

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes Sobre el Tema de Estudio

El proyecto de Marvin Salvador Martínez Alvarenga (2013), titulado "Estandarización de la producción de la mezcla base para yogur batido en la planta de lácteos de Zamorano", se basa en la premisa de que la mejora de las condiciones del yogurt requiere un proceso de estandarización adecuado. En este estudio se evaluaron minuciosamente cada etapa del proceso, así como los factores que afectan su calidad, proponiendo medidas para mejorar y solucionar estos aspectos. Los resultados muestran cómo la modificación de métodos en algunas etapas del proceso puede tener un impacto significativo en las condiciones del producto final. Estos hallazgos subrayan la importancia de la estandarización de procesos y la optimización de ingredientes para mejorar la calidad y la aceptación del producto, lo que a su vez contribuye a aumentar la productividad de la planta.

Según Ana Belsud Molina Verano en su proyecto de grado titulado "Redistribución y estandarización del proceso de elaboración de yogurt en la empresa lácteos La Arboleda" (2014) de la Universidad de La Salle, Bogotá, el objetivo principal consiste en estandarizar el proceso de elaboración de yogurt en la empresa "Lácteos La Arboleda" para mejorar y optimizar dicho proceso. Este objetivo se logra mediante el manejo adecuado de los recursos disponibles, lo que permite obtener un proceso continuo y eficiente, reduciendo la excesiva manipulación implicada en el proceso. Molina enfatiza la importancia de realizar un diagnóstico inicial para identificar las deficiencias presentes, lo cual proporciona un panorama claro para trabajar y tomar decisiones que contribuyan a una correcta estandarización.

1.1.2 Antecedentes Históricos de la Empresa de Estudio

DELACTO es una empresa tarijeña dedicada a la elaboración de productos lácteos saludables y nutritivos. Fue fundada en 2018 por la ingeniera Brenda De La Quintana con la misión de ofrecer a la población productos elaborados con materias primas locales, bajos en conservantes y azúcares, priorizando la calidad y el valor nutricional.

En sus inicios, DELACTO surgió como un pequeño emprendimiento familiar. Ante la falta de capital para adquirir maquinaria, la producción se realizaba de forma artesanal y en cantidades reducidas. Con una olla de 20 litros en su cocina, la ingeniera Brenda, junto a su esposo Lizandro, comenzó la elaboración de yogurt griego, que se convirtió en la primera línea de productos de la empresa. Las ventas se realizaban inicialmente a personas cercanas, como familiares, amigos y vecinos.

La creciente demanda impulsó a ambos a dedicarse por completo al proyecto. En su búsqueda de financiamiento, encontraron el apoyo de la Fundación FAUTAPO, que les permitió adquirir su primer pasteurizador. Esta inversión fue clave para incrementar la capacidad de producción y ampliar la variedad de productos, incluyendo yogurt deslactosado, probiótico, frutado, mantequilla y queso. Gracias a este crecimiento, DELACTO comenzó a expandirse a otras provincias y departamentos del país.

Con el aumento de la producción, la empresa empezó a formar un equipo de trabajo confiable, alineado con los valores e ideales de la organización. Sin embargo, en 2020, la pandemia de COVID-19 obligó a detener las actividades por varios meses, generando pérdidas significativas que pusieron en riesgo la continuidad del emprendimiento. A pesar de las dificultades, el compromiso del equipo permitió retomar gradualmente la producción y recuperar la estabilidad.

En 2022, DELACTO participó y ganó en el concurso de incubadora de empresas organizado por el Gobierno Autónomo Departamental de Tarija, lo que representó un impulso importante para su consolidación y proyección futura. En 2023, la empresa se postuló para participar en el programa de desayuno escolar promovido por la Alcaldía Municipal de Tarija, logrando adjudicarse contratos que fortalecieron su capacidad productiva y le permitieron ampliar su presencia en el mercado local.

Actualmente, DELACTO continúa en pleno proceso de desarrollo, con la visión de expandir su cobertura a nivel nacional y generar oportunidades de empleo para jóvenes tarijeños interesados en formar parte de este proyecto comprometido con la calidad y la salud de sus consumidores.

1.2 Descripción del Problema

1.2.1 Planteamiento del Problema

DELACTO es una empresa en crecimiento dedicada a la producción de una variedad de productos lácteos, entre los cuales destaca el yogurt probiótico TRIFRUT como su producto estrella. No obstante, a lo largo del tiempo, diversos factores han comprometido la eficiencia y la calidad en la fabricación de este producto, evidenciándose múltiples deficiencias en distintas etapas del proceso productivo.

Durante la etapa de recepción de materia prima, particularmente en la fase de carga y prefiltrado, se reciben diariamente cuatro tanques de 50 litros, cada uno con un peso aproximado de 60 kg, incluyendo el contenedor. Debido a la dificultad que implica verter directamente la leche en el pasteurizador, los operarios deben dividir la carga transfiriendo la mitad del volumen a un tanque auxiliar de polietileno.

