



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

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA**  
**ELABORACIÓN DE YOGUR EN LA MICROEMPRESA LÁCTEOS**  
**“ILAPEÑITO”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** ANDREA LIZETH MOYANO ARÉVALO

**TUTOR:** ING. MARCO CHUIZA

Riobamba – Ecuador

2018

**©2018, Andrea Lizeth Moyano Arévalo**

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.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico: **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE YOGUR EN LA MICROEMPRESA LÁCTEOS “ILAPEÑITO”**, de responsabilidad de la señorita Andrea Lizeth Moyano Arévalo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Paola Arguello

-----

-----

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

Ing. Marco Chuiza Rojas

-----

-----

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ing. Valeria Tapia

-----

-----

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Andrea Lizeth Moyano Arévalo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 02 de Julio del 2018

Andrea Lizeth Moyano Arévalo  
060494227-6

Yo, ANDREA LIZETH MOYANO ARÉVALO soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Andrea Lizeth Moyano Arévalo

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme la oportunidad de cumplir uno de mis sueños, a mis padres Irene y Luis quienes han sido mi razón y pilar fundamental a lo largo de este recorrido, a mis hermanas Erika y Stefanny por su apoyo incondicional, a mis amigas y amigos por todos los momentos compartidos.

Andrea

## AGRADECIMIENTO

A Dios por todas sus bendiciones y por darme la dicha de contar con una familia que me ha apoyado en todo momento.

A mis padres porque gracias a su esfuerzo he podido alcanzar uno de mis propósitos, por su amor y su confianza, ustedes siempre serán mi ejemplo a seguir, sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible. A mis hermanas por su cariño y por ser mi motivo de superación, por alegrar cada momento que compartimos juntas. Ustedes son las personas más importantes en mi vida, los quiero mucho.

Al Ing. Marco Chuiza e Ing. Valeria Tapia por su apoyo y tiempo brindado para la culminación de mi trabajo de titulación. A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Química por sus conocimientos impartidos a lo largo de mi formación.

A mis amigas y amigos con quienes compartí momentos extraordinarios que siempre quedarán grabados en mi mente.

Andrea

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	XV
<b>SUMARY</b> .....	XVI

### CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	1
<b>1.1</b>	<b>Identificación del problema</b> .....	1
<b>1.2</b>	<b>Justificación del problema</b> .....	2
<b>1.3</b>	<b>Línea base del proyecto</b> .....	3
<b>1.3.1</b>	<i>Antecedentes de la empresa</i> .....	3
<b>1.3.2</b>	<i>Marco conceptual</i> .....	4
1.3.2.1	<i>Leche</i> .....	4
1.3.2.2	<i>Leches fermentadas</i> .....	7
1.3.2.3	<i>Yogur</i> .....	7
1.3.2.4	<i>Historia del yogur</i> .....	9
1.3.2.5	<i>Probióticos</i> .....	9
1.3.2.6	<i>Bacterias lácticas</i> .....	10
1.3.2.7	<i>Fermentación láctica</i> .....	13
1.3.2.8	<i>Tipos de yogur</i> .....	14
1.3.2.9	<i>Aditivos necesarios para la producción de yogur</i> .....	15
<b>1.4</b>	<b>Beneficiarios directos e indirectos</b> .....	17
<b>1.4.1</b>	<i>Beneficiarios Directos</i> .....	17
<b>1.4.2</b>	<i>Beneficiarios Indirectos</i> .....	17

### CAPÍTULO II

<b>2</b>	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Objetivo General</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	18

## CAPÍTULO III

<b>3</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR</b> .....	19
<b>3.1</b>	<b>Localización del proyecto</b> .....	19
<b>3.2</b>	<b>Ingeniería del proyecto</b> .....	20
<b>3.2.1</b>	<i>Tipo de estudio</i> .....	20
<b>3.2.2</b>	<i>Métodos y Técnicas</i> .....	20
<b>3.2.3</b>	<i>Resultado de la caracterización de la materia prima</i> .....	27
<b>3.2.4</b>	<i>Selección de la materia prima</i> .....	28
<b>3.2.5</b>	<i>Procedimiento a nivel de laboratorio</i> .....	29
<b>3.2.5.1</b>	<i>Equipos, materiales, materia prima y aditivos</i> .....	29
<b>3.2.5.2</b>	<i>Descripción del procedimiento</i> .....	29
<b>3.2.6</b>	<i>Análisis para la selección de la formulación</i> .....	34
<b>3.2.6.1</b>	<i>Análisis Microbiológico</i> .....	34
<b>3.2.6.2</b>	<i>Análisis Sensorial</i> .....	35
<b>3.2.7</b>	<i>Operaciones Unitarias del Proceso</i> .....	43
<b>3.2.7.1</b>	<i>Filtración</i> .....	43
<b>3.2.7.2</b>	<i>Mezclado</i> .....	43
<b>3.2.7.3</b>	<i>Pasteurización</i> .....	43
<b>3.2.8</b>	<i>Variables del proceso</i> .....	44
<b>3.2.9</b>	<i>Cálculos de ingeniería</i> .....	45
<b>3.2.9.1</b>	<i>Datos Adicionales</i> .....	45
<b>3.2.9.2</b>	<i>Balance de masa</i> .....	46
<b>3.2.9.3</b>	<i>Diseño</i> .....	49
<b>3.2.9.4</b>	<i>Balance de energía</i> .....	56
<b>3.3</b>	<b>Proceso de Producción</b> .....	68
<b>3.3.1</b>	<i>Materia Prima, Aditivos e Insumos</i> .....	68
<b>3.3.2</b>	<i>Diagrama del proceso para la elaboración de yogur</i> .....	69
<b>3.3.3</b>	<i>Descripción del diagrama del proceso para la elaboración de yogur</i> .....	70
<b>3.3.4</b>	<i>Validación del proceso</i> .....	71
<b>3.3.4.1</b>	<i>Análisis físico-químicos y microbiológicos del yogur</i> .....	72
<b>3.3.5</b>	<i>Distribución de la planta</i> .....	73
<b>3.4</b>	<b>Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria</b> .....	74
<b>3.4.1</b>	<i>Equipos necesarios para el proceso</i> .....	74
<b>3.4.2</b>	<i>Equipos para controlar el proceso</i> .....	75
<b>3.5</b>	<b>Análisis costo- beneficio del proyecto</b> .....	75

3.5.1	<i>Costo de la materia prima, aditivos y materiales</i> .....	76
3.5.2	<i>Costo de los equipos e instrumentos</i> .....	77
3.5.3	<i>Costo de la mano de obra</i> .....	77
3.5.4	<i>Costo de análisis de laboratorio</i> .....	78
3.5.5	<i>Costo por el consumo de energía</i> .....	78
3.5.6	<i>Costo de producción</i> .....	79
3.6	<b>Cronograma</b> .....	81
 <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....		82
<b>CONCLUSIONES</b> .....		85
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		87
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Composición de yogur por 100 g de producto.....	8
<b>Tabla 2-1</b>	Clasificación Científica <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .....	10
<b>Tabla 1-3</b>	Localización del Proyecto.....	19
<b>Tabla 2-3</b>	Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda.....	21
<b>Tabla 3-3</b>	Requisitos microbiológicos de la leche cruda tomada en hato.....	22
<b>Tabla 4-3</b>	Especificaciones de las leches fermentadas.....	22
<b>Tabla 5-3</b>	Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación.....	22
<b>Tabla 6-3</b>	Determinación de la densidad.....	23
<b>Tabla 7-3</b>	Determinación del pH.....	24
<b>Tabla 8-3</b>	Determinación de la viscosidad.....	25
<b>Tabla 9-3</b>	Determinación de la acidez titulable.....	26
<b>Tabla 10-3</b>	Análisis físico-químico de la leche cruda de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”.....	27
<b>Tabla 11-3</b>	Análisis microbiológico de la leche cruda de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”.....	28
<b>Tabla 12-3</b>	Toma de muestras para la elaboración de yogur.....	28
<b>Tabla 13-3</b>	Equipos y materiales.....	29
<b>Tabla 14-3</b>	Materia prima y aditivos.....	29
<b>Tabla 15-3</b>	Formulaciones de ensayo para la elaboración de yogur.....	30
<b>Tabla 16-3</b>	Resultados de análisis microbiológico en yogur formulación 1.....	34
<b>Tabla 17-3</b>	Resultados de análisis microbiológico en yogur formulación 2.....	34
<b>Tabla 18-3</b>	Asignación de números aleatorios.....	35
<b>Tabla 19-3</b>	Tabla de contingencia del parámetro consistencia.....	36
<b>Tabla 20-3</b>	Tabla de descriptivos para el parámetro consistencia.....	36
<b>Tabla 21-3</b>	Tabla de contingencia del parámetro dulzor.....	37
<b>Tabla 22-3</b>	Tabla de descriptivos para el parámetro dulzor.....	38
<b>Tabla 23-3</b>	Tabla de contingencia del parámetro sabor.....	39
<b>Tabla 24-3</b>	Tabla de descriptivos para el parámetro sabor.....	39
<b>Tabla 25-3</b>	Tabla de contingencia del parámetro color.....	40
<b>Tabla 26-3</b>	Tabla de descriptivos para el parámetro color.....	41
<b>Tabla 27-3</b>	Tabla de resumen prueba de normalidad.....	42
<b>Tabla 28-3</b>	Variables del Proceso.....	44

<b>Tabla 29-3</b>	Datos adicionales.....	46
<b>Tabla 30-3</b>	Especificaciones de los equipos.....	68
<b>Tabla 31-3</b>	Materia prima, aditivos y materiales para la elaboración de yogur.....	68
<b>Tabla 32-3</b>	Resultados de los análisis físico-químicos del yogur.....	72
<b>Tabla 33-3</b>	Resultados de análisis microbiológico del yogur.....	72
<b>Tabla 34-3</b>	Equipos necesarios para la producción de yogur.....	74
<b>Tabla 35-3</b>	Equipos necesarios para controlar el proceso de elaboración de yogur....	75
<b>Tabla 36-3</b>	Costo de la materia prima, aditivos y materiales para la elaboración de 1 L de yogur.....	76
<b>Tabla 37-3</b>	Costo de la materia prima, aditivos y materiales para la elaboración de un lote de yogur (189 L).....	76
<b>Tabla 38-3</b>	Equipos que posee la microempresa.....	77
<b>Tabla 39-3</b>	Costo de los equipos requeridos para la elaboración de yogur.....	77
<b>Tabla 40-3</b>	Costo de la mano de obra.....	78
<b>Tabla 41-3</b>	Costo de análisis de laboratorio, basados en la cotización de un Laboratorio Acreditado, no incluye el análisis de estabilidad.....	78
<b>Tabla 42-3</b>	Costo por el consumo de energía.....	78
<b>Tabla 43-3</b>	Relación costo-beneficio para la producción de yogur.....	79
<b>Tabla 44-3</b>	Presupuesto total anual para la implementación de la producción de yogur.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Fermentación láctica.....	13
<b>Figura 1-3</b>	Localización geográfica de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”	19
<b>Figura 2-3</b>	Filtración de la leche cruda.....	30
<b>Figura 3-3</b>	Medición del pH de la leche cruda.....	30
<b>Figura 4-3</b>	Adición de leche en polvo.....	31
<b>Figura 5-3</b>	Adición de azúcar.....	31
<b>Figura 6-3</b>	Pasteurización de la mezcla.....	32
<b>Figura 7-3</b>	Cultivo <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaris</i> .....	32
<b>Figura 8-3</b>	Fermentación.....	32
<b>Figura 9-3</b>	Medición del pH del yogur.....	33
<b>Figura 10-3</b>	Adición de colorante.....	33
<b>Figura 11-3</b>	Fermentador.....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1-3</b>	Consistencia del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas.....	37
<b>Grafico 2-3</b>	Dulzor del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas.....	38
<b>Grafico 3-3</b>	Sabor del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas	40
<b>Grafico 4-3</b>	Color del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas	41
<b>Gráfico 5-3</b>	Diagrama del proceso de elaboración de yogur.....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b>	Análisis físico-químicos y microbiológicos de la leche cruda de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”
<b>Anexo B</b>	Análisis microbiológico del yogur. Formulación 1
<b>Anexo C</b>	Análisis microbiológico del yogur. Formulación 2
<b>Anexo D</b>	Análisis químico del yogur para Validación del Proceso
<b>Anexo E</b>	Análisis microbiológico del yogur
<b>Anexo F</b>	Hoja de respuesta para la prueba de degustación
<b>Anexo G</b>	Análisis sensorial
<b>Anexo H</b>	Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”
<b>Anexo I</b>	Número de potencia
<b>Anexo J</b>	NTE INEN 707. Leche y Productos Lácteos. Directrices para la toma de muestras.
<b>Anexo K</b>	NTE INEN 9:2012. Leche Cruda. Requisitos
<b>Anexo L</b>	NTE INEN 2395:2011. Leches Fermentadas. Requisitos
<b>Anexo M</b>	Diseño del tanque de recepción
<b>Anexo N</b>	Diseño del fermentador con serpentín
<b>Anexo O</b>	Diseño del serpentín
<b>Anexo P</b>	Diseño de la planta de producción

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

$W_p$	Altura de las paletas del fermentador (m)
$H_2$	Altura del fermentador (m)
$h_1$	Altura del pasteurizador (m)
$H_s$	Altura del serpentín (m)
$h_0$	Altura del tanque de recepción (m)
$L_p$	Ancho de las paletas del fermentador (m)
$A_1$	Área de transferencia de calor del pasteurizador (m <sup>2</sup> )
$A_s$	Área de transferencia de calor del serpentín (m <sup>2</sup> )
$A_2$	Área del fermentador (m <sup>2</sup> )
$A_0$	Área del tanque de recepción (m)
$Q_r$	Calor generado en la reacción (KJ)
$Q_g$	Calor generado por kilogramo de glucosa fermentada (KJ/Kg)
$\Delta\bar{H}^{\circ}_{rx}$	Calor generado por la reacción de fermentación (KJ/mol)
$Cp_{l-45^{\circ}C}$	Capacidad calorífica de la leche a 45°C (KJ/Kg.°C)
$Cp_{l-63^{\circ}C}$	Capacidad calorífica de la leche a 63°C (KJ/Kg.°C)
$Cp_y$	Capacidad calorífica del yogur (KJ/Kg.°C)
$h_{co}$	Coefficiente de convección del aire (W/m <sup>2</sup> .°C)
$h_{ci}$	Coefficiente de convección interno (W/m <sup>2</sup> .°C)
$\beta$	Coefficiente de expansión volumétrica (°C <sup>-1</sup> )
$h_{ro}$	Coefficiente de radiación (W/m <sup>2</sup> .°C)
$U$	Coefficiente global de transferencia de calor (KW/m <sup>2</sup> .°C)
$k_a$	Conductividad térmica del acero (W/m.°C)
$k_p$	Conductividad térmica de la espuma de poliuretano (W/m.°C)
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzman (W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )
$\rho_1$	Densidad de la leche (Kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_m$	Densidad de la mezcla (Kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_y$	Densidad del yogur (Kg/m <sup>3</sup> )
$D_p$	Diámetro de las paletas de agitación en el fermentador (m)
$D_2$	Diámetro del fermentador (m)
$D_s$	Diámetro del serpentín (m)
$d_s$	Diámetro externo del serpentín (m)
$E_p$	Distancia mínima entre las paletas y la base del fermentador (m)

$\varepsilon_a$	Emisividad del acero ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
$\varepsilon_p$	Emisividad de la espuma de poliuretano ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
$\Delta\bar{H}^{\circ}_{f\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}$	Entalpia de formación de la glucosa (KJ/mol)
$\Delta\bar{H}^{\circ}_{f\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}$	Entalpia de formación del ácido láctico (KJ/mol)
$E$	Entrada
$e_{\text{aislante}}$	Espesor del aislante térmico (m)
$f_s$	Factor de seguridad
$Q_{H2}$	Flujo de calor ganado por el agua primera etapa (KW)
$Q_{H3}$	Flujo de calor ganado por el agua tercera etapa (KW)
$Q_{\text{amb}}$	Flujo de calor ganado por el ambiente (KW)
$Q_{p1}$	Flujo de calor retenido por la pared del pasteurizador (KW)
$Q_{rx}$	Flujo de calor generado en la reacción (KW)
$Q_{l1}$	Flujo de calor necesario para calentar la leche (KW)
$Q_y$	Flujo de calor perdido por el yogur (KW)
$Q_{l2}$	Flujo de calor perdido por la leche (KW)
$Q_{p2}$	Flujo de calor perdido por la pared del fermentador primera etapa (KW)
$Q_{p3}$	Flujo de calor perdido por la pared del fermentador segunda etapa (KW)
$Q_{p4}$	Flujo de calor perdido por la pared del fermentador segunda etapa con aislante (KW)
$Q_{H1}$	Flujo de calor transmitido por la caldera (KW)
$\dot{m}$	Flujo másico (Kg/s)
$g$	Gravedad ( $\text{m/s}^2$ )
$\Delta T$	Intervalo de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
$L_s$	Longitud del serpentín (m)
$m_m$	Masa de mezcla (Kg)
$m_{Ev}$	Masa perdida por evaporación (Kg)
$n_s$	Número de espiras
$Gr$	Número de Grashof
$N_p$	Número de potencia
$Pr$	Número de Prandlt
$n$	Número de revoluciones ( $\text{s}^{-1}$ )
$Re$	Número de Reynolds
$Ev$	Pérdida por evaporación
$P$	Potencia del agitador (Hp)
$r_3$	Radio externo del fermentador (m)

$r_2$	Radio del fermentador (m)
$r_4$	Radio del fermentador con aislante térmico (m)
$r_1$	Radio del pasteurizador (m)
$r_0$	Radio del tanque de recepción (m)
$R_{cond}$	Resistencia térmica de conducción (°C/W)
$R_{conv}$	Resistencia térmica de convección (°C/W)
$R_{rad}$	Resistencia térmica de radiación (°C/W)
$S$	Salida
$e_s$	Separación entre espiras adyacentes (m)
$T_a$	Temperatura del ambiente (°C)
$T_f$	Temperatura del fermentador (°C)
$\mu_y$	Viscosidad del yogur (Kg/m.s)
$V_{t2}$	Volumen del fermentador (m <sup>3</sup> )
$V_m$	Volumen de la mezcla (m <sup>3</sup> )
$V_l$	Volumen de leche (m <sup>3</sup> )
$V_0$	Volumen del tanque de recepción (m <sup>3</sup> )
$V_{Ev}$	Volumen perdido por evaporación (m <sup>3</sup> )

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de titulación fue diseñar un proceso industrial para la elaboración de yogur en la microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”, para ello se realizó la caracterización de la materia prima mediante análisis físico-químicos y microbiológicos según la NTE INEN 9:2012. Se efectuaron ensayos de laboratorio en los cuales se pudieron determinar las siguientes variables: pasteurización a 63°C por 30 minutos, fermentación a 45°C por 5,5 horas y enfriamiento a 20°C por 30 minutos. Para la selección de la formulación se tomaron en cuenta dos aspectos: análisis microbiológico y análisis sensorial, de acuerdo al primero las dos formulaciones (2575 y 6610) cumplían con los requisitos exigidos por la norma, sin embargo el análisis sensorial demostró la preferencia por la formulación 2575 mediante un análisis estadístico de los datos obtenidos a través de encuestas. En el diseño de ingeniería se realizó el dimensionamiento de 2 equipos, un tanque de recepción de 240 litros, diámetro de 0,70 m y altura de 0,60 m; y un fermentador de capacidad de 230 litros, con diámetro y altura de 0,70 m, el mismo contará con un agitador de 4 paletas de diámetro de 0,23 m, altura de 0,05 m y ancho de 0,06 m; también constará de un serpentín de altura de 0,50 m, diámetro de 0,60 m, longitud de 20,73 m y estará dispuesto en el interior del equipo formando 11 espiras, además el equipo constará de un aislante térmico de espuma de poliuretano para evitar pérdidas de calor. Para la validación del proceso se realizó el análisis físico-químico del producto obtenido mediante la NTE INEN 2395:2011, comprobando que el producto cumple con todos los requisitos. De acuerdo a un análisis costo-beneficio se pudo comprobar que el proyecto resulta factible, se recomienda hacer uso de las buenas prácticas de manufactura.

**Palabras clave:** <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <LECHE>, <FERMENTACIÓN LÁCTICA>, <FERMENTADOR>, <BACTERIAS LÁCTICAS>, <YOGUR>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO>

## ABSTRACT

The objective of this work of titration was to design an industrial process for the elaboration of yogurt in the microenterprise dairy "ILAPEÑITO", for it was carried out the characterization of the raw material by means of physical-chemical analysis and microbiological according to the NTE INEN 9: 2012. Laboratory tests were carried out in which the following variables were able to be determined: pasteurization at 63°C for 30 minutes, fermentation at 45°C for 5,5 hours and cooling at 20°C for 30 minutes. Two aspects were taken into account for the selection of the formulation: microbiological analysis and sensory analysis, according to the prime the two formulations (2575 and 6610) fulfilled the requirements demanded by the standard, however the sensory analysis demonstrated the preference for formulation 2575 by statistical analysis of data obtained through surveys. In the engineering design, the sizing of 2 equipment was carried out, a receiving tank of 240 liters, diameter of 0,70 m and height of 0,60 m; and a fermenter with a capacity of 230 liters, with a diameter and height of 0,70 m, it will have a stirrer of 4 paddles of 0,23 m diameter, height of 0,05 m and width of 0,06 m; also consisting of a 0,50 m high coil, diameter of 0,60 m, length of 20,73 m and will be arranged inside the equipment forming 11 whorls, in addition the equipment consist of a thermal insulator of polyurethane foam to avoid heat loss. For the validation of the process, the physical-chemical analysis of the product obtained through the NTE INEN 2395: 2011 was carried out, verifying that the product complies with all the requirements. According to a cost-benefit analysis it was possible to verify that the project is feasible, it is recommended to make use of good manufacturing practices.

**Keywords:** <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <CHEMICAL ENGINEERING>, <MILK>, <LACTIC FERMENTATION>, <FERMENTER>, <LACTIC BACTERIA>, <YOGUR>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>

## CAPÍTULO I

### 1 DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1 Identificación del problema

En la provincia de Chimborazo existe una gran cantidad de microempresas dedicadas a la elaboración de productos lácteos, especialmente quesos, las cuales se han creado con el fin de procesar la materia prima propia para transformarla en productos de calidad, ya que nuestra provincia se caracteriza por ser una de las más grandes en producción de leche a nivel nacional, gracias a los pequeños, medianos y grandes productores de leche distribuidos en diferentes puntos de la provincia. (PROECUADOR, 2016)

Una de estas microempresas es Lácteos “ILAPEÑITO”, ubicada en la parroquia Ilapo del cantón Guano, provincia de Chimborazo, que por años ha estado dedicada a la elaboración de quesos, lo que ha resultado ser un éxito gracias a la disponibilidad de la materia prima en este sector, sin embargo, desde su creación su enfoque no solo fue la elaboración de quesos, sino también una variedad de productos lácteos como yogur, manjar, entre otros que espera procesar a futuro.

