



Área del Conocimiento de Agricultura

FORMULACION Y SELECCIÓN DE EQUIPO PARA PRODUCIR YOGURT GRIEGO Y QUESO MADURADO CON ESTANDARES DE EXPORTACION, PARA IMPLEMENTARSE EN UNA MYPIME NACIONAL.

Proyecto Monográfico para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Tutor:

**Br María
Guadalupe
Mercado Flores**

**Br Lucia
Guadalupe
Mercado Flores**

**Br Luisa
Amanda
Arévalo
Icabalzeta**

**Mpa. Onel
Domingo
Morales Cortez**

22 de abril del 2026
Managua, Nicaragua

Managua, Nicaragua, 26 de febrero del 2026

Estimados excelentes miembros del jurado calificador; el proyecto de graduación investigativo para optar al título de Ingeniero Químico que tienen en sus manos titulado:

“FORMULACION Y SELECCIÓN DE EQUIPO PARA PRODUCIR YOGURT GRIEGO Y QUESO MADURADO CON ESTANDARES DE EXPORTACION PARA

IMPLEMENTARSE EN UNA MYPIME NACIONAL”, tuvo lugar en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en el área de conocimiento de agricultura (DACA), por lo que, en este trabajo de investigación se dispuso de la búsqueda de información en el laboratorio de operaciones unitaria (DACA) y en la biblioteca RUPAP, donde por un periodo de tres meses se desarrolló este proyecto de graduación investigativo. La dedicación que **Br. MARIA GUADALUPE MERCADO FLORES; LUCIA GUADALUPE MERCADO FLORES Y LUISA AMANDA AREVALO ICABALZETA** realizaron en todo el desarrollo de su proyecto de graduación fue bien continuo e incansable, que las llevo a tener resultados muy positivos.

Por lo anterior expuesto y certificando la calidad y categoría del trabajo que han realizados los bachilleres en el proyecto de graduación investigativo solicito a ustedes la máxima calificación para este proyecto.

Aprovecho para reiterar mis más cordiales saludos y deseos de buena voluntad.

Se despide de ustedes.

Atentamente

Mpa. Ing. Onel Domingo Morales Cortez

Profesor Guia

DEDICATORIA

María Guadalupe Mercado Flores

Dedico este proyecto de culminación de estudios, en primer lugar, a Dios mi padre amado, a mi madre la Santísima Virgen de Guadalupe. A mi amado papá Lorenzo Mercado, mi abuelito cuyo carácter firme, tenacidad admirable, su confianza en mí fue el cimiento sobre el cual construí mis sueños. A mi madre Laura Flores mi pilar de vida, ejemplo de amor incondicional y fe inquebrantable, a mi hermana gemela mi Lu, Lucia Guadalupe por su cariño permanente. A mi papá Javier Mercado y mi abuelita Ana María Moraga, por su cuidado, respaldo y presencia en cada etapa de mi vida, a mis tías abuelitas Elsa Moraga y Auxiliadora Moraga, por su amor, su apoyo, sus oraciones me han abierto puertas. A mi compañero de sueños y aventuras Erick Reyes gracias por tu motivación, por creer en mi e impulsarme, Con profundo cariño y agradecimiento.

Luisa Amanda Arévalo Icabalzeta

A Dios que me ayudo en este proceso, por las fuerzas y salud, que me ayudo a terminar este momento tan importante de mi formación profesional. A mi hija y mi esposo que han sido parte, de este proceso para seguir adelante. A mis padres que han estado en este proceso que me han ayudado, a mis hermanas que estuvieron conmigo siempre. Me esfuerzo no solo por mis sueños, sino también para ser ejemplo para ellas.

Lucia Guadalupe Mercado Flores

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. A mis padres y familiares, por su amor y apoyo incondicional. Su confianza ha sido motor que impulsa mi formación profesional y personal, a lo largo de este camino son un pilar fundamental en mi desarrollo como profesional y ser humano, sacando siempre lo mejor de mí, como hijas, hermana, esposa. Infinitas gracias a todos. Con mucho afecto dedico este proyecto a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi padre celestial, fuente inagotable de sabiduría, fortaleza y propósito, elevo mi más profundo agradecimiento por haber guiado cada paso de este camino académico.

En los momentos de desafío fue mi refugio, y en los logros, la inspiración que sostuvo mi perseverancia.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi estimado tutor, el profesor Onel Morales, por su orientación, académica, paciencia y acompañamiento constante durante el desarrollo de este proyecto de titulación,

Su experiencia, criterio profesional y compromiso con la excelencia, criterio profesional y compromiso con la excelencia fueron pilares fundamentales para la culminación satisfactoria de este trabajo.

De manera especial, agradezco la DACA (dirección de Area de Conocimientos de Agricultura) y a la facultad que la integra, por brindar el respaldo institucional, los espacios y los recursos necesarios que hicieron posible la ejecución de este proyecto. Así mismo extendiendo mis reconocimientos a los profesores que, con dedicación y vocación, contribuyeron directa e indirectamente al fortalecimiento técnico y científico.

A todos los docentes que formaron parte de mi trayectoria universitaria, gracias por cada enseñanza impartida, por cada exigencia que impulso mi crecimiento profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron apoyo moral, académico y humano a lo largo de este proceso. Este logro no es únicamente resultado de un esfuerzo individual, sino la suma de múltiples voluntades, enseñanzas y actos de confianza.

Con gratitud y profundo respeto, María Guadalupe Mercado Flores.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, guía constante y fuente de sabiduría, por concederme la fortaleza, la disciplina y la claridad necesaria para culminar este proyecto.

Expreso mi más sincero agradecimiento al profesor Onel Morales, cuya orientación, paciencia y compromiso académico fueron fundamentales durante este proceso. Su acompañamiento no solo fortaleció mis conocimientos técnicos, sino que también me motivo a trabajar con mayor rigor, responsabilidad y excelencia.

De igual manera, agradezco profundamente a la DACA (Dirección del conocimiento de agricultura) por el respaldo brindado, por facilitar los recursos necesarios y por promover un entorno formativo que impulsa el crecimiento profesional y humano de sus estudiantes. Este logro no es únicamente el resultado del esfuerzo individual, sino también el apoyo, la confianza y la guía recibida a lo largo del camino.

Con gratitud y respeto, presento este trabajo como reflejo del aprendizaje adquirido y del compromiso asumido con mi formación.

Con estima, Lucía Guadalupe Mercado Flores.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos dado la fuerza, la salud y la sabiduría para recorrer camino. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mis padres, hermanas, esposos e hija por su amor incondicional, por ser nuestra mayor fuente de inspiración y por apoyarnos en cada desafío con palabras de aliento y sacrificios silenciosos. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños con esfuerzo y dedicación.

A nuestro tutor profesor Onel Domingo Morales Cortez, que con su paciencia, conocimientos y orientación contribuyo a nuestra formación profesional. Su enseñanza ha sido clave en cada etapa de este proceso.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, en la universidad nos ayudaron a los docentes que nos enseñaron con paciencia, nos brindaron su apoyo y sus conocimientos.

Sus consejos y su confianza, cada gesto ha dejado una huella en este proceso y logro en nuestras vidas.

A todos, nuestro más sincero agradecimiento.

Luisa Amanda Arévalo Icabalzeta.

INDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL.....	2
2.1.	MARCO LEGAL	3
2.1.1.	<i>Normativas específicas para productos.....</i>	4
2.1.2.	<i>Normativa para materia prima.....</i>	4
2.1.3.	<i>Selección de equipos.....</i>	5
2.2.	MARCO LEGAL PARA LA PYME	6
III.	OBJETIVOS.....	8
3.1.	OBJETIVOS GENERALES	8
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
IV.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
V.	FUNDAMENTOS TÉCNICOS	10
5.1	EVALUACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE COMO MATERIA PRIMA	15
5.1.1.	<i>Procesos de obtención y selección de equipos para yogurt griego.....</i>	16
5.1.2.	<i>Procesos de obtención y selección de equipos para queso madurado.....</i>	17
5.1.3.	<i>Control estadístico y análisis de calidad</i>	18
VI.	METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	19
6.1.	EVALUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (LECHE CRUDA).....	22
6.2.	ANÁLISIS EXPERIMENTAL.....	22
6.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR GRIEGO	24
6.3.1.	<i>Se describe el desarrollo de cada etapa del proceso de queso y yogurt griego para ser implementada a una MIPYME.....</i>	24
6.4.	MÉTODO Y EQUIPO UTILIZADO PARA SABER EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA QUE TRAE LA LECHE CRUDA AL MOMENTO DE RECIBIR LA MATERIA PRIMA	25
6.5.	ESTANDARIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN	39
6.6.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO MADURADO	48
6.6.1.	<i>Etapas de elaboración de Queso madurado</i>	49
6.6.2.	<i>Organización, clasificación empresarial y gestión de la calidad.....</i>	61
6.6.3.	<i>Formulación técnica de las dos líneas de producción lácteas</i>	73
6.6.4.	<i>Los balances de materia por etapas en elaboración de yogurt griego</i>	75
6.6.5.	<i>Los balances de materia por etapas en elaboración de Queso madurado.....</i>	76
6.7.	CÁLCULO DE TRANSFERENCIA DE CALOR	78
6.8.	SELECCIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS AUXILIARES RECOMENDADAS Y A UTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DE QUESO MADURADO.	80
6.8.1.	<i>Resumen practico para muestreo de lote de 100 L de producción en cada línea</i> 85	
6.8.2.	<i>Recomendaciones técnicas.....</i>	86
6.9.	DESCRIPCIÓN Y COSTO DE EQUIPOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y SENSORIAL DE PRODUCTOS FINALES. 90	
6.10.	RECURSOS Y HERRAMIENTAS.....	93
6.10.1.	<i>Análisis sensorial interno de la empresa.....</i>	96
VII.	RESULTADO POR CAPITULOS.....	101

VIII.	CONCLUSIONES	103
IX.	RECOMENDACIONES	105
X.	REFERENCIAS	106
XI.	ANEXOS.....	108

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Metodo Kjeldahl Análisis de % Proteína	26
Figura 2: Espectroscopia de infrarrojo recomendado	
Figura 3: Análisis automatizado para medir la leche	27
Figura 4: Analizador Automático como Milkoscan	27
Figura 5: MILKOSCAN O BENTHEY	28
Figura 6: Modelo Recomendado.....	28
Figura 7: Equipo y Técnica.....	29
Figura 8: MILKOSCAN O BENTLEY para Análisis de solidos totales	30
Figura 9: Refractómetro.....	30
Figura 10: Estufa horno de secado	31
Figura 11: Determinación de solidos totales en la leche	31
Figura 12: Balanza Analítica	32
Figura 13: Determinación de solidos totales de la leche	32
Figura 14: Determinación de grasa en leche.....	32
Figura 15: Cristalería método Kjeldahl y Método Gerber	33
Figura 16: Balanza de precisión	34
Figura 17: Analizador Milkoscan.....	34
Figura 18: Estufa	34
Figura 19: Incubadora (Modelo compacto portátil)	35
Figura 20: Kits microbiológicos Delvotest.....	35
Figura 21: Lector electrónico Charm y esquema de equipos para medición.....	36
Figura 22: Equipo y procedimiento para medición de densidad de leche con lactodensímetro	36
Figura 23: Método de Medición de densidad de la leche	37
Figura 24: Crioscopio automático Advanced	37
Figura 25: Método Kjeldahl Análisis de % de proteína.....	38
Figura 26: Filtro de malla de 20 micras	39
Figura 27: Skim milk Powder	40
Figura 28: Batch Pasteurizador	40
Figura 29: Homogeneizador Compacto	41
Figura 30: Presentacion comercial de cultivos liofilizados.....	43
Figura 31: Molde de vaso para empaque	44
Figura 32: Llenadora semiautomática rotativa cup filler	44
Figura 33: Diagrama de flujo. Elaboración yogurt griego	46
Figura 34: Diagrama de Bloque 1. Elaboración de Yogurt Griego	47
Figura 35: Phchimetro Hanna	49
Figura 36: Cuajo.....	51
Figura 37: Corte de cuajada.....	51
Figura 38: Drenaje	52
Figura 39: Salado y Molienda.....	53
Figura 40: Prensado y Moldeado.....	54
Figura 41: Butirómetro	54
Figura 42: Termobalanza	55

Figura 43: Maduración de Queso	56
Figura 44: Unidad Autónoma de maduración de quesos Modelo ZS-A200N.....	56
Figura 45: Empacadora al vacío.....	57
Figura 46: Diagrama de flujo 2. Elaboración de Queso Madurado.....	59
Figura 47: Diagrama de bloque 2. Elaboración de Queso Madurado	60
Figura 48 Balance de materia de Yogurt griego	75
Figura 49 Balance de materia de Queso Madurado	76
Figura 50: Yogurt Griego	99
Figura 51: <i>Queso Madurado</i>	99
Figura 52: Diseño de planta de procesos	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Integración Operativa Total.....	65
Tabla 2 Clasificación según número de trabajadores	68
Tabla 3 Costos estimados de implementación	70
Tabla 4 Esquema de muestreo- Yogurt Griego	81
Tabla 5 Esquema de Muestreo	84
Tabla 6 Defectos Aplicados al Queso Madurado.....	84
Tabla 7 Resumen practico para muestreo de lote de 100L	85
Tabla 8 Defectos críticos (AQL 0,65-Ac 1/Re 2)	87
Tabla 9 Defectos mayores (AQL 2.5- Ac0/Re 1)	88
Tabla 10 Defectos menores (AQL 4.0-Ac 1/Re 2)	88
Tabla 11 Elaboración de yogurt griego	90
Tabla 12 Elaboración de Queso Madurado (90 días)	91
Tabla 13 Tabla de datos del análisis de encuesta.....	99
Tabla 14 Resumen de producción por lote.....	100
Tabla 15 Cuadro de cronograma de actividades	108
Tabla 16 Identificación del producto	112
Tabla 17 Consideraciones generales queso	119

I. Introducción

La industria láctea representa uno de los sectores agroalimentarios más dinámicos y esenciales a nivel global contribuyendo significativamente a la economía, la nutrición y el empleo en numerosos países. En Nicaragua a pesar de la alta disponibilidad de materia prima la mayor parte se vende cruda o se transforma en quesos artesanales de bajo valor agregado en este contexto la formulación y diseño de una planta láctea orientada a la producción de estos productos con estándares de exportación, propicia el desarrollo y aprovechamiento de nuestros recursos, convirtiéndolos en productos que sean de mayor valor agregado. Este proceso amplió la integración de tecnologías avanzadas para la producción de yogurt griego y la maduración inducida a través de cultivos lácticos para la producción de quesos madurados junto con el cumplimiento de normativas estrictas de estándares de exportación, los equipos utilizados para la elaboración de los productos en cuestión, todo esto garantizando calidad, trazabilidad y sostenibilidad del producto final (Ealstra, 2005).

Este trabajo aborda diseño de flujograma de procesos, diseño de equipos e instalaciones que incorporen flujos de producción eficientes y la implementación de sistemas de control de calidad e inocuidad para cumplir con los requisitos de exportación a través de este enfoque integral, se busca no solo evaluar la competitividad de la planta en el mercado global, sino también promover practicas sostenibles. En las secciones siguientes se detallarán los aspectos técnicos y regulatorios involucrados en este proyecto.

II. Antecedentes y Marco Legal

En la Universidad Nacional Agraria el estudio de Argucia y Gómez (2021) se destaca la importancia de la genética bovina en el rendimiento quesero. Su investigación sobre la raza Reyna y el gen Kappa caseína (AA, AB) demostró que la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche es el pilar fundamental para garantizar la calidad del producto final. Al cumplir con la norma NTON 03-027-17, con densidades de 1,029 a 1,033 kg/m³ y pH de 6,6 a 6,8, se valida que el éxito en la elaboración de derivados como el queso fresco depende estrictamente de la pureza de la materia prima. Este enfoque analítico permite predecir el comportamiento de los sólidos lácteos durante los procesos de coagulación y desuerado necesarios para obtener un rendimiento productivo óptimo y una aceptabilidad sensorial superior en el mercado actual. (Gomez, 2021)

Complementado la visión productiva, Benavidez (2022) analizó los sistemas de doble propósito en el corredor seco nicaragüense, subrayando que la alimentación y el manejo influyen directamente en los volúmenes de leche disponibles. Aunque razas como Pardo Suizo y Holstein muestran mayor potencial bajo condiciones favorables, la variabilidad en la producción de leche impacta la disponibilidad de insumos para la industria láctea artesanal. (Benavidez, 2022)

En la Unan-León el trabajo de Trejos (2017) aporta una perspectiva de innovación mediante la optimización de flujogramas de proceso para quesos especializados y su adaptación a condiciones de laboratorio. Al definir parámetros de operación precisos y utilizar ingredientes complementarios, se logra una estandarización que garantiza productos finales con características organolépticas consistentes y alta calidad sanitaria. (Trejos, 2017)

La integración de estos antecedentes revela que, para elaborar queso y yogur griego de excelencia, es imperativo combinar la selección genética del ganado con técnicas de procesamiento controladas y seguras. Estos estudios previos sirven como base metodológica para desarrollar queso y yogur con mejor textura, sabor y valor nutricional.

2.1. Marco Legal

En referencia al marco legal, es necesario conocer y describir algunas normativas y reglamentos con los que se debe regir toda planta láctea de exportación procesadora de yogurt griego y queso madurado, entre algunas normativas y reglamentos se encuentran:

Normas técnicas obligatorias (NTON):

Yogurt: se debe cumplir con la NTON 03 073-06 (yogurt) que establece requisitos de composición, calidad aditivos y características microbiológicas el proceso para yogurt griego debe estar alineado con esta norma.

Queso: no existe una NTON específica para queso madurado, pero se debe regir por la normativa general de lácteos, que exige pasteurización y control de calidad en los procesos NTON 03 108 -17 - RTCA 67.04.75_17 Quesos Madurado. (OPSA, 2018).

Se hará referencia a CODEX PARA LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS para aplicar las recomendaciones del Código Internacional Recomendado de Prácticas – Principios Generales de Higiene de los Alimentos al caso particular de la leche y los productos lácteos. Incluyendo, asimismo, orientaciones sobre la forma de cumplir los requisitos generales previstos en las secciones de higiene de las normas del Codex para los productos lácteos. (commission, 2003).

Normativas generales de higiene y manufactura:

RTCA 67046612 PARA LECHE PASTEURIZADA Establece buenas prácticas de manufactura (BPM) para garantizar la inocuidad y calidad de los productos, cubriendo aspectos como instalaciones, equipamiento, personal, manejo de materia prima y control de procesos.

Reglamento Técnico Centroamericano.

Norma Sanitaria para establecimientos de productos lácteos y derivados: define requisitos sanitarios específicos para instalaciones donde se producen lácteos, como diseño, desinfección, limpieza y condiciones de almacenamiento.

Requisitos sanitarios para manipuladores de alimentos: establece norma de higiene para el personal que trabaja alimentos, incluidas vacunaciones, vestimenta y prácticas de manejo. (Normas jurídicas de Nicaragua, 2010).

2.1.1. Normativas específicas para productos

Yogurt griego

NTON 03 073-06 (Norma técnica obligatoria para yogurt azucarado, natural y saborizado y con fruta): aunque no se refiere explícitamente al yogurt griego, establece requisitos básicos para el yogurt en general (composición, materia prima, aditivos, etiquetado), para el yogurt griego se debe considerar que su proceso incluye desnatación de suero, por lo que se debe cumplir con las especificaciones de este proceso adicional.

Queso madurado

no existe una NTON específica para queso madurado, pero se debe regir por la normativa general de lácteos, que exige pasteurización y control de calidad en los procesos (NTON 03 024-99). (OPSA, IICA reglamento técnico centroamericano, 2018).

2.1.2. Normativa para materia prima

RTCA 67046612 PARA LECHE PASTEURIZADA Leche pasteurizada o pasterizada: aquella leche que ha sido sometida a un tratamiento térmico específico y por un tiempo determinado, para lograr la destrucción de los organismos patógenos que pueda contener, sin alterar en forma considerable su composición, sabor ni valor alimenticio.

NTON 03 027-17 (Norma técnica obligatoria para leche cruda de vaca): establece especificaciones para la leche cruda destinada al procesamiento, incluidas características microbiológicas, químicas y organolépticas. Clasifica la leche en clases A, B y C (solo la A y B son aptas para procesamiento).

