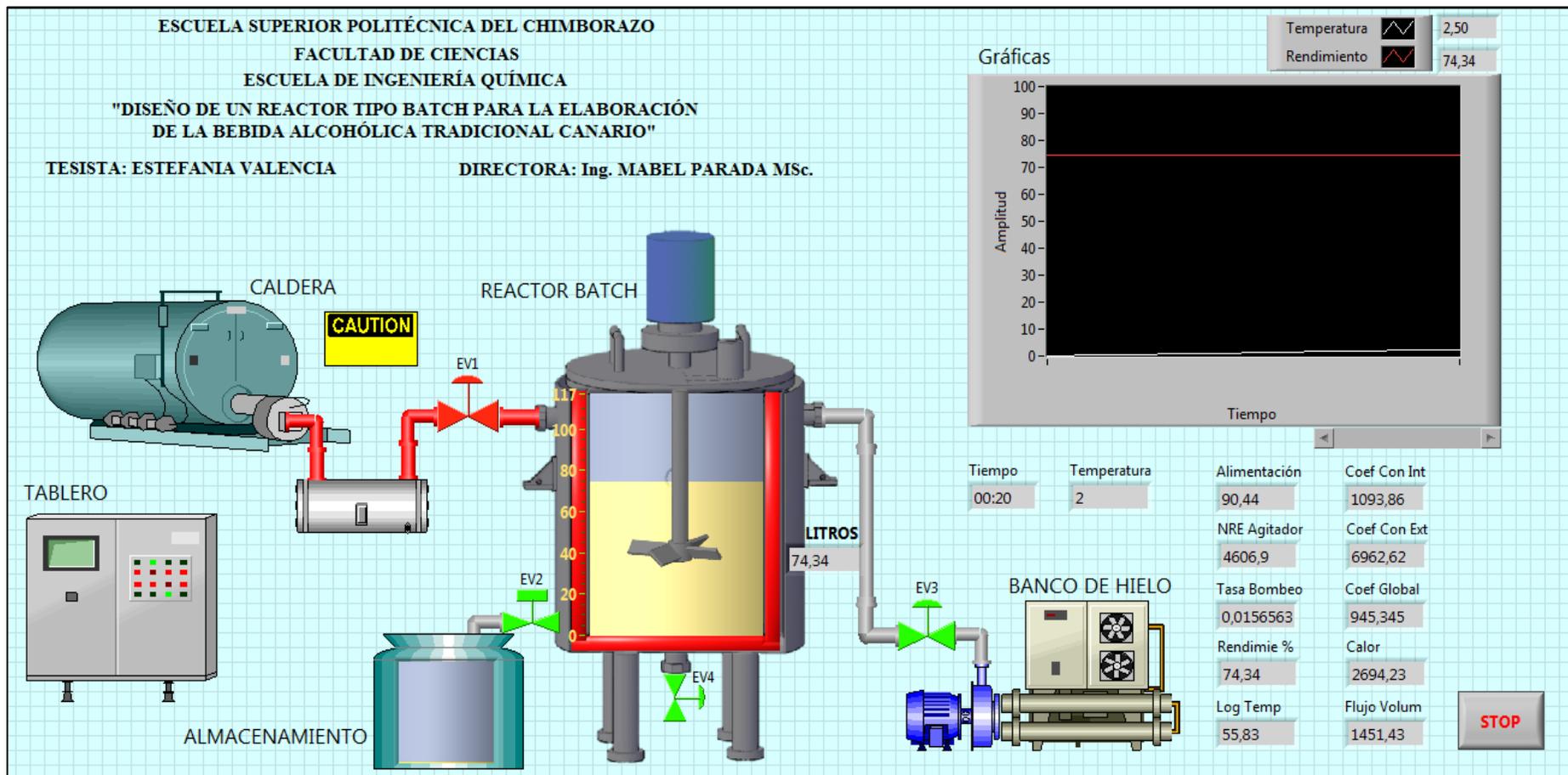
REVISADO POR:
ING. MABEL PARADA MSc.
ING. HUGO CALDERÓN MSc.

LAMINA:
3/3

ESCALA:
S/E

FECHA:
10/12/2020

ANEXO B: Simulación del proceso y reactor batch en LabVIEW.



ANEXO C: Caracterización físico química Y microbiológica del Canario.



EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 107-20

CLIENTE: Estefanía Valencia

TIPO DE MUESTRA: Bebida Canario

FECHA DE RECEPCIÓN: 30 de octubre del 2020

FECHA DE MUESTREO: 30 de octubre del 2020

EXAMEN FISICO

COLOR: Característico

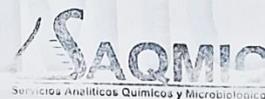
OLOR: Característico

ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Densidad	g /ml	-	1.28
Grados Brix	°Brix	-	29.6
pH	unid	-	6.30
Salmonella	UFC / 25 g	Reveal 2.0	Negativo

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra es receptada en laboratorio.

ANEXO D: Proforma de costos de construcción del reactor batch



Dirección: Sector Miranda, Quito-Ecuador
Correo: inoxthegigant@gmail.com
Dirección: Calle Rio Napo y Rio Paute

Quito, 20 de diciembre 2020

Inox The Gigant

COTIZACIÓN NO. 0573 REACTOR BATCH 117 litros.

Nombre: ESTEFANIA VALENCIA
Ciudad: RIOBAMBA
Ruc/CI:
Teléfono/Celular:

Características:

- Elaborada en lámina de 2,5 milímetros en acero inoxidable 304 nivel alimenticio
- Llave de descarga tipo buteflay de 2" inox
- Motor reductor de 1/2 Hp 60RPM marca Weg
- Eje de 1"
- Resistencia 30 psi de presión
- Aspas agitadoras inclinadas de turbinas 45°
- Base en 2" en INOX
- Acabado electro pulido
- Capacidad 117 L

Forma de Pago:

70% Orden de Trabajo

30% Entrega de Equipo

Tiempo:

Una vez estén de acuerdo las partes el límite máximo de entrega de nuestros equipos es de 10 Días.

Garantía: Nuestros equipos tienen un año de garantía por defecto de motor

Precio: 1850\$

FP: INOX THE GIGANT IG: INOXTHEGIGANT

ANEXO E: NTE INEN 2802. Bebidas Alcohólicas. Cocteles o Bebidas Alcohólicas Mixtas y los aperitivos.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BEBIDAS ALCOHÓLICAS COCTELES O BEBIDAS ALCOHÓLICAS MIXTAS Y LOS APERITIVOS REQUISITOS	NTE INEN 2802:2015 2015-10
---	--	----------------------------------

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos para las bebidas alcohólicas denominadas cocteles o bebidas alcohólicas mixtas y los aperitivos, de producción nacional e importados que se comercializan en el país.

2. REFERENCIA NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 338, *Bebidas alcohólicas. Definiciones*

NTE INEN 339, *Bebidas alcohólicas. Muestreo*

NTE INEN 340, *Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico*

NTE INEN 1108, *Agua potable. Requisitos*

NTE INEN 1933, *Bebidas alcohólicas. Rotulado. Requisitos*

NTE INEN 2014, *Bebidas alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases*

NTE INEN 1529-10, *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad*

NTE INEN 1529-15, *Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección*

NTE INEN-CODEX 192, *Norma general del Codex para aditivos alimentarios*

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en NTE INEN 338 y las que a continuación se detallan:

3.1 Coctel o bebida alcohólica mixta. Bebida obtenida por la mezcla de una o más bebidas alcohólicas o alcohol etílico rectificado neutro o extra neutro de origen agrícola o destilados alcohólicos simples o sus mezclas, con otras bebidas, o productos de origen vegetal o animal o aditivos alimentarios permitidos. Puede ser gasificada. Se podrá utilizar la denominación "crema" para aquellos productos que contengan materias primas lácteas, sus derivados, sustitutos lácteos o más de 250 g/L de azúcares.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para los cocteles o bebidas alcohólicas mixtas y los aperitivos

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	0,5	50,0	NTE INEN 340
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	-	10	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	-	10	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores**	mg/100 cm ³ (*)	-	250	NTE INEN 2014

* El volumen de 100 cm³ corresponde al alcohol absoluto.