Hoy en día, Lácteos “ILAPEÑITO” busca un crecimiento productivo y económico, por lo cual tiene el deseo de agregar un producto nuevo y saludable, el yogur, ya que se conoce que este producto tiene una gran acogida en el mercado y ofrece varios beneficios. Sin embargo, para esta microempresa la falta de un diseño técnico para la elaboración de yogur, ha significado un obstáculo para que la misma pueda diversificar sus productos e incrementar sus ingresos.

Es por ello que se propone realizar el diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogur, un producto de calidad que satisfaga las necesidades de los futuros clientes y consumidores, de tal manera que Lácteos “ILAPEÑITO” aumente su oferta y así pueda crecer en el mercado de productos lácteos.

## **1.2 Justificación del problema**

Los productos lácteos en la actualidad juegan un papel importante en el desarrollo del país, por su fuerte aporte a la economía. En los últimos años, la producción de leche y la elaboración de lácteos en Ecuador han obtenido un crecimiento muy significativo, especialmente en la región Sierra por la gran cantidad de personas dedicadas a la crianza de ganado lechero. Así es como encontramos en el mercado una variedad de lácteos a diferentes precios, peso y tamaño. (Guamán, 2016)

En nuestro país, el afán de las personas por crear su propio negocio, ha dado lugar a la formación de varias microempresas en diferentes ramas y en muchas de ellas sus productos han sido aceptados por la sociedad. Una de estas es Lácteos “Ilapeñito”, cuyos quesos tienen gran acogida en el mercado por su calidad y sabor, como resultado a su trabajo diario y constante.

El presente proyecto se justifica por el motivo de brindar apoyo al desarrollo de la microempresa Lácteos “Ilapeñito”, que ha dado a conocer su necesidad de ampliar su mercado con la incorporación de un nuevo producto, para lo cual se diseñará un proceso ideal para la elaboración de yogur, este producto deberá cumplir con los requisitos de calidad conforme a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 para Leches Fermentadas, buscando que el producto obtenido esté dentro de los parámetros establecidos por esta norma.

Lácteos “Ilapeñito” está también preocupada por brindar un producto apto para el consumo que asegure el bienestar de los consumidores, por lo cual se tomará en cuenta las Buenas Prácticas de Manufactura para el desarrollo del proyecto, del tal manera que el resultado sea un producto seguro, tomando en cuenta las normas de higiene y forma de manipulación, ya que es de nuestro conocimiento que la sociedad exige cada vez más calidad en los productos.

### **1.3 Línea base del proyecto**

#### ***1.3.1 Antecedentes de la empresa***

La microempresa Lácteos “ILAPEÑITO” ubicada en la parroquia Ilapo de cantón Guano tiene sus inicios en el año 2000, su creación es incentivada por sugerencias y charlas emitidas por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Chimborazo a los moradores de la parroquia, la misma que se caracteriza por ser una zona con alta producción de leche.

Es así que mediante reunión de los interesados en este proyecto, los futuros socios toman la decisión de crear la microempresa que es nombrada como “LÁCTEOS EL ILAPEÑITO” y designando como representante de la misma al Ing. Raúl Guerrero.

En el mes de mayo del mismo año “LÁCTEOS EL ILAPEÑITO” es puesta en marcha con la producción de queso, producto que era elaborado artesanalmente debido a la falta de un asesoramiento técnico para su producción. Sin embargo, un tiempo después con el objetivo de mejorar el proceso productivo de la microempresa, seis de los socios son capacitados en el procesamiento industrial de productos lácteos en la ciudad de Quito. Un tiempo después y mediante el aporte económico de los socios se logra la adquisición de la maquinaria y se empieza a incrementar la producción de quesos, los cuales serían expendidos en la ciudad de Riobamba, con una gran aceptación por parte de los consumidores debido a sus características distintivas y la disponibilidad de un registro sanitario.

En el mes de julio del año 2002 el gerente de la microempresa pone su renuncia por motivos de salud y es nombrado como nuevo gerente el Sr. Patricio Paredes, sin embargo la falta de conocimiento en este ámbito y los problemas que empezaron a presentarse se decide poner al frente de la microempresa al Sr. Santos Arévalo, pero los esfuerzos por levantar la microempresa después de los problemas surgidos no lograron levantar la microempresa y sus instalaciones fueron cerradas.

Después del cierre de la microempresa “LÁCTEOS EL ILAPEÑITO” el Sr. Santos Arévalo al contar con materia prima propia y por medio de un crédito otorgado por la Cooperativa de Ahorro y Crédito Riobamba Ltda. toma la decisión de crear su propia microempresa de lácteos, ya que contaba con los conocimientos técnicos para el procesamiento de los productos por ser uno de los socios capacitados de la microempresa anteriormente cerrada. Es así como al realizar los trámites

pertinentes para su funcionamiento obtuvo la apertura del RUC N° 0602910796001 y registrando su patente con el nombre de Lácteos “ILAPEÑITO”.

El funcionamiento de la microempresa empieza con la elaboración de quesos en distintas presentaciones, los cuales son comercializados en el cantón Quero y en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Sus productos toman una considerable aceptación por los consumidores lo que le lleva al gerente propietario a incrementar su producción y a contactar proveedores de leche que permita el crecimiento de la microempresa. En la actualidad la microempresa comercializa sus productos en la ciudad de Riobamba y en los sectores aledaños a la parroquia en la que se encuentra ubicada. El gerente propietario con el objetivo de ver crecer su microempresa pretende la producción de yogur y manjar a futuro, productos de calidad que satisfagan las necesidades de los consumidores.

### ***1.3.2 Marco conceptual***

#### ***1.3.2.1 Leche***

Se define como un líquido constituido por lactosa y sales minerales que mantiene en suspensión glóbulos de grasa y proteínas. La leche es un tipo de secreción con alto valor nutricional propia de las hembras de los mamíferos, está ajustado a las exigencias de los recién nacidos y es su única fuente de alimento durante los primeros meses de vida. La leche se puede considerar como el alimento más completo que existe (Cruz, 2006, p.9).

Las distintas especies de mamíferos producen leches con una composición y propiedades diferentes debido a la influencia de varios factores como: alimentación, ordeña, clima, entre otros, que son las causas por las cuales no todas las leches presentan las propiedades ideales para su procesamiento (Santos, 1987, p.27).

La leche cruda es un líquido de color blanco amarillento que aún no ha pasado por el proceso de pasteurización. Este tipo de leche no es directamente destinada al consumo humano, sino que es sometida a distintos tratamientos térmicos mediante los cuales se obtienen las leches de consumo. La producción de leche en el mundo está liderada por la leche de vaca, seguida a gran distancia por la de búfala producida exclusivamente en el continente asiático, la de oveja y cabra (Cruz, 2006, p.10).

➤ Composición química de la leche

Los principales componentes de la leche son los siguientes:

- Agua
- Lactosa
- Grasa
- Vitaminas
- Sales Minerales

Alrededor del 85 % de la leche es agua, en la cual se encuentran los demás componentes en diferentes formas de solución. La lactosa y las sales minerales se encuentran disueltas en el agua formando una solución verdadera, mientras que la mayoría de las sustancias proteínicas no son solubles y forman conglomerados de varias moléculas. Estos conglomerados son tan pequeños, que la mezcla tiene aparentemente las mismas características que una solución verdadera. Este tipo de solución se denomina coloidal (Meyer, 1993, p.13).

La grasa es insoluble al agua, por lo tanto se encuentra en la leche en forma de glóbulos grasos formando una emulsión; una emulsión es la combinación de pequeñas gotas de un líquido en otro sin que lleguen a disolverse. Una emulsión puede ser estable o inestable. La leche cruda es una emulsión inestable de grasa en agua y al pasar el tiempo, esta grasa se estratifica en forma de nata (Meyer, 1993, p.14).

Las sustancias proteínicas de la leche son proteínas y enzimas, las cuales están compuestas por aminoácidos. La mezcla de estos aminoácidos en la molécula define las características de la sustancia. Las proteínas contenidas en la leche son caseína, albúmina y globulina (Meyer, 1993, p.14).

La caseína de la leche se encuentra combinada con calcio y fosfato en forma coloidal. La caseína es la materia prima para los quesos; si se acidifica la leche hasta un pH de 4.7, el calcio y el fosfato se separan de la caseína, pues esta última es insoluble y se sedimenta. Si la acidificación aumenta, la caseína vuelve a disolverse. La albúmina y la globulina son solubles, pero se vuelven insolubles a una temperatura mayor a 65 °C, este cambio de estado físico por calentamiento se conoce como desnaturalización de la proteína (Meyer, 1993, p.14).

### ➤ Características Físicas de la leche

La leche posee un sabor levemente dulce y un aroma delicado. El sabor dulce se origina de la lactosa, mientras que el aroma proviene principalmente de la grasa. La leche posee un color ligeramente blanco amarillento a causa de la grasa y caseína. Los glóbulos de grasa y, en menor proporción, la caseína, impiden que la luz pase a través de ella, de esta manera la leche parece blanca. El color amarillo de la leche se debe a la grasa, en donde se encuentra el caroteno, el cual es un color natural que la vaca absorbe con la alimentación de forrajes verdes (Meyer, 1993, p.16).

La acidez de la leche se expresa en la cantidad de ácido que puede neutralizarse con hidróxido de sodio a 0,1N. La acidez promedio de la leche cruda fresca es de 0,165 %. El pH expresa la concentración de hidrógeno, la leche cruda fresca tiene por lo general un pH de 6,6; es decir, es una solución levemente ácida (Meyer, 1993, p.17).

La densidad de la leche es el peso de un mililitro de leche a una temperatura de 20°C y se determina con un lactodensímetro. La densidad promedio de la leche es aproximadamente 1.030 g/ml. Si la leche es alterada con la adición de agua, la densidad disminuye; mientras que en la leche desnatada, la densidad se incrementa (Meyer, 1993, p.17).

### ➤ Aplicaciones de la Leche

La leche de vaca es un alimento que se consume prácticamente a diario en casi todos los países del mundo. A menudo se la toma como bebida fría o caliente, sola o acompañada de otros ingredientes que cambian su sabor y color particular. Sin embargo, una gran proporción de la leche de vaca se emplea para la elaboración de diversos productos lácteos, como yogur, queso, cuajada, nata y mantequilla. La leche también se usa en la cocina para la preparación de distintos platos. Es un ingrediente primordial de varios purés, sopas y salsas, así como de un gran número de postres y productos de repostería (Cruz, 2006, p.13).

En Ecuador el uso y destino de la producción lechera tiene un comportamiento regular, de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería el 32% de la producción bruta es destinada al consumo de terneros y el 2% aproximadamente son mermas, por tanto el 76% restante se utiliza para consumo humano e industrial. Actualmente la industria láctea ha presentado un incremento significativo en sus ventas, estas oportunidades de crecimiento han orientado a las empresas a poner mayor empeño en el procesamiento y calidad de sus productos (Iza y Muilema, 2011, 25).

### 1.3.2.2 Leches Fermentadas

Se entiende por leches fermentadas a los productos acidificados obtenidos por coagulación y disminución del pH de la leche, por medio de un proceso de fermentación láctica mediante la acción de cultivos de microorganismos específicos. Estos microorganismos específicos deben ser viables, activos y abundantes en el producto final durante su período de validez (Olagnero, 2007, 26).

El principal cambio que se produce en la leche es la disminución del pH (4 - 4,6), como consecuencia de este descenso, se genera la coagulación de la caseína, que forma un gel y la inhibición del desarrollo de un considerable número de microorganismos, la mayoría patógenos, a causa de la producción de ácido láctico y otros metabolitos menores como ácido acético, el agua oxigenada o las bacteriocinas, un potencial de óxido-reducción bajo y el consumo por parte de las bacterias lácticas de componentes vitales para otros microorganismos (Mestres y Romero, 2004, p. 115).

Las leches fermentadas, debido a las características de la flora láctica, son productos microbiológicamente estables y seguros, incluso se digieren mejor que las no fermentadas, a causa de la acidificación que genera la coagulación y precipitación de proteínas, de manera que estas puedan disociarse separando los aminoácidos. Las leches fermentadas de mayor renombre son el yogurt y el suero de mantequilla cultivado (Meyer, 1993, p.61).

### 1.3.2.3 Yogur

El yogur es una leche fermentada producida gracias a la combinación de dos bacterias productoras de ácido láctico, *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Es una excelente fuente de calcio, con un aporte incluso mayor al de la leche por lo cual disminuye el riesgo de osteoporosis, además tiene efectos beneficiosos sobre la flora intestinal (Pérez y Zamora, 2005, p.89).

Es un producto alimenticio de consistencia semisólida que proviene del procesamiento de la leche, generalmente de vaca, la cual es sujeta a un proceso de fermentación. Las bacterias productoras de yogur generan los siguientes cambios:

- La lactosa se transforma en ácido láctico lo que genera una acidificación, provocando que las proteínas de la leche coagulen.

- Las grasas y proteínas pasan a ser sustancias más sencillas y digeribles por nuestro organismo.

Estos procesos definen la consistencia, sabor y aroma del yogur. Por lo general se le agrega fruta, chocolate, saborizantes, entre otros, pero también puede elaborarse sin añadidos (Cruz, 2006, p.93).

La composición química del yogur, se fundamenta en las características de la leche y en los cambios en su composición a causa de la fermentación láctica. La composición de la leche está influenciada por algunos factores en cuanto al ganado que lo provee, entre ellos tenemos especie y raza, variabilidad individual, edad, alimentación, etapa de lactación, etc. En el procesamiento la leche se ve afectada por su concentración, normalización del contenido de grasa, adición de leche en polvo, calentamiento excesivo, exposición a la luz y otros (Ramírez, 2010, p.16).

Durante la fermentación, los constituyentes de la leche sufren cambios químicos que resultan con incremento de péptidos libres, aminoácidos, ácidos grasos y con numerosas modificaciones en algunas vitaminas. Además de la reducción de lactosa y formación de ácido láctico (Ramírez, 2010, p.17).

**Tabla 1-1:** Composición de yogur por 100 g de producto

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Kilocalorías	50
Lípidos	1,7 g
Proteínas	3,4 g
Azúcares	5,2 g
Agua	89,0 g
Calcio	120 mg
Sodio	51 mg
Fósforo	94 mg
Hierro	Trazas
Potasio	143 mg

Fuente: Kosikowski, 1977

#### *1.3.2.4 Historia del Yogur*

El origen de estos productos lácteos se dio hace aproximadamente 4500 años a. C en Europa Oriental donde hoy en día se ubica la República de Turquía. Los primeros yogures fueron probablemente de fermentación espontánea, ya que los ganaderos trasladaban leche fresca a través de bolsas de piel de cabra, en donde debido a las condiciones del mismo, se produjo una alteración biológica, que generó la multiplicación de bacterias dando como resultado una leche fermentada de consistencia semisólida y coagulada (Cruz, 2006, p.94).

Con el paso del tiempo, las tribus del Medio Oriente, desarrollaron un proceso de fermentación que les permitió el control de la acidificación de la leche. En los años 1900 Elie Metchnikoff demostró que el yogur contenía bacterias capaces de convertir la lactosa en ácido láctico, el cual evitaba el desarrollo de bacterias patógenas en el intestino, originadas de la descomposición de los alimentos (Tur Marí, 2005, p.06).

Desde los años 60, la producción industrial de leches fermentadas, principalmente yogur, ha demostrado un aumento significativo, debido a sus características organolépticas, valor nutritivo, variedad y costo (Quintana, 2011, p.30).

#### *1.3.2.5 Probióticos*

Los probióticos son microorganismos vivos que integrados en alimentos, y al ser consumidos en cantidades apropiadas cumplen una acción benéfica en la salud del ser humano. Hoy en día, los productos lácteos fermentados ejercen un papel fundamental en la alimentación e inciden de manera importante en el estilo de vida de las personas, por lo cual la industria de alimentos ha desarrollado nuevos productos más allá de su calidad nutricional y sabor agradable (Rowland, 2002, pp.1-8).

Los productos lácteos están estrechamente ligados con las bacterias ácido lácticas que ultimadamente ha despertado un gran interés tanto en el sector industrial como científico, debido a los beneficios que provee, entre los cuales están: mejoramiento de la inmunidad, reducción del nivel de colesterol en la sangre, prevención del cáncer de colon, mejoramiento de la intolerancia a la lactosa, reducción de infecciones urinarias, etc (Ainsley et al., 2005: pp.603-619).

Los productos lácteos son los portadores de probióticos más comercializados en la actualidad, a través del yogur, leches fermentadas, quesos, mantequilla, kéfir, entre otros. Los cultivos probióticos tienen la posibilidad de ser inoculados al inicio o al final de la fermentación, pero es

necesario tomar en cuenta que para que el cultivo tenga éxito como probiótico, debe sobrevivir y desarrollarse en el medio durante la fermentación y el almacenamiento del producto (Vidal, 2006, pp.48-52).

Existen factores responsables de la pérdida de la viabilidad de los microorganismos probióticos en los alimentos, entre los cuales se encuentran: acidez del producto, acidez producida durante la refrigeración conocida como post-acidificación, nivel de oxígeno de los productos, permeabilidad el oxígeno a través del empaque, sensibilidad a sustancias antimicrobianas producidas en el producto y falta de nutrientes en la leche (Shah, 2001, pp.46-53).

#### 1.3.2.6 Bacterias Lácticas

Las bacterias lácticas se caracterizan porque se alimentan del azúcar de la leche, la lactosa, produciendo ácido láctico, causante del sabor ácido de las leches fermentadas. Además, estas bacterias son capaces de multiplicarse y mantenerse en el interior de nuestro intestino, actuando como protectores de nuestra mucosa intestinal y favoreciendo el adecuado funcionamiento de este tramo del tubo digestivo, con la consecuente mejora en la absorción de los nutrientes de los alimentos (Barco, 2007, p.22).

El yogur se produce gracias a la acción de las bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaris* y *Streptococcus thermophilus*. Estos dos microorganismos consiguen que el producto finalmente tenga, entre otras características: una acidez que impida el crecimiento de otros microorganismos y un sabor ácido suave agradable (Barco, 2007, p.23).

#### ➤ *Lactobacillus bulgaricus*

**Tabla 2-1:** Clasificación Científica *Lactobacillus bulgaricus*

<b>Reino:</b>	Bacterias
<b>División:</b>	Firmicutes
<b>Clase:</b>	Bacilos
<b>Orden:</b>	Lactobacillales
<b>Familia:</b>	Lactobacillaceae
<b>Género:</b>	Lactobacilo
<b>Especie:</b>	L. bulgaricus
<b>Nombre binomial:</b>	Lactobacilo bulgaricus

Fuente: BARCO, 2007. (Elaboración y Producción de Yogurt)

El género *Lactobacillus* es uno de los más usados en fermentaciones alimentarias, además constituye un gran porcentaje de la microbiota intestinal. Los organismos correspondientes a este género son bacilos gram positivos, usualmente largos, no patógenos, no esporulados y por lo general no móviles. Estas bacterias son anaerobias facultativas o microaerófilas (Felis y Dellaglio, 2007, pp.56).

Son mesófilos y quimioheterótrofos, carecen de catalasa y citocromos, se consideran organismos complejos porque requieren de muchas vitaminas, aminoácidos, purinas y pirimidinas debido a su limitada capacidad biosintética. Dentro de este heterogéneo género se encuentran aproximadamente 100 especies, de las cuales *L.delbrueckii* es una de las más reconocidas; formada por las subespecies *delbrueckii*, *bulgaricus*, *indicus* y *lactis* (Felis y Dellaglio, 2007, pp.57).

Se trata de una bacteria termófila cuya temperatura óptima de crecimiento es de 40-43°C, la mínima de 15°C y la máxima de 52°C. Aunque no es considerada como una bacteria termodúrica, algunas cepas tiene la capacidad de soportar temperaturas de 75°C durante 20-30 minutos. Posee una mayor resistencia a los antibióticos a comparación del *Streptococcus termophilus* (Mestres y Romero, 2004, p.118).

La función de esta bacteria es analizar y descomponer la lactosa en ácido láctico, frecuentemente es aprovechada por las personas intolerantes a la lactosa, cuyos sistemas digestivos carecen de enzimas para degradar la lactosa en azúcares más simples (Barco, 2007, p.78).

En la producción de yogur, mientras la leche se fermenta, el *Lactobacillus bulgaris* produce acetaldehído, sustancia responsable del aroma del yogur. Esta bacteria fue descubierta en 1905 por el doctor búlgaro Grigorov (Barco, 2007, pp.77-78).

➤ *Streptococcus termophilus*

Es una bacteria homofermentativa termorresistente, se desarrolla a 37- 40° C pero puede resistir temperaturas de hasta 65°C durante media hora. Su poder de acidificación es menor a comparación del *Lactobacillus bulgaris* (Barco, 2007, p.73).

Se muestran en forma de células esféricas u ovoides con un diámetro de 0,7 a 0,9 µm, asociados en parejas o largas cadenas, de acuerdo a la temperatura de crecimiento y el medio de cultivo. Tiene la capacidad de producir polisacáridos que forman un mucílago, lo cual resulta esencial para la viscosidad del yogur. Es muy sensible a la presencia de inhibidores, principalmente a los antibióticos (Mestres y Romero, 2004, p.117).

Es considerada como una bacteria anaerobia aerotolerante, capaz de producir energía (ATP) mediante respiración aeróbica o por fermentación; sin embargo su crecimiento es más lento en presencia de oxígeno que en su ausencia, manifestando una tasa de crecimiento de 40 y 27 minutos respectivamente. Esta capacidad de subsistir en estas condiciones aparentemente proviene de la existencia de un mecanismo de defensa que ayuda a las células a eliminar las especies reactivas de oxígeno y a reparar el daño (Stingele et al., 1999; Fernandez et al., 2003).

Con respecto a su estructura, su pared celular está constituida por N-acetilglucosamida (NAG) y ácido N-acetilmuránico (NAM), y está unida por ligamentos de éter. Esto permite que la bacteria tenga la capacidad de soportar temperaturas elevadas, lo cual es sumamente importante para muchas de las fermentaciones industriales que necesitan el procesamiento de la leche a estas temperaturas (Stingele et al., 1999).

La industria alimentaria usa bacterias como *Streptococcus thermophilus* por su capacidad proteolítica para crecer e hidrolizar proteínas de la leche como la caseína. Algunas enzimas como la aminopeptidasa son la clave para que estos organismos sean usados como promotores debido a que los exopolisacáridos creados por estas peptidasas son indispensables para generar una textura y propiedades organolépticas adecuadas para los productos (Fernandez-Espla y Rul, 1999).