Este procedimiento genera pérdidas de materia prima por derrames que oscilan entre 100 y 200 ml, además de exponer al personal a cargas físicas excesivas, aumentando el riesgo de fatiga y lesiones osteomusculares. Asimismo, se ha identificado la llegada de los tanques con residuos orgánicos en el inferior, lo que contamina el suelo del área de producción generando un riesgo de contaminación cruzada durante el manipuleo.

Otro punto crítico corresponde al proceso de enfriamiento, el cual se realiza de manera rudimentaria ante la ausencia de un sistema de enfriamiento industrial adecuado. Actualmente, se emplea un método de baño maría que obliga al personal a trasladar manualmente nueve ollas de aproximadamente 20 litros desde el pasteurizador hacia recipientes con agua fría. Esta actividad genera un esfuerzo físico considerable, posibles derrames de producto y riesgo de contaminación.

Sin embargo, el aspecto más relevante que influye la eficiencia de este proceso es el tiempo. Cada olla tarda en enfriarse alrededor de 40 minutos y, considerando que solo se pueden enfriar cinco por ciclo, el proceso completo se extiende el doble para cubrir todo el lote diario de leche requerido, generando retrasos significativos y exponiendo el producto a condiciones no óptimas.

Respecto al proceso de descremado, el equipo utilizado ha sobrepasado su vida útil y presenta fallas recurrentes que interrumpen la separación eficiente entre la nata y la leche. Estas interrupciones provocan derrames, contaminaciones entre la leche descremada y la crema y, en algunos casos, la pérdida total del lote diario de materia prima. Además, su limitada capacidad (100 litros por hora con una carga máxima de 12.5 litros) prolonga innecesariamente el proceso y genera períodos inactivos por parte del operario.

En cuanto a la inoculación, esta se realiza de forma manual mediante la adición de un cultivo láctico probiótico en polvo a cada olla. Sin embargo, la balanza disponible en la planta no tiene la precisión necesaria para dosificar correctamente las pequeñas cantidades requeridas, lo que obliga al personal a estimar el peso del cultivo. Esta práctica conlleva riesgos de subdosificación o sobredosificación, generando variabilidad en las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final.

Por otro lado, se identifican deficiencias en la organización del personal. La falta de un manual de procedimientos estandarizados y la inexistencia de un sistema de rotación entre las áreas de producción de yogurt con la de preparación y envasado dificultan el control operativo y la continuidad del proceso. Además, la ausencia de documentación clara sobre los parámetros críticos de control, así como la falta de registros actualizados, da lugar a prácticas empíricas que afectan negativamente la eficiencia y genera riesgos en la calidad del yogurt.

Si no se implementan acciones correctivas dirigidas a subsanar las falencias identificadas, DELACTO se verá expuesta a la persistencia de ineficiencias operativas, pérdidas económicas, mayores tiempos de procesamiento, reducción en la satisfacción del cliente y un eventual deterioro de su posicionamiento e imagen institucional.

1.2.2 Formulación del Problema

¿De qué manera el diseño de un plan de estandarización incidirá en el proceso productivo y características del yogurt probiótico TRIFRUT de la empresa DELACTO de la ciudad de Tarija?