2.1.3. Selección de equipos

No existe una norma específica en Nicaragua para la selección de equipos, de lácteos, pero se deben cumplir los requisitos de las normativas generales de higiene y manufactura, que exigen que el equipamiento:

- Sea de materiales inertes y resistente a la limpieza y desinfección
- No contenga superficies rugosas que puedan acumular residuos.
- Este diseñado para evitar la contaminación de los productos
- Cumpla con los estándares internacionales de calidad (por ejemplo, ISO) cuando sea posible

Además, para procesos específicos como la pasteurización, desnatación de suero para yogurt griego y maduración de queso, el equipamiento de las condiciones de proceso establecidas en las normativas de productos.

2.1.3.1. Estándares de exportación

Para exportar yogurt griego y queso madurado desde Nicaragua, se deben cumplir:

- Normativas nacionales y regionales antes mencionadas.
- Requisitos del país destino: cada país tiene sus propias normativas sobre inocuidad, calidad, etiquetado y certificación, por ejemplo:

Unión europea: se requiere cumplir con el reglamento (CE) n, 853/2004 sobre higiene de los alimentos de origen natural, así como certificaciones de cumplimiento con las especificaciones del producto. (Union, 2004)

Estados unidos: se requiere cumplir con las normativas de la FDA (por ejemplo, 21 CFR 13.2000 para yogurt y 21 CFR 133 para quesos) obtener un certificado sanitario emitido por la autoridad nicaragüense.

- **Certificaciones obligatorias en Nicaragua**

Certificado de registro de empresa productora de alimentos: emitido por la autoridad nacional de regulaciones sanitaria (ANRS)

Certificado sanitario de productos lácteos: emitido por la ANRS o el instituto de protección y sanidad agropecuaria. (IPSA)

Informe de prueba: emitido por un laboratorio acreditado, demostrando que el producto cumple con las normativas del país destino.

Certificación de cadena de frío: si el producto requiere refrigeración (como el yogurt griego), se deben cumplir con la norma ISO 23412:2024 o equivalente.” El cumplimiento de las reglas de higiene para alimentos de origen animal es un requisito indispensable para el mercado europeo”

2.2. Marco legal para la pyme

- Ley de pequeñas y medianas empresas

(Ley 716/2010): establece beneficios y apoyos para la Pymes, incluidas exenciones fiscales, acceso a crédito y asistencia técnica. (Ley de normalización técnica y calidad, 25 Nov 2021). (calidad, 2021)

- Ley de normalización y metrología (Ley 219/1996): establece el marco para la elaboración y aplicación de normas técnicas en Nicaragua, así como el sistema de acreditación de organismos de evaluación de conformidad. (Cabrera Valecia, Fabiola del Carmen, año 31-01-2025, (micro y pequeñas y medianas empresas en Nicaragua) (Cabrera, 2025)

III. Objetivos

3.1. Objetivos generales

- Formular y selección de equipo para la producción de yogurt griego y quesos maduros con estándares de exportación, para implementarse en una Mypime Nacional.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas y condiciones de calidad de la leche como materia prima tales como: pH, grasa y proteína.
- Establecer los procedimientos de obtención de los dos tipos de líneas de producción de lácteos. Aplicando un plan de muestreo estadístico basado en un estándar internacional (ANSI/ASQ21,4 O ISO 2859-1).
- Análisis físico químico de los dos tipos de líneas de producción de lácteos basado en un estándar internacional (ANSI/ASQ21,4 O ISO 2859-1).

IV. Descripción Del Proyecto

El enfoque principal es la formulación de procesos y la selección de equipos que sean eficientes, y adecuados a un negocio MIPYME, se trata de adaptar tecnología accesible que garantice consistencia en la calidad, seguridad alimentaria y cumplimiento de normas internacionales.

Una parte fundamental del trabajo es evaluar la materia prima principal: la leche. En nuestro país la calidad de leche cruda varía según la zona, la raza del ganado, la alimentación y las prácticas de ordeño. Por eso se estará aplicando ficha técnica clave para la caracterización de la leche y su aceptación tomando en cuenta los siguientes parámetros: PH, Grasa y proteína, aplicando estándares de exportación para la región centroamericana.

Otro aspecto clave es establecer procedimientos estandarizados para ambas de producción (yogurt griego y queso madurado). Incluyendo planes de muestreo estadístico basados en normas internacionales reconocidas tales como (ANSI/ASQZ 1.4 o ISO 2859-1)

V. Fundamentos Técnicos

La fundamentación técnica del presente proyecto se sustenta en la necesidad de garantizar la calidad, inocuidad y estandarización en la elaboración de productos lácteos, específicamente queso madurado y yogurt griego, mediante la aplicación de principios de propios de la ingeniería química y la tecnología de los alimentos. Estos productos aplican transformaciones fisicoquímicas y bioquímicas complejas donde variables como pH, la composición de la leche y las condiciones de proceso influyen directamente en las características finales del producto.

La selección de los objetivos específicos responde a la necesidad de abordar de manera integral el proceso productivo, iniciando desde la evaluación de la materia prima, pasando por la estandarización de los procesos, hasta la verificación de la calidad del producto terminado. Este enfoque permite asegurar la trazabilidad del proceso y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

En relación con el primer objetivo, orientado a evaluar las características fisicoquímicas de la leche, su inclusión se justifica debido a que la calidad de la materia prima constituye el factor determinante en el rendimiento y la estabilidad del producto final. Parámetros como el pH, el contenido de grasa y la proteína influyen directamente en fenómenos como la coagulación de la caseína y la fermentación láctica. Durante el desarrollo del proyecto, este objetivo se cumple mediante la aplicación de métodos analíticos estandarizados, lo que permite verificar que la leche utilizada cumple con condiciones óptimas para su procesamiento. Esta evaluación final facilita la toma de decisiones técnicas, como la estandarización de la leche, contribuyendo a la consistencia de los resultados en ambas líneas de producción.

Respecto al segundo objetivo, enfocado en establecer los procedimientos de obtención de los productos, su importancia radica en la necesidad de definir procesos reproducibles y controlados

que permitan minimizar la variabilidad inherente a los sistemas biológicos. La implementación de diagramas de flujo y la estandarización de operaciones unitarias – tales como pasteurización, fermentación, coagulación y maduración – garantizan la repetibilidad del proceso y la calidad del producto final. Adicionalmente, la incorporación de un plan de muestreo estadístico basado en normas internacionales como la ISO 2859 – 1 y la ANSI/ASQ Z1.4 permitió establecer criterios objetivos de control de calidad, asegurando que las muestras analizadas fueran representativas de cada lote. Este objetivo se cumplió mediante la ejecución sistemática de cada etapa del proceso bajo condiciones controladas y la aplicación del muestreo en puntos críticos, lo que permitió validar la estabilidad del proceso productivo.

En cuanto al tercer objetivo, relacionado con el análisis fisicoquímico de los productos obtenidos, su fundamento se basa en la necesidad de verificar que las características del queso madurado y el yogurt griego cumplan con estándares de calidad establecidos. La evaluación de parámetros como pH, acidez, contenido de grasa, proteína, humedad y sólidos totales permite no solo caracterizar el producto, sino también inferir la eficiencia del proceso aplicado. Durante la ejecución del proyecto se pretende este objetivo se alcanza mediante la realización de análisis de laboratorio en muestras seleccionadas conforme al plan de muestreo definido, lo que permite obtener resultados confiables y compatibles. La interpretación de estos datos evidenció que los productos elaborados presentan características acordes a lo esperado. Validando así la viabilidad técnica del proceso implementado.

El sector lácteo nicaragüense posee un potencial extraordinario gracias a su base ganadera tradicional y a la creciente demanda global de productos de alto valor agregado como el yogurt griego (concentrado en proteínas, bajo en lactosa y con textura cremosa-densa) y el queso madurado con perfiles sensoriales y atractivo gourmet. Sin embargo, para acceder a mercados

exigentes o incluso mercados regionales con requisitos elevados, las MIPYME deben transitar de procesos artesanales a sistemas estandarizados.

El diseño de la investigación es experimental, ya que se manipulan variables del proceso productivo (temperatura, tiempo, pH, concentración de sólidos) para evaluar su efecto en las propiedades fisicoquímicas del queso madurado y yogurt griego. Asimismo, se incorpora un enfoque descriptivo para caracterizar la materia prima y los productos obtenidos.

El estudio se estructura en tres fases:

1. Evaluación de la materia prima.
2. Desarrollo de los procesos productivos.
3. Análisis de los productos terminados.

Evaluación fisicoquímica de la materia prima.

La leche utilizada como materia prima fue sometida a análisis fisicoquímicos con el fin de determinar su aptitud para el procesamiento. Los parámetros evaluados incluyen:

- pH: determinado mediante potenciómetro calibrado.
- Contenido de grasa: determinado por método Gerber.
- Contenido de proteína: determinado mediante método Kjeldahl

Estos análisis permiten verificar la calidad inicial de la leche y establecer ajustes en la formulación, asegurando condiciones óptimas para los procesos de fermentación y coagulación.

Procedimiento de elaboración de productos.

Elaboración de queso madurado.

El proceso de elaboración del queso madurado comprende las siguientes etapas:

- Recepción y estandarización de la leche
- Pasteurización

- Inoculación con cultivos lácteos
- Coagulación enzimática mediante cuajo
- Corte de la cuajada
- Desuerado
- Moldeado y prensado
- Salado
- Maduración bajo condiciones controladas de temperatura y humedad

Durante la etapa de maduración se desarrollan reacciones bioquímicas como proteólisis y lipólisis, responsables de las características sensoriales del producto.

Elaboración de yogurt griego

El proceso de elaboración de yogurt griego incluye:

- Estandarización de la leche
- Pasteurización
- Homogeneización
- Inoculación con cultivos lácteos (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*).
- Fermentación hasta alcanzar un pH aproximado de 5
- Filtrado o concentración para la remoción de suero
- Enfriamiento
- Envasado

Este proceso permite obtener un producto con mayor contenido de sólidos y proteína, característico del yogurt griego.

Plan de muestreo estadístico

Para el control de calidad en las diferentes etapas del proceso, se implementó un plan de muestreo basado en normas internacionales como la ISO 2859-1 y la ANSI/AQS Z1.4.

El muestreo se aplicó en:

- Materia prima (leche cruda)
- Producto en proceso
- Producto terminado

Se definieron tamaños de muestra en función del tamaño del lote y se establecieron criterios de aceptación o rechazo mediante el nivel de calidad aceptable (AQL), garantizando representatividad y confiabilidad en los resultados obtenidos.

Análisis fisicoquímico de los productos terminados

Los productos elaborados fueron sometidos a análisis fisicoquímicos para evaluar su calidad y cumplimiento de estándares. Los parámetros analizados incluyen:

- pH:
- Acidez
- Contenido de grasa
- Contenido de proteína
- Humedad
- Solidos totales

Los resultados obtenidos fueron comparados con criterios establecidos en normas internacionales, considerando el plan de muestreo previamente definido bajo ISO 2859-1.

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados y analizados mediante herramientas estadísticas descriptiva permitiendo:

- Evaluar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos
- Comparar resultados entre ambas líneas de producción
- Verificar el cumplimiento de criterios de calidad

Este análisis permitió establecer conclusiones sobre la variabilidad técnica del proceso y la calidad de los productos obtenidos.

Consideraciones de calidad e inocuidad

Durante todo el proceso se aplicaron buenas prácticas de manufactura (BPM), garantizando condiciones higiénico - sanitarias adecuadas, control de prevención de contaminación y seguridad del producto final. De esta manera, el proyecto no solo valida viabilidad técnica de la elaboración de queso madurado y yogurt griego, sino también establece bases sólidas para su implementación a nivel de Mipyme en el contexto nicaragüense.

5.1 Evaluación y estandarización de la leche como materia prima

La calidad del producto final depende directamente de las características fisicoquímicas de la leche cruda. Se analizarán parámetros críticos como Acidez (Dornic) 14 a 17 grados con el fin de procesos pasteurizados, su importancia es crucial dado que con un resultado de 18 grados en la materia prima ya no se destinaria a pasteurización y aplicaría para reacondicionamiento.

Contenido en proteína mayor o igual al 3% para su aprovechamiento y mayor rendimiento en sólidos, y una estandarización de contenido en grasa de mayor o igual a 3%, esta estandarización realizada mediante análisis rápidos y precisos (lactodensímetros, Crioscopio y espectrofotómetros). Asegurando la homogeneidad en la textura, rendimiento y estabilidad del

producto minimizando variabilidad estacional es indispensable cumplir con límites microbiológicos y composicionales de exportación (menor a 100,000 UFC/ml en leche pasteurizada). (&McSweeney, 2017)

Es importante resaltar el principal criterio de aceptación de la materia prima para su procesamiento será la presencia o ausencia de antibióticos o inhibidores, en el caso de presentar residuos de antibióticos generalmente Betalactámicos o tetraxiclina mayormente utilizados, esto debido a un mal manejo de ganado y no ocurre un periodo de retiro adecuado. En caso de presencia de inhibidores estos son formalina, cloro o peróxido. Para la realización de estas pruebas de ausencia o presencia se realizarán pruebas de flujo lateral, utilizando el principio de capilaridad mediante cromatografía líquida con una cinta reactiva o una cinta con almohadillas.

5.1.1. Procesos de obtención y selección de equipos para yogurt griego

El yogurt griego se distingue por su alto contenido proteico (8-10%) (&Lilara, 2015) y baja humedad, logrado mediante concentración post-fermentación. Los métodos tradicionales de filtración por centrifugación o tela generan alto volumen de suero residual (hasta 2-3kg por kg de yogurt) aunque es práctico y poco sofisticado se evalúa la viabilidad de tecnologías como ultrafiltración con membranas de flujo cruzado con poros de 0.01-0.1µm, que retienen proteínas y grasa mientras permea la lactosa, sales y agua, permitiendo concentraciones controladas sin pérdida significativa de sólidos.

Alternativas más accesibles para MIPYME incluyen separadores centrífugos o sistemas de filtración tangencial de bajo costo.

La línea incluye tanque de recepción y enfriamiento menor a 4°C,

Como recomendación pasteurizadora de batch, homogeneizador (150-200 bar para romper glóbulos grasos y mejorar cremosidad). Tanque de fermentación isotérmico (42-45°C) con su panel electrónico para controlar los parámetros; de 4-6H con cultivos termófilos *Streptococcus*

thermophilus y Lactobacillus bulgaricus). Y unidad de concentración/enfriamiento rápido menor o igual a 8°C. estos equipos deben ser de acero inoxidable AISI 304/316L para facilitar limpieza CIP (Clean-in-place) y cumplir con estándares de exportación, por tal motivo tomamos de referencia los equipos de la plantas de alimento del laboratorio de operaciones unitaria donde se realizara una derivación de la alimentación de agua caliente para ser utilizada en la de yogur que alimenta de calor la chaqueta del tanque y así aprovechar la resistencia eléctrica de la planta quesera.

5.1.2. Procesos de obtención y selección de equipos para queso madurado

Para quesos madurados se requiere control preciso de la acidificación, corte de cuajada, prensado y maduración, por tal motivo se toma de referencia la planta quesera del laboratorio de operaciones unitarias, que consta de tanque con su panel de control de parámetros, su propia resistencia eléctrica y su alimentación de agua presurizada a 60 bar.

El proceso inicia con pasteurización a 75°C/15 segundo dicha temperatura hace referencia al método de pasteurización HTST, luego adición de cultivos mesófilos y cuajo, corte de cuajada a granos uniformes se debe garantizar esta condición de procesos y verificar visualmente al momento de ejecutar dicha actividad al añadir el cuajo y realizar los cubos homogéneos y perfectos 8-12mm para que pueda precipitar correctamente la proteína (si esta acción se realiza muy rápido ocurre proteína lavada, formación de coloides de proteínas que posteriormente se convierten en desechos), cocción 38-42°C drenaje, apilado y volteo para acidificación controlada, molienda, salado y prensado (presiones progresivas de 2-4bar).

La maduración se realiza de manera inducida mediante añadidura de cultivos lácticos controlados. Se requiere mesas de drenaje, y se recomienda prensa hidráulicas o neumáticas, estos sistemas garantizan uniformidad y trazabilidad esenciales para certificación HACCP e ISO22000.

5.1.3. Control estadístico y análisis de calidad

Para asegurar consistencia y cumplimiento normativo, se implementa un plan de muestreo por atributos basado en ANSI/ASQ1,4 o ISO2859-1, estándares internacionales ampliamente aceptados en la industria alimentaria. Estos planes permiten seleccionar tamaños de muestra representativos (según tamaño del lote y nivel inspección), con criterios de aceptación/rechazos definidos por AQL (Acceptance Quality Limit) típicos de 1.0-2.5% en lácteos.

Los análisis fisicoquímicos finales (humedad, grasa, proteína pH, conteo de mesofilos, coliformes patógenos como Salmonella y Listeria) se realizan conforme a diferentes métodos validando que los productos alcancen los requisitos de exportación ej(humedad menor al 50% en quesos duros y ausencia de patógenos en 25g).

En síntesis, este proyecto integra fundamentos científicos de la tecnología de alimentos con criterios de ingeniería práctica y económica, adaptados a las realidades de una MIPYME nicaragüense. Al seleccionar equipos modulares, eficientes energéticamente y con diseño sanitario, (al, 2017), se logra no solo calidad exportable, sino también reducción de pérdidas, mayor valor agregado a la leche local y un modelo replicable que fortalece la competitividad del sector lácteo nacional.

VI. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto se basa en un proyecto mixto (cualitativa y cuantitativa), de tipo aplicada y descriptiva-experimental, con énfasis en la ingeniería de procesos alimentarios. Se sigue una secuencia lógica que integra revisión bibliográfica análisis de la realidad local.

a) Tipo de proyecto

El proyecto aplicado: Busca generar conocimiento práctico y soluciones concretas para implementar líneas de producción de yogurt griego y queso madurado con estándares de exportación.

Diseño no experimental en fase inicial (descriptivo y exploratorio) para diagnóstico de materia prima y contexto MIPYME.

Diseño experimental en fase central, con pruebas controladas para formulación de procesos y análisis de calidad.

El objetivo es valorar la viabilidad técnica, económica y de cumplimiento normativo de formulación de productos y selección de equipo para una Mypime nacional, garantizando estándares de exportación, el método se estructura en cuatro etapas:

b) Definición de criterios de valoración

Se establece tres ejes fundamentales con indicadores específicos

Eje 1: cumplimiento normativo y calidad para exportación

- Alineación con normativas internacionales (Codex Alimentarius, regulaciones de destinos de exportación como EE. UU, o países de la región) y nacionales.
- Cumplimiento de estándares de inocuidad (HACCP, Buenas prácticas de manufactura – BPM).

- Características sensoriales, nutricionales y de conservación acorde con especificaciones de mercado exterior.

Eje 2: viabilidad técnica de formulación y equipo

- Para formulación: rendimiento de materias primas, reproducibilidad de procesos, adaptabilidad a cambios de escala.
- Para equipo: capacidad productiva ajustada a demanda, compatibilidad entre equipos, facilidad de mantenimiento, eficiencia energética y de uso de recursos.

Eje 3: Rentabilidad y sostenibilidad económica

- Costos de inversión en equipo, insumos para formulación y adaptación de instalaciones.
- Costo unitario de producción, margen de ganancia esperado y tiempo de recuperación de inversión (Tri)
- Impactos de costos variables (materias, primas, energía) en la competitividad exportadora.

c) Procedimiento de formulación y evaluación de alternativas

- **Fase A: formulación de productos**
1. Desarrollo de prototipos: crear 2-3 formulaciones para yogurt griego y queso madurado, considerando materias primas nacionales y exigencia de exportación.
 2. Pruebas de caracterización: medir parámetros físicos, químicos y sensoriales, verificar cumplimientos normativos mediante análisis en laboratorios acreditados.
 3. Evaluación técnica-económica: calcular costo de materias primas por unidad, rendimiento y ajuste a procesos industriales.
 4. Selección: valorar cada prototipo mediante matriz de puntuación ponderada (criterios: 40%, 35% técnico, 25% económico).

- **Fase B: selección de equipo**

1. Identificación de opciones: investigar proveedores nacionales e internacionales de equipo para producción, pasteurización, fermentación, maduración y envasado.
2. Evaluación técnica: verificar capacidad, compatibilidad con procesos de formulación seleccionada, certificaciones de calidad y soporte técnico en el país.
3. Análisis económico: calcular costo total de propiedad (inversión inicial+ mantenimiento + energía + capacitación) y comparar con proyecciones de ingresos por exportación.
4. Selección: aplicar análisis de costo- beneficio incremental y comparación con estándares de eficiencia para Mypime, priorizar opciones con posibilidad de escalamiento.