Esta bacteria cumple un papel importante como probiótico, ya que es encargado de aliviar síntomas como los de intolerancia a la lactosa y de otros desórdenes a nivel del sistema gastrointestinal (Barco, 2007, p.75).

#### Simbiosis de las bacterias de yogur

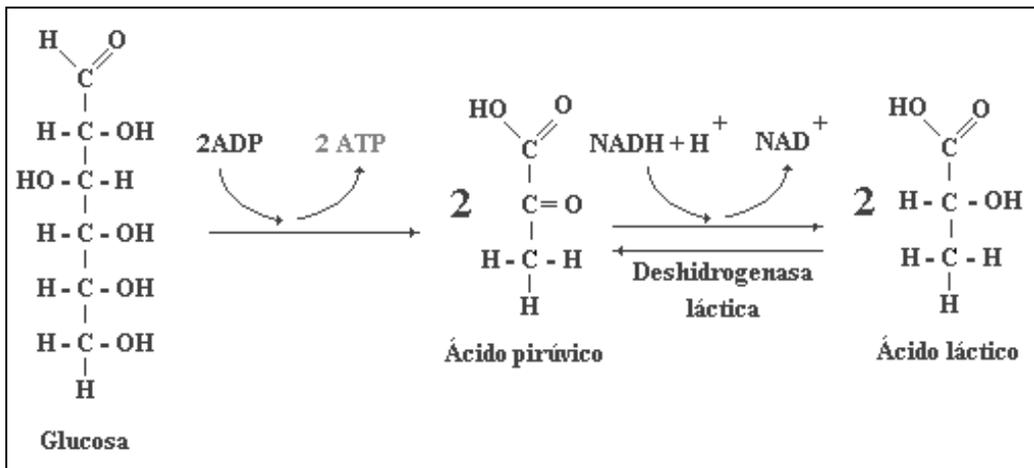
La producción de ácido láctico es mucho más rápida cuando las bacterias de yogur se desarrollan conjuntamente en la leche que cuando se desarrollan por separado, esto se debe a que entre ellas se genera un fenómeno de mutua estimulación de crecimiento. Esta alianza se conoce como simbiosis o protooperación (Mestres y Romero, 2004, p.118).

El mecanismo que sigue empieza con la liberación de péptidos pequeños y aminoácidos, en especial valina, por parte de los lactobacilos, que favorecen el crecimiento de los estreptococos, los cuales producen ácido fórmico a partir de ácido pirúvico en condiciones anaerobias y CO<sub>2</sub>. Ambas sustancias son indispensables para el desarrollo de los lactobacilos. Como resultado del mutuo apoyo durante el crecimiento de estas bacterias en la leche, la producción de ácido láctico es mucho más rápida que cuando actúan individualmente (Mestres y Romero, 2004, p.118).

### 1.3.2.7 Fermentación Láctica

La fermentación es un proceso que tiene como objetivo generar ATP, en el cual las sustancias orgánicas actúan como donadores y aceptores de electrones. Este proceso puede desarrollarse en ausencia de oxígeno (Berg, 2008, p.447).

Se entiende por fermentación láctica al proceso celular en el cual se utiliza glucosa con el fin de obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico. Este proceso es realizado por bacterias que utilizan la lactosa de la leche como fuente de energía, la lactosa al fermentar genera energía que es aprovechada por las bacterias mientras que el ácido láctico es eliminado (Barco, 2007, p.20).



**Figura 1-1: Fermentación Láctica**

Fuente: NUSSENBAUNN, 2015. (Fermentación láctica: Elaboración de yogur)

#### ➤ *Lactosa*

La lactosa como carbohidrato característico de la leche, es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa, el cual es considerado como un azúcar con bajo poder edulcorante. Este carbohidrato debido a la acción enzimática bacteriana sufre varias fermentaciones con productos como ácido láctico, anhídrido carbónico, alcohol, ácidos propiónico, butírico y otros compuestos, que ocasionan la coagulación de la leche (Juárez et al., 1991: p.34).

### ➤ *Ácido Láctico*

Es un ácido carboxílico, con un grupo hidroxilo en el carbono adyacente al grupo carboxilo, lo que lo transforma en un ácido más o menos hidrofílico. Es un quirómero, por lo que posee dos isómeros ópticos. El ácido láctico cumple un rol importante en diferentes procesos bioquímicos (Barco, 2007, p.21).

#### *1.3.2.8 Tipos de Yogur*

La NTE INEN 2395, la cual da a conocer los requisitos a cumplir en leches fermentadas, entre ellas el yogur, indica la siguiente clasificación:

Según el contenido de grasa:

- Tipo I o Entera
- Tipo II o Semidescremada (parcialmente descremada)
- Tipo III o Descremada

De acuerdo a los ingredientes:

- Natural: sin la adición de azúcar, saborizantes o colorantes.
- Con ingredientes: es aquel que posee un máximo de un 30% de ingredientes no lácteos tales como frutas, edulcorantes, jugos, cereales, chocolate, especias, saborizantes, colorantes, entre otros.

De acuerdo al proceso de elaboración:

- Batido: leche fermentada cuya inoculación del cultivo se ha realizado en tanques de incubación, en donde se produce la coagulación. Posteriormente es batido y envasado, presentándose como líquido o semisólido (Ramírez, 2010, p. 35).
- Coagulado o aflanado: su coagulación se produce en el envase por lo cual es envasada de inmediato después de la inoculación (Ramírez, 2010, p.35).
- Tratado térmicamente: aquel que ha sido sometido a un tratamiento térmico después de la fermentación.
- Concentrado: producto lácteo en la cual su proteína ha sido aumentada antes o luego de la fermentación a un mínimo del 5,6%.

- Deslactosado: leche fermentada sin presencia de lactosa.

### *1.3.2.9 Aditivos necesarios para la producción de yogur*

- Leche en polvo

Es el producto seco y pulverulento que se obtiene mediante la deshidratación de la leche natural, entera, total o parcialmente descremada, sometida a un tratamiento térmico como la pasteurización, y realizado en estado líquido antes o durante el proceso de fabricación (Calderón y Pascual, 1999, p.285).

Con el objetivo de fortificar la leche fluida y como método más común para normalizar el contenido de materia seca, se añade leche en polvo entera o descremada, ésta se agrega de 1 a 6% siendo el nivel de 3 a 4% el más recomendable (Keating y Gaona, 2002, p.316).

- Edulcorante

Se conoce como edulcorante a un aditivo el cual provee dulzura a los alimentos, estos pueden ser calóricos o no calóricos y naturales o artificiales (González, 2013, p.57).

Los edulcorantes se pueden agregar al yogur mediante concentrados de fruta o de forma directa en la preparación inicial. Son utilizados con el fin de contrarrestar la acidez desarrollada durante la fermentación, principalmente en la producción de yogures con frutas muy ácidas o que contienen poco azúcar (Early, 1998, p.469).

La adición de sacarosa al inicio de la elaboración puede tener un efecto positivo sobre la inhibición del desarrollo de levaduras y mohos osmofílicos. Sin embargo, el uso de más del 10 % de azúcar a la leche, antes del período de inoculación/incubación, tiene un efecto desfavorable sobre las condiciones de fermentación debido a que interfiere en la presión osmótica de la leche (Early, 1998; Bylund, 1996).

- Saborizantes

Un saborizante también conocido como aromatizante es un ingrediente alimentario que se adiciona a los alimentos con el objetivo de brindar o modificar sabor, aporta de manera relevante durante la presencia de sustancias indeseables naturales en determinados alimentos (Debeuckerlaer, 2015, p.49).

Los saborizantes pueden ser derivados de fuentes naturales y aislados para uso o a su vez pueden ser producidos sintéticamente. Estas sustancias son agregadas a los alimentos en niveles bajos (Hallagan, 2017, p.15).

Los aromatizantes podrían efectuar problemas en la salud de las personas, al igual que cualquier otro producto químico que se encuentre relacionado con el alimento, es necesario realizar evaluaciones para conocer el posible riesgo, que está relacionado con el nivel que se expone durante su empleo (Mistura et al., 2013, p.238).

- Colorantes

La Agencia para el Control de Alimentos y Medicamentos (FDA) establece que los colorantes alimenticios son cualquier pigmento o sustancia que al ser añadida a un alimento es capaz de impartir color a través de reacciones con otras sustancias. Los colorantes pueden ser naturales o artificiales (Feketea y Tsabouri, 2017, pp.1-41).

Los colorantes naturales son obtenidos por la extracción de materia de origen vegetal, animal o mineral, son una fuente fundamental por su capacidad de brindar color a los alimentos, que es considerado como una de las cualidades sensoriales más importantes y está relacionado con los deseos de preferencia, selección y demanda de los consumidores por productos más atractivos y agradables. La apariencia y el color son aspectos valiosos al momento de elegir un producto (Martins et al., 2016, pp.1-15).

Los colorantes artificiales son aditivos alimentarios los cuales se encuentran como pigmentos minerales y colorantes orgánicos sintéticos. Son fáciles de manipular a comparación de los colorantes naturales, son resistentes a tratamientos térmicos, variaciones de pH y son menos sensibles a la luz. Sin embargo, para utilizar estos colorantes en un alimento, estos deben ser certificados por reglamentos o normativas que permitan su uso (Reyes, 2015, p.5).

- Conservante

Son productos que conservan la frescura e impiden el deterioro de los alimentos. Contribuyen a que los alimentos se puedan mantener durante más tiempo, protegiéndolos contra el deterioro ocasionado por la oxidación o los microorganismos. Mediante el uso de estos aditivos se trata de proteger la seguridad del consumidor, resguardar la calidad y sanidad del alimento, de manera que su consumo no presente riesgos para la salud de las personas (AZTi, 2006, p.11).

## **1.4 Beneficiarios directos e indirectos**

### ***1.4.1 Beneficiarios directos***

El principal beneficiario del presente proyecto es la microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”, la cual a través del mismo podrá incrementar su producción e ingresos mediante la introducción de un nuevo producto con características de calidad, el yogur, que como se conoce tiene gran acogida en el mercado por los beneficios que brinda a la salud de las personas. A través de este trabajo la empresa tendrá a su disposición información tanto de los requerimientos técnicos como financieros de acuerdo a las necesidades de la misma y que además, aseguren la obtención de un producto que cumpla con los parámetros establecidos por la normativa, lo que permitirán conocer la rentabilidad del proyecto a poner en marcha a futuro.

### ***1.4.2 Beneficiarios indirectos***

- Los consumidores del producto, ya que gracias a los componentes nutricionales que presenta el yogur, brinda un gran aporte a la salud.
- Los comerciantes minoristas quienes incrementarán sus ventas al ofertar un nuevo producto al mercado.
- Las personas quienes habitan en zonas aledañas a la microempresa, ya que al introducir una nueva línea de producción, se requerirá de mano de obra, lo que significa que se abrirán nuevas fuentes de empleo.
- Los proveedores de materia prima, es decir, las personas dedicadas a la obtención de leche en la parroquia Ilapo, quienes tendrán que aumentar su producción para abastecer las necesidades de la empresa.

## **CAPÍTULO II**

### **2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Objetivo General**

- Diseñar un proceso industrial para la elaboración de Yogur en la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar la materia prima necesaria para la elaboración de yogur de acuerdo a la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 9:2012. Leche Cruda. Requisitos.
- Identificar las variables para el diseño del proceso industrial de elaboración de yogur.
- Realizar el diseño de ingeniería para el proceso industrial de elaboración de yogur.
- Validar el diseño del proceso evaluando el cumplimiento del producto final con los requisitos de la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2395:2011. Leches Fermentadas.

## CAPÍTULO III

### 3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

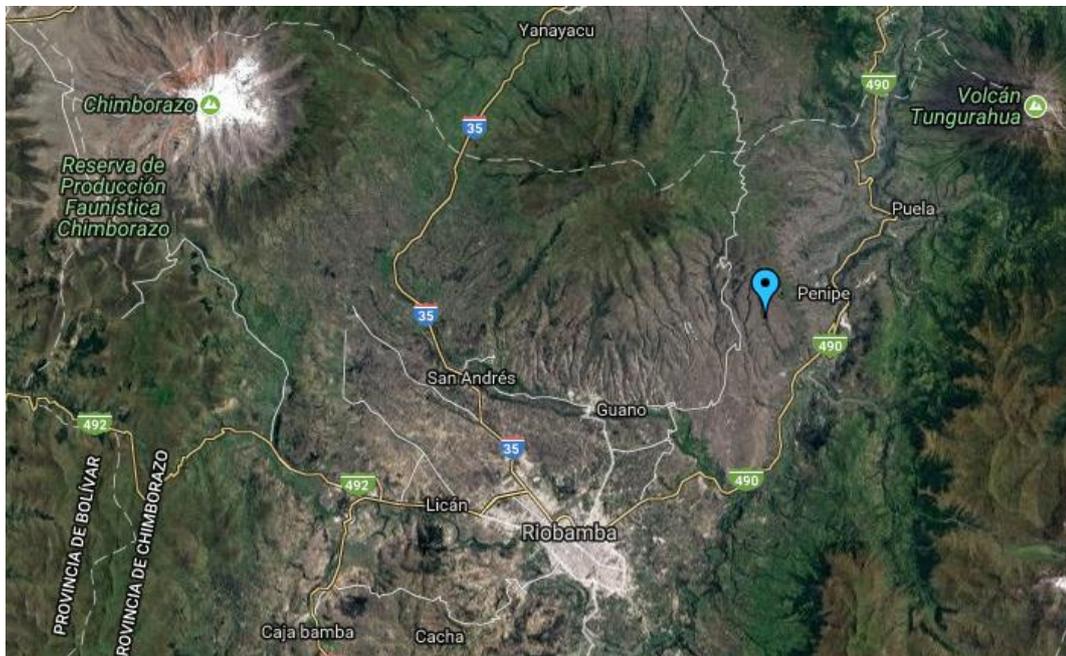
#### 3.1 Localización del Proyecto

La microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”, se encuentra ubicada en la parroquia Ilapo del Cantón Guano, perteneciente a la provincia de Chimborazo, Ecuador.

**Tabla 1-3:** Localización del Proyecto

<b>LATITUD</b>	-1.56667 m
<b>LONGITUD</b>	-78.56667 m
<b>ALTITUD</b>	2853 m
<b>TEMPERATURA</b>	12°C

Realizado por: Andrea Moyano, 2018



**Figura 1-3:** Localización geográfica de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”

FUENTE: Google Maps

## **3.2 Ingeniería del Proyecto**

### **3.2.1 Tipo de estudio**

El diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogur en la microempresa Lácteos “ILAPEÑITO ” es un proyecto de tipo Técnico, ya que ha requerido el estudio de cada una de las Operaciones Unitarias que conforman el proceso mediante varias simulaciones del mismo a nivel de laboratorio, además, en conjunto con revisiones bibliográficas, recolección de datos y en base a los parámetros que la normativa exige, se han determinado las variables que se encuentran implícitas en la elaboración del producto, lo que permiten el diseño de un proceso adecuado a las necesidades de los interesados.

### **3.2.2 Métodos y Técnicas**

#### *Métodos*

Los métodos en los cuales se fundamentó el desarrollo de este proyecto de tipo técnico fueron tres: inductivo, deductivo y experimental, mediante los cuales en base a sus principios se ha garantizado el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

- Método Inductivo

El método inductivo implica obtener conclusiones generales a partir de la observación de hechos particulares, así, en este proyecto este método se aplicó en la observación y estudio de las características de la materia prima y su reacción en la simulación del proceso de producción de yogur, así, se pudo recolectar datos acerca de los cambios que se producían en la materia prima a lo largo del desarrollo de las operaciones unitarias, se pudo determinar las variables que se encuentran implícitas en el proceso útiles para su diseño y tomando en cuenta las características de la materia prima y necesidades de la empresa.

- Método Deductivo

El método deductivo es aquel que toma en cuenta datos teóricos generales que tengan validez para aplicarlos en casos singulares, así, para llegar a un correcto diseño del proceso se requiere de la revisión bibliográfica mediante la cual se pueda establecer la mejor técnica de elaboración de yogur tomando en cuenta las necesidades de procesamiento de la materia prima para llegar a un producto de buena calidad.

- Método Experimental

El método experimental en este caso se identifica en los continuos ensayos realizados a nivel de laboratorio, con diferentes formulaciones, técnicas, equipos y demás, con el fin de obtener un producto con características de calidad, en cuanto a su textura, sabor, color, entre otros que pueden ser percibidos mediante nuestros sentidos, así como también que asegure el bienestar de los futuros consumidores para lo cual deberá cumplir con los parámetros establecidos por la normativa.

### *Técnicas*

Las técnicas se llevaron a cabo según lo establecido en las normas INEN tanto para el muestreo y caracterización de la materia prima, así como también para el análisis del producto final con el objetivo de validar el diseño del proceso.

Como primer punto para el muestreo de la materia prima, se tomó de referencia la NTE INEN-ISO 707, la cual nos da a conocer las directrices para la toma de muestras en la leche y productos lácteos. Posterior a ello, para la caracterización de la materia prima, a las muestras recogidas se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, tomando como base los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012, que indica lo siguiente:

**Tabla 2-3:** Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda

<b>Requisitos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mín.</b>	<b>Max.</b>	<b>Método de Ensayo</b>
Densidad relativa: a 15 °C a 20 °C	-	1,029 1,028	1,033 1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	3,0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,2	-	-
Cenizas	% (fracción de masa)	0,65	-	NTE INEN 14
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	NTE INEN 16

Fuente: NTE INEN 9:2012

**Tabla 3-3:** Requisitos microbiológicos de la leche cruda tomada en hatu

Requisito	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos REP, UFC/cm <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>6</sup>	NTE INEN 1529-5

Fuente: NTE INEN 9:2012

En cuanto a la caracterización del yogur, los análisis se realizaron de acuerdo a los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395:2011, que en cuanto a leches fermentadas indica lo siguiente:

**Tabla 4-3:** Especificaciones de las leches fermentadas

REQUISITOS	ENTERA		SEMIDESCREMADA		DESCREMADA		METODO DE ENSAYO
	Min %	Max %	Min %	Max %	Min %	Max %	
Contenido de grasa	2,5	-	1,0	<2,5	-	<1,0	NTE INEN 12
Proteína, % m/m En yogur, kéfir, kumis, leche cultivada	2,7	-	2,7	-	2,7	-	NTE INEN 16

Fuente: NTE INEN 2395:2011

**Tabla 5-3:** Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación

Requisito	N	m	M	C	Método de ensayo
Coliformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-7
Recuento de <i>E. coli</i> , UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1529-10

Fuente: NTE INEN 2395:2011

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultado entre m y M.

➤ Densidad

**Tabla 6-3:** Determinación de la densidad

Norma	Fundamento	Instrumental	Procedimiento
<p>NTE INEN 11:1984. LECHE. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA</p>	<p>Esta norma establece dos métodos para la medición de la densidad relativa: el método del lactodensímetro y el método del picnómetro. En este caso se utilizó el segundo cuyo fundamento se basa en la comparación de la masa de un picnómetro lleno de agua destilada con la masa del picnómetro lleno con el líquido problema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Picnómetro</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Baño de agua</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesarse el picnómetro completamente limpio y seco.</li> <li>• Evitando la formación de burbujas de aire, llenarlo con agua destilada.</li> <li>• Colocar la tapa y sumergirlo en el baño de agua a <math>20^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}</math>, por un tiempo de 30 min.</li> <li>• Retirar el picnómetro del baño, secarlo cuidadosamente y, después de enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min, pesarlo.</li> <li>• Calcular la masa de agua contenida en el picnómetro, restando la masa del picnómetro vacío, de la masa del picnómetro con agua.</li> <li>• Secar cuidadosamente el picnómetro y evitando la formación de burbujas de aire, llenarlo con la muestra. Continuar con los mismos pasos indicados para el agua destilada.</li> <li>• La densidad relativa a <math>20/20^{\circ}\text{C}</math> de la muestra se calcula mediante la ecuación siguiente:</li> </ul> $d = \frac{m_3 - m_2}{m_1}$ <p>Donde:</p> <p>d = densidad relativa a <math>20/20^{\circ}\text{C}</math>;</p> <p><math>m_1</math> = masa de agua a <math>20^{\circ}\text{C}</math>, en g.</p> <p><math>m_2</math> = masa del picnómetro vacío, en g.</p> <p><math>m_3</math> = masa del picnómetro con la muestra, en g</p>

Fuente: NTE INEN 11:1984

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

➤ pH

**Tabla 7-3:** Determinación del pH

Norma	Fundamento	Instrumental	Procedimiento
<p>NOM-F-317-S-1978. NORMA OFICIAL MEXICANA. DETERMINACIÓN DE PH EN ALIMENTOS.</p>	<p>Se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciómetro</li> <li>• Vasos de precipitación</li> <li>• Agitador</li> <li>• Pizeta</li> <li>• Agua destilada</li> </ul> <p>REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución reguladora de pH 4</li> <li>• Solución reguladora de pH 7</li> <li>• Solución reguladora de pH 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrar el potenciómetro con las soluciones reguladoras de pH 4, pH 7 y pH 10 según la acidez del producto.</li> <li>• Tomar una porción de la muestra, mezclarla bien por medio de un agitador.</li> <li>• Sumergir el electrodo en la muestra de manera que lo cubra perfectamente.</li> <li>• Hacer la medición del pH.</li> <li>• Sacar el electrodo y lavarlo con agua.</li> <li>• El valor del pH de la muestra se lee directamente en la escala del potenciómetro.</li> </ul>

Fuente: NOM-F-317-S-1978.