1.2.3. Árbol de Problemas

Figura 1-1

Árbol de problemas

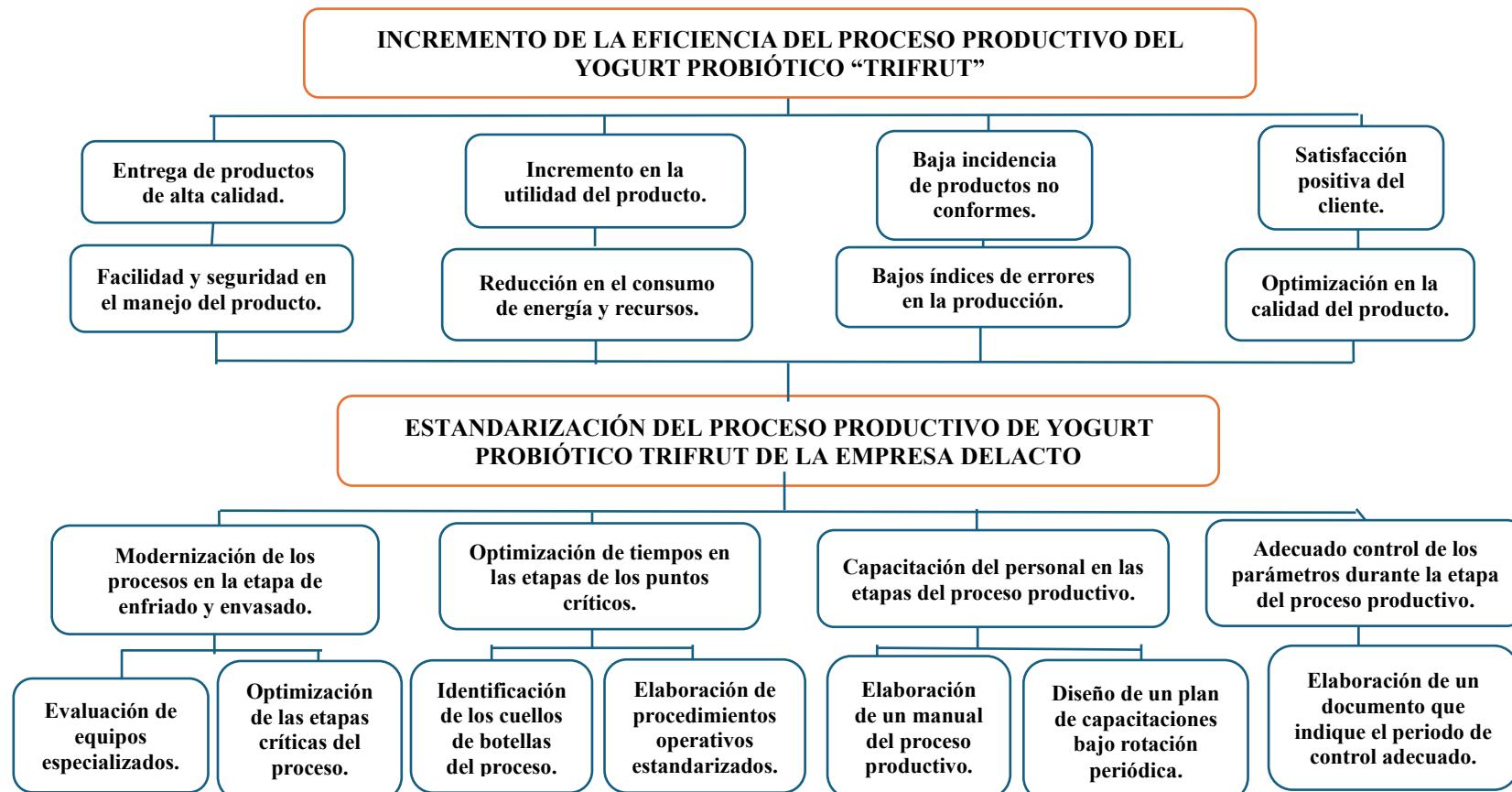


Fuente: Elaboración propia, 2024.

1.2.4. Árbol de Soluciones

Figura 1-2

Árbol de soluciones



Fuente: Elaboración propia, 2024.

1.3 Objetivos

Con base en el análisis realizado, a continuación, se presentan los objetivos del presente proyecto.

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un plan de estandarización para el yogur probiótico TRIFRUT de la empresa DELACTO en la ciudad de Tarija, mediante la optimización del proceso productivo asegurando la calidad y consistencia del producto, así como el fortalecimiento de la eficiencia operativa y la competitividad de la empresa en el mercado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT.
- Identificar los puntos críticos y cuellos de botellas que conlleva el proceso.
- Desarrollar procedimientos que optimicen el proceso y tiempo en los puntos críticos.
- Elaborar un programa de capacitación del personal con relación al proceso productivo.
- Ajustar los métodos de control en los parámetros de medición en las etapas del proceso productivo.
- Calcular el Retorno sobre la Inversión (ROI) y el período de recuperación (Payback) a partir de los datos obtenidos del presupuesto de inversión y los beneficios económicos proyectados, durante la etapa final del desarrollo del proyecto.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Económica

La empresa DELACTO ha enfrentado limitaciones en la eficiencia de la producción de sus diferentes líneas, particularmente en el yogur probiótico TRIFRUT. En este contexto, la propuesta de un plan de estandarización se plantea como una estrategia orientada a optimizar el proceso productivo, garantizando uniformidad y calidad en los resultados. Dicho plan permitirá disminuir los costos asociados al uso de insumos, la gestión operativa del personal y la generación de mermas o descartes, lo que se traduce en una mayor rentabilidad y sostenibilidad económica para la empresa.

1.4.2 Justificación Personal

La estandarización constituye un pilar esencial en la producción de alimentos, motivo a que asegura la uniformidad en las características y condiciones del producto, garantizando así su calidad y confiabilidad. En este contexto, y a partir de la experiencia adquirida durante la formación académica, se reconoce la importancia de aportar conocimientos técnicos y generar propuestas que contribuyan al fortalecimiento de los procesos productivos en la industria láctea.

La presente investigación representa una oportunidad para brindar asistencia técnica y desarrollar un plan de estandarización enfocado a la empresa DELACTO, organización que, pese a su carácter de pequeña empresa, proyecta una visión de crecimiento sostenido a largo plazo. Participar en este proceso no solo constituye un ejercicio de aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, sino también una contribución significativa al desarrollo de una empresa comprometida con el bienestar de la población tarijeña, a través de la oferta de productos saludables y nutritivos.

1.4.3 Justificación Académica

El presente proyecto se constituye en un referente metodológico y técnico que servirá como guía para futuros trabajos relacionados con la estandarización de procesos productivos, particularmente en la industria láctea y, de manera específica, en la elaboración de yogur probiótico.

Su desarrollo permitirá a estudiantes que opten por temáticas afines, contar con lineamientos claros y fundamentados, facilitando el acceso a información relevante y la estructuración de propuestas aplicables.

1.5 Metodología

1.5.1 Tipo de Investigación

El proyecto de investigación se enmarca en un tipo de estudio descriptivo y exploratoria. Bajo una investigación de campo experimental.