Validación del método

- Prueba piloto: implementar la formulación y equipo seleccionado en escala reducida (10-20% de capacidad proyectada) durante 3 meses, monitoreando indicadores de calidad, costo y cumplimiento.
- Validación externa: contratar auditoría por entidad acreditada para verificar cumplimiento de estándares de exportación.
- Análisis de sensibilidad: evaluar el impacto de variaciones en precios de insumos o demanda exportadora en la rentabilidad del proyecto.

6.1. Evaluación de la materia prima (leche cruda)

Al momento de la recepción de la leche proveniente de diferentes centros de acopio se recomienda un sistema de recolección de muestras de leche de 3-5 proveedores durante al menos 3 ciclos estacionales (seca, transición y lluviosa) para capturar variabilidad.

Parámetros analizados: pH (potenciómetro), acidez (Dornic) de 14 a 17 grados con el fin de procesos pasteurizados. Contenido de grasa mayor o igual al 3%, proteína total, sólidos totales y no grasos (secado en estufa), densidad (lactodensímetro), crioscopia (punto de congelación) que indica el punto de congelación de la leche el 88% son sólidos lácteos y 12% agua, es entonces cuando al medir el punto de congelación, se toma un vial aforado, se depositan 2ml se congela la muestra y el equipo da la temperatura a la que se congelo de modo que si el resultado está próximo a cero indica % de agua añadida y si sale por encima del rango, esta fue adulterada con sustancia desconocida.

Criterios de aceptación: Leche apta para procesos de alta calidad (pH 6.6-6.8, grasa mayor o igual al 3%, proteína mayor o igual a 3%, y la ausencia de antibióticos o inhibidores.

Se aplicó estandarización (adición de leche en polvo descremada) para lograr composiciones optimas ejemplo 8.5-14% sólidos no grasos para yogurt griego.

6.2. Análisis experimental

Metodología practica para determinar los límites de calidad en una prueba bioluminiscencia

Hipótesis: El proceso de fabricación de yogurt considerando los factores, `proteína` y `grasa` en la leche entera cruda de vaca es adecuado y suficiente para garantizar la consistencia requerida por la especificación, tomando como parámetro base el resultado de la consistencia.

El experimento al realizar es con base a la caracterización de la leche según NTON 03 027:17.

Para este experimento, las variables de procesos se consideran bajo control.

Análisis de pruebas experimental del yogur griego y queso madurado.

Este proyecto investigativo de graduación se utilizó el diseño de experimento factorial estadístico (DOE)

1. Estructura del Diseño Factorial = $n2^k$

Para tres factores con dos niveles cada uno (bajo -1 y alto +1),

n: variedad de raza de vaca que garantizan la leche: es 2

Los tres parámetros (k):

Factor A: Ph

Factor B: Grasa

Factor C: Proteína

el número de experimentos= $(2)^3 = 16$. Por tanto

- Son 16 pruebas experimentales de Yogur Griego
- Son 16 pruebas experimentales de Queso Madurado

Para este proyecto de investigación el análisis experimenta por prueba y error se omitió la cantidad de 16 pruebas experimental de ambos productos lácteos y se tomó una única prueba experimental debido a que se trabajó bajo el proceso Bach donde se tomó la capacidad del tanque de crecimiento microbiano de procesamiento que es 100 litro de leche tanto del yogur como el del queso.

6.3. Descripción del proceso de elaboración de Yogur griego

El proceso de elaboración de yogur griego se diferencia del yogurt común por la etapa de concentración post-fermentación, donde se elimina parte del suero para lograr una textura densa, alto contenido proteico y bajo en lactosa. En una MIPYME nicaragüense priorizamos, equipos accesibles (como tanques batch, centrifuga pequeña (como recomendación), en este caso el uso de telas para realizar la filtración), eficiencia energética, control de costos y cumplimiento de HACCP/ISO22000 para exportación. El flujo general es secuencial, con controles de calidad para su trazabilidad.

6.3.1. Se describe el desarrollo de cada etapa del proceso de queso y yogur griego para ser implementada a una MIPYME.

a) Recepción y control de calidad de la leche cruda

Esta es la etapa inicial donde se recibe la leche fresca del proveedor, en este caso hemos elegido dos proveedores, acopio principal de Boaco y Finca Reyes Zeledón de chontales., Se evalúa su calidad para asegurar que sea apta, libre de contaminantes y con características fisicoquímicas adecuadas. En la elaboración de yogurt griego la leche debe ser de alta calidad para maximizar el rendimiento (Tipo A o B).

Como antes se menciona para garantizar la seguridad alimentaria se aplica ficha técnica de aceptación añadida en anexos página número 1 y pagina número 2.

Para la aplicación de los muestreos de recepción se realiza muestreo aleatorio de cada lote (usando plan estadístico como ISO 2859-1 Y se proceden con análisis de pH (6.6-6.8), acidez (0.14-0.18% láctico), grasa (3%), proteína (3.2-3.5%), densidad 1.034g-ml y pruebas de antibióticos con kits, cintas reactivas. Acidez dornic de 14 a 17 grados con el fin de procesos pasteurizados esta prueba es muy importante porque si se encuentra fuera de rango por encima

de 18 grados, el lote ya no se destina a pasteurización y aplicaría para reacondicionamiento. También se realiza índice de crioscopia que indica el punto de congelación de la leche, de esta el 88% son sólidos lácteos y 12% agua por ende al medir el punto de congelación si sale por encima del rango establecido esto indica lote adulterado con contaminante desconocido, desde el enfoque del equipo se toma un vial aforado y se depositan 2ml de muestra y se coloca en el equipo, este da la lectura de la temperatura a la que se produce la congelación de la muestra de modo que si el resultado es más próximo a cero, este indica un % desconocido de agua añadida., Paralelamente a las pruebas realizadas se agrega un muestreo más a la materia prima, la Reductasa, la reductasa indica calidad higiénico sanitaria en la leche, y para esta prueba se utilizara indicadores tale como azul de metileno o rezarsurina, al agregar dichos indicadores al lote en muestra ocurre una reacción de óxido reducción, mientras más microorganismos estén presentes en la leche será más rápido el cambio de color. La condición ideal deseada es que no ocurra un cambio de color en un mínimo de 6 horas, Haciendo referencia a NTON establece clase A de 4.5 horas o más y clase B menor a 4.5 horas hasta llegar a mayor o igual a 2.5 horas.

6.4. Método y equipo utilizado para saber el porcentaje de proteína que trae la leche cruda al momento de recibir la Materia prima

El método a utilizar en este caso es Kjeldahl (digestión acida seguida de destilación y titulación para medir nitrógeno total, multiplicado por 6.38 para obtener proteína). Para análisis automatizados otra alternativa es la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) o medio de infrarrojo (MIR) para análisis automatizado.

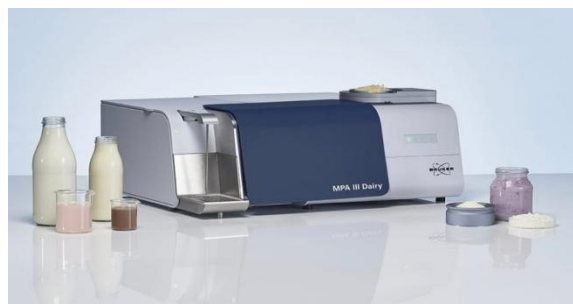
A continuación, imagen que describe método Kjeldahl de Gerhardt.

Figura 1 Metodo Kjeldahl Análisis de % Proteína



Fotografía de espectroscopia de infrarrojo cercano NIR (Near-infrared). Método recomendado.

Figura 2: Espectroscopia de infrarrojo recomendado



para análisis automatizado (muy usado para medir leche directamente de recipiente de almacenamiento sin necesidad de preparación de muestra).

Figura 3: Análisis automatizado para medir la leche

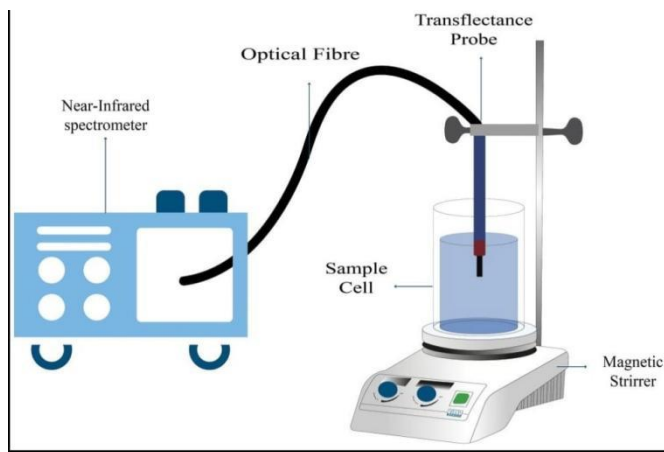


Figura 4: Analizador Automático como Milkoscan



Los equipos y herramientas a utilizar son analizador automático como Milkoscan (Foss) o Bentley Dairyspec para NIR-MIR (rápido no destructivo. Para Kjeldahl: Digestor Kjeldahl, destilador y titulador (equipos de laboratorio como Velp o Gerhardt).

Para el muestreo toma una muestra representativa (200-500ml) del lote agitado, usando un muestreador de inmersión o bomba. Mantener a 4°C y analizar a brevedad para evitar degradación.

Foto de Milkoscan (Foss) o Bentley Dairyspec para NIR-MIR (rápido no destructivo.

Figura 5: MILKOSCAN O BENTHEY



a) Toma de pH

En la toma de pH se inicia con la calibración del equipo pH-metro con soluciones tampón (pH 4.0 Y 7.0). Agita la muestra de leche (100-200 ml de leche) para homogeneizar, sumerge el electrodo limpio en la leche a temperatura ambiente 25°C, espera estabilización durante 30 segundos y se procede a leer el valor ideal es de 6.6-6.8 para leche fresca, una vez terminada la prueba, limpia el electrodo con agua destilada.

Modelo recomendado de pH-metro además de accesible para acopios es Hanna instruments HI2211 portátil con compensación de temperatura automática, precisión de ± 0.01 . ideal para MIPYME por su robustez y bajo costo de \$200-\$300. (Hanna Instruments inc, 2022).

Continuación:

Figura 6: Modelo Recomendado



b) Muestreo de porcentaje de lactosa

Para saber el porcentaje de lactosa se aplica el método enzimático (usando lactasa para hidrolizar lactosa y medir glucosa con glucosa oxidasa). Aunque existe otra alternativa y es utilizando cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) o análisis NIR-MIR para resultados rápidos.

Figura 7: Equipo y Técnica

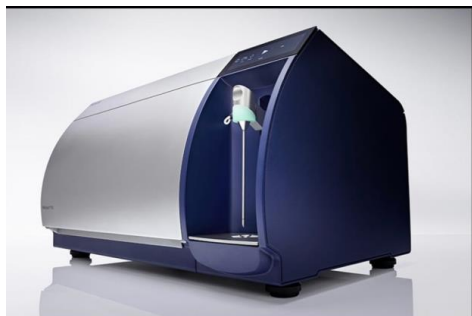


Nota: en el texto: (p. X, sección *análisis de lactosa por NIR.

Se recomienda usar equipo analizador automático como Milkoscan FT(Foss) o LactoScope (PerkinElmer) para NIR (mide lactosa de aproximadamente 4.5-5% en leche bovina). Método de muestreo: toma 100-200ml de leche agitada del tanque de acopio con un muestreador estéril, enfría a 4°C y analiza en 1-2 horas para evitar fermentación.

Foto de Milkoscan (Foss) o Bentley Dairyspec para NIR-MIR (rápido no destructivo.

Figura 8: MILKOSCAN O BENTLEY para Análisis de solidos totales



c) Cálculo del porcentaje de solidos totales en la leche

El cálculo del porcentaje de solidos totales es una prueba de secado directo a la leche en la que se recomienda utilizar una estufa (evaporar agua 102-105 °C hasta peso constante, y se calcula porcentaje como $(\text{peso seco} / \text{peso inicial}) \times 100$). Otra alternativa es la aplicación de refractómetro o NIR para estimación.

Figura 9: Refractómetro



Nota: ICOLAC costarricense manuales

Foto de estufa recomendada.

Figura 10: Estufa horno de secado



Nota: Instituto costarricense de leche (ICOLAC)

Foto de Milkoscan (Foss) o Bentley Dairyspec para NIR-MIR rápido no destructivo.

Figura 11: Determinación de sólidos totales en la leche



Nota: Instituto costarricense de leche (ICOLAC)

Las herramientas para el cálculo del porcentaje de sólidos totales son en principio una estufa de secado (Binder o Memmert), balanza analítica (presión 0.001g, ej. Ohaus), platos de aluminio

para muestras. Para NIR: Milkoscan. Toma muestra 5-10 g de leche homogeneizada en duplicado, pesa inicial y seca 2-3 horas.

Foto de balanza analítica.

Figura 12: Balanza Analítica



Nota: FAO

Foto de Milkoscan (Foss) o Bentley Dairyspec para NIR-MIR (rápido no destructivo.

Figura 13: Determinación de solidos totales de la leche



Nota: Instituto Costarricense de leche

d) Método de cálculo del porcentaje de grasa

Para este cálculo utilizaremos método Gerber (ácido sulfúrico + alcohol amílico para disolver proteínas y liberar grasa, centrifugación y lectura en butirómetro). o NIR para automatización. (internacional A. , 2019).

Figura 14: Determinación de grasa en leche

En este cálculo se aplica analogía de mismo método que para el cálculo de sólidos totales (estufa, balanza). Para NIR: Analizador Milkoscan (mide directamente de 8.5-9.5% en leche). Tamaño de muestra es de 5 a 10 g homogeneizada.

Balanza

Figura 16: Balanza de precisión



Analizador Milkoscan

Figura 17: Analizador Milkoscan



Nota: Instituto Costarricense de leche (ICOLAC).

Estufa

Figura 18: Estufa



Nota: Instituto costarricense de leche (ICOLAC)

f) Prueba de Presencia o Ausencia de inhibidores y antibióticos

Herramientas y equipo: kits microbiológicos como Delvotest (DSM) o Charm ROSA (Charm Sciencies) para detección cualitativa (basados en inhibición de crecimiento bacteriano o inmunoensayo). Equipo: incubadora a 64°C (para Delvotest, 3 horas) o lector electrónico para Charm (resultados en 3-8 minutos).

Incubadora (modelo compacto, portátil).

Figura 19: Incubadora (Modelo compacto portátil)

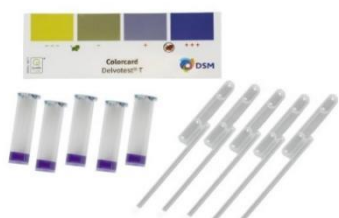


Nota: Incubadora Compacta, DSM FOOD SPECIALTIES.

Para efectuar la muestra: Toma 2-5 ml de leche agitada, aplica al kit (ampolla o tira), incuba y observa cambio de color (amarillo=negativo, púrpura=positivo para antibióticos). Sensibilidad: Detecta límites regulatorios (4ppb para β -lactámicos).

Foto de kits microbiológicos como Delvotest

Figura 20: Kits microbiológicos Delvotest



Nota: Kits microbiológicos Delvotest y lector electrónico

Lector electrónico para Charm

Figura 21: Lector electrónico Charm y esquema de equipos para medición



Nota: Lector electrónica

g) Medición de densidad a 15°C (kg/l) incluyendo modelo y método de muestreo

Equipo: Lactodensímetro (hidrómetro calibrado para leche) o densímetro digital (como Anton Paar DMA 35). Modelo común: (rango 1.025-1.035 g/ml, precisión ± 0.0005) o Mettler Toledo DE45 (digital).

Foto de Lactodensímetro (hidrómetro calibrado para leche) y densímetro digital Anton Paar DMA 35

Figura 22: Equipo y procedimiento para medición de densidad de leche con lactodensímetro



Nota: Procedimiento para medición de densidad

Método de muestreo: Tempera la leche a 15°C (baño termostático), agita suavemente para evitar burbujas, sumerge el lactodensímetro y lee la escala (densidad ideal 1.028-1.033 kg/l). Toma muestra: 200-500ml del lote, enfría/ templea y mide en duplicación.

h) Prueba de Ausencia o presencia de alcohol 75%

Para realizar esta prueba de estabilidad al alcohol (mezcla 2ml de leche + 2ml de alcohol etílico 75% en tubo de ensayo, agita y observa 5 minutos). Positivo (rechazo): Coagulación o floculación (indica baja estabilidad proteica, posiblemente acidez alta o mastitis). Negativo (aceptable): sin coagulación, mezcla homogénea y clara.

Figura 23: Método de Medición de densidad de la leche



Nota: Prueba de presencia de alcohol al 75%

i) Prueba de Crioscopia

Equipo: Crioscopio (mide punto de congelación, ideal -0.512 a -0.540 °C para leche pura; mas alto indica adulteración con agua). Equipo: Crioscopio automático como Advanced Instruments 4250.

Foto de Crioscopio automático Advanced Instruments 4250.

Figura 24: Crioscopio automático Advanced



Nota: Prueba de crioscopia en leche

Para la toma de muestra: toma 50-100ml de leche agitada, enfría a 4°C, calibra el equipo con estándares, inyecta muestra y mide depresión crioscópica (resultado en m° H o °C). Analiza en 1-2 min por muestra.

j) Análisis de porcentaje de proteína

Aplicando analogía Kjeldahl (nitrógeno total 6.38) o NIR/MIR para mayor rapidez.

Analogía Kjeldahl

Figura 25: Método Kjeldahl Análisis de % de proteína



Nota: Análisis de porcentaje de proteína en leche y productos lácteos

Equipos para la toma de muestra: muestreador de inmersión o bomba peristáltica para 200-500 ml representativos. Equipos: Milkoscan para NIR (análisis en 30 segundos) o kit Kjeldahl (digestor

+ destilador). Toma de muestras: Agita el tanque 5-10 min, extrae de múltiples puntos, enfría a 4°C y analiza. (international m. a.)

k) Filtración

En esta etapa se filtra la leche para eliminar impurezas como partículas de suciedad y se recomienda enfriar para conservar frescura. La importancia de la etapa de filtración radica en la eliminación de contaminantes que pueden ocasionar obstrucciones en etapas posteriores.

Para realizar la filtración de la materia prima se pasará la leche a través de filtros de malla fina de (20-20µm).

Figura 26: Filtro de malla de 20 micras



Nota: Accesorios de china ejemplos

Este paso asegura que la leche nicaragüense (a menudo de ordeño manual) esté limpia.

6.5. Estandarización de la composición

Es importante aclarar que la etapa planteada a continuación es una recomendación que puede incorporarse a futuro en la MIPYME y es que se pretende ajustar el contenido de grasa, proteína y sólidos no grasos, agregando leche en polvo, crema o separando grasa. Para lograr mejor consistencia mejorando textura y valor nutricional para mercados exportadores que valoran productos altos en proteínas.

Se recomienda utilizar leche en polvo descremada **Skim milk Powder**

Figura 27: Skim milk Powder



Nota: Wikipedia, la enciclopedia libre. (2025, 24 sept.). leche descremada recuperado

Esta etapa se lleva a cabo calentando ligeramente de 35 a 40 °C, usar descremadora para ajustar grasa (3% inicial), agregar leche en polvo descremada hasta 14% y mezclar bien.

Los equipos de referencia recomendados para esta propuesta es una centrifuga pequeña y un tanque de mezclado de la planta de alimento de laboratorio de operaciones unitarias, o para efectos de adecuación, se utilizaría el batch de pasteurización modificando condiciones de operación y utilizando temperaturas mucho más bajas para efectuar el mezclado.

a. Batch de pasteurización

Figura 28: Batch Pasteurizador



Nota: Fotografía tomada en Laboratorio de Operaciones Unitarias UNI.

b. Homogenización

Ligado a la etapa de estandarización, en esta etapa se rompen los glóbulos de grasa en partículas más pequeñas bajo alta presión. Esta acción evita la separación de la crema, mejorando la cremosidad y estabilidad del yogurt griego, clave para textura densa y larga vida útil en exportación.

En esta etapa se recomienda a una temperatura de 40-60 °C y presión de 100-200 bar, para aplicarse en pequeña escala, se recomienda buscar homogeneizador de pistón de baja capacidad. Homogeneizador compacto.