** Los alcoholes superiores comprenden: Isopropanol, propanol, isobutanol, isoamilico, amilico.

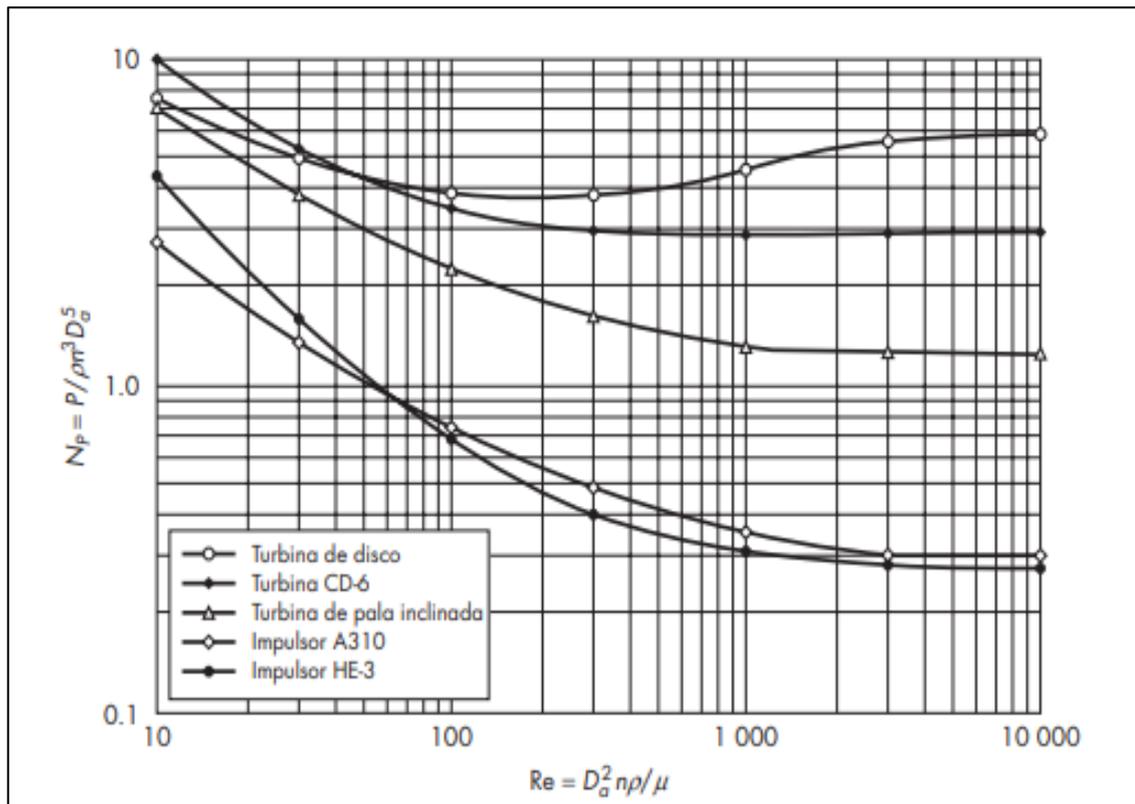
TABLA 2. Requisitos microbiológicos

Requisitos	Unidad	Máximo	Método de ensayo
Mohos y levaduras ^a	UFC/mL	10	NTE INEN 1529-10
Salmonella ^b		Ausencia en 25 mL	NTE INEN 1529-15

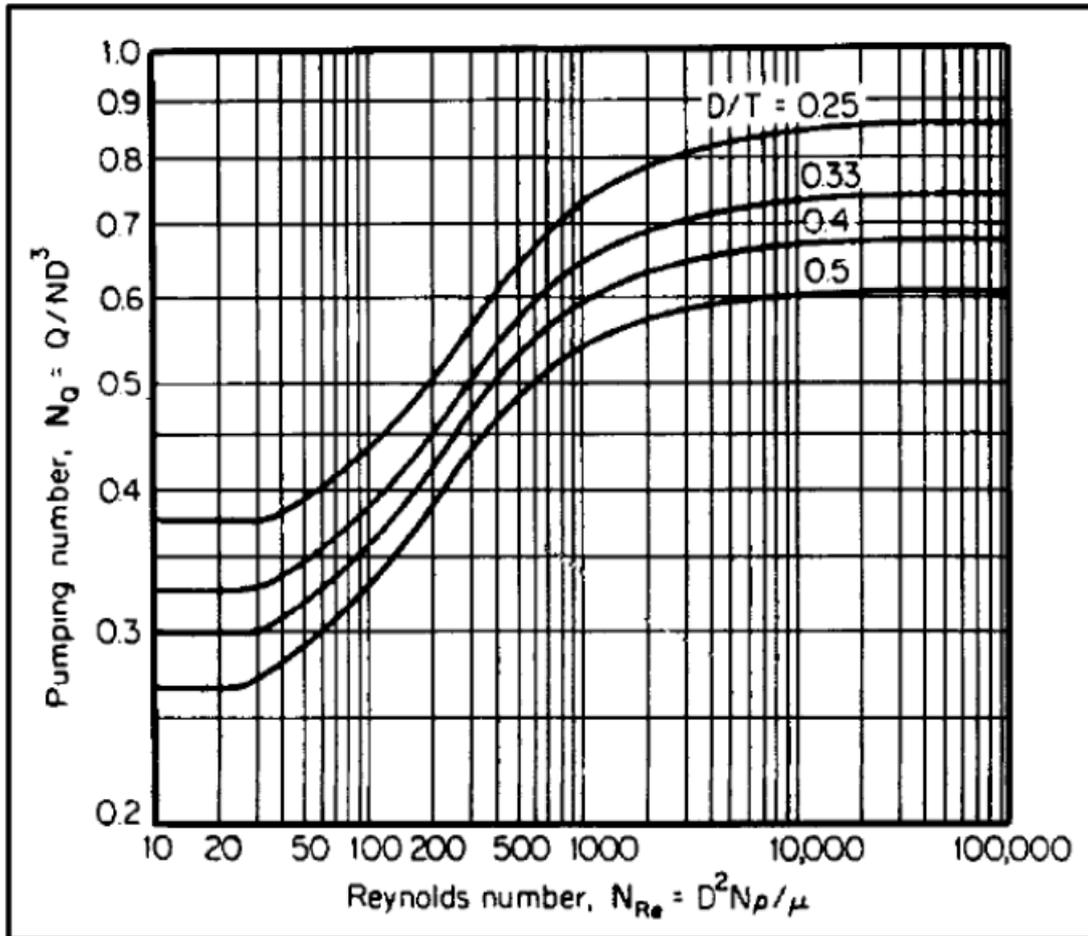
^a Cocteles o bebidas alcohólicas mixtas o aperitivos elaborados con vino o cerveza.