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014) Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Por tal razón, La naturaleza descriptiva del proyecto radica en la búsqueda detallada de comprensión sobre el proceso actual de producción de yogurt probiótico TRIFRUT, identificando y describiendo sistemáticamente las características de cada etapa, puntos críticos, recursos utilizados, tiempos operativos y condiciones de trabajo.

Por otro lado, Hernández Sampieri (2014), afirma que los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.

Por lo cual, también la presente investigación tiene un carácter exploratorio, porque inicialmente se orienta a conocer en profundidad el proceso actual de producción del yogurt probiótico TRIFRUT, en el cual no existen procedimientos claramente definidos ni documentación técnica sistematizada. Esta etapa exploratoria es fundamental para identificar las variables relevantes, los puntos críticos y las posibles áreas de mejora, que luego serán objeto de análisis más detallado y propuestas de intervención.

Por último, se presenta una investigación de campo experimental. Dado que se realizará el desarrollo de pruebas piloto de nuevos métodos en varias etapas del proceso del yogurt probiótico TRIFRUT dentro de la planta de producción de DELACTO. Esta intervención permitirá evaluar el comportamiento de variables clave como el tiempo operativo y efectos sobre la calidad del producto. En que se generaran muestras, se

observaran sus efectos y se generaran datos que permitirán validar o ajustar la propuesta dentro del plan de estandarización.

1.5.2 Métodos

1.5.2.1 Método Inductivo

El presente estudio se desarrolla bajo el enfoque del método inductivo, el cual se basa en la observación, análisis y razonamiento a partir de casos particulares, con el objetivo de generar conclusiones generales que sirvan de base para la toma de decisiones. Este método resulta pertinente, motivo a que la investigación parte del estudio específico del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT en la empresa DELACTO, abordando detalladamente cada una de sus etapas, recursos, procedimientos y resultados actuales. Para posteriormente se propone soluciones generales, tales como procedimientos estándar, protocolos de control y estrategias de capacitación, aplicables no solo a los casos observados, sino también a futuros escenarios de producción dentro de la empresa.

1.5.2.2 Método Análisis Síntesis

El presente trabajo también se apoya en el método de análisis-síntesis, el cual permite abordar de manera integral la complejidad del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT. Este método consiste en dos etapas complementarias: el análisis, que descompone el objeto de estudio en sus partes para su examen detallado; y la síntesis, que permite integrar la información obtenida para formular propuestas y soluciones estructuradas.

En la fase de análisis, se realiza una descomposición del proceso productivo en sus distintas etapas, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado y almacenamiento del producto final. Cada etapa será examinada considerando los recursos utilizados, los tiempos operativos, los controles aplicados, las funciones del personal y los parámetros de calidad.

Posteriormente, en la fase de síntesis, se integrarán los hallazgos obtenidos para diseñar una propuesta de estandarización coherente, funcional y adaptada a la realidad

operativa de la empresa. Esto incluirá la formulación de procedimientos estandarizados, ajustes en los métodos de control de calidad, y la elaboración de un programa de capacitación técnica para el personal.

1.5.2.3 Observación

El método de observación permitirá recolectar información directa y precisa sobre el proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT en la planta de la empresa DELACTO. En la que se observará y registrará de forma sistemática las actividades realizadas en cada etapa del proceso, los tiempos operativos, el uso de equipos, el comportamiento del personal y las condiciones de trabajo.

1.5.2.4 Encuesta

El método de encuesta será utilizado para recabar información directa del personal involucrado en el proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, con el fin de conocer su nivel de conocimiento, experiencia, dificultades frecuentes y percepciones sobre las etapas críticas del proceso. Se aplicarán encuestas estructuradas con preguntas cerradas y abiertas, diseñadas para obtener datos relevantes sobre el manejo de equipos, cumplimiento de procedimientos, control de parámetros y necesidades de capacitación.

1.5.2.5 Entrevista

El método de entrevista será empleado para obtener información profunda y detallada de parte del personal de la empresa DELACTO, referente al área de producción. Este método permitirá recoger opiniones, percepciones, experiencias y sugerencias sobre el proceso, condiciones de trabajo de cada etapa, controles de calidad y necesidades de mejora, contribuyendo a un diagnóstico más completo.

1.5.2.6 Experimental

El presente estudio incorpora el método experimental con el objetivo de evaluar la eficacia de nuevas estrategias de mejora dentro del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT en la empresa DELACTO. Este método permite comprobar, mediante pruebas prácticas y controladas, los efectos de ciertos cambios aplicados en etapas críticas del proceso, como el enfriamiento y la inoculación.

La experimentación se llevará a cabo bajo condiciones controladas y repetibles, permitiendo medir variables como temperatura, tiempo de proceso, textura, acidez, estabilidad del producto, y aceptación sensorial, entre otras.

1.5.3 Técnicas e Instrumentos

En el presente apartado se describe las técnicas e instrumentos a utilizarse en el desarrollo del proyecto.

1.5.3.1 Observación Directa

Permitirá recoger información real y objetiva sobre cómo se desarrolla actualmente el proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, evidenciando cada etapa del proceso para registrar tareas, tiempos, uso de equipos, parámetros de control, entre otros.

Sera una observación no participante y abierta.

Instrumento: Guía de observación.

1.5.3.2 Encuesta

Permitirá obtener datos cuantitativos y cualitativos sobre el nivel de conocimiento, prácticas, dificultades y percepciones del personal del área de producción.

Instrumento: Encuesta.

1.5.3.3 Entrevista Semi Estructurada

La técnica de la entrevista semiestructurada será utilizada para recopilar información detallada y contextual sobre el funcionamiento del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT. Esta técnica permite obtener datos más profundos, subjetivos y especializados que los que se logran mediante encuestas u observación directa, ya que facilita el diálogo directo con el personal clave de la planta.

Instrumento: Guía de entrevista.

1.5.3.4 Experimentación Controlada

Se empleará la técnica de pruebas piloto experimentales en planta, con el propósito de validar mejoras propuestas en etapas críticas del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT. Esta técnica consiste en aplicar modificaciones puntuales y controladas a ciertas operaciones del proceso, con el fin de evaluar su impacto en la calidad, consistencia y eficiencia del producto final.

Instrumento: Guía de observación y registros.

1.5.4 Población y Muestra

La población está conformada por el total del personal operativo involucrado directamente en el proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT.

Al tratarse de una empresa pequeña, se considera una población reducida y finita, lo que permite un abordaje más directo y exhaustivo en la recopilación de información. Por lo que no se realizará un proceso de muestreo y en su lugar, se trabajará con la totalidad de la población de manera censal, lo que permite obtener una visión completa y directa de la situación actual del proceso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

En el presente subcapítulo se hará hincapié a fundamentación teórica enfocada a conceptos claves para mayor compresión en aspectos técnicos que requiere el desarrollo del proyecto.

2.1.1 Proceso productivo

El proceso productivo es el conjunto de actividades organizadas y coordinadas que se llevan a cabo para transformar insumos o materias primas en productos terminados, utilizando diversos recursos como mano de obra, maquinaria, tecnología y métodos de trabajo. Este proceso abarca desde la recepción de materias primas hasta la distribución del producto final (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

De acuerdo con Fabricky y Paul Torgensen (1998) define proceso productivo como: el conjunto de todas las actividades que se precisan para transformar un conjunto de entradas (recursos humanos, materiales brutos, energía, etc.) en salidas más valiosas tales como productos acabados o servicios.

2.1.1.1 Capacidad productiva

La capacidad productiva se refiere al volumen máximo de producción que una empresa puede alcanzar en un periodo determinado bajo condiciones normales de operación, considerando los recursos disponibles como mano de obra, maquinaria, instalaciones y tecnología. Este concepto es esencial para la planificación de la producción y la gestión de operaciones, ya que permite a las empresas determinar su capacidad para satisfacer la demanda del mercado y planificar las inversiones necesarias para aumentar su capacidad (Heizer & Render, 2014).

2.1.1.2 Puntos Críticos

Un punto crítico es una etapa, procedimiento o componente dentro de un proceso productivo que requiere un control riguroso debido a su impacto potencial en la calidad, seguridad o eficiencia del producto final. La gestión adecuada de los puntos críticos es esencial para asegurar que el producto cumpla con las especificaciones y normativas

establecidas, minimizando riesgos y optimizando el rendimiento del proceso (Evans & Lindsay, 2014).

2.1.1.3 Eficiencia

La eficiencia es la capacidad de un sistema, proceso o recurso para realizar una tarea o alcanzar un objetivo utilizando la menor cantidad de recursos posibles, como tiempo, energía o materiales (Norton, 2001).

Según, Robbins & Coulter (2005) la eficiencia consiste en “obtener los mayores resultados con la mínima inversión”

2.1.1.3.1 Indicadores de Eficiencia

Según la asociación española para calidad (2013) define los índices de eficiencia como “aquellos que miden el nivel de ejecución del proceso, se concentran en el Cómo se hicieron las cosas y miden el rendimiento de los recursos utilizados por un proceso”

Los indicadores de eficiencia están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: Tiempo fabricación de un producto, razón de piezas / hora, rotación de inventarios.

2.1.1.4 Estudio de Métodos

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras (Sanchez, 2014).

El enfoque básico del estudio de métodos consiste en el seguimiento de ocho etapas o pasos.

1. SELECCIONAR el trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites.
2. REGISTRAR por observación directa los hechos relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.
3. EXAMINAR de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.

4. ESTABLECER el método más práctico, económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas.
5. EVALUAR las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual.
6. DEFINIR el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir (dirección, capataces y trabajadores).
7. IMPLANTAR el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.
8. CONTROLAR la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

2.1.1.4.1 Medios para el Registro y Análisis de Métodos

2.1.1.4.1.1 Cursograma Analítico

El cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda. El cursograma analítico se establece en forma análoga al sinóptico, pero utilizando, además de los símbolos de «operación» e «inspección» los de “transporte”, “espera” y “almacenamiento” (Sanchez, 2014).

A si también Reyes (2021) define el cursograma analítico como “un diagrama que aborda un proceso de modo más detallado que el diagrama sinóptico, ya que en él se encuentran incluidas e ilustradas las cinco actividades fundamentales. Es por ello por lo que se toma como una segunda etapa, en donde se introducen los detalles relativos al almacenamiento, la manipulación y el movimiento de los materiales entre las operaciones inherentes a la fabricación.

2.1.1.4.1.2 Cursograma Sinóptico

El cursograma sinóptico es un diagrama que presenta un cuadro general de cómo se suceden tan solo las principales operaciones e inspecciones (Sanchez, 2014).

A su vez, Reyes (2021) lo define como “la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado.

2.1.1.4.1.3 Diagrama de Recorridos

El diagrama de recorrido es la representación sobre un plano de la fábrica o zona de trabajo, hecho más o menos a escala (en el que se muestra la posición de las máquinas y puestos de trabajo), del itinerario seguido por el objeto en estudio (material o persona), utilizando los símbolos para indicar las actividades que se efectúan en los diversos puntos (Sanchez, 2014).

2.1.1.4.1.4 Diagrama Bimanual

El diagrama bimanual es un cursograma en el que se indica la actividad de las manos (y en algunos casos también de los pies) del operario y su relación entre ellas.

Lo que en un cursograma analítico figura como una sola operación, aquí se descompone en actividades elementales, y se emplean para representarlas los mismos símbolos utilizados en aquél (Sanchez, 2014).

- El símbolo de operación se emplea cuando se coge, sujeta, utiliza o suelta una herramienta, pieza o material.
- El símbolo del transporte, cuando se acerca o se retira la mano de la herramienta o del material.
- El símbolo de espera, cuando está parada.
- El símbolo de almacenamiento, cuando se sostiene alguna pieza, material o herramienta.
- El símbolo de inspección casi no se emplea, ya que durante una inspección las manos sujetan la pieza, por lo que se representa con el símbolo de operación.

2.1.1.4.1.5 Diagrama Hombre-Maquina

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre

el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo (Sanchez, 2014).

2.1.1.4.1.6 Flujograma

Un flujo gráfico es una representación visual de los pasos secuenciales y las decisiones necesarias para realizar un proceso o actividad. Utiliza símbolos estandarizados para describir cada etapa del proceso y sus interacciones (Gomez & Pinto, 2010).

2.1.2 Estandarización

Harrington (1994, citado en Vázquez, 2012) establece que la estandarización de procesos consiste en “definir y uniformar procedimientos, de modo que todas las personas que participan en él usan permanentemente los mismos procedimientos.”

Según Chávez Chávez & Quiroz Mercado (2018, citado en Orlando, Cecilia , & Valarezo, 2023) “la estandarización de los procesos productivos es un proceso dinámico por el cual se documenta los trabajos a realizar, la secuencia, los materiales y herramientas de seguridad a usar en los mismos, facilitando la mejora continua para lograr niveles de competitividad.”

2.1.2.1 Características de la Estandarización

Entre los objetivos que tiene la estandarización, se podría destacar la automatización en la resolución de problemas (CARRETERO, 2022).

Sin embargo, existe un sinfín de tareas y objetivos que persigue la estandarización, como los siguientes:

- Resolución de problemas.
- Mejora de los procesos.
- Generar un mayor rendimiento.
- Ordenación de la actividad y el contexto.
- Mejora en los resultados.
- Reducción de costes indirectos y directos.

- Automatización de procesos.
- Agilización de los procesos y toma de decisiones

2.1.2.2 Elementos de la Estandarización de Procesos

Según Alzate (2015) la estandarización “permite lograr que los procesos de producción o prestación de servicios en diferentes centros o unidades de producción se realicen de la misma forma bajo los mismos parámetros de control.”

La Norma ISO 9001 ofrece el marco y la estructura para la organización de estos estándares. Los pasos básicos para realizar la estandarización de procesos son:

- Definir el método actual a estandarizar.
- Realizar el análisis del método actual comparando con el estándar o la norma establecida a implementar.
- Identificar las diferencias y realizar los ajustes al método, incluyendo la utilización de registros de control.
- Ensayar o probar el nuevo método.
- Documentar el método.
- Desplegarlo al personal.
- Aplicarlo.

A su vez Obando (2023) señala que para una buena aplicación de la estandarización se debe tomar en cuenta las siguientes etapas:

- **Definir qué procesos debes estandarizar**

Si bien estandarizar todos los procesos de una empresa puede parecer una buena idea, es importante tomar en consideración las particularidades de cada área. Mientras que algunas organizaciones pueden tener problemas para mantener un estándar de calidad en su servicio de atención al cliente, otras compañías pueden ser muy buenas en ello, pero presentar algunas limitaciones en su cadena productiva.

Antes de estandarizar cualquier proceso es importante que se evalúe si realmente es necesario invertir tiempo en ello y si no traerá consecuencias

negativas en el desempeño de los colaboradores. En algunas ocasiones, es mejor dejar las cosas tal cual están si han demostrado funcionar hasta el momento, pero es importante corregir las malas prácticas antes de que se conviertan en un problema serio.