Homogeneizador compacto.

Figura 29: Homogeneizador Compacto



Nota: Walstra et al, (2006)

c. Pasteurización

En esta etapa se rompen los glóbulos de grasa en partículas más pequeñas bajo alta presión.

La pasteurización es una etapa clave en el proceso de elaboración de yogurt griego garantizando inocuidad (reduciendo >5 log de patógenos), obligatorio para exportación (FDA: equivalente a 75°C/15s).

El procedimiento inicia al abastecer el tanque en etapa batch con agua caliente (90°C). proveniente de una resistencia caliente la leche que se encuentra en su interior hasta alcanzar temperatura homogénea de 75°C durante 15 segundos, agitando con uniformidad el fluido, con apoyo de las liras incorporadas en el interior del batch, una vez terminada la etapa de pasteurización se procede con recirculación del agua de la chaqueta hacia la resistencia.

d. Enfriamiento pre- fermentación.

En esta etapa de enfriamiento se busca bajar la temperatura de la leche ya pasteurizada que se encuentra dentro del interior del batch, esta acción es necesaria para preparar la leche para la inoculación, evitando daño a cultivos., con ayuda de un tanque auxiliar (recomendado para esta operación tanque de almacenamiento de 100L a temperatura.

e. Inoculación con cultivos bacterianos

En esta etapa se incuban bacterias a una temperatura entre 42 -45 °C, específicas (Streptococcus thermophilus y Lactobacillus), estos microorganismos utilizados son mezclas de bacterias lácticas en forma liofilizada y se venden en sobres o cajas para su uso, su función consiste en fermentar la leche, bajando el pH. Esta acción desarrolla sabor y acidez (pH 4.4-4.6) y coagulación.

Presentación comercial de cultivos liofilizados.

Figura 30: Presentación comercial de cultivos liofilizados



Nota: CSK Food Enrichment. (2003). Liofilizados para fermentación láctea- Guía de aplicación-

Con el apoyo de un beacker de 100ml añadir las bacterias al batch y monitorear pH durante un periodo de 6 horas. Aplicar muestreo en intervalos frecuentes para mayor consistencia.

f. Concentración (Eliminación de suero)

En esta etapa recomendada se remueve el excedente de suero, concentrando la mayor concentración de solidos posibles, logrando textura cremosa y alto contenido en proteína de yogurt griego (eliminado aproximadamente de 2-3 partes de suero por 1 de yogurt). Para efectuar esta acción se recomienda usar método tradicional con tela filtrante (straining) por 2 horas a 4°C. La aplicación de este método es enfocada en los bajos costos de operación para Nicaragua, con un análisis fisicoquímico final (humedad <80%, proteína >8%).

g. Adición de aditivos y mezclado final (opcional) yogur dulce.

En esta etapa opcional se pretende añadir azúcar para personalizar el producto y adecuarlo al requerimiento del mercado, añadiendo el azúcar mediante agitación suave manualmente.

h. Envasado

Para el envasado de yogur griego se recomienda utilizar envases estériles y se realiza de forma manual en vasos plásticos o semi- automático en vasos plásticos de 100ml mediante máquina de envasado básico.

Modelo de vaso para empaque.

Figura 31: Molde de vaso para empaque



Nota: Bosch Packaging Technology. (2003).

Modelo de llenadora semiautomática cup filler/Sealer rotativa capacidad de volumen de llenado desde presentaciones de 50-1000ml. Velocidad de hasta 80 envases/hora.

Figura 32: Llenadora semiautomática rotativa cup filler



Nota: Llenadora semiautomática

i. Almacenamiento y distribución refrigerada

Almacenamiento de yogur griego al mantener controladas las condiciones de refrigeración de garantizar la extensión de vida útil del producto de 2-4 semanas a una temperatura de 4°C.

Equipo recomendado refrigeradores de acuerdo a la capacidad de stock.

Diagrama de flujo 1. elaboración de Yogurt Griego

Figura 33: Diagrama de flujo. Elaboración yogurt griego

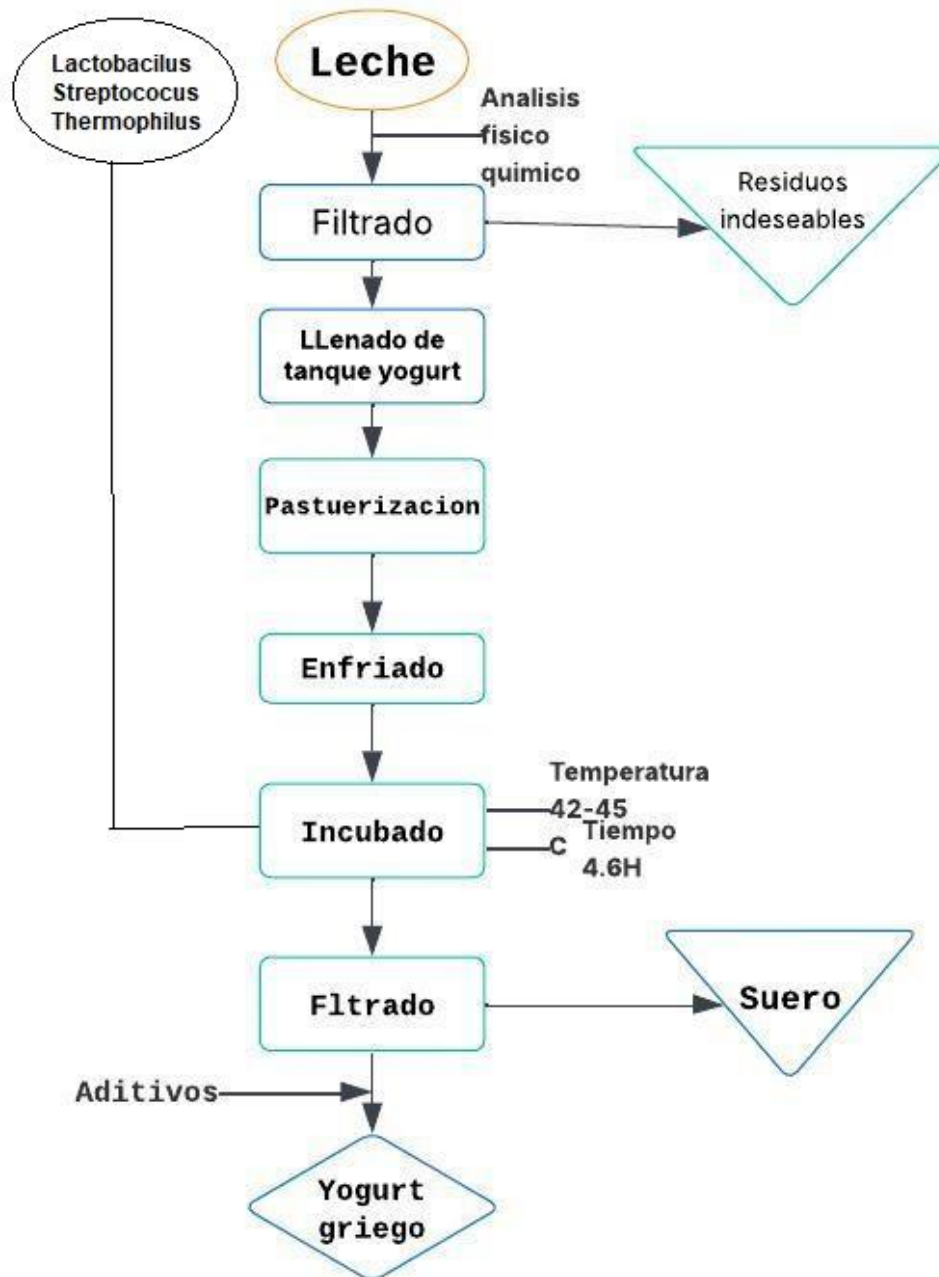
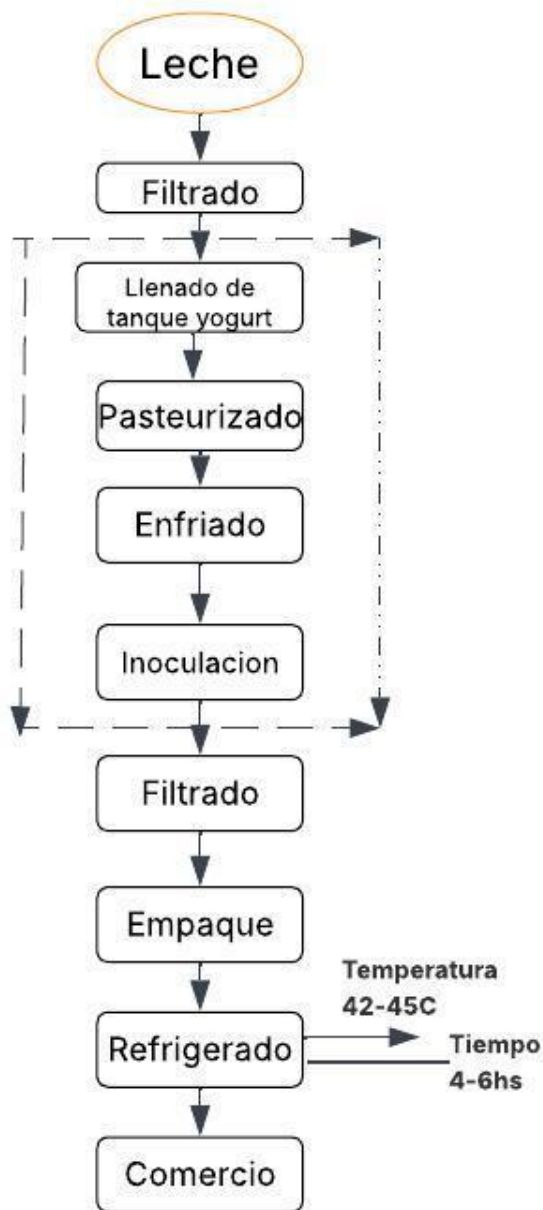


Diagrama de bloque 1, Elaboración de yogurt griego

Figura 34: Diagrama de Bloque 1. Elaboración de Yogurt Griego



6.6. Descripción del proceso de elaboración de Queso madurado

Una vez desarrollado el proceso de elaboración de yogurt griego, procedemos a con la elaboración de queso madurado por maduración inducida controlada. Este tipo de queso (como variedades similares a Cheddar, Gouda o Manchego) se caracteriza por una maduración prolongada y controlada, donde se inducen cambios bioquímicos (proteólisis, lipólisis y desarrollo de sabor/textura) mediante condiciones ambientales precisas (temperatura, humedad, ventilación) y posiblemente enzimas o cultivos específicos. En el contexto de MIPYME nicaragüense, adaptamos el proceso para ser escalable, de bajo costo inicial, con equipos accesibles y enfocado en estándares de exportación (como HAACP, ISO 22000), priorizando leche local de alta calidad.

El proceso completo toma de 1-2 días para la elaboración inicial, más de 3 meses de maduración, con rendimientos aproximados de 8-10.70 kg de queso por 100L de leche. Incluyendo controles fisicoquímicos (pH, grasa, proteína) y muestreo (ISO 2859-1) para alinearlos con los objetivos planteados, siendo los rendimientos correspondientes de 8% - 10% para queso duro madurado; 10% - 12% para queso semiduro; y 12% - 18% para queso fresco no madurado (mayor rendimiento, pero menor valor agregado) A continuación, el desarrollo de cada etapa, con su explicación técnica, justificación, método y adaptación con enfoque MIPYME.

Existen factores que afectan el rendimiento y es por eso que estos rendimientos son aproximados, debido a que dependen directamente de la calidad de la leche, tipo de queso y humedad final – en quesos más secos(curados) tienen menor peso debido a las pérdidas de agua durante la maduración; las pérdidas de suero y manejo del proceso también influyen en el rendimiento, ya que el suero representa gran parte del volumen de descarte (para esta residuo se sugiere, reacondicionamiento para sub producto, bebida hidratante).

6.6.1. Etapas de elaboración de Queso madurado

a) Recepción y control d calidad de la leche cruda

Durante la recepción de la materia prima, leche cruda fresca de proveedores: Acopio general de Boaco y Finca Reyes Zeledón (chontales)., comenzamos con la evaluación inmediata de la calidad para asegurar ausencia de contaminantes y garantizar parámetros óptimos. Al ser la leche la materia prima base, las variaciones en su composición afectan el rendimiento y maduración. Esta debe cumplir principalmente para la exportación, un conteo microbiano <100,000 UFC/MI, y ausencia de antibióticos.

Se realiza muestreo representativo (200-500 ml) por lote, usando ISO 2859-1). Análisis de pH (6.6-6.8), % de grasa (3.0 – 3.5%), densidad, crioscopia y pruebas de inhibidores. Se recomienda enfriar $\leq 4^{\circ}\text{C}$. La recepción se hace en recipientes de aluminio de 40L (habitualmente), y luego trasladados a la planta para proceder con analizadores como Milkoscan para parámetros rápidos. Foto de phchimetro recomendado es Hanna instruments HI2211 portátil

Figura 35: Phchimetro Hanna



Nota: Para medición de pH en leche y productos lácteos.

b) Filtración y estandarización

En esta etapa se filtran impurezas y se ajustan composición (grasa, proteína, sólidos) agregando leche en polvo o separando la crema.

Se recomienda para garantizar uniformidad para una coagulación consistente y mejor maduración inducida (alto contenido proteico favorece proteólisis controlada).

Se hace con ayuda de malla (20-50µm); estandarizar grasa a 3.0-3.5% y sólidos no grasos a 8.5-9.5. mezclar a 35-40°C.

c) Pasteurización

En esta etapa se realiza tratamiento térmico para la eliminación de patógenos y enzimas no deseadas, garantizando inocuidad y estabilidad para maduración larga (evita defectos como hinchazón por bacterias). Se procede a cargar el tanque batch y se calienta a una temperatura de 75°C por 15 segundos (equivalente HTST) y agitar para mayor uniformidad.

Equipo a utilizar Pasteurizador batch tanque enchaquetado con resistencia eléctrica y suministro de agua; con capacidad de 100L. (walstra)

d) Enfriamiento e inoculación con cultivos

Se procede con enfriar la leche una vez pasteurizada y agregar cultivos mesófilos (*Lactococcus lactis*, *Leuconostoc*) o termófilos para acidificación; entonces inicia la fermentación controlada, bajando pH para coagulación y contribuyendo a sabores durante maduración inducida.

Aplicado en el contexto de MIPYME se procede a enfriar a 30-32 °C; inocular 1- 2% de cultivo (liofilizado o madre), incubar durante 30-60 minutos hasta alcanzar pH 6.4 -6.5.

e) Coagulación (Adición de cuajo).

En esta etapa se procede a agregar cuajo (enzimático) y sales (CaCl_2) para formar la cuajada, este proceso es necesario ya que convierte la caseína en gel sólido; clave para la textura en quesos madurados; luego se procede con añadir cuajo (0.02%) a 30-32°C; reposo durante 30-45 minutos hasta coagulación firme con un pH aproximado de 6.4.

Cuajo en tabletas del que se utilizara una dilución de 0.02% del batch en la que cada tableta rinde 50 litros de leche, para la producción establecida de 100L se usaran 2 tabletas diluidas por batch.

Figura 36: Cuajo



Nota Tabletado para la elaboración de productos lácteos coagulados:

f) Corte de cuajada

En esta etapa se deben realizar cortes precisos con apoyo de liras o cuchillas para cortar en cubos de 5-10mm; luego se deje en reposo durante 5- 10 minutos. Esta acción controla la humedad final; granos pequeños para quesos duros/madurados (menor humedad, mejor maduración).

Figura 37: Corte de cuajada



Nota: Fotografía tomada en Laboratorio de Operaciones Unitarias UNI

g) Cocción y agitación (etapa no oficial, pero recomendada).

En esta etapa se recomienda calentar y agitar la cuajada para contraer granos y expulsar más suero; reduce la humedad a 35-45% final, preparando para maduración inducida sin defectos, esta actividad se realiza elevando paulatinamente la temperatura hasta alcanzar 42°C en un rango de 30-45 minutos, agitando constantemente; hasta alcanzar pH de 6.1- 6.3. Actividad realizada se sugiere aplicar mismo funcionamiento apoyado con flujo de agua caliente proveniente de resistencia, abasteciendo tanque enchaquetado.

h) Drenaje (para texturizarían, etapa no oficial, pero recomendada).

Esta etapa se recomienda para separar suero y apilar/voltar la cuajada para acidificación adicional, esta desarrolla textura fibrosa y baja pH a 5.2 -5.4 esencial para sabores complejos en maduración, esta acción se procede a realizar en mesas perforadas; apilando en bloques de cuajada y procediendo a voltear en intervalos de 15-30 min durante 1 hora.

Se recomienda el uso de mesas perforadas con drenajes y molino de cuajada manual.

Figura 38: Drenaje



Nota: Fotografía tomada en Laboratorio de Operaciones Unitarias UNI.

h) Salado y molienda

En esta etapa sugerida se plantea una alternativa que puede mejorar las características de la cuajada, aunque tratándose de una MiPymes también se puede omitir y proceder directamente a la siguiente etapa de prensado; utilizando un molino se procede a moler la cuajada y agregar sal (1.5-2.5%) para sabor, conservación y control microbiano, inhibe bacterias no deseadas y regula maduración inducida ya que la sal influye en actividad enzimática; en este caso se recomienda moler en granos uniformes, mezclar sal seca.

Figura 39: Salado y Molienda



Nota: Fotografía tomada en Laboratorio de Operaciones Unitarias UNI.

i) Prensado y moldeado

En la etapa de prensado y moldeado se procede a colocar en moldes, prensar progresivamente de 40 a 60 psi, con apoyo de prensa neumática en un tiempo de 18-24 horas; durante este tiempo de operación se realizarán dos utilizando para esta acción moldes tipo Wilson, según RTCA del queso se expresa la clasificación del queso de acuerdo al extracto seco y materia grasa, en función de humedad y grasa del producto terminado, la grasa se determina con el método vavok, ahí se recomienda la utilización de una centrifuga para la de grasa en conjunto con ácido sulfúrico para hacer una digestión acida del queso para saber el % instrumento utilizado, un butirometro, para saber la humedad del queso se utiliza la termobalanza que mide el % de humedad del queso.

Figura 40: Prensado y Moldeado



Nota: Fotografía tomada en Laboratorio de Operaciones Unitarias UNI.

j) Uso de butirómetro

El butirómetro es un instrumento de medición de grasa para leche y productos lácteos, normalmente con escala graduada para leer directamente el porcentaje de grasa después del proceso químico y de centrifugación utilizando el ya antes mencionado método de (Gerber).

Figura 41: Butirómetro



Nota: instrumento estándar para determinación de grasa en leche

k) Uso de termobalanza para medir % de humedad por pérdida de peso.

Ohaus modelo MB Series

En la que se toma muestra representativa de 5g, se coloca en el platillo, se programa temperatura normalmente 100°C, el equipo seca la muestra y brinda resultado automático % de humedad y % de sólidos totales.

Figura 42: Termobalanza



Nota: Para medición de humedad y solidos totales

I) Maduración inducida controlada

Para esta etapa se recomienda almacenar en condiciones ambientales controladas para desarrollar sabor, aroma y textura mediante enzimas y microorganismos; este paso se realiza para inducir cambios bioquímicos (proteólisis para cremosidad, lipólisis para sabor) de forma controlada para calidad Premium.

Para esta acción se sugiere que realice en cámaras de 8-12°C, humedad de 85-90%, ventilación moderada por 3 meses, monitorear pH (5.0-5.4 final), voltear quesos semanalmente, posible inducción con enzimas lipolíticas si se busca aceleración del proceso de maduración, los estándares de exportación finales deseados son: humedad de 80% - 90% incluso hasta 95% de humedad relativa para evitar un exceso de resequedad en las piezas, conservar la integridad de la corteza y favorecer el desarrollo de enzimas y sabores, grasa en seco 45-55%, ausencia de patógenos.