^b Cocteles o bebidas alcohólicas mixtas o aperitivos que tengan huevo, leche o chocolate.

ANEXO F: Correlación del Número de potencia N_p vs Número de Reynolds.



ANEXO G: Correlación del Numero de flujo vs Número de Reynolds



ANEXO H: Dimensiones de tuberías de acero.

TABLA 6-6 Propiedades de las tuberías de acero											
Tamaño nominal de tub., in	Diám. exterior, in	No. de cédula	Espesor de la pared, in	Diám. interior, in	Área de corte transversal		Circunferencias, ft, o superficie, ft ² /ft de longitud		Capacidad a una velocidad de 1 ft/s		Peso de tub. de extremos lisos, en lb/ft
					Metal en in ²	Flujo en ft ²	Exterior	Interior	U.S. gal/min	Lb/h de agua	
¾	0.405	10S	.049	0.307	0.055	0.00051	0.106	0.0804	0.231	115.5	0.19
		40ST, 40S	.068	.269	.072	.00040	.106	.0705	.179	89.5	.24
		80XS, 80S	.095	.215	.093	.00025	.106	.0563	.113	56.5	.31
¾	0.540	10S	.065	.410	.097	.00092	.141	.107	.412	206.5	.33
		40ST, 40S	.088	.364	.125	.00072	.141	.095	.323	161.5	.42
		80XS, 80S	.119	.302	.157	.00050	.141	.079	.224	112.0	.54
¾	0.675	10S	.065	.545	.125	.00162	.177	.143	.727	363.5	.42
		40ST, 40S	.091	.493	.167	.00133	.177	.129	.596	298.0	.57
		80XS, 80S	.126	.423	.217	.00098	.177	.111	.440	220.0	.74
¾	0.840	5S	.065	.710	.158	.00275	.220	.186	1.234	617.0	.54
		10S	.083	.674	.197	.00248	.220	.176	1.112	556.0	.67
		40ST, 40S	.109	.622	.250	.00211	.220	.163	0.945	472.0	.85
		80XS, 80S	.147	.546	.320	.00163	.220	.143	0.730	365.0	1.09
		160	.188	.464	.385	.00117	.220	.122	0.527	263.5	1.31
		XX	.294	.252	.504	.00035	.220	.066	0.155	77.5	1.71
¾	1.050	5S	.065	.920	.201	.00461	.275	.241	2.072	1036.0	0.69
		10S	.083	.884	.252	.00426	.275	.231	1.903	951.5	0.86
		40ST, 40S	.113	.824	.333	.00371	.275	.216	1.665	832.5	1.13
		80XS, 80S	.154	.742	.433	.00300	.275	.194	1.345	672.5	1.47
		160	.219	.612	.572	.00204	.275	.160	0.917	458.5	1.94
		XX	.308	.434	.718	.00103	.275	.114	0.461	230.5	2.44
1	1.315	5S	.065	1.185	.255	.00768	.344	.310	3.449	1725	0.87
		10S	.109	1.097	.413	.00656	.344	.287	2.946	1473	1.40
		40ST, 40S	.133	1.049	.494	.00600	.344	.275	2.690	1345	1.68
		80XS, 80S	.179	0.957	.639	.00499	.344	.250	2.240	1120	2.17
		160	.250	0.815	.836	.00362	.344	.213	1.625	812.5	2.84
		XX	.358	0.599	1.076	.00196	.344	.157	0.878	439.0	3.66
1¼	1.660	5S	.065	1.530	0.326	.01277	.435	.401	5.73	2865	1.11
		10S	.109	1.442	0.531	.01134	.435	.378	5.09	2545	1.81
		40ST, 40S	.140	1.380	0.668	.01040	.435	.361	4.57	2285	2.27
		80XS, 80S	.191	1.278	0.881	.00891	.435	.335	3.99	1995	3.00