- **Evaluar las capacidades de la empresa**

Conocer las capacidades de la empresa es fundamental para saber si se puede estandarizar o no un proceso. Para hacer un diagnóstico empresarial de este tipo se debe tener en cuenta tanto el volumen del personal y la capacidad de monitoreo de los supervisores como la cantidad de recursos de los que se dispone para reglamentar actividades.

Si, por ejemplo, se quiere incorporar tecnologías semiautomáticas para la manufactura de los productos, esto solo será posible si el personal sabe cómo manejarlas. En caso de que sea factible, se puede incluir maquinarias especializadas que acompañarán el trabajo de los funcionarios. Si no, se deberá primero capacitar a los trabajadores y dotarlos de las habilidades necesarias para operar de acuerdo con la estandarización propuesta.

- **Construir las reglas para cada procedimiento y ejecutarlas**

La estandarización de procesos requiere llevar a cabo un estudio pormenorizado de las posibles vías de acción para completar un procedimiento. Lo que se busca es encontrar el método más eficiente, seguro o económico para cumplir con alguna actividad.

Naturalmente, se desconoce cuál es la mejor alternativa hasta que se evalúe las opciones, se pondere los riesgos y se detalle las etapas de cada uno de los procedimientos. Una vez que se haya probado el método y se considere seguro de que es consistente, reproducible y fiable, se puede comenzar a implementarlo en la práctica.

- **Crea un manual de procedimientos**

Para acompañar la ejecución de tareas y la capacitación de personal en la materia, no hay mejor alternativa que crear un manual de procedimientos, en el

que se establezcan las pautas, requerimientos y acciones que se deben llevar a cabo los funcionarios.

Este documento debe ser simple y concreto, pero al mismo tiempo debe contener todos los factores relevantes para garantizar los estándares de calidad o de producción preestablecidos. Incluye en él los conceptos, prácticas y pormenores técnicos del proceso para que sirva también como una guía de trabajo en la organización.

- **Supervisa el funcionamiento de la estrategia**

La estandarización de procesos nunca es una tarea acabada. Por el contrario, las empresas siempre deben estar a la vanguardia en la inclusión de nuevas y mejores estrategias que eleven los estándares.

Por otro lado, uno de los riesgos que se corre al estandarizar procesos es la disminución en la capacidad creativa del personal, así como la creación de un sentimiento de monotonía. A pesar de que parezca una buena idea estandarizar todos los procesos, para no disminuir la motivación de los colaboradores, se puede optar por darles libertades especialmente a áreas como marketing, diseño de productos, packaging y otras que lo requieran.

2.1.2.3 Plan de Estandarización

Un plan de estandarización es una estrategia integral que define y aplica normas, procedimientos y criterios uniformes en los procesos o servicios de una organización. Su objetivo es garantizar la calidad, eficiencia y consistencia en la producción, a través de la identificación de mejores prácticas, la elaboración de manuales operativos y la implementación de controles y métricas que aseguren el cumplimiento de los estándares establecidos (Obando, 2023).

2.1.2.3.1 Parámetros de Control Dentro del Plan de Estandarización

Un parámetro de control es una variable específica dentro de un proceso productivo que se monitorea y ajusta continuamente para mantener el proceso dentro de los límites establecidos, asegurando la consistencia y calidad del producto final, regulado en el plan de estandarización. Estos parámetros pueden incluir variables como temperatura,

presión, tiempo, pH, velocidad, entre otros, y son fundamentales para la estabilidad y eficiencia del proceso (Heizer & Render, 2014).

2.1.2.3.1.1 Tipos de Parámetros de Control

De acuerdo con Montgomery, 2013. “los parámetros de control en un proceso productivo se clasifican en diversos tipos según la naturaleza de las variables que influyen en el proceso”. Estos tipos incluyen:

- Parámetros físicos: Como temperatura, presión, velocidad, y volumen.
- Parámetros químicos: Como pH, concentración de reactivos, y composición química.
- Parámetros temporales: Como tiempos de operación, tiempos de reacción, y tiempos de espera.

2.1.2.4 Capacitación en la Estandarización

Según Chiavenato I. (2001, citado en Tasilla, 2018) La capacitación es el proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos. La capacitación entraña la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a aspectos de la organización, de la tarea y del ambiente, así como desarrollo de habilidades y competencias.

Según Dessler G. (2006, citado en Tasilla, 2018), La capacitación consiste en proporcionar a los empleados, nuevos o actuales, las habilidades necesarias para desempeñar su trabajo. La capacitación, por tanto, podría implicar mostrar a un operador de máquina cómo funciona su equipo, a un nuevo vendedor cómo vender el producto de la empresa, o inclusive a un nuevo supervisor cómo entrevistar y evaluar a los empleados.

Siliceo (2008, citado en Alemán & Alvarado, 2015), señala: La capacitación consiste en una actividad planeada y basada en necesidades reales de una empresa u organización orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes

del colaborador. La capacitación es la función educativa de una empresa u organización por lo cual se satisfacen necesidades presentes y se prevén necesidades futuras respecto de la preparación y la habilidad de los colaboradores.