Figura 43: Maduración de Queso

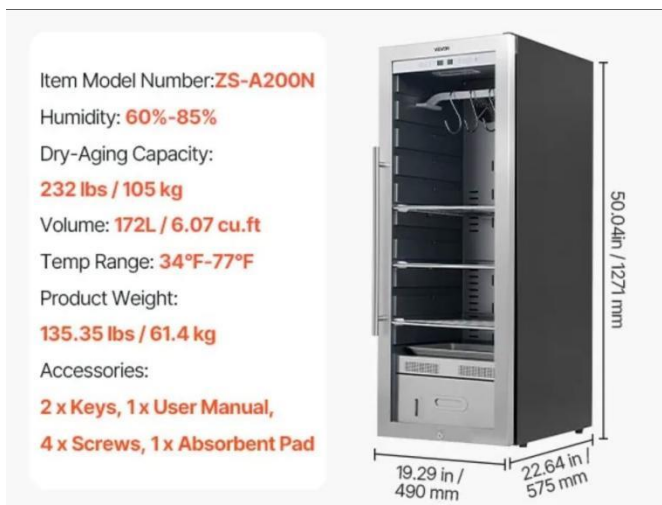


Nota: Gabinete de maduración de queso tipo unidad autónoma

Dada la circunstancia y la relevancia de esta etapa, se adecua según volumen de producción, en este caso adaptado a la capacidad de producción de quesos es una buena opción de inicio un gabinete comercial tipo unidad autónoma.

Se recomendado equipo Gabinete de maduración/afinaje con humidificador integrado, que mantiene constante las condiciones de temperatura y humedad.

Figura 44: Unidad Autónoma de maduración de quesos Modelo ZS-A200N



Nota: Equipos de control para maduración de Quesos.

m) Envasado, almacenamiento y distribución

Para la última de las etapas del proceso, envasado, esta funciona en coordinación con el almacenamiento, con apoyo de cuchillos se procede a cortar de forma manual y adecuado a la presentación en peso del producto terminado, se realizan los cortes y se empaca al vacío y se procede a almacenar refrigerado.

Para el proceso de etiquetado este debe asegurarse, número de lote, fecha de producción, peso de la presentación, nombre del producto, código RUC, y registro sanitario.

Para esta etapa se recomienda cortes en forma de cuña con presentaciones de 200g – 500g con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.

El empaque primario adecuado a esta etapa es bolsa multicapa grado alimentario (PA/PE) transparente de un espesor de 70 – 90 micras, resistente al oxígeno y humedad, compatible con maquina selladora de vacío. La máquina recomendada según el tamaño de la MiPymes Henkelman modelo pequeño de mesa, ideal para una producción de 20-200 paquetes por día. Esta acción de empaque al vacío prolonga vida útil de entre 30-90 días posteriores.

Figura 45: Empacadora al vacío



Nota: Empacadora al vacío Henkelman, modelo pequeño de mesa

6.6.1.1. Procedimiento encendido de las plantas de queso y yogur griego:

- a) El proceso es sencillo pero largo. Antes de iniciar la fabricación del queso, con leche recién ordeñada, o con leche refrigerada, almacenada.
- b) posterior la leche se agrega al tanque del proceso (capacidad máxima de 100 litros de leche; se puede trabajar con 50 litros).
- c) Se verifica que tenga el equipo las tres alimentaciones que son: agua, electricidad y aire comprimido seco.
- d) Se enciende el panel de control desbloqueando el botón de emergencia para activar todos los interruptores del panel.
- e) Se programa los parámetros de control de temperatura de pasteurización de 75°C durante 20/40 segundos y también se regula manualmente la temperatura de la resistencia eléctrica a 95°C; se enciende el motor que mueve las aspas de agitación del tanque hasta alcanzar la pasteurización su objetivo es eliminar microbios patógenos presentes en la leche.
- f) Enfriamiento: Se enfriar girando el interruptor y automáticamente agrega agua ambiente al sistema de calentamiento de la chaqueta hasta llegar a los 40°C; se programa con los parámetros de control en 40 °C y también la resistencia eléctrica en 40 °C.

Diagrama de flujo 2. elaboración de Queso Madurado

Figura 46: Diagrama de flujo 2. Elaboración de Queso Madurado

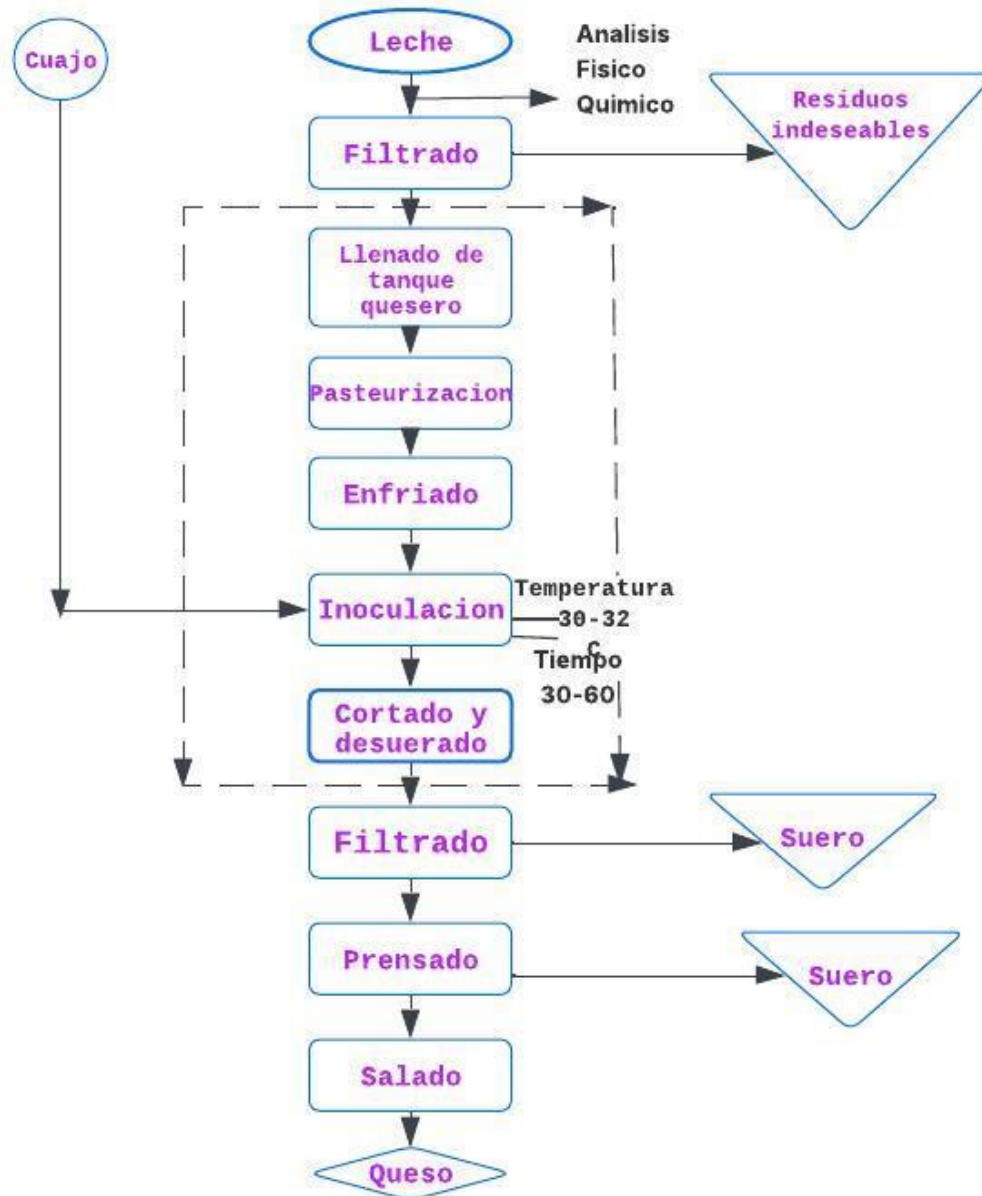
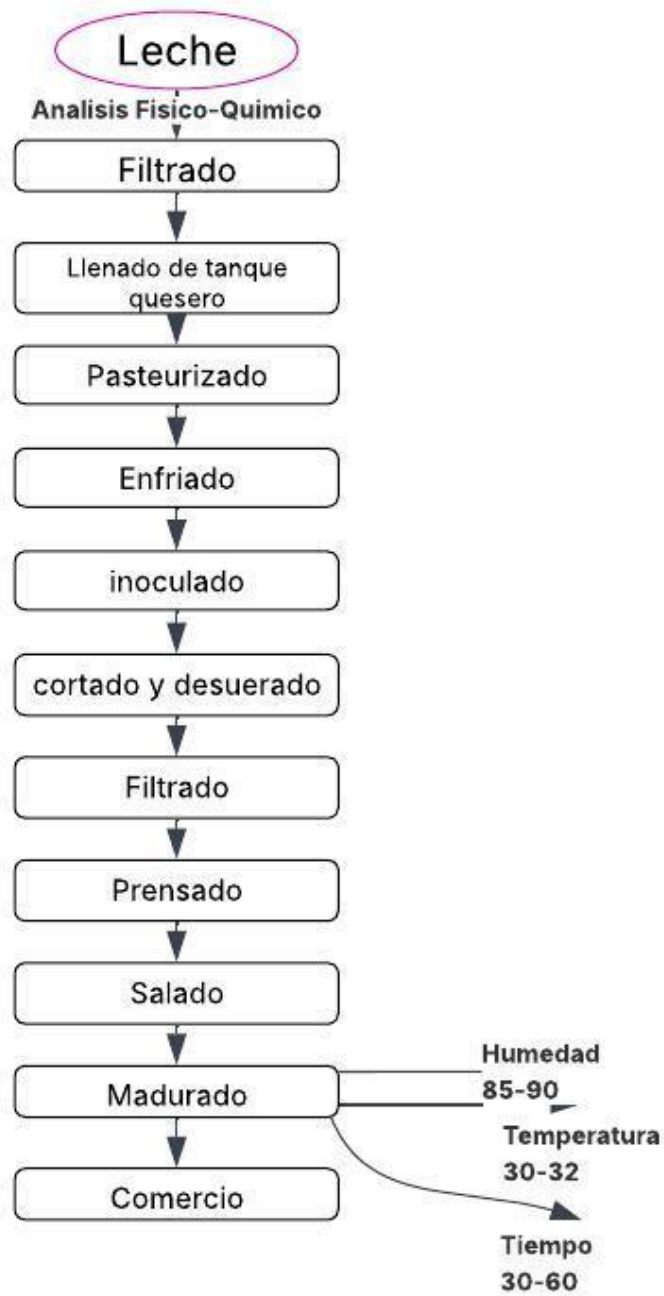


Diagrama de bloque 2. elaboración queso madurado

Figura 47: Diagrama de bloque 2. Elaboración de Queso Madurado



6.6.2. Organización, clasificación empresarial y gestión de la calidad

Determinación del recurso humano requerido

Para la implementación de una MiPymes dedicada a la producción de queso madurado y yogurt griego, se requiere una estructura organizativa mínima que garantice el control del proceso, la calidad del producto y la eficiencia operativa.

La determinación del personal operativo se realizó considerando la capacidad productiva de una MiPymes, la operación semi – continua de los procesos y la necesidad de control simultaneo en ambas líneas (queso madurado y yogurt griego). Bajo este enfoque, se definieron puestos específicos asociados a cada etapa del proceso y al manejo de equipos, optimizando la relación hombre – proceso desde la perspectiva de la ingeniería química.

Se estableció una estructura mínima eficiente de al menos 7 operarios, distribuidos estratégicamente para garantizar continuidad, calidad y seguridad del proceso.

Línea de producción: queso madurado

1. Recepción y análisis de leche

Operador asignado: 1 (compartido con calidad)

Funciones:

Recepción y pesaje de la leche

Toma de muestras representativas

Medición de pH, temperatura y evaluación organoléptica

Filtrado previo a pasteurización

Registro de datos de control

Liberación o rechazo de materia prima

Equipos:

pH-metro

Termómetro

Balanza

Filtro

No requiere operador exclusivo, ya que es una actividad puntual y puede ser realizada por el técnico de calidad.

2. Pasteurización

Operador asignado: 1

Funciones:

Operar el pasteurizador (control de temperatura y tiempo)

Verificar cumplimiento de temperaturas térmicas

Evitar sobrecalentamiento

Registro de parámetros

Equipo:

Pasteurizador tipo Batch

Esta etapa es crítica y requiere supervisión constante para garantizar la inocuidad y asegurar la inhibición de crecimiento microbiano inicial.

3. Coagulación y corte

Operador asignado: 1

Funciones:

Adición de cultivos lácticos y cuajo

Control del tiempo de coagulación

Evaluación de firmeza del gel

Corte de cuajada con liras

Equipos:

Batch con liras acopladas desmontables

Para esta etapa se recomienda criterio técnico, ya que influye directamente en el rendimiento del queso.

4. Desuerado, moldeado y prensado

Operadores asignados: 1-2

Funciones:

Separación de suero

Transferencia de cuajada a moldes

Aplicación de presión controlada

Rotación de moldes

Equipos:

Mesa de desuerado

Moldes

Prensa

Esta etapa puede requerir apoyo adicional por carga física y manipulación simultanea por moldes.

5. Salado y maduración

Operador asignado: 1 (compartido)

Funciones:

Aplicación de sal (seca o salmuera)

Control de condiciones de maduración (Temperatura y humedad)

Volteo de quesos

Inspección de defectos

Equipos:

Cámara de maduración: Unidad Autónoma de maduración de quesos Modelo ZS-A200N.

No es continuo, permite ser compartido con otras funciones.

Línea de producción: yogurt griego

1. Pasteurización y homogenización

Operador asignado: 1 puede (puede ser el mismo del queso en turno)

Funciones:

Control de temperatura

Operación del equipo

Homogenización de grasa

Registro de parámetros

Equipos:

Pasteurizador

Homogeneizador

Filtro de malla

Puede integrarse a trabajar en la otra línea por turno programado.

2. Inoculación

Operador asignado:1

Funciones:

Inoculación de cultivos

Control y registro de pH durante operación

Determinación del punto final

Equipo

Tanque de fermentación

Esta operación requiere monitoreo constante, pero no intervención continua.

3. Filtrado (proceso de concentración)

Operadores asignados: 1-2

Funciones:

Transferencia del yogurt

Filtrado para eliminación de suero

Control de textura

Equipos:

Filtro de drenado

Proceso manual crítico para garantizar la calidad final.

4. Envasado

Operadores asignados: 1

Funciones:

Llenado de envases

Sellado

Etiquetado

Equipos:

Selladora

Dosificador semiautomático

Tabla 1 Integración Operativa Total

Área	Personal
Producción queso	3
Producción yogurt	2
Calidad	1
Logística/empaque	1
Supervisión	1
Total	7 personas

La justificación técnica global del personal se justifica con base en:

1. Simultaneidad del proceso

Ambas líneas requieren operaciones en paralelo, pasteurización, fermentación, procesos manuales.

2. Naturaleza semi-artesanal

Al no contar con automatización completa: se incrementa la necesidad de operadores.

Se requiere intervención manual en etapas críticas.

3. Control de calidad continuo

La inclusión de un técnico garantiza: cumplimiento de estándares, validación de resultados y reducción de pérdidas.

4. Seguridad e inocuidad

Separar funciones evita: contaminación cruzada y errores operativos.

5. Escalabilidad del sistema

La estructura permite: incrementar producción sin duplicar personal, adaptarse a crecimiento futuro.

La asignación de operadores por etapa y equipo responde a un equilibrio entre eficiencia operativa, control de calidad y viabilidad económica. Esta distribución garantiza la ejecución adecuada de los procesos productivos, permitiendo mantener condiciones controladas y reproducibles, fundamentales en la industria láctea.

6.6.2.1. Organización, clasificación empresarial y gestión de la calidad

Determinación del recurso humano requerido

Para la implementación de una MiPymes dedicada a la producción de queso madurado y yogurt griego, se requiere una estructura organizativa mínima que garantice el control del proceso, la calidad del producto y la eficiencia operativa.

Se estima un total de 8 trabajadores, justificado por:

- Dos líneas de producción simultaneas
- Necesidad de control de calidad continuo
- Operación semi-artesanal con base técnica

Distribución de puestos

1. Jefe de producción / ingeniero de procesos (1 persona)

Responsable de:

Supervisión de ambas líneas de producción

Control de parámetros críticos (pH, temperatura y tiempo)

Estandarización de procesos

Implementación de mejoras

Justificación: indispensable para garantizar enfoque técnico basado en ingeniería química.

2. Operadores de producción (2-3 personas)

Responsables de:

Ejecución de procesos (pasteurización, inoculación, corte y filtrado)

Manejo de equipos

Limpieza y sanitización

Justificación: permiten continuidad operativa ambas líneas.

3. Técnico de calidad (1 persona)

Responsable de:

Análisis fisicoquímicos (pH, grasa y proteína)

Control de materia prima y producto final

Aplicación de muestreo bajo norma ISO 2859-1

Justificación: asegura cumplimiento de objetivos del proyecto.

4. Auxiliar de empaque y logística (1 persona)

Responsable de:

Envasado

Etiquetado

Almacenamiento y distribución

5. Administrativo/comercial (1 persona)

Responsable de:

Ventas

Compras

Gestión financiera básica

Clasificación de empresa según normativa nicaragüense

De acuerdo con la ley MIPYME (Ley 645), las empresas se clasifican según número de trabajadores, activos y ventas.

Tabla 2 Clasificación según número de trabajadores

Parámetros oficiales en Nicaragua	
Microempresa	1-5 trabajadores
Pequeña empresa	6-30 trabajadores
Mediana empresa	31-100 trabajadores

Dado que el proyecto contempla 6-8 trabajadores y producción agroindustrial a pequeña escala, tiene capacidad productiva limitada pero organizada y permite acceso a programas de apoyo estatal; la empresa se clasifica como: **pequeña empresa (MiPymes)**.

Implementación de un sistema de gestión de la calidad

Para garantizar la sostenibilidad del proyecto, se propone la implementación progresiva de un sistema basado en:

ISO 9001

Buenas prácticas de manufactura (**BPM**)

Análisis de peligros y puntos críticos de control (**HACCP**)

Síntesis de etapas de implementación

Fase 1 (0-meses)

- Aplicación de BPM
- Control básico de procesos
- Registros manuales

Fase 2 (6-18 meses)

- Estandarización documental
- Implementación de HACCP
- Capacitación del personal

Fase 3 (18-36 meses)

- Auditorías internas
- Mejora continua
- Preparación para certificación ISO

Costos estimados de implementación

Tabla 3 Costos estimados de implementación

Concepto	Costo aproximado
Capacitación	\$1,000 - \$2,000 USD
Equipos básicos laboratorio	\$15,000 - \$18,000 USD
Documentación y asesoría	\$1,500 - \$3,000 USD
Implementación BPM	\$500 - \$1,000 USD

Total, estimado inicial con elementos básicos y la compra de equipo analítico de grasa y proteína, Milkoscan analizador de leche, para análisis de ambas líneas de producción, de un mínimo de \$18,000 USD y un máximo de \$24,000 USD con equipo Milkoscan TF3 versión más actualizada.

Costos de certificación ISO (fase avanzada):

Certificación: \$3,000 -\$8,000 USD

Auditorías externas anuales: \$1,000 USD - \$2,000 USD anuales.

Tiempo de escalamiento hacia nivel exportación

Año 1: Producción local estable

Año 2-3: mejora de calidad y estandarización

Año 3-5: certificaciones y acceso a mercados externos

Con un tiempo total estimado de 3 a 5 años ya que para exportar se requiere el cumplimiento de las normas internacionales mencionadas anteriormente, trazabilidad del producto, control microbiológico y fisicoquímico, estabilidad del proceso. La estructura planteada responde a: la optimización de recursos en una MiPymes, cumplimiento de estándares técnicos, estabilidad del negocio y alineación con el sector agroindustrial nicaragüense.

6.6.2.2. Implementación de la pirámide de la inocuidad y escalamiento hacia mercados de exportación

La sostenibilidad y competitividad de una MiPymes láctea no dependen únicamente de su capacidad productiva, sino del nivel de control sanitario y de calidad que logre establecer después de sus etapas iniciales. En este contexto, la aplicación de la denominada pirámide de la inocuidad constituye un enfoque estructurado y progresivo que permite construir sistemas de aseguramiento de la calidad sólidos, partiendo de fundamentos básicos hasta alcanzar estándares internacionales.

La pirámide de la inocuidad se organiza en niveles jerárquicos, donde cada etapa representa un grado de madurez del sistema de gestión. En la base se encuentran las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), seguidos por los Procedimientos Operativos estandarizados de saneamientos (POES), el sistema Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), y finalmente los sistemas integrales de gestión de calidad como norma ISO 9001 y esquema de inocuidad reconocidos internacionalmente.

En la etapa inicial del proyecto, correspondiente a los primeros seis meses de operación, la implementación se centra en las BPM como fundamento esencial. Estas prácticas permiten establecer condiciones higiénico- sanitarias adecuadas en infraestructura, equipos, manipulación de alimentos y control de personal. En esta fase la prioridad es garantizar la inocuidad básica del producto, reducir riesgos de contaminación y crear una cultura organizacional orientada a la calidad. Paralelamente, la documentación de procesos y registros operativos comienza a consolidarse, sentando las bases para niveles superiores de control.

En una segunda fase, comprendida entre los 6 y 18 meses, se incorporan los POES y se inicia la estructuración del sistema HACCP. En este punto, la empresa evoluciona de un control reactivo a un enfoque preventivo, identificando peligros biológicos, químicos y físicos en cada etapa del proceso productivo. La definición de puntos críticos de control, límites críticos y acciones correctivas permite una vigilancia sistemática del proceso, reduciendo significativamente la

variabilidad y el riesgo sanitario. Esta etapa también implica una mayor capacitación del personal y el fortalecimiento de la trazabilidad del producto.

La tercera fase, entre los 18 y 36 meses, se orienta hacia la consolidación de sistemas de gestión más robustos, alineados con estándares internacionales como las ISO 9001. En esta etapa la organización adopta un enfoque de mejora continua, auditorías internas y control documental más riguroso. La integración de estos sistemas no solo mejora la calidad del producto, sino que también fortalece la confianza del mercado y de posibles socios comerciales.

Finalmente, en un horizonte de 3 a 5 años, la empresa puede alcanzar un nivel de madurez que le permita incursionar en mercados internacionales. Este proceso de escalamiento hacia la exportación requiere no solo el cumplimiento de estándares técnicos y sanitarios, sino también la demostración de consistencia en la calidad del producto, capacidad de producción sostenida y cumplimiento de requisitos regulatorios del país destino. En este punto, la empresa debe contar con certificaciones conocidas, sistemas de trazabilidad completos y evidencia documentada de control de calidad.

El tránsito desde una operación local hasta un nivel exportador no es inmediato, sino el resultado de una implementación progresiva y disciplinada de la pirámide de la inocuidad. Cada nivel fortalece el siguiente, creando un sistema integral donde la calidad no es un resultado aislado, sino consecuencia de procesos bien diseñados y controlados.

En este sentido el proyecto no solo plantea la elaboración de productos lácteos, sino que establece una ruta clara de crecimiento técnico y organizacional. La adopción escalonada de prácticas de inocuidad y gestión de calidad permite a la Mipyme evolucionar de un modelo básico de producción hacia un sistema competitivo, capaz de responder a las exigencias del mercado nacional e internacional, contribuyendo al sector agroindustrial.

6.6.3. *Formulación técnica de las dos líneas de producción lácteas*

Línea de producción: yogurt griego (Unidades en Litros)

Formulación técnica

- **Recepción y filtrado:** La materia prima 100 L de leche) se pasa por filtros de malla fina para eliminar impurezas físicas. Se debe verificar que la densidad esta cercana a 1.032 g/ml.
- **Pasteurización:** Calentamiento a 85 °C por 30 minutos en el tanque batch. Esta temperatura critica para desnaturalizar las proteínas del suero (principalmente la lactoglobulina), lo que permitiría una mejor retención de agua y una textura más firme.
- **Enfriamiento e inoculación:** Se enfría la leche hasta los 42-45 °C. se adiciona el cultivo iniciador (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) en una proporción del 2% al 3% respecto al peso de la leche.
- **Fermentación:** Incubación a temperatura constante (43°C) durante un pH de 4.6, que es el punto isoeléctrico de la caseína, logrando la formación del gel o coagulo.
- **Desuerado (Filtración):** El yogurt se somete a un proceso de filtrado mecánico o por gravedad para eliminar aproximadamente el 50 % del volumen inicial en forma de suero. Esto eleva el contenido proteico y da la consistencia *griega*

Línea de producción: Queso Madurado

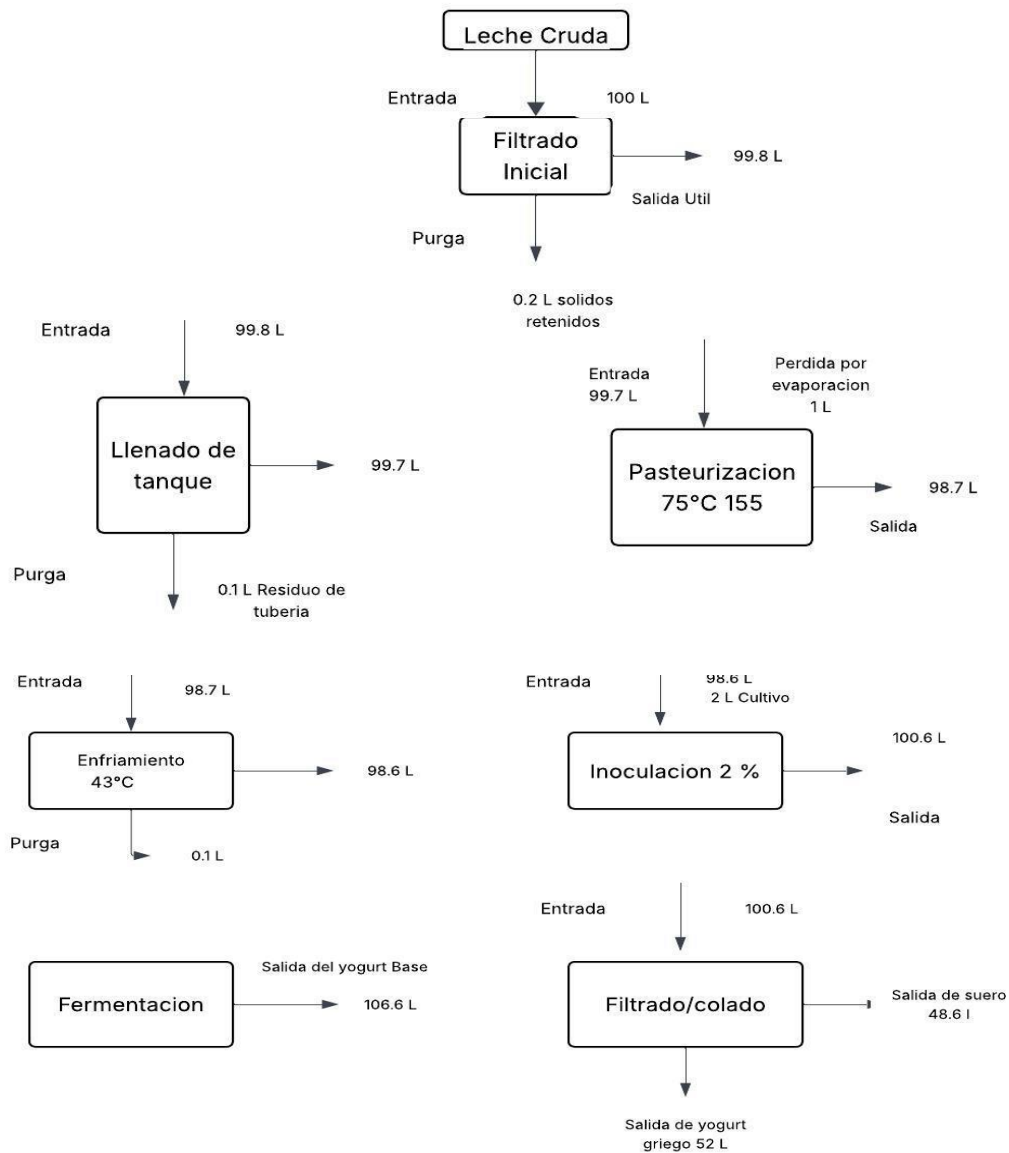
La formulación aquí busca la formación de una cuajada enzimática y su posterior deshidratación controlada:

- **filtrado:** Eliminación de agentes extraños mediante mallas de acero inoxidable. Es el primer control de calidad físico.
- **Llenado de batch:** Traslase de la leche al tanque de doble chaqueta. Se considera una pequeña perdida por adherentes en las paredes de los conductos.

- **Pasteurización:** Calentamiento a 72 °C por 15 segundos (o 63-65 °C por 30 minutos en batch). La pérdida de masa se debe principalmente a la evaporación de agua.
- **Enfriamiento:** Reducción térmica hasta los 32-35 °C, es una etapa de cambio de energía (calor sensible) sin pérdida de masa significativa.
- **Inoculación y cuajado:** Adición de cultivos lácticos y quimosina. Aquí comienza la transformación bioquímica donde las micelas de caseína se preparan para atrapar la grasa.
- **Corte y desuerado:** Se usan liras para cortar el gel. El suero dulce sale de la estructura. Es el punto donde el volumen se reduce drásticamente.
- **Prensado y Salado:** La presión mecánica expulsa el suero atrapado en los intersticios de la cuajada. La sal se adiciona por frotación o mezcla, aumentando la presión osmótica para extraer más humedad.
- **Absorción de sal:** La sal penetra en la matriz proteica, sustituyendo parte del agua interna, lo que estabiliza el producto.
- **Maduración:** Reposo en cámara a 12 °C. El queso pierde peso de forma lenta y constante debido a la evaporación superficial y la actividad enzimática que libera compuestos volátiles.
- **Producción final:** Obtención del queso con estándares de exportación, con una humedad final aproximada del 40-45%.

6.6.4. Los balances de materia por etapas en elaboración de yogurt griego

Figura 48 Balance de materia de Yogurt griego



Empaque

De una producción de 52L → 520 envases de 100 ml

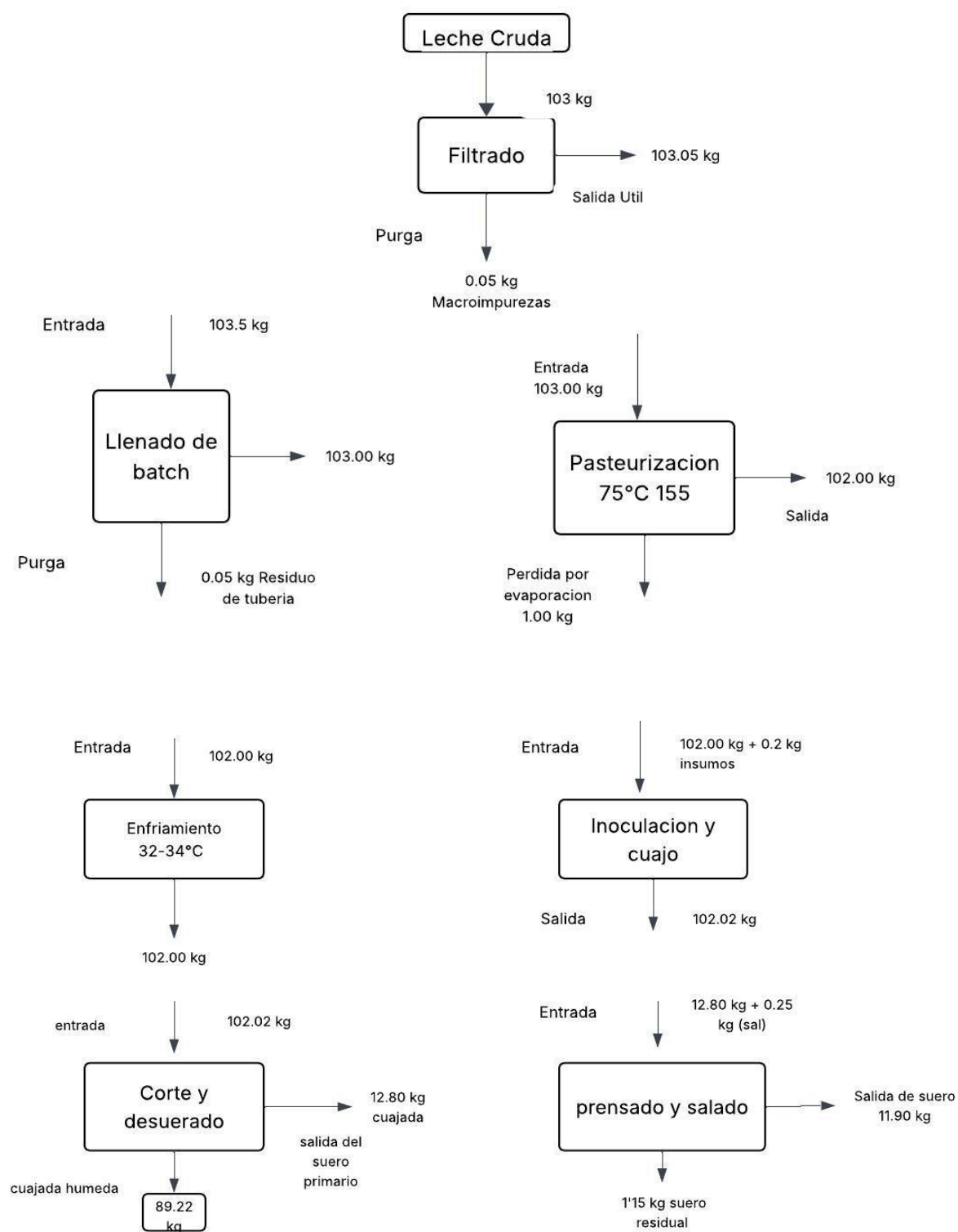
Perdidas de llenado: 0.5 L

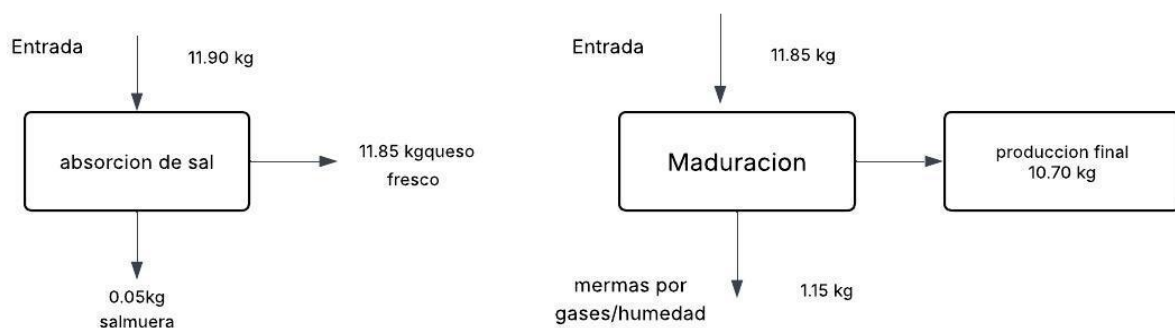
Producto final: 51.5 L

515 unidades empacadas por lote con un rendimiento del 51 – 52%.

6.6.5. Los balances de materia por etapas en elaboración de Queso madurado

Figura 49 Balance de materia de Queso Madurado





Rendimiento se define como el porcentaje de queso obtenido respecto a la masa de leche inicial

Masa: 103.20 kg (equivalente a 100 L con densidad de 1.032 kg/L.

Rendimiento de: 10.37 %

Por cada litro de leche, obtendremos aproximadamente 107 gramos de queso madurado

Etapas de maduración: Durante el tiempo en cámara, el queso pierde entre 8% y 10% de su peso fresco debido a la evaporación de humedad y liberación de gases. Esto explica porque el rendimiento es menor comparado con un queso fresco (que suele rondar en 12-14%), logrando una concentración optima de componentes orgánicos para cumplir con los estándares de exportación.

6.7. Cálculo de transferencia de calor

Para la determinación de los requerimientos energéticos del equipo (Batch), se procedió a calcular la transferencia de calor necesaria para elevar la temperatura de la materia prima (leche) hasta el punto de pasteurización (85°C). este análisis es fundamental para asegurar el sistema de calentamiento por chaqueta sea capaz de procesar los 103 kg/h de mezcla destinados a la producción de yogurt y queso madurado.

Resultados de balance de energía tras aplicar las ecuaciones de conservación de energía y considerar las propiedades térmicas de la leche, se obtuvieron los siguientes valores finales:

- Diferencial de temperatura (ΔT): 45 K (elevación desde 303 K a 348 K).
- Calor específico de la mezcla (C_p): 379 KJ/kg.k
- Calor con convección total: (Q_T): 17,566.65 KJ/h

Este flujo de calor (Q_T) representa la potencia térmica mínima que deben suministrar las resistencias eléctricas del equipo para cumplir con los tiempos de residencia establecidos en el diagrama de flujo de procesos.

Memoria de cálculo de transferencia de calor

Procedimiento para el cálculo de carga térmica en batch de pasteurización

Datos de entrada y Constantes:

- Flujo masico de diseño (m): 103 Kg/h
- Calor específico de la leche (C_p): 3.79 kJ/kg.K
- Temperatura inicial (T_1): 30°C
- Temperatura de pasteurización (T_2): 85°C
- Temperatura del agua en la chaqueta (T_{agua}): 90°C

Conversiones de unidades (Sistema internacional):

Para el cálculo termodinámico, se realiza la conversión de la escala Celsius a Kelvin:

$$T_1 = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

$$T_2 = 85 + 273 = 348 \text{ K}$$

Ecuación de transferencia de calor por convección:

Se utiliza la fórmula general para cambios de calor sensible:

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

Desarrollo del cálculo:

$$Q_T = (103 \text{ kg/h}) * (3.79 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) * (348 \text{ K} - 303 \text{ K})$$

$$Q_T = (103) * (3.79) * (45)$$

$$\text{Resultado: } Q_T = 17,566.65 \text{ KJ/h}$$

Consideraciones sobre el aislamiento térmico

Para optimizar el proceso, el diseño del equipo contempla una chaqueta con los siguientes materiales para reducir la pérdida de calor por radiación al ambiente:

- Capa interna: Acero inoxidable (espesor 0.25mm).
- Capa aislante: fibra de vidrio (espesor 0.01m) con una conductividad térmica (K) de 0.162 KJ/H *m * K.
- Capa externa: acero inoxidable (espesor 0.01m).

6.8. Selección de equipos y herramientas auxiliares recomendadas y a utilizar en la elaboración de queso madurado.

Se seleccionaron equipos modulares y escalables para MIPYME Tanque de acero inoxidable a utilizarse el disponible en laboratorio de operaciones unitarias (DE LORENZO HISPANA modelo 3069, acero inoxidable) pasteurizador batch, homogeneizadores de baja capacidad, fermentadores isotérmicos ultra filtradores o centrifugas pequeñas, moldes Wilson disponibles en el laboratorio de operaciones unitarias y prensa hidráulica.

Para la selección de equipos se utilizaron criterios de selección de acuerdo a su función en cada etapa del proceso, la producción base establecida para la ejecución del proceso de elaboración de queso madurado es con una prueba piloto y una capacidad de producción de 100L de leche, con un rendimiento de 8-10 kg de queso madurado por lote (dependiendo del tipo y humedad final), lo que permite lotes diarios o semanales sin sobre recargar recursos.

Se han ajustado los equipos a tamaños pequeños, semi artesanales con capacidad de 100L o lo equivalente en kg para maduración). Priorizando opciones accesibles de proveedores locales y algunos centroamericanos.

a) Equipos utilizados en la recepción de la materia prima

Muestreo estadístico (ISO 2859-1), análisis fisicoquímicos.

Se realiza muestreo representativo (200-500 ml) por lote, usando ISO 2859-1). Análisis de pH (6.6-6.8), % de grasa (3.0 – 3.5%), densidad, crioscopia y pruebas de inhibidores. Se recomienda enfriar $\leq 4^{\circ}\text{C}$. La recepción se hace en recipientes de aluminio de 40L (habitualmente), y luego trasladados a la planta para proceder con analizadores como Milkoscan para parámetros rápidos. Equipo principal: Tanque de recepción en acero inoxidable con agitador 100-200L, (DE LORENZO HISPANA modelo 3069, acero inoxidable) con costo aproximado de \$1,000 – \$2,500 USD.

Para selección de bomba requerida en el proceso de elaboración, se utilizará LIVERANI código 65395724 serie 0063581.10. bomba de capacidad 3 HP. IMP STANDARD.

Etapas 4: Implementación de control estadístico y muestreo.

Se aplicó un plan de muestreo por atributos según ISO 2859-1 o ANSI/ASQ Z1,4.

Se definieron lotes de producción piloto para la producción de queso madurado, 100 L de leche con un rendimiento de 8-10 kg de queso madurado por lote (dependiendo del tipo y humedad final), lo que permite lotes diarios o semanales sin sobre recargar recursos. Con leche tipo B.

Para desarrollar ISO 2859-1 no se basa en litros, sino en unidades de producto terminado (envases, piezas, bloques, etc.). (2859-1:1999, Sampling procedures for inspection by attributes. International Organization for Standardization, 2003)

- International Organization for Standardization (ISO 2859-1)
- ANSI / American Society for Quality (ANSI/ASQ Z1.4)

1. Primer paso es determinar tamaño del lote en unidades

En este caso aplicado a la producción por lotes de 100L de materia prima y una sola presentación de yogurt griego de 100ml, sacando 1,000 unidades por lote.

2. Para lote de 500 a 1,200 unidades se asigna código de letra J.

3. Esquema de muestreo – Yogurt griego

Tabla 4 Esquema de muestreo- Yogurt Griego

a) Defectos críticos (AQL 0.65)

Tamaño de muestra	Ac (Aceptable)	Re (Rechazo)
80 unidades	1	2

b) Defectos mayores (AQL 2.5)

Tamaño de muestra	Ac (Aceptable)	Re (Rechazo)
80 unidades	5	6

c) Defectos menores (AQL4.0)

Tamaño de muestra	Ac (Aceptable)	Re (Rechazo)
80 unidades	7	8

- b) Defectos aplicados al
proceso de elaboración de
yogurt griego

4Críticos
pH fuera de 4.4 -4.6
Crecimiento de moho
Envase inflado
Sello abierto
Mayores
Peso menor a 100ml declarados
Textura demasiado liquida
Separacion excesiva de suero
Menores
Etiqueta desalineada
Pequeña variacion de color

4- Esquema de muestreo – Queso madurado

Paso 1. Rendimiento esperado

Rendimiento típico de 8-10%

100L Leche → 8 - 10 kg

Al producir piezas de 500 g se generan aproximadamente de 20 – 24 unidades por lote,
usaremos 20 unidades como base.

Según ISO 2859 – 1 para lote de 16 a 25 unidades se usará código de letra C.

Plan de muestreo

Tabla 5 Esquema de Muestreo

a) Defectos críticos (AQL 0.65)

Tamaño de muestra	Ac (Aceptable)	Re (Rechazo)
5 unidades	0	1

b) Defectos mayores (AQL 2.5)

Tamaño de muestra	Ac (Aceptable)	Re (Rechazo)
5 unidades	0	1

c) Defectos menores (AQL4.0)

Tamaño de muestra	Ac (Aceptable)	Re (Rechazo)
5 unidades	1	2

Defectos aplicados al queso madurado:

Tabla 6 Defectos Aplicados al Queso Madurado

Criticos
pH fuera de 5.0 - 5.4
Crecimiento de moho negro/verde
Contaminación visible

Empaque al vacío perforado
Mayores
Grietas profundas
ojos irregulares excesivos
Peso anterior al declarado
Menores
Pequeñas deformaciones
Color ligeramente no uniforme

6.8.1. Resumen práctico para muestreo de lote de 100 L de producción en cada línea

Tabla 7 Resumen práctico para muestreo de lote de 100L

Producto	Unidades lote	Muestra	Nivel inspección
Yogurt 100ml	1000	80 unidades	Nivel II
Queso madurado 500g	20	5 unidades	Nivel II

(2859-1:1999, 2003)

6.8.2. Recomendaciones técnicas

a) Para producción pequeña como la propuesta se debe mantener:

- ✓ inspección normal
- ✓ Registrar resultados por lote
- ✓ Si dos lotes son rechazados → pasar a inspección reforzada

b) Hoja de inspección por atributos

Control de producto terminado

Información general del lote

- Empresa: _____
- Producto: ☐ Yogurt griego 100ml ☐ Queso madurado
- N° de lote: _____
- Fecha de producción: _____
- Fecha de inspección: _____
- Responsable de inspección: _____
- Cantidad total del lote: _____ unidades
- Tamaño de muestra por plan: _____ unidades
- Nivel de inspección: Normal

c) Sección A: Yogurt griego 100ml

(Lote: 1,000 unidades – Muestra: 80 unidades)

Defectos críticos (AQL 0.65 – Ac 1/ Re 2)

Tabla 8 Defectos críticos (AQL 0,65-Ac 1/Re 2)

Item	Criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)
1	Ausencia de moho indeseado		
2	pH 4.4 - 4.6		
3	Empaque al vacío íntegro		
4	Sin Contaminación visible		

Total de defectos críticos: _____

Resultado:

☐ Aceptado

☐ Rechazado

Defectos mayores (AQL 2.5 – Ac 0/ Re 1)

Tabla 9 Defectos mayores (AQL 2.5- Ac0/Re 1)

Item	Criterio	Cantidad defectuosa
1	Peso $\geq$ declarado	
2	Sin grietas profundas	
3	Ojos regulares	
4	Sin Contaminacion visible	

Total de defectos Mayores: _____

Resultado:

☐ Aceptado

☐ Rechazado

Defectos menores (AQL 4.0 – Ac 1/ Re 2)

Tabla 10 Defectos menores (AQL 4.0-Ac 1/Re 2)

Item	Criterio	Cantidad defectuosa
1	Forma uniforme	
2	Color homogeneo	
3	Presentacion Adecuada	

Total, defectos menores: _____

Resultado:

☐ Aceptado

☐ Rechazado

Disposición del lote

☐ Liberado para-Venta

☐ Retenido para reacondicionamiento

☐ Rechazado

☐ Destruído

Firma de responsable de calidad: _____

Fecha: _____

6.9. Descripción y costo de Equipos de Análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial de productos finales.

Estandarización de cualidades y composición durante el proceso de elaboración de yogurt griego

Tabla 11 Elaboración de yogurt griego

Parametro	Especificacion producto terminado	Etapas del proceso	Equipo utilizado
Tipo de leche	Leche entera	Recepcion	Tanque mezclador
Grasa (%)	3% según formulacion	Estandarizacion	Tanque mezclador
Proteina (%)	>3%según formulacion	Control de calidad	Metodo Kjeldahl
Solidos totales (%)	(20-23%) según formulacion	Concentracion	Tela filtro o centrifuga
pH final	4.4-4.6	Fermentación	incubadora
Acidez (%)	0.9 - 1.2%	Fermentación	incubadora
Textura	cremosa, alta viscosidad	Homogenizacion	Homogeneizador
Color	Blanco brillante	Pasteurizacion	Pasteurizador
vida util	20 - 30 dias 4°C	Empaque	Llenado semiautomatic
Peso unitario	100g	Envasado	Sellado en vasos.
Equipos principales en la línea			
Tanque de recepcion batch			
Tanque de pasteurizacion			
Homogenizador			

Incubadora
Sistema de filtrado, tela filtro
Tanque agitador
Llenadora
Selladora termica
Refrigerador

(Foss, 2023)

Elaboración de Queso madurado (90 días)

Tabla 12 Elaboración de Queso Madurado (90 días)

Parameto	Especificacion producto terminado	Etapas del proceso	Equipo utilizado
Tipo de leche	Leche entera	Recepcion	Tanque mezclador
Grasa (%)	3% según formulacion	Estandarizacion	Tanque mezclador
Grasa en extracto seco (%)	45-55%según formulacion	Estandarizacion	Descremadora/ tanque mezclador
	(35-42%) según formulacion		
Humedad (%)		Prensado	Prensa neumatica o manual
Proteina (%)	24- 28%	Control de calidad	Metodo Kjeldahl
pH final (%)	5.0-5.4	Maduracion	Equipo para maduracion
Acidez (% acido lactico)	0.8 -1.2 %	Fermentacion	Tina quesera
	Firme, elastica, corte limpio		
Textura		Maduracion	Equipo para maduracion

Color	Amarillo palido	Maduracion	Equipo para maduracion
	4- 6 meses refrigerado 4-		
Vida util	8°C	Empaque	Sellado al vacio
Peso unitario	500g	Moldeo	Moldes wilson para madurado
Parametros de maduracion durante 90 dias			
Variable	Rango recomendado	Equipo	
Temperatura	10-14°C	Equipo para maduracion	
Humedad relativa	80-85%	Equipo con control de humedad	
Tiempo	90 dias	Equipo de meduracion	
Volteo	2-3 veces por semana	Manual	
Equipos utilizados en la línea			
Tanque de recepcion			
Filtro recomendado			
Pasteurizador HTST			
Lira cortadora de cuajada			
Mesa de desuerado			
Moldes Wilson			
Prensa			
cámara de maduracion o equipo para maduracion			
Selladora al vacio			
Refrigerador de almacenamiento			

6.10. Recursos y herramientas

Se presentan los equipos con su descripción para la realización de los muestreos en la recepción de la materia prima para producción de Yogurt griego y queso madurado mencionados anteriormente en cada etapa de análisis, incluyendo modelos y costos aproximados en el mercado estos varían por proveedor, región y condición nueva/usada; estos son estimados promedio del 2026, y se recomienda verificar con proveedores locales como Labbox, Gerber Instruments o distribuidores en Managua para precios actualizados incluyendo envíos.

a) Porcentaje de proteína en la leche

- Analizador automático Milkoscan (marca: Foss)- costo aproximado: \$15,000-\$18,000 USD (para modelos como Milkoscan FT, basado en subastas y ventas industriales; kits de mantenimiento aproximado entre \$100-\$200 USD).
- Analizador Bentley DairySpec (marca: Bentley Instruments), costo aproximado \$600-\$5,000 USD modelo básico procedente de india; versiones más avanzadas se cotizan en hasta \$10,000 USD.
- Digestor Kjeldahl (marca: Velp)- costo aproximado: \$3,200 - \$16,000 USD (modelo DK20en versión semi automático).
- Digestor Kjeldahl (marca: Gerhardt) – Costo aproximado: \$2,000 - \$5,000 USD.
- Herramientas auxiliares: Balanza analítica (para pesaje en Kjeldahl, marca: Ohaus). – Costo aproximado: \$1,200 - \$1,700 USD. Pipetas y reactivos (auxiliares genéricos) \$50 - \$100 USD por kit.

b) pH

- pH-metro (marca Hanna Instruments, modelo: HI2211) – costo aproximado: \$200 - \$300 USD.

- Herramientas auxiliares: Soluciones tampón (pH 4.0 y 7.0) – costo aproximado: \$10 - \$20 USD por botella; electrodo de repuesto \$50 - \$100 USD.

c) Porcentaje de lactosa

- Analizador automático Milkoscan FT (marca: Foss) Costo aproximado \$20,000 - \$30,000 USD.
- Analizador LactoScope (marca: PerkinElmer) costo aproximado: \$10,000 - \$25,000 USD (modelos FT- A o 300, basado en cotizaciones industriales.
- Herramientas auxiliares: Kits enzimáticos (para método manual) costo aproximado: \$50 - \$100 USD por Kit de pruebas; muestreador estéril \$20 - \$50 USD.

d) Porcentaje de solidos totales

- Estufa de secado (marca: Binder) costo aproximado: \$900 - \$3,000 USD (modelo FD 56).
- Estufa de secado (marca: Memmert) costo aproximado \$2,000 - \$2,500 USD modelo UN160 versión básica.
- Balanza analítica (marca: Ohaus) costo aproximado \$1,200 - \$1,700 USD.
- Herramientas auxiliares: Platos de aluminio (para muestras) costo aproximado \$5 - \$10 USD por paquete de 100; analizador Milkoskan (alternativa NIR, marca: Foss) \$15,000 - \$18,000 USD.

e) Porcentaje de grasa

- Butirómetro Gerber (marca Gerber Instruments) costo aproximado \$30 - \$100 USD por unidad.
- Herramientas auxiliares: Pipeta de 10.75 ml costo aproximado \$10 - \$20 USD; baño maría de \$100 - \$200 USD.

f) Solidos no grasos

- Estufa de secado (marca: Binder) costo aproximado \$900 - \$3,000 USD

- Balanza analítica (marca: Ohaus) costo aproximado \$1,200 - \$1,700 USD.
- Descremadora (para separación de grasa, marca genérica o Gerber) costo aproximado \$500 - \$1,000 USD (centrifuga pequeña para MIPYME.
- Herramientas auxiliares: Analizador Milkoscan (marca: Foss) costo aproximado de \$15,000 -\$18,000 USD.

g) Análisis de presencia o Ausencia de inhibidores y antibióticos

- Kit de Delvotest (marca: DSM) Costo aproximado \$62 por kit de 25 test.
- Kit Charm ROSA (marca. Charm Sciencies) costo aproximado \$260 USD por Kit de 40 test.
- Incubadora (para Delvotest, marca: genérica o Delvotest) costo aproximado \$240 USD
Herramientas auxiliares: Lector electrónico (para Charm) costo aproximado \$300 -\$500 USD; ampollas o tiras de repuesto de \$1 -\$2 USD por unidad.

h) Análisis de densidad

- Lactodensímetro (marca Quexel o similar como Quevenne) costo aproximado \$8 - \$15 USD.
- Densímetro digital (marca Mettler Toledo, modelo: DE45) costo aproximado \$220 - \$4,350 USD.
- Herramientas auxiliares: Baño termostático (para temperar a 15°C) costo aproximado \$200 - \$500 USD.

i) Análisis de presencia o ausencia de alcohol al 75%

- Tubo de ensayo (marca: genérica, como RY- CAN o similares) costo aproximado \$0.5 USD por unidad y un valor aproximado de \$21 USD por paquete.
- Herramientas auxiliares: Alcohol etílico 75% (reactivo) costo aproximado de \$5 -\$10 USD por botella de 500 ml.

j) Equipos y herramientas para prueba de crioscopia

- Crioscopio (marca Advanced instruments, modelo: 4250) costo aproximado \$5,000 – \$10,000 USD y accesorios como estándares de \$140 USD por botella.
- Crioscopio (marca Foss) costo aproximado de \$5,000 - \$9,000 USD.
- Herramientas auxiliares: Estándares de calibración, costo aproximado de \$50, \$150 USD por botella.

k) Método y equipos para toma de muestras de % de proteína

- Analizador automático Milkoscan (marca Foss) costo aproximado \$20,000 - \$30,000 USD.
- Analizador Bentley DairySpec (marca Bentley instruments) costo aproximado \$600 - \$5,000 USD.
- Digestor Kjeldahl (marca Gerhardt) costo aproximado de \$2,000 - \$5,000 USD.
- Herramientas auxiliares: Muestreador de inmersión o bomba peristáltica, costo aproximado \$50 - \$200 USD; kit completo (digestor + destilador) de \$500 - \$1,000 USD adicional.

6.10.1. Análisis sensorial interno de la empresa

1. Objetivos del análisis

➤ Evaluar características sensoriales de productos

a) Queso Maduro

- **Aspecto:** La corteza puede ser dura, rugosa y de color variable (grisáceo, marrón). La pasta suele tener un color amarillento, sin agujeros o con algunos pequeños ojos. Y puede oscurecerse con la maduración.
- **Textura:** generalmente firme y compacta, aunque puede variar desde semiblanda y elástica hasta quebradiza
- **Aroma:** complejo y variado, con notas herbáceas, afrutadas, dulce, y en algunos casos, matices ácidos, fúngicos o terrosos. A medida que madura, el aroma se intensifica.

- **Sabor:** puede ser suave inicialmente con toques de nuez o avellana, pero al madurar adquiere un sabor fuerte, picante, salado y con tonos de frutos secos. Tiene una buena persistencia en boca.

b) Yogurt griego

- **Aspecto:** de color blanco cándido, con una estructura lisa, uniforme y densa.
- **Textura:** gruesa, cremosa y sustancial debido al proceso de filtrado que elimina el suero. Puede ser suave, cremoso y tersa en queso, sin grumos.
- **Aroma:** presenta un aroma láctico suave y ligero, con matices frescos.
- **Sabor:** esencialmente ácido o ligeramente agrio, aunque menos ácidos que el yogurt natural. Tiene un toque dulce sutil, especialmente en las versiones de leche entera

➤ Alinear percepción interna con expectativas de clientes o estándares de marca.

Marco general para la alineación

- Definir claramente estándares de marca: documentar atributos no negociables (sabor, textura, apariencia, calidad, sostenibilidad) para ambos productos.
- Comunicar de manera transversal: garantizar que equipos de producción, calidad, comercialización y atención al cliente conozcan y comprendan estos estándares.

a) Queso madurado

- **Sabor:** equilibrado, con notas características según el tipo de maduración (suave, intensa, ahumada, etc.)
- **Textura:** compacta y uniforme, sin grietas excesiva ni humedad irregular.
- **Apariencia:** consistente (color, forma, corteza)
- Certificación o atributos de origen/ sostenibilidad que la marca promueva.

b) Yogurt griego

- Textura cremosa y densa, sin separación de líquido
- Sabor fresco y equilibrado (no demasiado ácido ni dulce)
- Apariencia homogénea. Sin grumos.
- Cumplimiento de promesas de marca (ej: alto contenido de proteínas, ingredientes naturales).

Participaciones y capacitación interna

- Número de participantes: 10 empleados de áreas de producción, calidad y marketing, administración, limpieza, seguridad.
- Capacitación breve: definición de términos sensoriales (ej. cremosidad, acidez, aroma terroso) uso de escala de medición y evitar prejuicios por conocimientos del producto.

Productos evaluados y variables

Productos

- queso madurado
- yogurt natural

variable sensoriales y escala de medición (1 a 5, donde 1= suficiente, 5= excelente).

2. Tabla de Datos del análisis

Tabla 13 Tabla de datos del análisis de encuesta

Tablas	Color	Aroma	Sabor	Grado de aceptabilidad
Yogurt griego				
Queso madurado				

Figura 50: Yogurt Griego



Figura 51: Queso Madurado



Datos de la cantidad de producto empacado por el producto terminado tanto en queso como yogurt

Yogurt griego

- **Presentación unitaria:** El producto se envasa en vasos plásticos de 100ml.
- **Cantidad por lote:** (batch): Se proyecta una producción de 520 unidades por lote.
- **Rendimiento del proceso:** El yogurt griego se obtiene mediante un proceso de concentración donde se elimina entre 2 y 3 partes del suero por cada 1 parte de yogurt final.

Queso Madurado

- **Presentación unitaria:** Las piezas finales tienen un peso de 500g (aproximadamente 1.1 libras).
- **Cantidad por lote (batch):** Se estima una producción de 20 unidades por lote
- **Empaque:** Se utiliza cortes de forma de cuña, empacados al vacío en bolsas alimentario (PA/PE).

Resumen de producción por lote

Tabla 14 Resumen de producción por lote

Producto	Peso/Volumen Unitario
Yogurt Griego	52 litro
Queso Madurado	10.70 kg

Nota: Ambos procesos parten de un volumen inicial de 100 lt de leche

VII. RESULTADO POR CAPITULOS

La caracterización de la leche cruda fue excelente para sostener ambas líneas de producción debido a su potencial de hidrógeno (pH) promedio de 6,6 situándose dentro de los rangos óptimos de frescura industrial. El análisis de grasa mostró valores consistentes del 3,6%, proporcionando la base lipídica necesaria para la untuosidad característica del yogur griego. Respecto al contenido proteico, se registró un 3,2%, nivel suficiente para garantizar una red de caseína firme durante la coagulación del queso. Estos indicadores fisicoquímicos iniciales validaron que la leche cumple con la normativa NTON 03-027-17 para su procesamiento. El equilibrio entre los sólidos totales y la acidez titulable permitió predecir un rendimiento quesero favorable para las repeticiones experimentales. Se determinó que la estabilidad térmica de estas proteínas facilita un proceso de pasteurización eficiente sin desnaturalización indeseada.

Se diseñaron flujogramas de procesos específicos que permitieron la separación técnica de las líneas de producción de queso y yogur griego. La implementación del estándar internacional ISO 2859-1 facilitó la determinación de un Nivel de Calidad Aceptable (AQL) para cada lote. En la línea de queso, se estandarizaron las temperaturas de inoculación y los tiempos de maduración de la cuajada de forma precisa. Para el yogurt griego, se optimizó la fase de desuerado mecánico para alcanzar la concentración de sólidos deseada en el producto final. Los controles de ingeniería permitieron reducir las mermas operativas mediante el monitoreo constante de las variables críticas de control. Cada etapa del proceso fue validada mediante protocolos de verificación que garantiza el método en condiciones de planta. El uso de normas ANSI/ASQ Z1.4 proporcionó un marco de rigor estadístico que fortalece la validez técnica de los resultados obtenidos.

Los análisis efectuados a los productos finales bajo el estándar ANSI/ASQ Z1.4 demostraron una alta conformidad con las especificaciones técnicas. El queso obtenido presentó un porcentaje de humedad del 45%, clasificándolo adecuadamente según su consistencia y capacidad de conservación. En el yogur griego, se logró una concentración proteica del 9%,

triplicando el valor de la materia prima gracias al desuerado. La acidez final del yogur griego se estabilizó en un pH de 4,5, lo que asegura tanto la seguridad microbiológica como el perfil sensorial. El análisis de grasa en el queso reveló una retención eficiente de los glóbulos grasos dentro de la matriz de paracaseinato de calcio. Se verificó que los parámetros de textura y viscosidad del yogurt griego cumplen con las exigencias de los mercados.

VIII. CONCLUSIONES

Las formulaciones técnicas y las selecciones del equipamiento especializado constituyen los pilares fundamentales para garantizar la competitividad de una MiPyME nacional en el exigente mercado internacional de lácteos. Mediante la estandarización de procesos para el yogurt griego y los quesos maduros tomando como referencia la planta de lácteo de laboratorio de operaciones unitaria que tiene dos tanques de capacidad 100 litros de leche, uno para queso y otro para yogur, se logra asegurar una calidad sensorial y fisicoquímica que cumple estrictamente con las normativas de inocuidad y exportación vigentes.

La evaluación de la leche cruda permitió confirmar que las propiedades fisicoquímicas cumplen con los estándares de ingeniería para procesos de transformación láctea. El pH de 6,6 y la estabilidad de las proteínas de 3,2%, lo que garantiza la formación de una capa de caseína apta para la coagulación industrial. Los valores de grasa obtenidos del 3,6% aseguran un rendimiento calórico y una textura óptima en el producto final procesado. Se determinó que la densidad de la materia prima es consistente con los requerimientos de la normativa NTON 03-027-17. La calidad microbiológica y fisicoquímica de la leche constituye el factor crítico de éxito para la estandarización de las líneas de producción.

El desarrollo del proyecto permitió demostrar, desde un enfoque técnico y experimental, la viabilidad de la elaboración de queso madurado y yogurt griego, sustentado en principios de la ingeniería química y la tecnología de alimentos. La integración de estos fundamentos con la aplicación práctica de metodologías de control de calidad permitió obtener la cantidad de productos de yogur griego de 52 litro y de queso madurado 10.70 kg con características fisicoquímicas acordes a los estándares esperados.

El análisis fisicoquímico de los productos terminados permite verificar el cumplimiento de parámetros de calidad tales como pH, acidez, contenido de grasa, proteína humedad y sólidos totales. Los resultados obtenidos presentan características coherentes con las propiedades típicas del queso madurado y el yogurt griego, basado en un estándar internacional

(ANSI/ASQ21,4 O ISO 2859-1), lo cual valida la efectividad de las condiciones de los equipos de cada línea de producción de lácteos (tanques fermentadores tanto de yogur y queso, prensado y madurado).

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda, como línea de trabajo futura, la implementación progresiva de un sistema integral de gestión de la calidad e inocuidad, implementando elaboración y formalización de manuales de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Procedimientos Operativos Estandarizados de saneamiento (POES), como base para la posterior adopción de un sistema HACCP y su alineación con estándares internacionales como la ISO 9001.
2. Asimismo, se sugiera desarrollar e implementar un sistema formal de trazabilidad del producto que permita el seguimiento completo desde la recepción de la materia prima hasta el consumidor final.
3. Se recomienda la tecnificación gradual de los procesos productivos mediante la adquisición progresiva de equipos especializados, particularmente en el control de fermentación y envasado, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir la variabilidad del proceso.
4. Se propone la realización de estudios microbiológicos complementarios que permitan validar la inocuidad de los productos elaborados, dado que el presente trabajo se centró en análisis fisicoquímicos.
5. el desarrollo de estudios de vida útil y estabilidad de productos, así como evaluaciones sensoriales estructuradas, que contribuyan a fortalecer la calidad comercial y la aceptación del mercado. (Encuesta paginas 107, 108 y 109)

X. REFERENCIAS

1. &Lilara, C. (2015).
2. &McSweeney, F. (2017).
3. 2859-1:1999, I. (2003). *Samplin prodedures for inspection by attributes*.
4. 859-1:1999, I. (2003). *Sampling procedures for inspection by attibutes. International*
5. *Organization for Standardization*.
6. al, F. e. (2017).
7. Benavidez. (2022). *Analisis del sistema doble proposito*.
8. Cabrera. (2025). *Mlcro y pequeñas y medianas Empresas*. Nicaragua.
9. calidad, L. d. (2021).
10. Commission, C. A. (2003). (Codex Alimentarius Commission, CXS 243-2003
11. commission, C. a. (2003). *Normativas*. FAO/OMS.
12. Ealstra, W. (2005).
13. Foss. (2023). *Milkoscan FT3 User Manual*. FOSS A/S.
14. Gomez, A. (2021). *investigacion Raza Reyna y el gen Kappa caseina*. Managua: Tesis.
15. Hanna Instruments inc. (2022).
16. international, A. (2019).
17. international, m. a. (s.f.). *FAO*.
18. Normas juridicas de Nicaragua. (2010). *reglamento tecnico*. Managua.
19. OPSA. (2018). *IICA reglamento tecnico centroamericano*.
20. Trejos. (2017). *Elaboracio de queso mozzarella*. Leon.
21. Union, E. (2004). *Regulation EC* .

22. walstra, J. T. (s.f.). *Base para proceso de pasteurizacion. Dairy Science and Technology* (2nd ed.).
Crc Press

XI. ANEXOS

Anexos 1

Cuadro de cronograma de actividades

Tabla 15 Cuadro de cronograma de actividades

Actividades	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
Aprobación de tema y objetivos																
Recolección de búsqueda de datos																
Redacción de informe final																
Entrega del trabajo final																
Presentación del trabajo																

ANEXO 2

FORMATO DE ACEPTACION SENSORIAL (YOGUR O QUESO)

Encuesta del yogurt griego

Sección 1. Datos generales:

Edad: 20-60 años

Genero:

Frecuencia de consumo:

Sección 2 de evaluación sensorial

- **Color:**

1- ¿Cómo calificas el color del yogurt griego?

a) Muy claro ☐

b) Claro ☐

c) Adecuado ☐

d) Oscuro ☐

e) Muy oscuro ☐

- **Aroma: Evalúa intensidad y aceptabilidad**

2- ¿Qué tan intenso es el aroma del yogurt?

a) Muy débil ☐

b) Débil ☐

c) Adecuado ☐

d) Intenso ☐

e) Muy intenso ☐

Y: ¿Cómo calificas el aroma en general?

f) Muy desagradable ☐

g) Desagradable ☐

h) Neutro ☐

i) Agradable ☐

j) Muy agradable ☐

- **Sabor: Incluye aspectos como acidez, dulzor, textura en boca y aceptabilidad**

3- ¿Cómo calificas el sabor ácido?

(1= Muy bajo/ 5= Muy alto) =

¿Cómo calificas el sabor dulce?

(1= Muy bajo / 5= Muy agradable) =

¿Cómo calificas el sabor en general?

(1= Muy desagradable / 5= Muy agradable) =

- **Grado de aceptabilidad global**

4- ¿Qué tan probable es que consumas este yogurt griego nuevamente o lo recomiendes?

a) Nada probable ☐

b) Poco probable ☐

c) Neutral ☐

d) Probable ☐

e) Muy probable ☐

Encuesta del queso madurado

Sección 1: Datos generales:

Edad: 20-60

Género:

frecuencia de consumo de queso madurado:

Sección 2: Evaluación sensorial

- Color

1- ¿Cómo califica el color del queso madurado?

a) Blanco amarillento ☐

b) Amarillo intenso ☐

c) Amarillo con vetas marrones ☐

- Aroma

2- ¿Cómo describirías el aroma del queso?

a) Ligeramente lácteo ☐

b) Madurado suave ☐

c) Madurado intenso ☐

- Sabor

3- ¿Como calificas el sabor general del queso madurado?

a) Dulzor ☐

b) Acidez ☐

c) Salinidad ☐

d) Intensidad del sabor madurado ☐

4- ¿Qué tan aceptable te parece este queso madurado en general?

Extremadamente aceptable ☐ Extremadamente semi-aceptable ☐ No aceptable ☐

ANEXO 3

LECHE CRUDA

Tabla 16 Identificación del producto

Identificación del producto		
Nombre del producto: Leche entera cruda		
Composición: 100% leche de vaca		
Origen (Animal, vegetal, mixto): Animal		
Método de producción: Natural. Leche rural o enfriada.		
Productos finales en los que se usará: Para la elaboración de derivados lácteos como quesos, yogurt entre otros.		
Vida útil: Hasta 48 h en condiciones de enfriamiento.		
Características		
Descripción	Secreción mamaria de vacas, en buen estado de salud a fin de que teniendo en cuenta su uso final, no afecte negativamente la inocuidad e idoneidad del producto final. Obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o elaboración ulterior, libre de calostro. Para efectos de esta especificación leche cruda, es aquella que no ha sufrido ningún tratamiento o solamente ha sido filtrada o enfriada.	
Ingredientes	100% leche de vaca.	
Características fisicoquímicas	Proteína (%)	≥ 3.0
	pH (Absoluto)	6.6 a 6.8
	Lactosa (%)	4.40 a 4.60
	Sólidos totales (%)	> 11,5
	Grasa (%)	≥ 3.0

	Sólidos no grasos (%)	> 8.3	
	Inhibidores	Ausencia	
	Antibióticos	Ausencia	
	Densidad a 15 °C (kg/lit)	1.029 – 1.033	
	Alcohol 75%	Negativo	
	Crioscopia (°H)	(-0.550) a (-0.530)	
	Proteína (%)	≥ 3.0	
Características sensoriales	Olor:	Característico, sin olores extraños	
	Color:	Blanco, opalescente o ligeramente amarillento.	
	Sabor:	Característico, ligeramente dulce	
	Aspecto:	Homogénea, libre de materias extrañas	
Acidez (° Dornic)	Tipo “A”: 14 a 17	Tipo “B”: 18	Tipo “C”: 19 a 36
	Procesos pasteurizados	Procesos no pasteurizados	
Reductasa (Horas/ Patrón)	Clase “A”	Clase “B”	Clase “C”
	≥ 4.5	< 4.5 y ≥ 2.5	< 2.5
Características microbiológicas	Parámetro	Límite permitido	Referencia regulatoria normativa
	N/A	N/A	N/A
Condiciones de Empaque/Embalaje			
Empaque primario: N/A. Empaque secundario: N/A			
Condiciones de Almacenamiento			
➤ La leche cruda se vaca se almacena en tanques de acero inoxidable en planta, herméticos, evitando el acceso de cualquier contaminante o plaga. Una temperatura de enfriamiento no supera los 8 °C*.			
Requisitos de Transporte			

- El transporte de la materia prima consiste en envases debidamente cerrados, en buen estado. No combinar con otro tipo de sustancia que sean peligrosas para la salud humana. Protegidas para evitar daños en la cobertura.
- En ningún caso se transportarán en el mismo vehículo que se hayan transportado tóxicos, pesticidas, insecticidas y cualquier otra sustancia análoga.
- No se permite el transporte del producto junto con otros objetos o sustancias peligrosas.
- Se transporta en vehículos limpios, libre de cualquier tipo de contaminación.
- No se permite el transporte junto a otros productos, o presencia de productos considerados alérgenos.

Requisitos relacionados a la inocuidad

Cumplimiento de especificaciones aplicables. Es permitido utilizar activación de sistema lactoperoxidasa según CAC/GL 13-1991.

Alérgeno: Contiene leche

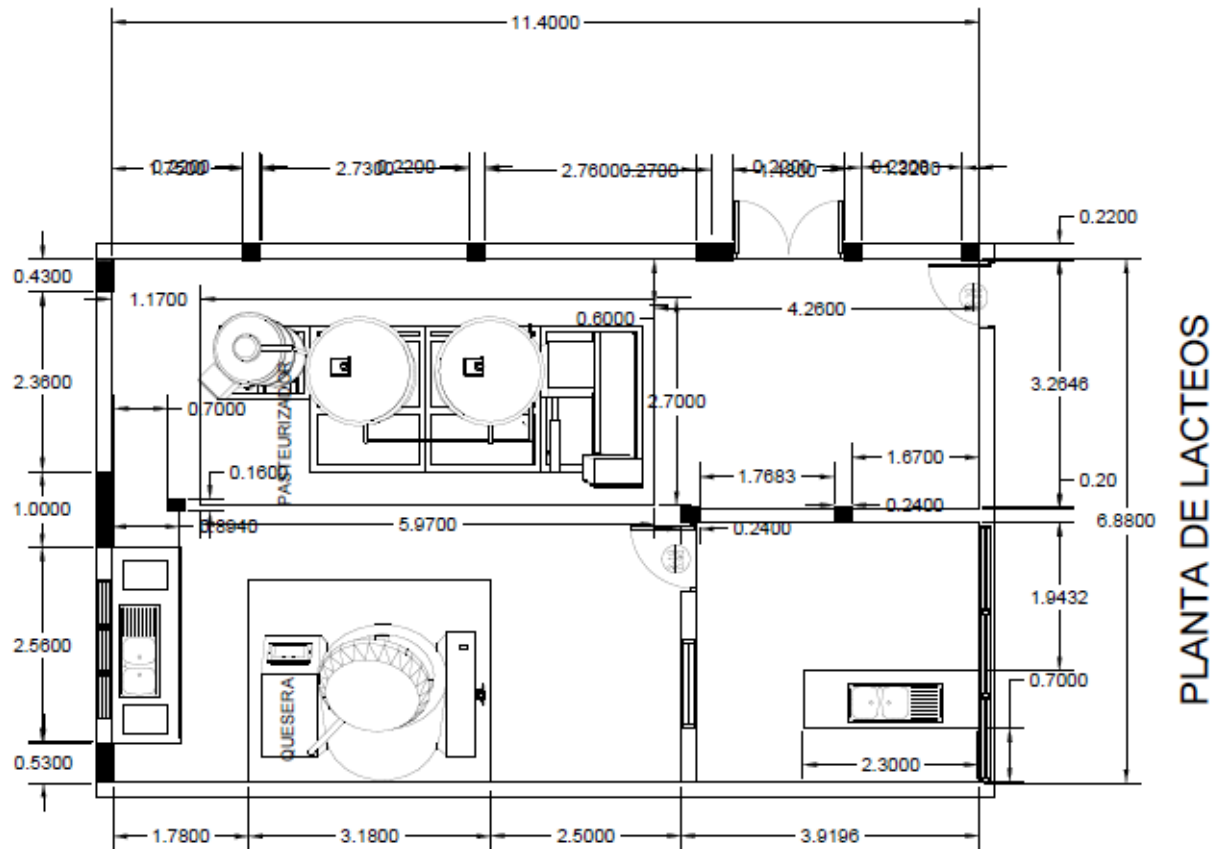
Requisitos legales, reglamentarios y contractuales

- **NTON 03 027 – 17:** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de leche entera cruda.
- **NTON 03 079 – 08:** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de requisitos para el transporte de productos alimenticios.
- ***CAC/RCP 57-2004:** Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos

ANEXO 4

Diseño de planta de procesos

Figura 52: Diseño de planta de procesos



ANEXO 5

Cálculo del tiempo de llenado con bomba actual.

P = potencia de la bomba

Ecuaciones

Q = Caudal

H = Altura dinámica

1) $P = (Q * H * \rho * g) / n$

ρ = Densidad

g = Gravedad

2) $Q = (n * P) / (H * \rho * g)$

n = Eficiencia

V = volúmen

3) $Q = V t$

t = Tiempo

Conversiones

1Kw	0,746	X	
	1Hp	3 Hp	

$$X = 0.746 / 3$$

$$X = 0.248 \text{ Kw}$$

Equivalencia

$$1 \text{ Hp} = 0.749 \text{ Kw}$$

$$Q_{\text{leche}} = Q_{\text{agua}}$$

$$m_{\text{leche}} C_p \text{leche}$$

$$\Delta T_{\text{leche}} = m_{\text{agua}}$$

$$C_p \text{agua} \Delta T_{\text{agua}}$$

$$m_{\text{agua}} = (m_{\text{leche}}$$

$$C_p \text{leche} \Delta T_{\text{leche}})$$

$$/ C_p \text{agua} \Delta T_{\text{agua}}$$

$$m_{\text{agua}} = (103$$

$$\text{kg/h} \cdot 3.79 \text{ Kj/Kg K})$$

$$(348-303)\text{K}) / (4.18$$

$$\text{Kj/ Kg K}) - (348 -$$

$$293) \text{ K}$$

$$m_{\text{agua}} = 76.40$$

$$\text{kg/ h} = 76.40 \text{ lt/h}$$

Cálculos

$$Q = (85 \% * 3 \text{ Hp}) / (1.80 \text{ m} * 1.03 \text{ kg/l} * 9.8 \text{ m/ s}^2)$$

$$Q = (0.85 * 0.248 \text{ Kw}) / (18.16 \text{ m}^2 / \text{s}^2 * \text{Kg/ l})$$

$$Q = 0.011 \text{ lt/s}$$

$$t = 100 \text{ lt} / 0.011 \text{ lt/s}$$

$$t = 9,090.90 \text{ seg} / 3600 \text{ seg}$$

$$t = 2.52 \text{ hr}$$

ANEXO 6

Tabla 17

Consideraciones

generales queso

Consideraciones generales Queso	
Temperatura pausterizaciòn	90°C
Volumen Inicial de MP	100Lts
Ciclo por Batch	3 Hrs
Masa (Leche Entera)	103 kg/h
Calor específico de leche (Cp)	3.79 Kj/Kg k
Calor específico cuajo (Cp)	1.45 Kj/Kg k

Calculo del calor por convección de yogurt y queso

Tagua= 90 °C

Conversión de temperatura de °C a °K.

T= 85 °C + 273 = 348 °K

T= 30 °C + 273 = 303 °K

Cálculo de calor por convección total en la leche.

QT= m Cp ΔT

$$Q_T = (103 \text{ kg/h}) (3.79 \text{ KJ /kg k }) (348 - 303) ^\circ\text{K}$$

$$Q_T = 17566.65 \text{ kJ/ h}$$

Calor total generado por radiación, considerando los materiales de la chaqueta del batch

Acero inoxidable

$$h = 1\text{m}$$

$$Y = 0.25\text{mm}$$

$$X = 0.001\text{m}$$

$$K = 58.32 \text{ KJ/hmk}$$

Aislante fibra de vidrio

$$Y = 0.30 \text{ m}$$

$$X = 0.01\text{m}$$

$$K = 0.162\text{KJ/hmk}$$

Acero inoxidable

$$h = 1\text{m}$$

$$Y = 0.40 \text{ m}$$

$$X = 0.01\text{m}$$

$$K = 58.32\text{KJ/hmk}$$

Aire

$$h = 1\text{m}$$

$$Y = 0.40 \text{ m}$$

$$X = 0.01\text{m}$$

$$K = 0.1152\text{KJ/hmk}$$

$$T = 90 + 273 = 365 \text{ K}$$

$$T = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

$$Q_T = Q_{\text{acero}} + Q_{\text{aislante}} + Q_{\text{acero}} + Q_{\text{aire}}$$

$$Q_T = - \left(\frac{KA}{X} \right) (T_F - T_C) \quad X = \text{Grosor} \quad T_f = \text{Temperatura caliente}$$

$$A = \text{Area} \quad T_c = \text{Temperatura fria}$$

$$Q_T = (58.32) (2\pi) (0.25) (1\text{m}) / (363 - 303) + (0.162) (2\pi)(0.30) (1) / (363 - 303) + (58.32) (2\pi)(0.40)(1\text{m}) / (363 - 303) + (0.1152) (2\pi)(0.40)(1) / (363 - 303)$$

$$Q_T = - 5493744 + 1831.25 + 8789990.4 + 1736.29$$

$$Q_T = 14287301.94 \text{ KJ/h}$$

$$Q_{\text{convecció}} + Q_{\text{radiació}} +$$

$$Q_{\text{sistema}} = Q_{\text{radiació}}$$

$$Q_{\text{convecció}} + Q_{\text{radiació}} +$$

$$Q_{\text{sistema}} = Q_{\text{radiació}}$$

$$Q_{\text{sistema}} = 17,566.65 + 14,287,301.94$$

$$Q_{\text{sistema}} = 14,304,868.59 \text{ KJ/H}$$