		160	.250	1.160	1.107	.00734	.435	.304	3.29	1645	3.76
		XX	.382	0.896	1.534	.00438	.435	.235	1.97	985	5.21
1¼	1.900	5S	.065	1.770	0.375	.01709	.497	.463	7.67	3835	1.28
		10S	.109	1.682	0.614	.01543	.497	.440	6.94	3465	2.09
		40ST, 40S	.145	1.610	0.800	.01414	.497	.421	6.34	3170	2.72
		80XS, 80S	.200	1.500	1.069	.01225	.497	.393	5.49	2745	3.63
		160	.281	1.338	1.429	.00976	.497	.350	4.38	2190	4.86
		XX	.400	1.100	1.885	.00660	.497	.288	2.96	1480	6.41
2	2.375	5S	.065	2.245	0.472	.02749	.622	.588	12.34	6170	1.61
		10S	.109	2.157	0.776	.02538	.622	.565	11.39	5695	2.64
		40ST, 40S	.154	2.067	1.075	.02330	.622	.541	10.45	5225	3.65
		80ST, 80S	.218	1.939	1.477	.02050	.622	.508	9.20	4600	5.02
		160	.344	1.687	2.195	.01552	.622	.436	6.97	3485	7.46
		XX	.436	1.503	2.656	.01232	.622	.393	5.53	2765	9.03
2½	2.875	5S	.083	2.709	0.728	0.04003	.753	.709	17.97	8985	2.48
		10S	.120	2.635	1.039	.03787	.753	.690	17.00	8500	3.53
		40ST, 40S	.203	2.469	1.704	.03322	.753	.647	14.92	7460	5.79
		80XS, 80S	.276	2.323	2.254	.02942	.753	.608	13.20	6600	7.66
		160	.375	2.125	2.945	.02463	.753	.556	11.07	5535	10.01
		XX	.552	1.771	4.028	.01711	.753	.464	7.68	3840	13.69
3	3.500	5S	.083	3.334	0.891	.06063	.916	.873	27.21	13,605	3.03
		10S	.120	3.260	1.274	.05796	.916	.853	26.02	13,010	4.33
		40ST, 40S	.216	3.068	2.228	.05130	.916	.803	23.00	11,500	7.58
		80XS, 80S	.300	2.900	3.016	.04587	.916	.759	20.55	10,275	10.25
		160	.438	2.624	4.213	.03755	.916	.687	16.86	8430	14.32
		XX	.600	2.300	5.466	.02885	.916	.602	12.95	6475	18.58
3¾	4.0	5S	.083	3.834	1.021	.08017	1.047	1.004	35.98	17,990	3.48
		10S	.120	3.760	1.463	.07711	1.047	0.984	34.61	17,305	4.97
		40ST, 40S	.226	3.548	2.680	.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
		80XS, 80S	.318	3.364	3.678	.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.50
4	4.5	5S	.083	4.334	1.152	.10245	1.178	1.135	46.0	23,000	3.92
		10S	.120	4.260	1.651	.09898	1.178	1.115	44.4	22,200	5.61
		40ST, 40S	.237	4.026	3.17	.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
		80XS, 80S	.337	3.826	4.41	.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14/04/2021

INFORMACIÓN DE LA AUTORA	
Nombres – Apellidos: LUISA ESTEFANIA VALENCIA GREFA	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: CIENCIAS	
Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA	
Título a optar: INGENIERA QUÍMICA	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Firmado electrónicamente por: ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA