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

➤ Viscosidad

**Tabla 8-3:** Determinación de la viscosidad

Método	Fundamento	Instrumental	Procedimiento
VISCOSÍMETRO DIGITAL	Se basa en la medición y control de la viscosidad de un líquido a través de un viscosímetro digital.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosímetro digital</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Pizeta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar el husillo en el tornillo de unión.</li> <li>• Encender el equipo.</li> <li>• Seleccionar el número de husillo pulsando el botón de selección.</li> <li>• Seleccionar la velocidad de rotación.</li> <li>• Introducir el husillo en el líquido a medir girando el mando de soporte.</li> <li>• Pulsar el botón medida.</li> <li>• El husillo empezará a girar y en pantalla se visualizará la viscosidad medida.</li> </ul> <p>Nota: para muestras con alta viscosidad, seleccionar un husillo de menor tamaño (N° 3 o 4) y baja velocidad de rotación. Para muestras con baja viscosidad escoger un husillo de mayor tamaño (N° 1 o 2) y alta viscosidad de rotación.</p>

**Fuente:** Manual de Instrucciones Viscosímetros Digitales.

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

➤ Acidez titulable como ácido láctico

**Tabla 9-3:** Determinación de la acidez titulable como ácido láctico

Método	Fundamento	Instrumental	Procedimiento
<p>NTE INEN 13:1984. LECHE. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE</p>	<p>Se titula la acidez con una solución estandarizada de hidróxido de sodio, usando fenoftaleína como indicador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Matraz Erlenmeyer</li> <li>• Matraz aforado</li> <li>• Bureta</li> <li>• Estufa</li> <li>• Desecador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavar y secar el matraz Erlenmeyer en la estufa a 103°C durante 30 min. Dejar enfriar en el desecador y pesar.</li> <li>• Invertir lentamente, tres o cuatro veces, la botella que contiene la muestra preparada, transferir al matraz y pesar aproximadamente 20 g de muestra.</li> <li>• Diluir el contenido del matraz con un volumen de dos veces mayor de agua destilada y agregar 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenoftaleína.</li> <li>• Agregar lentamente y con agitación la solución 0,1 N de hidróxido de sodio hasta conseguir un color rosado persistente que desaparece lentamente.</li> <li>• Continuar agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 s.</li> <li>• Leer en la bureta el volumen de solución empleada.</li> </ul> <p>La acidez titulable de la leche se calcula mediante la siguiente fórmula:</p> $A = 0,090 \frac{Vx N}{m_1 - m} \times 100$ <p>V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, cm<sup>3</sup>.</p> <p>N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.</p> <p>m = masa del matraz Erlenmeyer vacío, g.</p> <p>m<sub>1</sub> = masa del matraz Erlenmeyer con leche, g.</p>

Fuente: NTE INEN 13:1984

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.2.3 Resultado de la caracterización de la materia prima

Los análisis físico-químicos y microbiológicos de la materia prima fueron realizados por el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), ya que se trata de un laboratorio acreditado por tanto sus resultados son confiables.

Los resultados de los análisis físico-químicos de la materia prima en este caso leche cruda, se muestran en la Tabla 10-3 y con respecto al análisis microbiológico se muestra en la Tabla 11-3.

**Ver Anexo A**

**Tabla 10-3:** Análisis físico-químico de la leche cruda de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Norma	
				Min.	Max.
pH	NOM-F-317-S-1978	-	6,757	-	-
Viscosidad	VISCOSÍMETRO DIGITAL	Pa.s	0,0019	-	-
Densidad relativa a 20°C	PEE/CESTTA/108 INEN 11	g/mL	1,029	1,028	1,032
Materia grasa	Gravimétrico	%	4,16	3,0	-
Acidez titulable, como ácido láctico	PEE/CESTTA/121 INEN 13	%	0,17	0,13	0,17
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	12,84	11,2	-
Sólidos No Grasos	Gravimetría	%	8,68	8,2	-
Ceniza	PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46	%	0,76	0,65	-
Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,58	2,9	-

**Fuente:** Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

De acuerdo a los resultados indicados en la Tabla 10-3 se da a conocer que todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma.

**Tabla 11-3:** Análisis microbiológico de la leche cruda de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Límite Máximo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos	PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12	UFC/cm <sup>3</sup>	24*10 <sup>7</sup>	1,5*10 <sup>6</sup>

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

Con respecto al análisis microbiológico, de acuerdo a la Tabla 11-3 el recuento de microorganismos aeróbios mesófilos en la muestra a dado como resultado un valor de 24\*10<sup>7</sup>, que sobrepasa el límite establecido por la norma, lo que se debe a la falta de higiene en el ordeño y la mala manipulación. Sin embargo se acepta la leche para su posterior procesamiento ya que mediante la pasteurización, la concentración de este microorganismo disminuirá en su mayoría.

### 3.2.4 Selección de la materia prima

La selección de la materia prima deberá ser considerada tomando en cuenta los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos y microbiológicos de su caracterización, por tanto si los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles en la norma NTE INEN 9:2012, entonces la leche cruda podrá ser utilizada como materia prima para la elaboración de yogur.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización de la leche cruda, existe 1 parámetro que sobrepasa los límites establecidos por la norma, sin embargo se puede considerar como materia prima apta ya que mediante el procesamiento este puede llegar a estar dentro de los límites. Además la posible causa a la que se atribuye estos inconvenientes, es la falta de higiene en el ordeño y manipulación, lo cual se puede enmendar con una mayor asepsia y cuidado.

La información concerniente a la toma de muestras para la elaboración del producto se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 12-3:** Toma de muestras para la elaboración de yogur

Semana	Día	Número de muestras	Cantidad (L)	Hora	Lugar
1	Lunes	1	3	10:00	Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”
2	Lunes	1	3	10:00	
3	Lunes	1	4	10:00	
4	Lunes	1	15	10:00	

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.2.5 Procedimiento a nivel de Laboratorio

Para determinar el proceso industrial adecuado para la elaboración de yogur se realizaron varios ensayos a nivel de laboratorio, basados en técnicas tomadas de algunos libros y artículos relacionados con la producción de yogur y productos lácteos.

#### 3.2.5.1 Equipos, materiales, materia prima y aditivos

**Tabla 13-3:** Equipos y materiales

Equipos	Materiales
Balanza Analítica	Vasos de precipitación
PHmetro	Reverbero
Viscosímetro	Varilla de agitación
Estufa	Vidrio Reloj
Reactor para Yogur	Espátula
Cámara de Refrigeración	Termómetro
	Pipeta Volumétrica
	Papel Aluminio
	Tela Filtrante

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

**Tabla 14-3:** Materia prima y aditivos

Materia Prima	Aditivos
Leche Cruda	Leche en polvo
	Azúcar
	Cultivo de bacterias <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaris</i>
	Sorbato de potasio
	Saborizante artificial
	Colorante artificial

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

#### 3.2.5.2 Descripción del Procedimiento

- En primer lugar se establecieron dos formulaciones para posteriormente por medio de un análisis microbiológico y sensorial se determine la más apropiada.

**Tabla 15-3:** Formulaciones de ensayo para la elaboración de yogur

Componente	Formulación 1	Formulación 2
Leche Cruda	1 L	1 L
Leche en polvo	20,58 g	30,87 g
Azúcar	92,61 g	102,9 g
Cultivo	0,2 g	0,2 g
Saborizante artificial	2 mL	1 mL
Colorante artificial	2 mL	1 mL

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018.

- Se receiptó la leche cruda, filtrándola por medio de un lienzo que a menudo se utiliza en las industrias de lácteos con el objetivo de eliminar objetos extraños y contaminantes.



**Figura 2-3:** Filtración de la leche cruda

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

- Se procedió a realizar la medición de pH para verificar que se encuentre dentro del rango normal.



**Figura 3-3:** Medición del pH de la leche cruda

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

- Se tomó un litro de leche filtrada en un vaso de precipitación y se sometió a un calentamiento en un reverbero en donde alcanzada la temperatura de 32°C se agregó la leche en polvo que mediante agitación manual se disolvió.



**Figura 4-3:** Adición de leche en polvo

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

- Continuando con el calentamiento al llegar a los 36°C se añadió el azúcar y de igual manera que la leche en polvo se agitó para su disolución.



**Figura 5-3:** Adición de azúcar

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

- Se pasteurizó a una temperatura de 63°C por un tiempo de 30 minutos, de esta manera se logró eliminar gran parte de la flora bacteriana.



**Figura 6-3:** Pasteurización

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

- Se realizó un enfriamiento de la leche hasta alcanzar la temperatura óptima para el crecimiento de los microorganismos, la cual corresponde a un valor de 45°C, posterior a ella se agregó el cultivo de las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaris*, agitando bien para asegurar una adecuada distribución de los microorganismos.



**Figura 7-3:** Cultivo *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaris*

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

- Para la fermentación se cubrió el vaso de precipitación con papel aluminio y se colocó en una estufa a 45°C por un tiempo de 5,5 horas.



**Figura 8-3:** Fermentación de la leche

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

- Concluida la fermentación se procedió a medir el pH del yogur para comprobar que ha alcanzado el valor adecuado que se encuentra en un rango de 4 a 4,5.



**Figura 9-3:** Medición del pH del yogur

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

- Alcanzado el pH deseado, se enfrió el yogur hasta una temperatura de 20°C para detener la actividad de los microorganismos y evitar la sobreacidificación. Se añadió el Sorbato de Potasio, el saborizante y colorante artificial y se realizó el batido con una varilla de agitación hasta una completo homogenización de los ingredientes.



**Figura 10-3:** Adición de colorante

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

- Finalmente el yogur se envasó en recipientes plásticos y se colocó en refrigeración.

### 3.2.6 Análisis para la selección de la formulación

Para la selección de la formulación se ha tomado en cuenta dos aspectos, un análisis microbiológico que evalúe el cumplimiento de los requisitos exigidos por la norma y un análisis sensorial que demuestre la preferencia de los posibles consumidores.

#### 3.2.6.1 Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico en los alimentos es de suma importancia para el conocimiento de la seguridad higiénica del producto, no mejora la calidad del mismo, sino que permite identificar los posibles puntos de riesgo de contaminación, lo que se convierte en un riesgo para la salud.

Una vez elaborados los yogures a diferentes formulaciones se realizaron los análisis microbiológicos de acuerdo a los requisitos exigidos en la NTE INEN 2395:2011. A continuación se pueden apreciar los resultados obtenidos.

**Tabla 16-3:** Resultados de análisis microbiológico en yogur formulación 1.

PARÁMETROS	MÈTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO
<i>E. coli</i>	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

**Tabla 17-3:** Resultados de análisis microbiológico en yogur formulación 2.

PARÁMETROS	MÈTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO
<i>E. coli</i>	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

De acuerdo a los resultados obtenidos todos los parámetros en las dos formulaciones se encuentran dentro los límites permisibles por lo tanto se consideran aptos para el consumo. Al

cumplir ambas formulaciones con lo exigido por la norma, será el análisis sensorial el que determine la formulación adecuada para la elaboración de yogur. **Ver Anexos B y C.**

### 3.2.6.2 *Análisis Sensorial*

El análisis sensorial es la caracterización y estudio de la aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, mediante las sensaciones experimentadas en el momento que lo observa y consume. La evaluación sensorial es necesaria en la producción, ya sea por el cambio de algún componente del alimento o por que se modifique la formulación; a la alteración de alguna variable del proceso o por la utilización de una nueva máquina. (Hernández, 2005, p.12).

La valoración de un alimento se percibe a través de uno, dos o más sentidos. La percepción de cualquier estímulo ya sea físico o químico, se debe fundamentalmente a la relación de la información recibida por los sentidos, denominados también como órganos receptores periféricos, los cuales recopilan la información y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo (Hernández, 2005, p.12). Las pruebas afectivas de preferencia son aquellas que definen el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado por parte del consumidor. En estas pruebas se requiere de un grupo numeroso de panelistas los cuales no tiene la necesidad de ser entrenados. Dentro de este tipo de pruebas se encuentra la prueba de preferencia pareada en la cual se le presenta al panelista dos muestras codificadas y se le pide su opinión de preferencia. Para este tipo de pruebas se necesita de al menos cincuenta panelistas (Hernández, 2005, p.81).

Para facilitar el análisis sensorial, en primer lugar se designaron números aleatorios a las formulaciones, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 18-3:** Asignación de números aleatorios

<b>Formulación</b>	<b>Número Aleatorio</b>
Formulación 1	2575
Formulación 2	6610

Fuente: Anzaldúa, 1994

Las encuestas se realizaron el día 11 de abril del 2018, con la participación de 120 jueces afectivos en el mercado de San Alfonso de la ciudad de Riobamba, ya que allí se pudo encontrar a jueces no entrenados que son objeto de estudio. **Ver Anexos F y G**

Se realizó una explicación del papel que jugarían cada uno de los jueces y se entregaron las dos muestras en envases rotulados con su respectivo número y junto con una galleta integral.

Posterior a las degustaciones de los productos y una vez completadas las encuestas se procedió a realizar un análisis estadístico para determinar cuál formulación es la de mayor aceptación.

## Resultados

El análisis estadístico se realizó mediante una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, útil para un tamaño de muestra mayor a 50 y se ha hecho uso del programa SPSS (Statistical Package for the Social Science) para el cálculo de los valores. Los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros en las dos formulaciones se muestran en las siguientes tablas:

- Consistencia

**Tabla 19-3:** Tabla de contingencia del parámetro consistencia

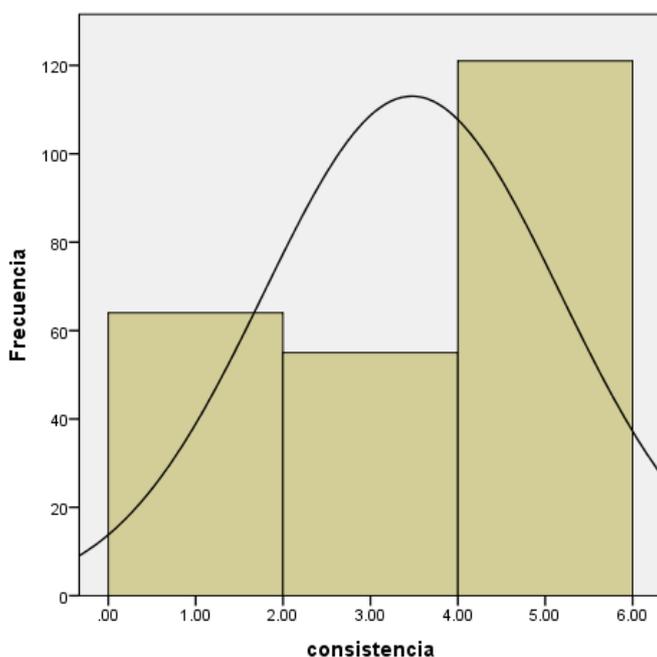
Muestra	Me gusta	Indiferente	No me gusta	Total
2575	75	38	7	120
6610	46	16	58	120

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

**Tabla 20-3:** Tabla de descriptivos para el parámetro consistencia

Parámetro	Formulación	Estadístico	Valor	Error estándar	
Consistencia	2575	Media	4,4667	0,09682	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	4,2750	
			Límite inferior	4,6584	
		Media recortada al 5%	4,6111		
		Mediana	5,0000		
		Varianza	1,125		
		Desviación estándar	1,06063		
	6610	Media	3,1500	0,14429	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	2,8643	
			Límite inferior	3,4357	
		Media recortada al 5%	3,1667		
		Mediana	3,0000		
		Varianza	2,498		
		Desviación estándar	1,58061		

Realizado por: Andrea Moyano, 2018



**Grafico 1-3:** Consistencia del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas.

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

Después de realizar el análisis sensorial y estadístico del yogur elaborado a partir de leche cruda proveniente de la microempresa Lácteos “ILAPEÑITO” por interacción de diferentes formulaciones empleadas, estableciendo como parámetros de calificación los siguientes: 5 me gusta, 3 indiferente y 1 no me gusta, se evidenció diferencias altamente significativas entre medias, reportándose que existe interacción entre la formulación utilizada y la consistencia del yogur obtenido, para la formulación uno (2575) la media es igual a 4,4667; con un error estándar igual a  $\pm 0,09682$ , un valor de mediana igual a 4,2750, mientras que para la formulación dos (6610) la media es igual a 3,1500 con un error estándar igual a  $\pm 0,14429$  y un valor de mediana igual a 3,0000; por lo tanto se afirma que para la prueba consistencia los jueces de cata prefirieron el yogur de la formulación uno.

- Dulzor

**Tabla 21-3:** Tabla de contingencia del parámetro dulzor

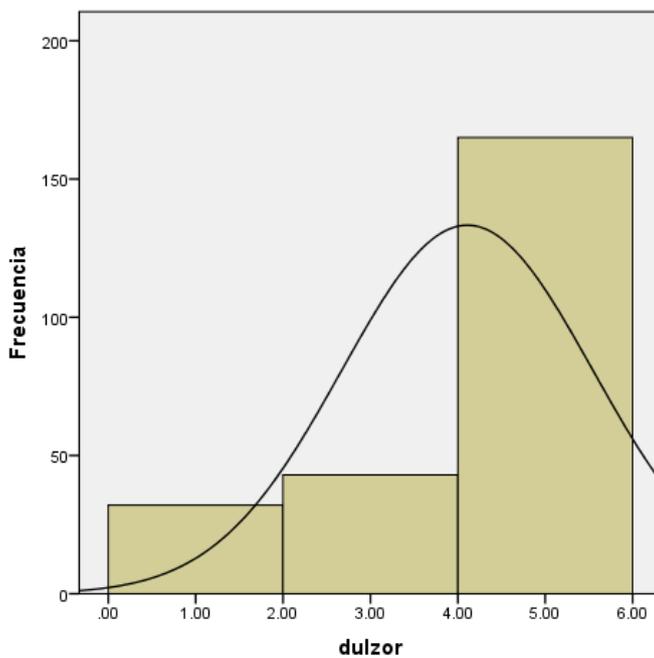
Muestra	Me gusta	Indiferente	No me gusta	Total
2575	91	12	17	120
6610	73	31	16	120

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

**Tabla 22-3:** Tabla de descriptivos para el parámetro dulzor

Parámetro	Formulación	Estadístico	Valor	Error estándar	
Dulzor	2575	Media	4,2333	0,13217	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	3,9716	
			Límite inferior	4,4950	
		Media recortada al 5%	4,3704		
		Mediana	5,0000		
		Varianza	2,096		
		Desviación estándar	1,44788		
	6610	Media	4,3500	0,10888	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	3,9833	0,12963
			Límite inferior	3,7266	
		Media recortada al 5%	4,2400		
		Mediana	4,0926		
		Varianza	5,0000		
		Desviación estándar	2,017		

Realizado por: Andrea Moyano, 2018



**Grafico 2-3:** Dulzor del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas.

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

En la evaluación del dulzor para ambas formulaciones, se siguió la misma escala de calificaciones detallada en la consistencia, en esta prueba las medias reportaron diferencias altamente significativas, para la formulación 2575 se reportó una media igual a 4,2333 con un error estándar de  $\pm 0,13217$  y una mediana igual a 1,44788, mientras tanto para la formulación 6610 se reportó una media igual a 3,9833 con un error estándar de  $\pm 0,12963$  y con una mediana igual a 5,00; con esto se afirma que la formulación 2575 para la presente prueba es mejor.

- Sabor

**Tabla 23-3:** Tabla de contingencia del parámetro sabor

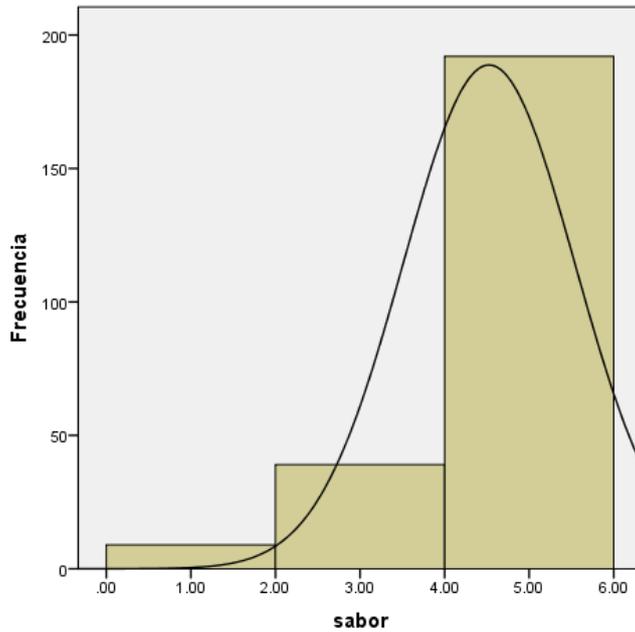
Muestra	Me gusta	Indiferente	No me gusta	Total
2575	103	16	1	120
6610	88	23	9	120

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

**Tabla 24-3:** Tabla de descriptivos para el parámetro sabor

Parámetro	Formulación	Estadístico	Valor	Error estándar	
Sabor	2575	Media	4,7000	0,06961	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	4,5622	
			Límite inferior	4,8378	
		Media recortada al 5%	4,7963		
		Mediana	5,0000		
		Varianza	0,582		
		Desviación estándar	0,76257		
	6610	Media	4,3500	0,10888	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	4,1344	
			Límite inferior	4,5656	
		Media recortada al 5%	4,5000		
		Mediana	5,0000		
		Varianza	1,423		
		Desviación estándar	1,19277		

Realizado por: Andrea Moyano, 2018



**Grafico 3-3:** Sabor del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas.

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

De igual manera en la evaluación del sabor se reportaron diferencias altamente significativas, de acuerdo con esto para la formulación 2575 se obtuvo una media igual a 4,70 con un error estándar igual a  $\pm 0,06961$  y un valor de mediana igual a 5,00; mientras que para la formulación 6610 se obtuvo una media igual a 4,35; con un error estándar de 0,10888 y un valor de mediana igual a 5,00; de acuerdo al grafico 3-3 los datos se encuentran dispersos lo que muestra que existe una relación entre el sabor y la formulación, además se concluye que el sabor de la formulación 2575 es más acogida por los consumidores y por tanto es recomendable elegirla para llevarla a escala industrial.

- Color

**Tabla 25-3:** Tabla de contingencia del parámetro color

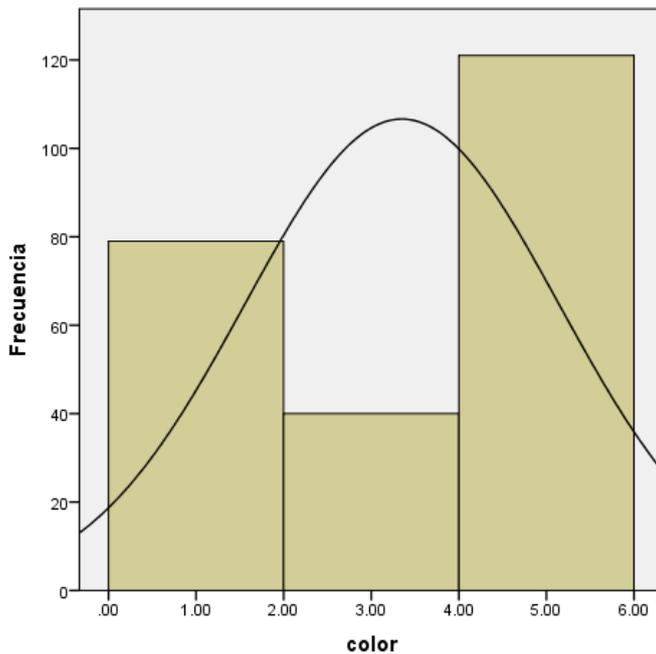
Muestra	Me gusta	Indiferente	No me gusta	Total
2575	71	23	26	120
6610	49	16	55	120

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

**Tabla 26-3:** Tabla de descriptivos para el parámetro color

Parámetro	Formulación	Estadístico	Valor	Error estándar	
Color	2575	Media	3,7667	0,14816	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	3,4733	
			Límite inferior	4,0600	
		Media recortada al 5%	3,8519		
		Mediana	5,0000		
		Varianza	2,634		
		Desviación estándar	1,62301		
		6610	Media	2,9333	0,17057
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite superior	2,5956	
			Límite inferior	3,2711	
	Media recortada al 5%		2,9259		
	Mediana		3,0000		
	Varianza		3,491		
	Desviación estándar		1,86851		

Realizado por: Andrea Moyano, 2018



**Grafico 4-3:** Color del yogur de acuerdo a las diferentes formulaciones empleadas.

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

En la evaluación del color se reportaron diferencias significativas entre medias, para la muestra 2575, se obtuvo una media igual a 3,7667 con un error estándar igual a  $\pm 0,14816$  y un valor de mediana igual a 5,00; para la muestra 6610, su media corresponde a un valor de 2,9333; con un error de  $\pm 0,17057$  y un valor de mediana igual a 3,00; de acuerdo con los resultados se determina que para el color, la formulación 2575 tiene más preferencia por los jueces y por este motivo tendría mejores oportunidades en el mercado.

**Tabla 27-3:** Tabla de resumen prueba de normalidad

<b>Parámetro</b>	<b>gl.</b>	<b>Sig.</b>
Consistencia	240	0,000
Dulzor	240	0,000
Sabor	240	0,000
Color	240	0,000

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

Según la tabla 27-3 la significación muestral para todos los parámetros es menor a 0,05; por lo tanto se deduce que su comportamiento no es normal, esto quiere decir que si existe diferencia entre una formulación y otra.

De acuerdo al análisis sensorial y estadístico realizado se puede concluir que la formulación 2575 tiene preferencia frente a la formulación 6610 en todos los parámetros estudiados, por lo tanto será la primera formulación la que se tomará en cuenta para el diseño del proceso. A continuación se detalla la tabla de resumen de los valores estadísticos obtenidos con los datos proporcionados en las encuestas.

### ***3.2.7 Operaciones Unitarias del proceso***

#### ***3.2.7.1 Filtración***

La filtración es una operación unitaria en la cual se separan las partículas sólidas suspendidas en un líquido por medio de un cuerpo poroso que constituye el medio filtrante. Para la filtración de la leche el medio filtrante a menudo es lienzo, ya que solo se requiere eliminar ciertas partículas contaminantes que pueden ser identificadas a simple vista, las mismas que pudieren haber sido adquiridas al momento del ordeño y transporte a causa de la falta de higiene en el manejo de la materia prima.

#### ***3.2.7.2 Mezclado***

El mezclado es una operación unitaria mecánica que se fundamenta en la realización de movimientos en el seno de una masa fluida con el fin de obtener una mezcla homogénea. En el proceso de elaboración de yogur el mezclado se ejecuta posterior a la añadidura de los aditivos a la leche y yogur para asegurar una total disolución de los mismos, de modo de que sean distribuidos análogamente en todas las partes de la masa.

#### ***3.2.7.3 Pasteurización***

La pasteurización es un tratamiento térmico al cual es sometido ciertos líquidos con el objetivo de eliminar los microorganismos patógenos, lo que permite aumentar su vida útil. Para la pasteurización de la leche existen varios métodos que varían de acuerdo a la temperatura y tiempo. Para el presente proyecto se ha dado preferencia al método LTLT (Low Temperature-Long Time, Baja Temperatura-Alto Tiempo) que posee las siguientes características: temperatura 63°C, tiempo 30 minutos; que es el tiempo necesario para que la concentración de microorganismos disminuya a un 10% de su concentración inicial. También se pueden encontrar otros métodos como son: HTST (High Temperature-Short Time, Alta Temperatura-Tiempo Corto) y UHT (Ultra High Temperature, Temperatura Ultra-Alta).

### 3.2.8 Variables del proceso

**Tabla 28-3:** Variables del Proceso

Variable	Tipo de Variable	Concepto	Método de Medición	Operación Unitaria en la cual se controla	Parámetro
Temperatura	Independiente	Grado o nivel de calor de los cuerpos.	Termómetro	Pasteurización	63°C
				Fermentación	45°C
				Enfriamiento	20°C
pH	Dependiente	Grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.	pH-metro	Inoculación	4 – 4,5
Tiempo	Dependiente	Duración de los cambios que experimenta cualquier aspecto.	Cronómetro	Pasteurización	30 min
				Fermentación	5,5 horas
				Enfriamiento	30 minutos
Cantidad de leche en polvo, edulcorante, saborizante y colorante	Dependiente	Aditivos que le confieren ciertas características al yogur.	Balanza	Estandarización	2% leche en polvo 9% edulcorante
				Batido	0,2% saborizante 0,2% colorante

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.2.9 Cálculos de ingeniería

#### 3.2.9.1 Datos Adicionales

##### *Determinación de la capacidad calorífica de la leche*

- Durante la pasteurización

De acuerdo a los autores McCarthy & Singh, la capacidad calorífica de la leche se puede calcular con la ecuación:

$$C_{pl-63^{\circ}\text{C}} = 41,8W + (13,71 + 0,1129\theta)TS$$

Donde:

$C_p$  = Capacidad calorífica (J/Kg.°C)

W = Contenido de agua (%)

Ts = Contenido de sólidos no grasos (%)

$\theta$  = Temperatura (°C)

$$C_{pl-63^{\circ}\text{C}} = 41,8(87,16) + (13,71 + 0,1129(63))(8,68)$$

$$C_{pl-63^{\circ}\text{C}} = 3824,03 \frac{J}{Kg.^{\circ}\text{C}}$$

- Durante la fermentación

$$C_{pl-45^{\circ}\text{C}} = 41,8W + (13,71 + 0,1129\theta)TS$$

$$C_{pl-45^{\circ}\text{C}} = 41,8(87,16) + (13,71 + 0,1129(45))(8,68)$$

$$C_{pl-45^{\circ}\text{C}} = 3806,39 \frac{J}{Kg.^{\circ}\text{C}}$$

**Tabla 29-3:** Datos adicionales

<b>Simbología</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
$\rho_{\text{leche}}$	Densidad de la leche	1029	Kg/m <sup>3</sup>
$g$	Gravedad	9,8	m/s <sup>2</sup>
$\rho_{\text{azúcar}}$	Densidad del azúcar	1112	Kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{leche en polvo}}$	Densidad de la leche en polvo	1,975	Kg/m. s
$h_1$	Altura del pasteurizador	0,72	M
$r_1$	Radio del pasteurizador	0,42	M
$k_a$	Conductividad térmica del acero	16,3	W/m. °C
$\rho_{\text{yogur}}$	Densidad del yogurt	1090	Kg/m <sup>3</sup>
$\mu_{\text{yogur}}$	Viscosidad del yogurt	1,942	Kg/m. s
$\rho_{\text{acero}}$	Densidad del acero	7930	Kg/m <sup>3</sup>
$C_{p \text{ } 1-45^\circ\text{C}}$	Capacidad calorífica de la leche a 45°C	3,81	KJ/Kg. °C
$C_{p \text{ } 1-63^\circ\text{C}}$	Capacidad calorífica de la leche a 63°C	3,82	KJ/Kg. °C
$C_{p \text{ } \text{yogur}}$	Capacidad calorífica del yogurt a 20°C	3,85	J/Kg. °C
$\Delta \bar{H}^\circ_{f \text{ } C_6H_{12}O_6}$	Entalpia de formación de la glucosa	1261,5	KJ/mol
$\Delta \bar{H}^\circ_{f \text{ } C_3H_6O_3}$	Entalpia de formación del ácido láctico	694,51	KJ/mol
$M_{C_6H_{12}O_6}$	Peso molecular de la glucosa	180	Kg/mol
$Pr$	Numero de Prandlt	7,51	-
$\sigma$	Constante de Stefan Boltzman,	$5,67 \cdot 10^{-8}$	W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>
$\varepsilon_a$	Emisividad del acero	0,28	°C <sup>-1</sup>
$\varepsilon_p$	Emisividad del poliuretano	0,9	°C <sup>-1</sup>
$k_p$	Conductividad térmica de la espuma de poliuretano	0,023	W/m. °C

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.2.9.2 Balance de masa

#### *Pasteurizador*

$$E = S + Ev$$

Donde:

$E$  = Entrada

$S$  = Salida

$Ev$  = Pérdida por evaporación

- Masa de la mezcla

$$m_m = m_{leche} + m_{azúcar} + m_{leche\ en\ polvo}$$

$$m_m = 205,80\ Kg + 18,52\ Kg + 4,12\ Kg$$

$$m_m = 228,44\ Kg$$

- Volumen de la mezcla

$$V_m = V_{leche} + V_{azúcar} + V_{leche\ en\ polvo}$$

$$V_m = 0,2\ m^3 + 0,012\ m^3 + 0,007\ m^3$$

$$V_m = 0,219\ m^3$$

- Densidad de la mezcla

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m}$$

$$\rho_m = \frac{228,44\ Kg}{0,219\ m^3}$$

$$\rho_m = 1043\ \frac{Kg}{m^3}$$

A través de ensayos de laboratorio se ha comprobado que en la etapa de pasteurización se evapora un 10% del volumen total por lo tanto se genera una pérdida igual a:

$$V_{Ev} = V_m * \% p$$

$$V_{Ev} = 0,219\ m^3 * 10\ \%$$

$$V_{Ev} = 0,0219\ m^3$$

$$m_{Ev} = \rho_m * V_{Ev}$$

$$m_{Ev} = 1043 \frac{Kg}{m^3} * 0,0219 m^3$$

$$m_{Ev} = 22,84 Kg$$

Por lo tanto el balance de masa en el pasteurizador se interpreta de la siguiente manera:

$$E = S + E_v$$

$$E = m_{leche} + m_{azúcar} + m_{leche\ en\ polvo}$$

$$E = 205,80 Kg + 18,52 Kg + 4,12 Kg$$

$$E = 228,44 Kg$$

$$S = E - E_v$$

$$S = 228,44 Kg - 22,84 Kg$$

$$S = 205,60 Kg$$

### ***Fermentador***

En el fermentador no se generan pérdidas de masa por lo tanto:

$$E = S$$

$$S = m_{leche} + m_{cultivo} + m_{colorante} + m_{saborizante} + m_{conservante}$$

$$S = 205,60 Kg + 0,004 Kg + 0,40 Kg + 0,40 Kg + 0,01 Kg$$

$$S = 206,41 Kg$$

### 3.2.9.3 Diseño

La microempresa ya cuenta con una pasteurizadora, por lo tanto se diseñara un tanque de recepción y un fermentador para la elaboración de yogur.

#### *Tanque de recepción*

- Volumen del tanque

$$V_0 = V_l * fs$$

$$V_0 = 200 L * 1.2$$

$$V_0 = 240 L$$

Donde:

$V_0$  = Volumen total del tanque (L).

$V_l$  = Volumen de leche (L).

$fs$  = Factor de seguridad

- Altura del tanque

Para facilitar el proceso de filtración de leche en el tanque de recepción, se asumirá un diámetro de 0,7 m.

$$V_0 = h_0 \pi r_0^2$$

Donde:

$h_0$  = Altura del tanque (m)

$r_0$  = Radio del tanque (m)

$$h_0 = \frac{V_0}{\pi r_0^2}$$

$$h_0 = \frac{0,24 \text{ m}^3}{\pi(0,35\text{m})^2}$$

$$h_0 = 0,60 \text{ m}$$

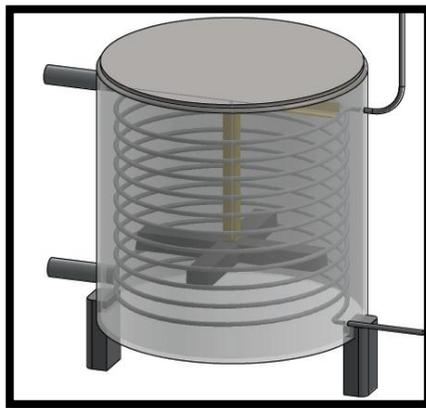
- Área del tanque

$$A_0 = 2\pi r_0 h_0 + \pi r_0^2$$

$$A_0 = 2\pi(0,35\text{m})(0,60\text{m}) + \pi(0,35 \text{ m})^2$$

$$A_0 = 1,70 \text{ m}^2$$

### ***Fermentador***



**Figura 11-3:** Fermentador

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

- Volumen del fermentador

$$V_{yogur} = \frac{m_{yogur}}{\rho_{yogur}}$$

$$V_{yogur} = \frac{206,414 \text{ Kg}}{1090 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{yogur} = 0,19 \text{ m}^3$$

Donde:

$\rho_{yogur}$  = Densidad del yogur (Kg/m<sup>3</sup>)

$m_{yogur}$  = Masa de yogur (Kg)

$V_{yogur}$  = Volumen de yogur (m<sup>3</sup>)

$$V_{t2} = V_{yogur} * f_s$$

Donde:

$V_{t2}$  = Volumen del fermentador (m<sup>3</sup>)

$$V_{t2} = 0,19 \text{ m}^3 * 1,2$$

$$V_{t2} = 0,23 \text{ m}^3$$

- Diámetro del fermentador

$$V_{t2} = \pi * \frac{D_2^2}{4} * H_2$$

Donde:

$D_2$  = Diámetro del fermentador (m)

$H_2$  = Altura del fermentador (m)

Se sabe que:  $D = H$

$$V_{t2} = \pi * \frac{D_2^2}{4} * D_2$$

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{t2}}{\pi}}$$

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 * 0,23 \text{ m}^3}{\pi}}$$

$$D_2 = 0,70 \text{ m} \quad H_2 = 0,70 \text{ m}$$

- Área del fermentador

$$A_2 = 2\pi r_2 H_2 + 2\pi r_2^2$$

$$A_2 = 2\pi(0,35\text{m})(0,70\text{m}) + 2\pi(0,35\text{m})^2$$

$$A_2 = 2,31 \text{ m}^2$$

- Diámetro de las paletas

$$D_p = \frac{1}{3} D_2$$

$$D_p = \frac{0,70 \text{ m}}{3}$$

$$D_p = 0,23 \text{ m}$$

- Distancia mínima entre las paletas y la base del tanque

$$\frac{E_p}{D_p} = 1$$

$$E_p = 0,23 \text{ m}$$

- Altura de las paletas

$$\frac{W_p}{D_p} = \frac{1}{5}$$

$$W_p = \frac{D_p}{5}$$

$$W_p = \frac{0,23\text{m}}{5}$$

$$W_p = 0,05 \text{ m}$$

- Ancho de las paletas

$$\frac{L_p}{D_p} = \frac{1}{4}$$

$$L_p = \frac{0,23}{4}$$

$$L_p = 0,06 \text{ m}$$

- Número de Reynolds

Tomando en cuenta que la agitación se realiza a bajas velocidades, se asume una velocidad de 100 RPM.

$$Re = \frac{n * D_p^2 * \rho_{yogur}}{\mu_{yogur}}$$

Donde:

$n$  = Número de revoluciones ( $s^{-1}$ )

$\mu_{yogur}$  = Viscosidad del yogur (Kg/m.s)

$$Re = \frac{1,67 \text{ s}^{-1} * (0,23 \text{ m})^2 * 1090 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{1,942 \frac{\text{Kg}}{\text{m.s}}}$$

$$Re = 49,58$$

- Potencia del agitador

$$P = N_p * \rho_y * n^3 * D_p^5$$

Donde:

$N_p$  = Número de potencia

El número de potencia se obtiene de la gráfica ubicada en el Anexo I con los datos del número de Reynolds para un mezclador de 4 palas, el cual nos indica un valor de  $N_p = 3$ .

$$P = 3 * 1090 \frac{Kg}{m^3} * (1,67 s^{-1})^3 * (0,23 m)^5$$

$$P = 9,80 W$$

$$P = 0,02 Hp$$

Considerando que la eficiencia de la bomba es del 70% y que las pérdidas por fricción serán del 35%, se obtiene lo siguiente:

$$P = \frac{0,02 * 1,35}{0,7}$$

$$P = 0,04 Hp$$

Ya que en el mercado no se encuentran bombas de 0,04 Hp se utilizará una de 0,25 Hp.

- Área de transferencia de calor del serpentín

$$A_s = \pi d_s L_s = \pi^2 d_s D_s n_s$$

Donde:

$A_s$  = Área de transferencia de calor del serpentín ( $m^2$ )

$d_s$  = diámetro externo del serpentín (m)

$L_s$  = Longitud del serpentín (m)

$D_s$  = Diámetro del serpentín (m)

$n_s$  = Número de espiras del serpentín

- Diámetro del serpentín

$$D_s = (0,8D_2)$$

$$D_s = (0,8 * 0,70m)$$

$$D_s = 0,60 m$$

- Altura del serpentín

$$H_s = 0,7H_2$$

$$H_s = 0,7 (0,70 m)$$

$$H_s = 0,50 m$$

- Separación entre espiras adyacentes

$$e_s = 4d_s$$

$$e_s = 4(0,0127m)$$

$$e_s = 0,05 m$$

- Número de espiras

$$n_s = \frac{H_s}{e} + 1$$

$$n_s = \frac{0,50 m}{0,05 m} + 1$$

$$n_s = 11$$

- Longitud del serpentín

$$L_s = \pi D_s n_s$$

$$L_s = \pi * 0,60 \text{ m} * 11 \text{ m}$$

$$L_s = 20,73 \text{ m}$$

Una vez calculadas las dimensiones del serpentín, el área de transferencia es la siguiente:

$$A_s = \pi d_s L_s$$

$$A_s = \pi(0,0127 \text{ m})20,73 \text{ m}$$

$$A_s = 0,83 \text{ m}^2$$

#### 3.2.9.4 Balance de energía

##### **Pasteurizador**

$$Q_{ganado} = Q_{perdido}$$

$$Q_{l1} = Q_{H1} + Q_{p1}$$

Donde:

$Q_{l1}$  = Flujo de calor necesario para calentar la leche (KW)

$Q_{H1}$  = Flujo de calor transmitido por la caldera (KW)

$Q_{p1}$  = Flujo de calor retenido en la pared (KW)

- Flujo de calor necesario para calentar la leche

$$Q_{l1} = \dot{m} \cdot c_{p_{l-63^\circ\text{C}}} \cdot \Delta T$$

$$Q_{l1} = 0,13 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 3,82 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (63 - 12)^\circ\text{C}$$

$$Q_{l1} = 25,33 \text{ KW}$$

- Área de transferencia de calor

$$A_1 = 2\pi * r_1 * h_1 + \pi * r_1^2$$

Donde:

$r_1$  = Radio del pasteurizador (m)

$h_1$  = Altura del pasteurizador (m)

$$A_1 = 2\pi * 0,42 \text{ m} * 0,72 \text{ m} + \pi * (0,42 \text{ m})^2$$

$$A_1 = 2,45 \text{ m}^2$$

- Flujo de calor retenido en la pared

$$Q_{P1} = k * A_1 * \Delta T_1$$

$$Q_{P1} = 16,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 2,45 \text{ m}^2 * (63 - 12)^\circ C$$

$$Q_{P1} = -2036,69 \text{ W} = -2,04 \text{ KW}$$

- Flujo de calor transmitido por la caldera

$$Q_{H1} = Q_{l1} + Q_{p1}$$

$$Q_{H1} = 25,33 \text{ KW} - 2,04 \text{ KW}$$

$$Q_{H1} = 23,29 \text{ KW}$$

- Coeficiente global de transferencia de calor

$$Q_{H1} = U_1 * A_1 * \Delta T_1$$

$$U_1 = \frac{23,29 \text{ KW}}{2,45 \text{ m}^2 * (63 - 12)^\circ C}$$

$$U_1 = 0,19 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

### ***Fermentador***

Primera etapa

El balance de energía en el primer enfriamiento se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{perdido} = Q_{ganado}$$

$$Q_{l2} + Q_{p2} = Q_{H2}$$

- Flujo de calor perdido por la pared

$$Q_{p2} = k_a * A_s * \Delta T$$

$$Q_{p2} = 16,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,83 m^2 * (45 - 63)^\circ C$$

$$Q_{p2} = -243,52 W = -0,24 KW$$

- Flujo de calor perdido de la leche

$$Q_{l2} = \dot{m}_l * C_{p_{l-63^\circ C}} * \Delta T$$

$$Q_{l2} = 0,11 \frac{Kg}{s} * 3,82 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} * (45 - 63)^\circ C$$

$$Q_{l2} = -7,56 KW$$

- Flujo de calor ganado por el agua

$$Q_{H2} = -(Q_{l2} + Q_{p2})$$

$$Q_{H2} = -(-7,56 - 0,24)KW$$

$$Q_{H2} = 7,80 \text{ KW}$$

- Coeficiente global de transferencia de calor

$$Q_{H2} = U_2 * A_2 * \Delta T_2$$

$$U_2 = \frac{-7,80 \text{ KW}}{0,83 \text{ m}^2 * (45 - 63)^\circ\text{C}}$$

$$U_2 = 0,52 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

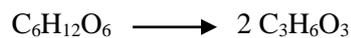
Segunda etapa

En la etapa de fermentación se toma en consideración el calor perdido por las paredes del fermentador y el calor generado en la reacción, por lo tanto el balance de energía se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{ganado} = Q_{perdido}$$

$$Q_{amb} = Q_{rx} + Q_{p3}$$

- Calor generado por la reacción de fermentación



$$\Delta \bar{H}^\circ_{rx} = \sum n \Delta \bar{H}^\circ_{\text{productos}} - \sum n \Delta \bar{H}^\circ_{\text{reactivos}}$$

$$\Delta \bar{H}^\circ_{rx} = 2 \left( -694,51 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) - \left( -1261,5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right)$$

$$\Delta \bar{H}^\circ_{rx} = -127,52 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

- Calor generado por kilogramo de glucosa fermentada

$$Q_g = -127,52 \frac{KJ}{mol} * \frac{1 mol}{180 Kg glucosa}$$

$$Q_g = -0,708 \frac{KJ}{Kg}$$

- Cantidad de glucosa contenida en la leche a fermentar

$$°Brix = \frac{Kg lactosa}{100 Kg solución}$$

La leche a fermentar posee un contenido de 8,68 °Brix

$$m lactosa = m leche * ° Brix$$

$$m lactosa = 202,363 Kg leche * \frac{8,68 Kg lactosa}{100 Kg leche}$$

$$m lactosa = 17,57 Kg lactosa$$

- Calor generado en la reacción

La lactosa se descompone en galactosa y glucosa, por lo tanto de los 17,57 Kg de lactosa, 8,79 Kg son glucosa.

$$Q_r = -0,708 \frac{KJ}{Kg glucosa} * 8,79 Kg glucosa$$

$$Q_r = -6,22 KJ$$

El tiempo de residencia en el fermentador es de 5,5 horas, por lo tanto el flujo de calor generado será:

$$Q_{rx} = \frac{-6,22 KJ}{19800 s}$$

$$Q_{rx} = -3,14 * 10^{-4} KW$$

- Cálculo del coeficiente de convección interno

$$h_{ci} = \frac{k}{H_2} 0,54(GrPr)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

$Gr$  = Número de Grashof

$Pr$  = Número de Prandtl

$$Gr = \frac{H_2^3 \rho_y^2 g \beta \Delta T}{\mu_y^2}$$

Donde:

$\beta$  = Coeficiente de expansión volumétrica ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$g$  = gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

$$Gr = \frac{(0,70 \text{ m})^3 \left(1090 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)^2 \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0,21^{\circ}\text{C}^{-1})(45 - 12)^{\circ}\text{C}}{\left(0,97 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}\right)^2}$$

$$Gr = 29414600,73$$

$$GrPr = (29414600,73)(7,51)$$

$$GrPr = 220903651,5$$

Por tanto el coeficiente de convección interno es:

$$h_{ci} = \frac{k}{H_2} 0,59(GrPr)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{ci} = \frac{0,399 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}}{0,70 \text{ m}} 0,59(220903651,5)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{ci} = 40,99 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

- Coeficiente de convección del aire

$$h_{co} = 1,42 \left( \frac{T_f - T_a}{H_2} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

$T_f$  = Temperatura del fermentador (°C)

$T_a$  = Temperatura del ambiente (°C)

$$h_{co} = 1,42 \left( \frac{45^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}}{0,70 \text{ m}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{co} = 3,72 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

- Coeficiente de radiación

$$h_{ro} = \varepsilon_a * \sigma * (T_f^4 - T_a^4)$$

Donde:

$\varepsilon_a$  = Emisividad del acero

$\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzman ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$$h_{ro} = 0,28 * 5,67 * 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} * (318^4 - 285^4)$$

$$h_{ro} = 57,61 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

- Calor perdido por las paredes del fermentador

$$Q_{p3} = \frac{T_f - T_a}{R_{conv} + R_{cond} + R_{rad}}$$

Donde:

$R_{conv}$  = Resistencia térmica de convección (°C/W)

$R_{cond}$  = Resistencia térmica de conducción (°C/W)

$R_{rad}$  = Resistencia térmica de radiación (°C/W)

$$Q_{p3} = \frac{T_f - T_a}{\frac{1}{2\pi r_2 H_2 h_{ci}} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi H_2 k_{acero}} + \frac{1}{2\pi r_3 H_2 (h_{co} + h_{ro})}}$$

Al tratarse de alimentos, el material recomendable para la construcción del fermentador es acero inoxidable AISI 304 ya que posee una mejor resistencia a la corrosión, si se considera un espesor de 3 mm, el radio externo del fermentador será:

$$r_3 = r_2 + e_{acero}$$

$$r_3 = 0,35 \text{ m} + 0,003 \text{ m}$$

$$r_3 = 0,353 \text{ m}$$

$$Q_{p3} = \frac{45^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}}{\frac{1}{2\pi(0,35\text{m})(0,70\text{m})(40,99 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}})} + \frac{\ln \frac{0,353}{0,350}}{2\pi(0,70\text{m})(16,3 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}})} + \frac{1}{2\pi(0,353\text{m})(0,70\text{m})(3,72 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} + 57,61 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}})}}$$

$$Q_{p3} = 1100 \text{ W}$$

La fermentación se da en un tiempo de 5,5 horas por lo tanto el flujo total de calor será:

$$Q_{p3} = 1100 \frac{\text{J}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * 5,5 \text{ h}$$

$$Q_{p3} = -21780 \text{ KJ}$$

- Intervalo de temperatura perdido por el fluido en el fermentador sin aislante térmico

$$Q_{p3} = m \cdot C_{p,y} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q_{p3}}{m \cdot C_{p_y}}$$

$$\Delta T = \frac{-21780 \text{ KJ}}{205,60 \text{ Kg} * 3,81 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

$$\Delta T = -27,80 \text{ }^\circ\text{C}$$

De acuerdo a los cálculos realizados el cambio de temperatura del fluido es elevado, lo que no permitirá el desarrollo de la fermentación, por lo tanto es necesario colocar un aislante térmico en el fermentador, en este caso será espuma de poliuretano.

- Calor perdido por las paredes del fermentador con un aislante térmico

Ya que la temperatura externa en la pared del aislante, es diferente a la temperatura externa del acero, se calculan nuevamente los coeficientes de convección y radiación. El cálculo se realizará asumiendo una temperatura en la cara externa del material aislante y con esta temperatura se determinará la cantidad de calor transmitido, que ha de ser igual a la cantidad de calor transmitida por radiación y convección, si la temperatura asumida es la correcta.

$$Q_{p4} = Q_{\text{conducción}} = Q_{\text{convección+radiación}}$$

$$Q_{p4} = \frac{T_f - T_{\text{aislante}}}{\frac{e_{\text{aislante}}}{A_{\text{aislante}} * k_{\text{aislante}}}} = \frac{T_{\text{aislante}} - T_a}{\frac{1}{A_{\text{externa}}(h_{co} + h_{ro})}}$$

$$T_{\text{aislante}} = 15,60^\circ\text{C}$$

$$h_{co} = 2,14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$$

$$h_{ro} = 17,34 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Q_{p4} = \frac{T_f - T_a}{\frac{1}{2\pi r_2 H_2 h_{ci}} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi H_2 k_{\text{acero}}} + \frac{\ln \frac{r_4}{r_3}}{2\pi H_2 k_{\text{aislante}}} + \frac{1}{2\pi r_3 H_2 (h_{co} + h_{ro})}}$$

Para asegurar la conservación de la temperatura durante la fermentación se ha considerado un aislante térmico con un espesor de 0,02 m, por lo tanto:

$$r_4 = r_3 + e_{\text{aislante}}$$

$$r_4 = 0,353 \text{ m} + 0,02 \text{ m}$$

$$r_4 = 0,373 \text{ m}$$

$$Q_{p4} = \frac{45^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}}{\frac{1}{2\pi(0,35\text{m})(0,70\text{m})(40,99 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}})} + \frac{\ln \frac{0,353}{0,350}}{2\pi(0,70\text{m})(16,3 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}})} + \frac{\ln \frac{0,373}{0,353}}{2\pi(0,70\text{m})(0,023 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}})} + \frac{1}{2\pi(0,353\text{m})(0,70\text{m})(2,14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} + 17,34 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}})}}$$

$$Q_{p4} = 55 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$Q_{p4} = 55 \frac{\text{J}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * 5,5 \text{ h}$$

$$Q_{p4} = -1089 \text{ KJ}$$

- Intervalo de temperatura perdido por el fluido en el fermentador con aislante térmico

$$Q_{p4} = m_l \cdot C_{p_l-45^\circ\text{C}} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{1089 \text{ KJ}}{205,60 \text{ Kg} * 3,81 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

$$\Delta T = -1,39 \text{ }^\circ\text{C}$$

Una vez considerado el aislante térmico, el cambio de temperatura disminuyó en gran parte, lo que permite que la temperatura se mantenga en el rango adecuado para la fermentación.

- Flujo de calor ganado por el ambiente

$$Q_{amb} = Q_{rx} + Q_{p4}$$

$$Q_{amb} = -(-3,14 * 10^{-4} KW - 1,089 KW)$$

$$Q_{amb} = 1,09 KW$$

Tercera etapa

En el enfriamiento del yogur, el balance de energía se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{perdido} = Q_{ganado}$$

$$Q_y + Q_{p5} = Q_{H3}$$

- Flujo de calor perdido por las paredes

$$Q_{p5} = k * A_s * \Delta T$$

$$Q_{p5} = 16,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,83 m^2 * (20 - 45)^\circ C$$

$$Q_{p5} = -338,23 W = -0,34 KW$$

- Flujo de calor perdido por el yogur

$$Q_y = m_y * C_{p_y} * \Delta T$$

$$Q_y = 0,11 \frac{Kg}{s} * 3,85 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} * (20 - 45)^\circ C$$

$$Q_y = -10,59 KW$$

- Flujo de calor ganado por el agua

$$Q_{H3} = -(Q_{yogur} + Q_{metal})$$

$$Q_{H3} = -(-10,59 - 0,34)KW$$

$$Q_{H3} = 10,93 KW$$

- Coeficiente global de transferencia de calor

$$Q_{H3} = U_3 * A_S * \Delta T$$

$$U_3 = \frac{-10,93 KW}{0,83 m^2 * (20 - 45)^\circ C}$$

$$U_3 = 0,53 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Rendimiento del proceso

$$Rendimiento = \frac{cantidad\ de\ producto\ obtenido}{cantidad\ de\ materia\ prima} * 100\%$$

$$Rendimiento = \frac{206,41 Kg}{229,25 Kg} * 100\%$$

$$Rendimiento = 90 \%$$

**Tabla 30-3:** Especificaciones de los equipos

Equipo	Parámetro	Valor	Unidad
Tanque de recepción	Volumen	240	L
	Diámetro	0,70	m
	Altura	0,60	m
	Área	1,70	m <sup>2</sup>
Fermentador	Volumen	230	L
	Diámetro	0,70	m
	Altura	0,70	m
	Área	2,31	m <sup>2</sup>
	Diámetro de las paletas	0,23	m
	Distancia mínima de las paletas con relación al piso	0,23	m
	Altura de las paletas	0,05	m
	Ancho de las paletas	0,06	m
	Potencia del agitador	0,25	Hp
	Altura del serpentín	0,50	m
	Diámetro del serpentín	0,60	m
	Longitud del serpentín	20,73	m
	Número de espiras	11	
	Separación entre espiras adyacentes	0,05	m

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.3 Proceso de Producción

#### 3.3.1 Materia Prima, Aditivos e Insumos

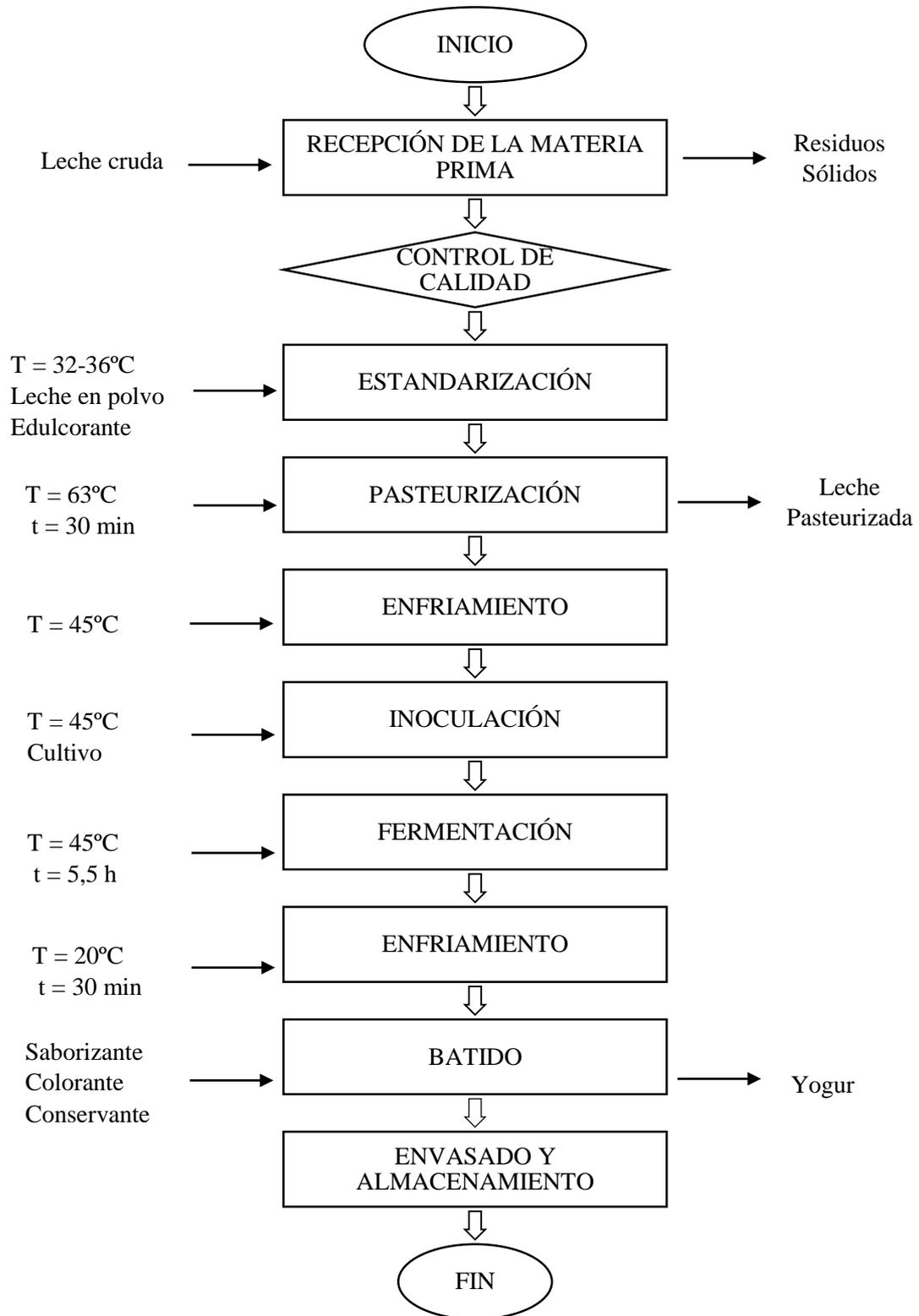
Para la elaboración de yogur se requiere de los componentes que se muestran en la tabla 31-3, cabe recalcar que no se necesita de reactivos para la obtención del producto.

**Tabla 31-3:** Materia prima, aditivos y materiales para la elaboración de yogur

Tipo de Componente	Componente	Cantidad
Materia Prima	Leche Cruda	200 L
Aditivos	Leche en polvo	4,12 Kg
	Azúcar	18,52 Kg
	Cultivo de bacterias <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaris</i>	40 g
	Sorbato de potasio	10,8 g
	Saborizante artificial	400 mL
	Colorante artificial	400 mL
Materiales	Envases de plástico	189
	Etiquetas	189

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.3.2 Diagrama del proceso para la elaboración de Yogur



**Gráfico 5-3:** Diagrama del proceso de elaboración de yogur

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.3.3 Descripción del diagrama del proceso para la elaboración de Yogur

A escala industrial, la elaboración de yogur involucra la ejecución de las siguientes etapas:

- *Recepción de la materia prima*

Se receipta la leche cruda en el tanque de recepción, el cual consta de una tela filtrante que impide el paso de objetos extraños y contaminantes que pudieren existir a causa del ordeño, manipulación y transporte de la leche.

- *Control de Calidad*

Antes de iniciar el proceso de transformación de leche a yogur, se realiza una inspección de la misma con el objeto de descartar cualquier anomalía.

- *Estandarización*

Es un proceso cuyo objetivo es el aumento de sólidos totales en la leche, se puede seguir distintas opciones, pero la más tradicional y conocida es agregar a la leche, leche en polvo hasta alcanzar el contenido de sólidos totales requerido. La leche es enviada a la pasteurizadora en donde al alcanzar una temperatura entre 32-36°C se agrega la leche en polvo seguido del edulcorante, en este caso azúcar. Mediante agitación se alcanzará una completa disolución.

- *Pasteurización*

En esta etapa se elimina gran parte de la flora bacteriana que contiene la leche dando lugar al crecimiento de microorganismos productores de yogur. Para ello, la materia prima se somete a una temperatura de 63°C durante un tiempo de 30 minutos, no más de ello ya que puede afectar a las propiedades de la leche.

- *Enfriamiento*

En el fermentador la leche pasteurizada es enfriada por medio del serpentín interno hasta alcanzar una temperatura entre 40-45°C, que es la temperatura óptima de crecimiento para los microorganismos productores de yogur.

- *Inoculación*

Se agregan los cultivos compuestos de las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaris*. El agitador del equipo se encargará de una adecuada distribución de los microorganismos.

- *Fermentación*

Tiene lugar en el fermentador a una temperatura de 45°C, que son las condiciones óptimas para el crecimiento del cultivo mixto del yogur. La fermentación se da en un periodo de 5,5 horas; en este tiempo se da la producción de ácido láctico por parte de los microorganismos, por lo cual transcurrido el tiempo el yogur alcanzará un pH de 4 a 4,5.

- *Enfriamiento*

Alcanzado el pH deseado, en el mismo equipo se procede a enfriar el yogur hasta alcanzar una temperatura de 20°C y se lo mantiene por un tiempo de 30 minutos para detener la actividad de los microorganismos y evitar la sobreacidificación.

- *Batido*

Posterior al enfriamiento se agrega el conservante en este caso Sorbato de Potasio, de igual manera se añaden el colorante y el saborizante artificial en el mismo equipo, mediante agitación se homogeniza la mezcla hasta obtener un yogur de consistencia adecuada y sin la presencia de grumos.

- *Envasado y Almacenamiento*

Finalmente el yogur es envasado en frascos plásticos previamente esterilizados y son almacenados en refrigeración por un tiempo que no exceda los 30 días.

### **3.3.4 Validación del proceso**

Para la validación del proceso se realizaron los análisis físico-químicos y microbiológicos del producto obtenido con la formulación de preferencia y las variables de proceso utilizadas en el diseño. Los análisis fueron realizados por el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia

Tecnológica Ambiental (CESTTA) y tomando en cuenta los requisitos establecidos en la NTE INEN 2395:2011 para leches fermentadas. **Ver Anexo D y E**

### 3.3.4.1 Análisis físico-químicos y microbiológicos del Yogur

**Tabla 32-3:** Resultados de los análisis físico-químicos del yogur

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Norma	
				Min.	Max.
pH	NOM-F-317-S-1978	-	4,481	-	-
Densidad	NTE INEN 11:1984	g/mL	1,090	-	-
Viscosidad	VISCOSÍMETRO DIGITAL	mPa*s	1942	-	-
Grasa	AOAC 960.39B	%	4,29	2,5	-
Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	4,65	2,7	-
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	24,51	-	-

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

**Tabla 33-3:** Resultados de análisis microbiológico del yogur

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Límite Máximo
<i>E. coli</i>	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis, el yogur elaborado a nivel de laboratorio cumple con todos los requisitos exigidos en la NTE INEN 2395:2011 para leches fermentadas, por lo tanto la formulación, las variables y el diseño del proceso realizado de acuerdo a las características y necesidades de la microempresa son válidos para la implementación de esta nueva línea de producción.

### ***3.3.5 Distribución de la planta***

- Área de recepción de materia prima

En esta área se recibe la materia prima que proviene de diferentes proveedores, diariamente la microempresa procesa aproximadamente 800 litros, por lo que contará con un tanque de recepción el cual está provisto de una tela filtrante para eliminar las impurezas de la leche.

- Área de control de calidad

Esta área es destinada a la inspección de la materia prima y del producto terminado, mediante la medición de pH y temperatura para comprobar su cumplimiento. Además este lugar permite realizar el pesado de los aditivos para la elaboración de yogur.

- Área de producción

Sección en la cual se encuentra ubicada la pasteurizadora y cuenta con espacio suficiente para la inclusión del fermentador destinado a la elaboración de yogur. Es aquí donde se realizan las operaciones unitarias necesarias para la transformación de la materia prima.

- Área de envasado

Esta sección cuenta con una mesa de trabajo que permitirá el envasado del producto, de igual manera será necesario disponer de una máquina envasadora de yogur.

- Área de almacenamiento

Esta área cuenta con 3 cámaras de refrigeración de 1 puerta en las cuales se podrá almacenar el producto terminado para evitar su deterioro y asegurar su conservación hasta que sea llevado al mercado para su comercialización.

- Área de máquinas

Es el área en la cual se ubica la caldera que provee calor a la pasteurizadora, por tanto está ubicada junto al área de pasteurización.

- Bodega

En este lugar se almacenarán los aditivos necesarios para la elaboración de yogur, se trata de un espacio fresco cuyas condiciones no afectan las características de los insumos.

### 3.4 Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

#### 3.4.1 Equipos necesarios para el proceso

**Tabla 34-3:** Equipos necesarios para la producción de yogur

Equipo	Descripción	Características
Tanque de recepción	Tanque cilíndrico de acero inoxidable 304 empleado para conservar la leche hasta su procesamiento. Reposo sobre 4 patas ajustables. No posee tapa. En la parte inferior del tanque presenta una salida de vaciado.	Volumen= 230 L Altura= 0,60 m Diámetro= 0,70 m Área= 1,70 m <sup>2</sup>
Pasteurizadora	Tanque de acero inoxidable, cuenta con un agitador con variación de velocidad tipo palas planas de 45° de inclinación que optimiza la calefacción, previniendo que floten en la superficie los componentes lípidos de la leche. Posee válvula de salida y bridas para nivelar y fijar el equipo al piso.	Volumen= 400 L Diámetro= 0,84 m Altura= 0,72 m Área= 3,00 m <sup>2</sup> Diámetro de las paletas= 0,28 m Altura de las paletas= 0,04 m Ancho de las paletas= 0,06 m Potencia del agitador= 0,25 Hp
Fermentador	Equipo de acero inoxidable 304 cubierto con un aislante de espuma de poliuretano que evita la pérdida de calor y temperatura por interacción del ambiente durante la fermentación. Cuenta con un serpentín interno de acero inoxidable 304 por el cual circula agua a temperatura ambiente para el enfriamiento de la leche antes del proceso de fermentación hasta alcanzar la temperatura adecuada para la inoculación y el enfriamiento posterior a la fermentación para evitar la sobreacidificación del yogur. Además cuenta con un agitador de paletas para la mezcla del cultivo en la leche antes de la fermentación y el de los aditivos una vez que ya se haya producido el yogur.	Volumen= 230 L Diámetro= 0,70 m Altura= 0,70 m Área= 2,31 m <sup>2</sup> Diámetro de las paletas= 0,23 m Altura de las paletas= 0,05 m Ancho de las paletas= 0,06 m Potencia del agitador= 0,25 Hp Longitud del serpentín= 20,73 m Número de vueltas= 11
Caldera	Recipiente cerrado metálico, encargado de producir vapor o calentar agua. El vapor se produce mediante una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado.	Combustible piloto diésel Presión 80-200 PSI Temperatura promedio 200 °C Capacidad 1 m <sup>3</sup>
Envasadora	Máquina automática encargada de la dosificación volumétrica exacta en envases previamente esterilizados. Consta de un transporte giratorio entre estaciones	Limpieza y mantenimiento sencillo Fácil operación

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.4.2 Equipos para controlar el proceso

**Tabla 35-3:** Equipos necesarios para controlar el proceso de elaboración de yogur

Equipo	Características
pHmetro	Marca HACH Dimensiones 19,7 x 9,5 cm Peso 335 g sin pilas Carcasa del medidor. IP67, sumergible a 1 metro durante 30 minutos. Requisitos de alimentación externa: Adaptador de corriente externa de clase II. 100-240 V ca, entrada de 50 a 60 hz; salida de 4,5 a 7,5 V CC Temperatura de almacenamiento: -20 a +60°C Temperatura de servicio: 0 a +60°C Humedad de funcionamiento: 90% (sin condensación)
Balanza plataforma	Rango de pesaje: hasta 60 kg con una resolución de 10 g, por encima de 60 kg hasta 150 kg con una resolución de 20 g Dimensiones de la plataforma: 400 x 500 mm Trípode desmontable Se puede calibrar
Balanza analítica	Marca Sartorius Pesas externas de ajuste. Impresora del valor de medición. Indicador Adicional. Batería Externa. Cable adaptador.
Termómetro	Longitud 26,5 cm. Rango de temperatura -10°C-110°C Fácil manejo
Lienzo	Tela de lino o algodón, utilizada en la industria láctea para fabricación de filtros y en el proceso de prensado de algunos quesos.

**Realizado por:** Andrea Moyano, 2018

### 3.5 Análisis costo- beneficio del proyecto

A continuación se detallan los costos de materia prima, aditivos, materiales, equipos, mano de obra y producción en general, que está inmersos en la implementación del presente proyecto técnico. Cabe recalcar que para este análisis se ha tomado en cuenta los cálculos de ingeniería y los costos que se encuentran en el mercado considerando los productos de mejor calidad.

### 3.5.1 Costo de la materia prima, aditivos y materiales

A continuación se detallan los costos de materia prima para la elaboración de un litro de yogur, tomando en cuenta que la microempresa dispone de materia prima propia y de proveedores externos. Además se estiman los costos de los aditivos y materiales.

**Tabla 36-3:** Costo de la materia prima, aditivos y materiales para la elaboración de 1 L de yogur

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Leche Cruda	1	L	0,25	0,25
<b>Aditivos</b>				
Leche en polvo	0,021	Kg	4,50	0,095
Edulcorante (Azúcar)	0,093	Kg	1,00	0,093
Cultivo	0,00002	Kg	120	0,002
Sorbato de potasio	0,00006	Kg	20	0,001
Saborizante artificial	0,002	L	20	0,04
Colorante artificial	0,002	L	20	0,04
<b>Materiales</b>				
Envases de plástico	1	unidades	0,25	0,25
Etiquetas	1	unidades	0,05	0,05
<b>Total</b>				<b>0,82</b>

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

Se pretende que la microempresa producirá al día un lote de yogur el mismo que contará con 189 unidades, el contenido de cada unidad será de 1 litro. Los costos de de materia prima, aditivos y materiales por lote se detallan en la tabla 37-3.

**Tabla 37-3:** Costo de la materia prima, aditivos y materiales para la elaboración de un lote de yogur (189 L)

Producción diaria esperada (L)	Costo materia prima por unidad (\$)	Costo materia prima por lote (\$)	Días trabajados	Producción mensual esperada (L)	Costo mensual materia prima directa (\$)
189	0,82	154,98	16	3024	2479,68

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.5.2 Costo de los equipos e instrumentos

La microempresa al estar dedicada a la elaboración de quesos cuenta con ciertos equipos necesarios para la elaboración de yogur, lo que representa una ventaja significativa para la reducción de costos. Los equipos que dispone la microempresa se muestran en la tabla 38-3.

**Tabla 38-3:** Equipos que posee la microempresa

Equipo	Cantidad
Pasteurizadora	1
Caldera	1

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

Además de los equipos que intervienen directamente en el proceso de elaboración de yogur, se debe disponer de otros que permitan controlar que las variables se mantengan en el rango adecuado. En la tabla 39-3 se da a conocer los costos de todos los equipos que carece la microempresa.

**Tabla 39-3:** Costo de los equipos requeridos para la elaboración de yogur

Equipo	Cantidad	Costo (\$)
Producción		
Tanque de recepción	1	500
Fermentador	1	3000
Envasadora	1	5000
Control de Proceso		
ph-metro	1	500
Balanza plataforma	1	75
Balanza analítica	1	300
Lienzo	2	6
Termómetro	1	90
<b>Total</b>		9471

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.5.3 Costo de la mano de obra

Para la elaboración de yogur en la microempresa Lácteos “ILAPENITO” se requerirá de las funciones de 1 técnico y 2 operarios, quienes trabajarán 4 días a la semana.

**Tabla 40-3:** Costo de la mano de obra mensual

<b>Personal</b>	<b>Salario (\$)</b>
Técnico	600
Operarios	600
<b>Total</b>	1200

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.5.4 Costo de Análisis de Laboratorio

**Tabla 41-3:** Costo de análisis de laboratorio, basados en la cotización de un Laboratorio Acreditado, no incluye el análisis de estabilidad.

<b>Análisis</b>	<b>Costo (\$)</b>
Análisis físico-químicos y microbiológicos de leche cruda	106
Análisis físico-químicos del yogur	46
Análisis microbiológicos del yogur	60
<b>Total</b>	212

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.5.5 Costo por el consumo de energía

Para el funcionamiento de los equipos se requerirá de energía cuya cantidad dependerá del tiempo de operación y de la potencia. Conociendo que en Ecuador el KWh tiene el valor de \$0,09, los costos por consumo de energía se indican en la tabla 42-3.

**Tabla 42-3:** Costo por el consumo de energía

<b>Operación</b>	<b>KW</b>	<b>Tiempo de operación (h)</b>	<b>KWh</b>	<b>Costo KWh (\$)</b>	<b>Costo (\$/día)</b>
Pasteurización	23,29	0,5	11,645	0,09	1,05
Fermentación	0,19	0,5	0,10	0,09	0,01
Estandarización	0,19	0,25	0,05	0,09	0,01
<b>Total</b>					1,07

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

### 3.5.6 Costo de producción

Considerando los costos de las tablas 36-3 y 40-3; se muestra en la tabla 43-3 el costo total del producto por unidad más el 20% de utilidad, con un escenario de ventas medio en el cual se trabajarán 4 días por semana.

**Tabla 43-3:** Relación costo-beneficio para la producción de yogur

Cantidad yogur de un lote (L)	Volumen yogur por unidad (L)	Costo por unidad (\$)	Total ingresos vendidos (\$)
189	1	1,48	279,72
Ingresos (\$)			
Diario	Mensual	Anual	
279,72	4475,52	53706,24	
Egresos (\$)			
Diario	Mensual	Anual	
154,98	2479,68	29756,16	
Ganancia (\$)			
Diario	Mensual	Anual	
124,74	1995,84	23950,08	

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

En la siguiente tabla se indica la ganancia total que se obtendrá en el primer año de funcionamiento, considerando los costos antes indicados y además lo que conlleva en cuanto a servicios básicos, transporte, mantenimiento y permisos de funcionamiento.

**Tabla 44-3:** Presupuesto total anual para la implementación de la producción de yogur

Costos	Inversión	1 <sup>er</sup> año (\$)
<b>Egresos</b>		
Materia Prima	-	29756,16
Equipos para la producción	9471	-
Mano de obra	-	14400
Servicios básicos	-	840
Transporte	-	576
Mantenimiento	-	640
Permisos de funcionamiento	-	146,40
Análisis de Laboratorio	-	212
Consumo de energía	-	282,48
<b>Ingresos</b>		
Producción	-	53706,24
<b>Total Ganancia</b>	-	6853,20

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

A partir de los datos suministrados en la tabla 44-3, el primer año se obtendrá una ganancia de \$6853,20; se estima que diariamente se producirán 189 litros de yogur, cada litro de yogur será vendido a \$1,48; este valor se calculó tomando en cuenta los costos fijos y costos variables, además de una utilidad del 20%. La microempresa cuenta con un capital de \$2000 y para la adquisición de los equipos se invertirá \$9471, esta inversión será recuperada en aproximadamente 1 año y 1 mes. Además a partir de estos datos se ha calculado el valor del VAN (Valor Actual Neto) igual a \$ 4540,65, que al ser mayor a cero, indica que la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida y por tanto el proyecto puede aceptarse. El valor del TIR (Tasa Interna de Retorno) corresponde a un 59% que indica la tasa de rendimiento que esperamos obtener en nuestro proyecto. Cabe recalcar que estos resultados se esperan de un escenario de ventas medio. De acuerdo a estos datos se puede concluir que la implementación de este proyecto resulta totalmente rentable.

### 3.6 Cronograma

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1º mes				2º mes				3º mes				4º mes				5º mes				6º mes							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización de la materia prima			■	■																								
Simulación del proceso a nivel de laboratorio					■	■	■	■																				
Identificación de las variables del proceso					■	■	■	■																				
Discriminación de la formulación									■																			
Diseño del proceso para la elaboración de yogur										■	■	■	■															
Caracterización físico-química del producto														■	■													
Validación del proceso														■	■													
Elaboración y Corrección de Borradores, Tipiado del trabajo final																		■	■	■	■	■	■	■				
Empastado y presentación del trabajo final																									■			
Auditoría académica																										■		
Defensa del trabajo																												■

Realizado por: Andrea Moyano, 2018

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El diseño del proceso para la elaboración de yogur en la Microempresa Lácteos “ILAPENITO”, se inició con el muestreo de la materia prima tomando en cuenta las directrices para la toma de muestras en leche y productos lácteos señaladas en la NTE INEN-ISO 707. Posterior a ello se realizó la caracterización de la leche cruda, cuyos análisis fueron realizados por el laboratorio acreditado CESTTA. Mediante los resultados obtenidos se dio a conocer que la materia prima cumplía en su mayoría con los requisitos exigidos por la NTE INEN 9:2012, ya que uno de los parámetros analizados se encontraba por encima del límite máximo permisible. Sin embargo, la materia prima ha sido considerada como apta para el procesamiento ya que esta anomalía se puede controlar en la etapa de pasteurización.

A nivel de laboratorio se realizaron ensayos de elaboración de yogur para la identificación de las variables que intervienen en el proceso, el cual consta de las siguientes etapas: recepción de la materia prima, control de calidad, pasteurización, enfriamiento, inoculación, fermentación, enfriamiento, batido, envasado y almacenado. Mediante bibliografía se encontraron varios datos en cuanto a las variables, sin embargo se escogieron las siguientes: temperatura de pasteurización de 63°C en un tiempo de 30 minutos, con el cual se eliminará gran parte de la flora bacteriana y no afectará las propiedades de la leche. La temperatura de fermentación de 45°C por un tiempo de 5,5 horas, estas variables nos aseguran que el pH del yogur alcanzará un valor entre 4 – 4,5; con el cual se puede comprobar que la lactosa se ha transformado en ácido láctico y por tanto la leche se ha transformado en yogur. La temperatura de enfriamiento después de la fermentación igual a 20°C por un tiempo de 30 minutos, con estos parámetros se detendrá la acidificación del yogur.

Se utilizaron dos formulaciones para la elaboración del producto, la primera que fue denominada como 2575 y contenía menores porcentajes de aditivos en comparación con la formulación 6610. Para elegir entre estas dos formulaciones se realizaron dos tipos de análisis, microbiológicos y sensoriales. Con el primer análisis se comprobó que ambas formulaciones cumplían con los requisitos exigidos por la NTE INEN 2395:2011 en cuanto a los parámetros microbiológicos; es por ello que el análisis sensorial fue el que determinó cuál de las dos formulaciones sería la ideal para llevarla a escala industrial.

El análisis sensorial se realizó mediante una prueba de degustación a 120 jueces afectivos ubicados en lugares en los cuales la microempresa comercializa sus productos, dicho jueces dieron a conocer su criterio en cuanto a 4 características del yogur, consistencia, dulzor, sabor y

color, su calificación de preferencia fue expresada a través de encuestas cuyos resultados fueron analizados mediante una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en conjunto con el programa SPSS (Statistical Package for the Social Science), mediante el cual se pudo evidenciar que existieron diferencias de medias altamente significativas en todas las características estudiadas, por tanto en conclusión se pudo determinar que hubo preferencia por la formulación 2575.

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el diseño de ingeniería, en este caso la microempresa requiere de un diseño que parta de 200 litros de leche que es lo que dispondrá a futuro para la elaboración de yogur. La microempresa al estar actualmente dedicada a la elaboración de quesos ya cuenta con ciertos equipos necesarios para la elaboración de yogur como son la pasteurizadora y la caldera. Por tanto requiere de un tanque de recepción para la leche destinada a la elaboración de yogur y un fermentador.

Se ha diseñado un tanque de recepción de acero inoxidable 304 con un volumen de 240 litros para evitar el derrame de la leche y un fermentador del mismo material con un volumen de 230 litros, el mismo que contará con un serpentín interno de ½ pulgada para el enfriamiento de la leche antes de la fermentación y para el enfriamiento del yogur después de la fermentación, además contará con un agitador de 4 palas para el mezclado de los aditivos y un aislante térmico de espuma de poliuretano con el cual se perderá apenas 1,39°C durante las 5,5 horas que dura la etapa de fermentación .

La validación del proceso se realizó mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos del producto obtenido, los cuales fueron realizados en el laboratorio de Investigación de la ESPOCH y por el laboratorio acreditado CESTTA. El valor de pH fue igual a 4,481; una densidad de 1,090 g/mL y una viscosidad de 1942 mPa\*s. Conociendo que se trata de un yogur tipo I porque fue elaborado a partir de leche entera su contenido de grasa fue de 4,29% y su contenido de proteína de 4,65%. En cuanto a los parámetros microbiológicos la concentración de *E.coli*, coliformes totales, mohos y levaduras obtuvieron un valor < 10 UFC/g, por lo tanto se ha comprobado que el producto cumple con los requisitos exigidos por la NTE INEN 2395:2011, y por consecuencia el proceso diseñado se considera como válido para que pueda ser utilizado a futuro por la microempresa interesada.

Como punto final se ha realizado un análisis costo-beneficio para conocer si el proyecto técnico resulta factible para la microempresa, para lo cual se ha tomado en cuenta los costos de materia prima, maquinaria, mano de obra, entre otros necesarios para poner en marcha este proyecto. Así se ha determinado que el costo del producto será de \$1,48 el cual se considera que es un valor

aceptable para el mercado tomando en cuenta los precios de venta de la competencia. Se conoce que existen tres escenarios de ventas, el optimista en el cual la empresa labora los 7 días de la semana, el medio en el cual producirá 4 días a la semana y el pesimista en el cual tan solo producirá 2 días a la semana, en este caso al conocer que la microempresa también se dedicada a la elaboración de quesos, se ha considerado que el escenario será medio por tanto la ganancia que se espera obtener con la comercialización de yogur en el primer año será de \$6853,20 y en base a ello y tomando en cuenta un capital inicial de \$2000 la inversión empleada en los equipos será recuperada en aproximadamente 1 año y 1 mes. Además se han calculado los valores de VAN, el cual indica la diferencia entre los ingresos y la inversión inicial obteniendo un valor de \$4540,65 y el TIR que indica la tasa de descuento que se obtendrá en el proyecto igual a 59%. De este modo se ha comprobado que el diseño de este proyecto técnico resulta factible.

## CONCLUSIONES

- Mediante la caracterización de la leche cruda proveniente de la Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO” y la comparación de los resultados con la NTE INEN 9:2012, se comprobó que la materia prima cumple con la mayoría de los requisitos expuestos en la norma a excepción de un parámetro, el cual no se han considerado como indicadores de mala calidad, ya que las etapas del procesamiento son precisamente para tratar este tipo de anomalías y por tanto la leche cruda se considera como apta para su uso.
- Las variables identificadas mediante la simulación del proceso a escala de laboratorio para la elaboración de yogur fueron la temperatura y el tiempo tanto en las etapas de pasteurización, fermentación y enfriamiento, así también una de las variables más importantes a controlar en el proceso es el pH del yogur, el cual debe encontrarse en un rango de 4 - 4,5 para garantizar la transformación de la lactosa en ácido láctico.
- El diseño de ingeniería envuelve varios aspectos, en primer lugar se tomó en consideración dos formulaciones, de las cuales se eligió una mediante el estudio de los requisitos microbiológicos expuestos por la norma y a través de encuestas cuyos resultados fueron analizados mediante un programa estadístico.
- Se realizó el diseño de los equipos necesarios para la elaboración de yogur, tomando en cuenta que la microempresa ya cuenta con algunos, se ha diseñado un tanque de recepción de 240 litros de capacidad, diámetro de 0,70 m y altura de 0,60 m; el fermentador por su parte tendrá una capacidad de 230 L, diámetro y altura de 0,70 m; contará con un agitador de diámetro de 0,23 m, altura de 0,05 m, ancho de 0,06 m y potencia de 0,25 Hp; además dispondrá de un serpentín de dimensiones de 0,60 m de diámetro, longitud de 20,73 m, altura de 0,50 m y estará colocado formando 11 espiras en el interior del fermentador.
- La validación del producto se realizó mediante la evaluación del cumplimiento de los requisitos exigidos en la NTE INEN 2395:2011, los análisis fueron realizados por el laboratorio acreditado CESTTA y mediante los resultados obtenidos del yogur se pudo comprobar que todos los parámetros se encuentran dentro de los límites exigidos y por tanto el diseño del proceso se considera válido para la microempresa.

- Se realizó un análisis costo-beneficio del proyecto tomando en cuenta materia prima, equipos, mano de obra, entre otros, así el costo de venta de 1 litro de yogur será igual a un valor de \$1,48 considerando un 20% de utilidad con el cual se obtendrá una ganancia de \$6853,20 en el primer año y por tanto la inversión se recuperará en aproximadamente 1 año y 1 mes estimando un escenario de ventas medio, lo que indica que el proyecto resulta factible.

## **RECOMENDACIONES**

- Al tratarse de alimentos es indispensable la aplicación de las buenas prácticas de manufactura para evitar la contaminación del producto.
- Se recomienda trabajar con materia prima de buena calidad, en la cual se haya tomado en cuenta la higiene en el momento del ordeño y transporte.
- Es necesario cubrir el equipo fermentador para evitar el deterioro del aislante.
- Mantener el cultivo en refrigeración para evitar su alteración.
- En el proceso de elaboración de yogur se debe tener un total cuidado en el control de las variables ya que cualquier anomalía podría afectar el producto final.
- Analizar la presencia de antibióticos en la leche cruda.
- Es recomendable reducir la velocidad del agitador para evitar que se rompa el gel.

## BIBLIOGRAFÍA

**AINSLEY, A; et al. Sapiens.** “Microentrapment of probiotic bacteria in a Ca<sup>2+</sup> – induced whey protein gel and effects on their viability in a dynamic gastro-intestinal model”. *Journal of Food microencapsulation*, vol. 22, nº 6 (2005), (Canadá) pp.603-619.

**ANZALDÚA, Antonio.** *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica.* Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 1994.

**AZTi Tecnalia.** *Los Aditivos Conservantes* [en línea]. España, 2006. [Consulta: 11 abril 2018]. Disponible en:  
<http://bibliotecavirtual.corpmontana.com/bitstream/handle/123456789/3793/M000460.pdf?sequence=5>

**BARCO, Alfredo.** *Elaboración y Producción de Yogurt.* Lima: Ripalme, 2007, pp. 20-99.

**BERG, Jeremy; et al. Sapiens: Bioquímica.** 6ª ed. Barcelona: Reverté. S.A., 2008, p. 447.

**BYLUND, Gosta.** *Manual de Industrias Lácteas.* Madrid: Ediciones Madrid Vicente, 1996, p. 436.

**CALDERÓN, Vicente & PASCUAL, María.** *Microbiología Alimentaria.* 2ª ed. Madrid: Díaz de Santos, 1999, p. 285.

**CRUZ, Braulio.** *Lácteos: productos, fabricación y más.* Lima: Mirbet, 2006, pp. 9-98.

**EARLY, Ralph.** *Tecnología de los productos lácteos.* 2ª ed. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 1998, p. 469.

**FEKETE, Gabriela; & TSABOURI, Sophia.** “Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality?”. *Food Chemistry*, (2017), (Grecia) pp.1–41.

**FELIS, G.; & DELLAGLIO, F.** “Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria”. *Curr. Issues Intestinal Microbiol*, vol. 8, nº 2 (2007), (Italia) pp. 44-61.

**FERNANDEZ, María; & RUL, Françoise.** “PepS from *Streptococcus thermophilus*: A new member of the aminopeptidase T family of thermophilic bacteria”. *European. Journal Biochemistry*, vol. 263, nº 2 (1999), (Francia) pp. 502-510.

**GONZÁLEZ, Antonio.** “Posición de consenso sobre las bebidas con edulcorantes no calóricos y su relación con la salud”. *Revista Mexicana de Cardiología*, vol. 24, nº 2 (2013), (México) p. 57.

**GUAMÁN, S.** *El Sector Agrícola-Ganadero y su Aporte al Desarrollo Local de la Parroquia Quimiag, Provincia de Chimborazo*. Riobamba: UNACH, 2006, p. 09.

**HERNÁNDEZ, Elizabeth.** *Evaluación Sensorial* [en línea]. Bogotá: UNAD, 2005. [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>

**IZA, S., & MUILEMA, G.** Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa láctea en la parroquia Toacaso Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi (Tesis). Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias Administrativas y Humanísticas, Ingeniería Comercial. Latacunga, Ecuador. 2011. p. 25. [Consulta: 26 abril 2018]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1266/1/T-UTC-1308.pdf>

**JUÁREZ, M; et al. Sapiens.** *Quesos españoles de leche de cabra*. Madrid-España: Fundación de estudios lácteos, 1991, p. 34.

**KEATING, P; GAONA, H.** *Introducción a la lactología*. 2ª ed. México, DF. Editorial Limusa, 2002, p.316.

**KOSIKOWSKI, Frank.** *Cheese and fermented milk foods*. E.U.A.: Ed. F.V. Kosikowski y Associates, 1977, p. 87.

**MARTINS, Natalia.; et al. Sapiens.** “Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices”. *Trends in Food Science and Technology*, vol, 52 (2016), (Portugal) pp. 1–15.

**MCCARTHY, O; SINGH, H.** *Physico-chemical properties of mil*. New York: Springer Science + Business Media, 2009.

**MESTRES, Josep; & ROMERO, Roser.** *Productos Lácteos. Tecnología.* Cataluña: Universidad Politécnica de Catalunya, 2004, p. 118.

**MEYER, Marco.** *Elaboración de Productos Lácteos.* México: Trillas, 1993, pp. 13-63.

**NOM-F-317-S-1978.** *Determinación de pH en alimentos.*

**NTE INEN 9:2012.** *Leche Cruda. Requisitos.*

**NTE INEN 11:1984.** *Leche. Determinación de la densidad relativa*

**NTE INEN 1529: 2006.** *Control Microbiológico de los Alimentos. Determinación de la cantidad de Microorganismos Aerobios Mesófilos. Rep.*

**NTE INEN 2395:2011.** *Leches Fermentadas. Requisitos.*

**NTE INEN-ISO 707.** *Leche y Productos Lácteos. Directrices para la Toma de Muestras (ISO 707:2008, IDT).*

**NUSSENBAUNN, Diana; et al. Sapiens.** *Fermentación láctica: Elaboración de yogur* [blog]. España: IES Santa Úrsula, 2015. [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <https://acercatealaciencia.wordpress.com/2015/11/26/fermentacion-lactica-elaboracion-de-yogur/>

**OLAGNERO, Gabriela; et al. Sapiens.** “Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos”. *DIAETA*, vol. 25, n° 121 (2007), (Argentina) p. 26.

**PÉREZ, Francisca; & ZAMORA, Salvador.** *Alimentos Funcionales en Curso de Cultura Gastronómica y Ciencias de la Alimentación* [en línea]. Madrid-España: Universidad Camilo José Cela, 2005. [Consulta: 08 abril 2018]. Disponible en: <https://mail.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Gastronomia%20y%20Cocina%20Universidad%20Cela.pdf#page=75>

**PROECUADOR.** *Perfil Sectorial de Lácteos y Cárnicos.* Quito: Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2016, p. 26.

**QUINTANA, A.** Caracterización fisicoquímica y nutricional de leches fermentadas de cabra (Tesis) (Doctoral). Universidad de Granada, Facultad de Farmacia, Nutrición y Bromatología. Granada. 2011. p. 30. [Consulta: 29 abril 2018]. Disponible en: <https://hera.ugr.es/tesisugr/20153089.pdf>

**RAMIREZ, Cristian.** *Diseño de una planta piloto para la producción de yogur en la Facultad de Ingeniería Química* (Tesis). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2014. pp. 64-102.

**RAMIREZ, Daniel.** *Elaboración de Yogur*. Lima-Perú: Macro, 2010, pp. 16-35.

**REVILLA, A.** *Tecnología de Leche: Procesamiento, Manufacturación y Análisis*. San José: Costa Rica: Levantex S.A, 1985, p. 67.

**REYES, Zoila.** Extracción y evaluación del colorante natural de achiote (*Bixa orellana* L.) como sustituto del colorante E-102 amarillo No. 5 (Tartrazina) en la elaboración de un yogurt [en línea] (Tesis). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Guatemala. 2015. p. 5. [Consulta: 03 Abril 2018]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1334/1/Zoila%20Concepcion%20Reyes%20Buenafe.pdf>

**ROWLAND, I; et al. Sapiens.** Alimentos funcionales Nuevas Tendencias, en *Alimentos Funcionales. Probióticos*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2002, pp. 1-8.

**SANTOS, Armando.** *Leche y sus Derivados*. 4ª ed. México: Trillas, 1987, pp. 27-32.

**SHAH, Nayan.** “Functional Food from Probiotics and Prebiotics”. *Food Technology*, vol. 55, nº 11 (2001), pp. 46-53.

**STINGELE, Francesca; et al. Sapiens.** “Unraveling the Function of Glycosyltransferases in *Streptococcus thermophilus* Sfi6”. *Journal of Bacteriology*, vol. 181, nº 20 (1999), (Suiza) pp. 6354–6360.

**TRIPOD.** Área de Transferencia de Calor [en línea] (Tesis). [Consulta: 03 Abril 2018]. Disponible en: <http://biorreactores.tripod.com/C5ATC.htm>

**VIDAL, Daniel.** “Probióticos: aspectos microbiológicos y tecnológicos”. *Journal Alimentación, Nutrición y Salud*, vol. 13, nº 2 (2006), (España) pp. 48-52.

**ANEXOS**

**Anexo A: Análisis Físico-Químico y Microbiológico de la Leche Cruda**

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>																																								
<p><b>INFORME DE ENSAYO No:</b> Alm-010-18 <b>ST:</b> 006- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS</p> <p><b>Nombre Peticionario:</b> LACTEOS "ILAPEÑITO" <b>Atn.</b> Andrea Moyano <b>Dirección:</b> Ilapo Guano-Chimborazo</p> <p><b>FECHA:</b> 30 de Enero del 2018 <b>NUMERO DE MUESTRAS:</b> 1 <b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b> 2018/01/18- 16:49 <b>FECHA DE MUESTREO:</b> 2018/01/18- 11:30 <b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 2018/01/18- 2018/01/30 <b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche Cruda <b>CÓDIGO CESTTA:</b> LAB-Alm 010-18 <b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b> NA <b>PUNTO DE MUESTREO:</b> Microempresa Lácteos Ilapeño <b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> Físico-Químico-Microbiológico <b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b> Andrea Moyano <b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b> T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C</p>																																									
<p><b>RESULTADOS ANALÍTICOS:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO/NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad relativa a 20°C</td> <td>PEE/CESTTA/108 INEN 11</td> <td>-</td> <td>1,029</td> <td>1,028</td> </tr> <tr> <td>Materia grasa</td> <td>Gravimétrico</td> <td>%</td> <td>4,16</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Totales</td> <td>PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20</td> <td>%</td> <td>12,84</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Sólidos No Grasos</td> <td>Gravimetría</td> <td>%</td> <td>8,68</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ceniza</td> <td>PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46</td> <td>%</td> <td>0,76</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Proteína</td> <td>PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20</td> <td>%</td> <td>3,58</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Recuento de microorganismo aerobios Mesófilos</td> <td>PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12</td> <td>UFC/cm<sup>3</sup></td> <td>24*10<sup>7</sup></td> <td>1,5x10<sup>6</sup></td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	Densidad relativa a 20°C	PEE/CESTTA/108 INEN 11	-	1,029	1,028	Materia grasa	Gravimétrico	%	4,16	-	Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	12,84	-	Sólidos No Grasos	Gravimetría	%	8,68	-	Ceniza	PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46	%	0,76	-	Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,58	-	Recuento de microorganismo aerobios Mesófilos	PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12	UFC/cm <sup>3</sup>	24*10 <sup>7</sup>	1,5x10 <sup>6</sup>
PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)																																					
Densidad relativa a 20°C	PEE/CESTTA/108 INEN 11	-	1,029	1,028																																					
Materia grasa	Gravimétrico	%	4,16	-																																					
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	12,84	-																																					
Sólidos No Grasos	Gravimetría	%	8,68	-																																					
Ceniza	PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46	%	0,76	-																																					
Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,58	-																																					
Recuento de microorganismo aerobios Mesófilos	PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12	UFC/cm <sup>3</sup>	24*10 <sup>7</sup>	1,5x10 <sup>6</sup>																																					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra receptada en el laboratorio.</li> <li>• La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 9:2012 Leche Cruda. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.</li> </ul>																																									
<p><b>RESPONSABLE DEL INFORME:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <b>Ing. Verónica Bravo</b>  <b>RESPONSABLE TÉCNICO</b> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>																																									
<p>Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados</p> <p style="text-align: right;">Página 1 de 1 Edición 0</p> <p>MC01-16</p>																																									
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p><b>REALIZADO POR:</b> <b>MOYANO ANDREA</b></p>	<p><b>ANÁLISIS FÍSICO-QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO LECHE CRUDA</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> <th>LÁMINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:1</td> <td>2018</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	ESCALA	FECHA	LÁMINA	1:1	2018	1																																
ESCALA	FECHA	LÁMINA																																							
1:1	2018	1																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; text-align: center;">X</td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		CERTIFICADO		APROBADO		POR APROBAR	X	POR CALIFICAR		POR VERIFICAR																														
	CERTIFICADO																																								
	APROBADO																																								
	POR APROBAR																																								
X	POR CALIFICAR																																								
	POR VERIFICAR																																								

**Anexo B: Análisis microbiológico del yogur. Formulación 1**

	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
---	---

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	Alm-023-18
<b>ST:</b>	014- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Andrea Moyano
<b>Dirección:</b>	Ilapo Guano-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	02 de Abril del 2018
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2018/03/21- 10:36
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2018/03/21- 08:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2018/03/21 - 2018/04/02
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Yogurt
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-Alm 023-18
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Fórmula 1.
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Microbiológico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Andrea Moyano
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

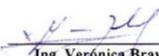
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
E. coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
 Ing. Verónica Bravo  
 RESPONSABLE TÉCNICO



NOTAS	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> MOYANO ANDREA	<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b> <b>YOGUR FORMULACIÓN 1</b>					
			<table border="1"> <tr> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> <th>LÁMINA</th> </tr> <tr> <td>1:1</td> <td>2018</td> <td>2</td> </tr> </table>	ESCALA	FECHA	LÁMINA	1:1	2018
ESCALA	FECHA	LÁMINA						
1:1	2018	2						

**Anexo C: Análisis microbiológico del yogur. Formulación 2**



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

**INFORME DE ENSAYO No:** Alm-024-18  
**ST:** 014- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Andrea Moyano  
**Dirección:** Ilapo  
 Guano-Chimborazo  
 02 de Abril del 2018  
**FECHA:** 1  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 2018/03/21- 10:36  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2018/03/21- 09:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2018/03/21 - 2018/04/02  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Yogurt  
**TIPO DE MUESTRA:** LAB-Alm 024-18  
**CÓDIGO CESTTA:** NA  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** Fórmula 2.  
**PUNTO DE MUESTREO:** Microbiológico  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Andrea Moyano  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Andrea Moyano  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
E. coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas.. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

*Ang. Verónica Bravo*  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
 MC01-16

Página 1 de 1  
 Edición 0

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR: MOYANO ANDREA</b>	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO YOGUR FORMULACIÓN 2		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018	3

**Anexo D: Análisis químico del yogur**

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	Alm-56-18
<b>ST:</b>	028- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	Andrea Moyano
<b>Dirección:</b>	Ilapo Guano-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	07 de Mayo del 2018
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2018/04/24- 09:35
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2018/04/24- 09:30
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2018/04/24 - 2018/05/07
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Yogurt
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-Alm 056-18
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Laboratorio de investigación de la ESPOCH
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico-Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Andrea Moyano
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
				Min	Max
Grasa	AOAC 960.39B	%	4,29	2,5	-
Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	4,65	2,7	-
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	24,51	-	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas. Requisitos Tabla 1 .Especificaciones de las leches fermentadas: Entera .Solicitados a petición del cliente.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
 Ing. Verónica Bravo  
 RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
MC01-16

Página 1 de 1  
Edición 0

NOTAS	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO APROBADO POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> POR VERIFICAR	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR: MOYANO ANDREA</b>	ANÁLISIS QUÍMICO YOGUR		
			<b>ESCALA</b> 1:1	<b>FECHA</b> 2018	<b>LÁMINA</b> A 4

**Anexo E: Análisis microbiológico del yogur**



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

**INFORME DE ENSAYO No:** Alm-023-18  
**ST:** 014- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Andrea Moyano  
**Dirección:** Ilapo  
 Guano-Chimborazo  
 02 de Abril del 2018  
**FECHA:**  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2018/03/21- 10:36  
**FECHA DE MUESTREO:** 2018/03/21- 08:30  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2018/03/21 - 2018/04/02  
**TIPO DE MUESTRA:** Yogurt  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-Alm 023-18  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Fórmula 1.  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Microbiológico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Andrea Moyano  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
E. coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas.. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

*Verónica Bravo*  
 Ing. Verónica Bravo  
 RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
 MC01-16

Página 1 de 1  
 Edición 0

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO YOGUR		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		REALIZADO POR: MOYANO ANDREA	ESCALA 1:1	FECHA 2018

## Anexo F: Hoja de respuesta para la prueba de degustación

### HOJA DE RESPUESTA

Nombre:..... Fecha:.....

#### Producto: Yogur

Instrucciones:

Por favor pruebe las muestras en el orden indicado: primero la muestra 2575 y segundo la muestra 6610

Muestra 2575

Por favor denos su criterio respecto a las siguientes características:

ATRIBUTO	ME GUSTA	INDIFERENTE	NO ME GUSTA
CONSISTENCIA			
DULZOR			
SABOR			
COLOR			

Comentarios:.....  
.....

Muestra 6610

Por favor denos su criterio respecto a las siguientes características:

ATRIBUTO	ME GUSTA	INDIFERENTE	NO ME GUSTA
CONSISTENCIA			
DULZOR			
SABOR			
COLOR			

Comentarios:.....  
.....

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENCUESTA		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
		REALIZADO POR: MOYANO ANDREA	1:1	2018	6

**Anexo G: Análisis sensorial**



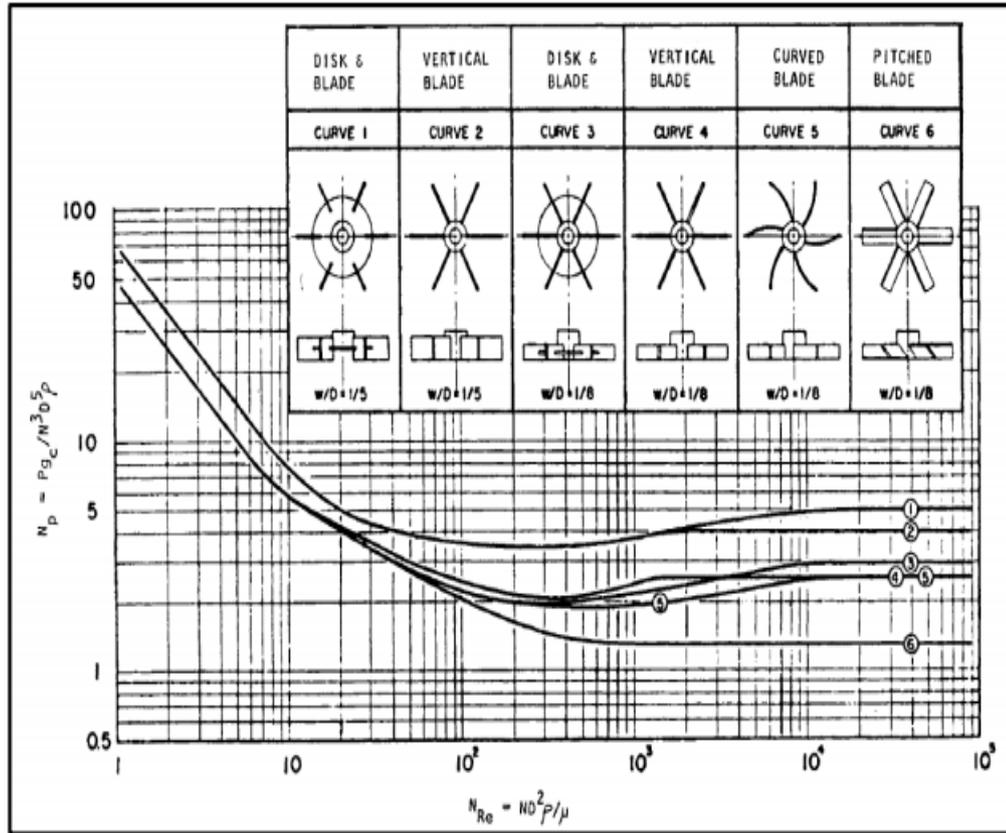
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>REALIZADO POR: MOYANO ANDREA</b></p>	ANÁLISIS SENSORIAL		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
			1:1	2018	7

**Anexo H: Microempresa Lácteos “ILAPEÑITO”**



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR: MOYANO ANDREA</b>	<b>MICROEMPRESA LÁCTEOS “ILAPEÑITO”</b>																	
a. Lácteos ILAPEÑITO  b. Área de pasteurización  c. Área de empacado  d. Cámara de enfriamiento	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>ESCALA</b></td> <td style="width: 33%;"><b>FECHA</b></td> <td style="width: 33%;"><b>LÁMINA</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2018</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> </table>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>	1:1	2018	8	
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO																			
<input type="checkbox"/>	APROBADO																			
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR																			
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR																			
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR																			
<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>																		
1:1	2018	8																		

**Anexo I: Número de Potencia**



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	GRÁFICA PARA EL CÁLCULO DEL NUMERO DE POTENCIA		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		REALIZADO POR: MOYANO ANDREA	ESCALA 1:1	FECHA 2018

**6 TOMA DE MUESTRAS**

La toma de muestras debería realizarse de forma que se obtengan muestras representativas del producto.

Si se recogen de forma separada las muestras para los análisis físicos, químicos y microbiológicos y para los exámenes sensoriales, los de los análisis microbiológicos deberían recogerse en primer lugar, utilizando técnicas asépticas y equipamiento y recipientes estériles (véase 5.1.2).

Deberían tomarse las precauciones necesarias para asegurar que cuando se recogen muestras para los exámenes sensoriales, el sabor de las muestras no se vea afectado negativamente por el uso del equipamiento de toma de muestras o de las conducciones utilizadas durante la toma de muestras, por ejemplo en los métodos E o F (5.1.2).

El método preciso de toma de muestras y la masa o volumen de producto que se recoge varía en función de la naturaleza del producto y del propósito para el que se necesitan las muestras.

Los detalles de los requisitos se contemplan en los capítulos 9 a 16. Si los productos contienen partículas de mayor tamaño, puede ser necesario aumentar el tamaño mínimo de muestra. El recipiente de la muestra debería cerrarse inmediatamente después de la toma de muestras.

En el caso de los recipientes pequeños de venta al por menor, la muestra consiste en uno o más recipientes sin abrir.

En caso necesario, se puede recoger una muestra adicional para el control de temperatura durante el transporte al laboratorio de análisis.

**7 CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS**

Normalmente no deberían añadirse conservantes a las muestras destinadas a examen microbiológico o sensorial, pero pueden añadirse a algunos productos lácteos, siempre que:

- a) el laboratorio de análisis emita una instrucción solicitándolo;
- b) el conservante sea de una naturaleza que no interfiera con los análisis posteriores, y no vaya a realizarse un análisis de textura y sabor;
- c) se establezcan en el informe de toma de muestras la naturaleza y la cantidad del conservante, preferiblemente indicándolo en la etiqueta;
- d) se sigan las instrucciones de seguridad referidas al conservante utilizado.

En algunos casos, el conservante interferirá con el analito. En dichos casos, debería realizarse una corrección adecuada.

**8 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS**

El almacenamiento y envío de las muestras deberían permitir que el estado de la muestra en el momento de la toma de muestras permanezca esencialmente inalterado hasta el momento de comenzar con el procedimiento analítico.

Durante el transporte, en caso necesario, deberían tomarse precauciones para prevenir la exposición a olores externos, a la luz solar directa y a otras condiciones adversas. Si es necesaria la refrigeración, los requisitos mínimos que hay que cumplir son los rangos de temperatura establecidos legalmente o prescritos por el fabricante. La temperatura de almacenamiento tras la toma de muestras debería establecerse lo más rápidamente posible. El tiempo y temperatura deberían considerarse conjuntamente y no de forma independiente.

Las temperaturas de almacenamiento se indican en la tabla 1.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: MOYANO ANDREA	NTE INEN 707. Leche y Productos Lácteos. Directrices para la toma de muestras		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018	10

**Anexo K: NTE INEN 9:2012. Leche Cruda. Requisitos**

4.5 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios para la leche serán los que determine el Codex Alimentario CAC/MRL 2.

**5. REQUISITOS**

**5.1 Requisitos específicos**

**5.1.1 Requisitos organolépticos** (ver nota 1)

**5.1.1.1 Color.** Debe ser blanco opalescente o ligeramente amarillento.

**5.1.1.2 Olor.** Debe ser suave, lácteo característico, libre de olores extraños.

**5.1.1.3 Aspecto.** Debe ser homogéneo, libre de materias extrañas.

**5.1.2 Requisitos físicos y químicos**

**5.1.2.1** La leche cruda, debe cumplir con los requisitos físico-químicos que se indican en la tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda.**

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX.	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa: a 15 °C A 20 °C	-	1,029 1,028	1,033 1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa) <sup>1</sup>	3,0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,2	-	-
Cenizas	% (fracción de masa)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico) **	°C °H	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	NTE INEN 16

**TABLA 3. Requisitos microbiológicos de la leche cruda tomada en hato**

Requisito	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos REP, UFC/cm <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>5</sup>	NTE INEN 1529-5
Recuento de células somáticas/cm <sup>3</sup>	7,0 x 10 <sup>5</sup>	AOAC – 978.26

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR: MOYANO ANDREA</b>	NTE INEN 9:2012. Leche Cruda. Requisitos		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018	11

**Anexo L: NTE INEN 2395:2011. Leches Fermentadas. Requisitos**

**6. REQUISITOS**

**6.1 Requisitos específicos**

**6.1.1** A las leches fermentadas podrán añadirse: azúcares o edulcorantes permitidos, frutas frescas enteras o en trozos, pulpa de frutas, frutas secas y otros preparados a base de frutas. El contenido de fruta adicionada no debe ser inferior al 5 % (m/m) en el producto final.

**6.1.2** Se permite la adición de otros ingredientes como: hortalizas, miel, chocolate, cacao, coco, café, cereales, especias y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final. El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas no será superior al 30% del peso total del producto.

**6.1.3** La leche fermentada con frutas u hortalizas, al realizar el análisis histológico deben presentar las características propias de la fruta u hortaliza adicionada.

**6.1.4** Las leches fermentadas, ensayadas de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

**TABLA 1. Especificaciones de las leches fermentadas**

REQUISITOS	ENTERA		SEMIDECREMADA		DESCREMADA		METODO DE ENSAYO
	Min %	Max %	Min %	Max %	Min %	Max %	
Contenido de grasa	2,5	---	1,0	<2,5	---	<1,0	NTE INEN 12
Proteína, % m/m En yogur, kéfir, kumis, leche cultivada	2,7	--	2,7	--	2,7	--	NTE INEN 16
Alcohol etílico, % m/v En kéfir suave En kéfir fuerte Kumis	0,5 -- 0,5	1,5 3,0 ---	0,5 -- 0,5	1,5 3,0 ---	0,5 -- 0,5	1,5 3,0 ---	NTE INEN 379
Presencia de adulterantes <sup>1)</sup> Grasa Vegetal Suero de Leche	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500 NTE INEN 1500 NTE INEN 2401

**TABLA 3. Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación**

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Coliformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-7
Recuento de <i>E. coli</i> , UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1529-10

En donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

**6.1.6.3** Cuando se analicen muestras individuales se tomaran como valores máximos los expresados en la columna m.

**6.1.6.4** Las leches fermentadas tratadas térmicamente y envasadas asépticamente deben demostrar esterilidad comercial de acuerdo a NTE INEN 2335

**6.1.7** Aditivos. Se permite el uso de los aditivos establecidos en la NTE INEN 2074 para estos productos

**6.1.8** Contaminantes. El límite máximo de contaminantes no deben superar los límites establecidos por el Codex Stan 193-1995

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: MOYANO ANDREA	NTE INEN 2395:2011. Leches Fermentadas. Requisitos		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018	12