2.1.2.4.1 Tipos de Capacitación

2.1.2.4.1.1 Capacitación Para el Trabajo

Va dirigida al trabajador que va a desempeñar una nueva actividad ya sea por ser de reciente ingreso o por haber sido promovido o reubicado dentro de la misma empresa. Se divide a su vez:

- Capacitación de preingreso: se hace con fines de selección y busca brindar al nuevo personal los conocimientos, habilidades o destrezas que necesita para el desempeño de su puesto.
- Capacitación por inducción: es una serie de actividades que ayudan a integrar al candidato a su puesto, a su grupo, a su jefe y a la empresa en general.

2.1.2.4.1.2 Capacitación Promocional

Busca otorgar al trabajador la oportunidad de alcanzar mayores niveles jerárquicos.

2.1.2.4.1.3 Capacitación en el Trabajo

Es una serie de acciones encaminadas a desarrollar actividades y mejorar actitudes en los trabajadores. Se busca lograr la realización individual, al mismo tiempo que los objetivos de la empresa. Busca el crecimiento integral de la persona y la expansión total de sus aptitudes y habilidades, todo esto con una visión de largo plazo. El desarrollo incluye la capacitación, pero busca principalmente la formación integral del individuo, la expresión total de su persona (Alemán & Alvarado, 2015).

De acuerdo con Niebel & Freivalds (2009) colocar a operarios directo en un nuevo trabajo si capacitarlos es un enfoque de “nadar o morir”. Algunos operarios harán las cosas mal y con el tiempo se adaptarán a la nueva técnica, en teoría “aprendiendo”. Pero es posible que aprenda el método incorrecto y nunca logre el estándar deseado. O puede tomar un tiempo mayor al estándar. Eso significa una curva de aprendizaje larga.

2.1.2.4.2 Técnicas de Capacitación

Cuando se decide capacitar a los empleados y se han identificado las necesidades y metas de capacitación se debe crear un programa, es decir cómo se va a realizar la capacitación, en cualquiera de los casos, hay varios métodos o diferentes técnicas que pueden utilizarse para impartir la capacitación, pero ninguna técnica es mejor que otra, todo va a depender de: las preferencias y la capacidad de las personas, los principios del aprendizaje a emplear, las instalaciones con las que se cuentan, el contenido del programa y las preferencias y la capacidad del capacitador para impartirlas y llevarlas a cabo (Alemán & Alvarado, 2015).

2.1.2.4.2.1 Técnicas Aplicadas en el Sitio de Trabajo

- **Capacitación de instrucción sobre el puesto:** Se imparte sobre las horas de trabajo, se emplea básicamente para enseñar al personal operativo o de primera línea a desempeñar su puesto actual. La instrucción es impartida por un facilitador, un supervisor o un compañero de trabajo. Cuando se planea y se lleva a cabo de manera adecuada. En la mayoría de los casos, sin embargo, el interés del facilitador se centra en la producción, y no es una buena técnica de capacitación.
- **Rotación de puestos:** A fin de proporcionar a sus empleados experiencias en varios puestos, algunas empresas alientan la rotación de puestos de una a otra función. Cada movimiento de uno a otro puesto es precedido por una sesión de instrucción directa. Además de proporcionar variedad en su labor diaria, esta técnica ayuda a la organización en los períodos de vacaciones, ausencias, renuncias, etc. Tanto la participación activa del empleado como la disponibilidad que adquiere para ser transferido constituyen ventajas importantes de la rotación de puestos.
- **Capacitación por instrucción del puesto (CIP):** en esta técnica se requiere hacer una lista de todos los pasos necesarios en el puesto, cada uno en su secuencia apropiada. Junto a cada paso, se lista también un punto clave correspondiente (si lo hay). Los pasos muestran qué se debe hacer, mientras que

los puntos clave muestran cómo se tiene que hacer y por qué (Alemán & Alvarado, 2015).

De igual manera Niebel & Freivalds (2009) indica que las descripciones escritas en forma simple del método correcto implican una mejora al aprendizaje en el trabajo, pero sólo para operaciones relativamente sencillas o en situaciones donde el operario tiene conocimientos relativos del proceso y sólo necesita ajustarse a pequeñas variaciones. Esto supone que el operario entiende el lenguaje en el que están escritas las instrucciones o que tiene suficiente educación para leerlas correctamente. En estos días, debido a la gran diversidad que priva en el lugar de trabajo, no se puede suponer ninguna de las dos cosas.

- **Instrucciones gráficas:** Se ha probado que el uso de ilustraciones o fotografías junto con las instrucciones escritas es un sistema muy eficaz para capacitar a los operarios. Esto también les facilita a los trabajadores con menor educación y que hablan un idioma diferente adoptar el nuevo método. Por lo general, los dibujos tienen una ventaja sobre las fotografías pues hacen hincapié en detalles específicos, omiten detalles extraños y permiten vistas ampliadas.

2.1.2.4.2.2 Técnicas Aplicadas Fuera del Sitio de Trabajo

Constituyen un elemento valioso en la capacitación porque pueden satisfacer varios puntos y se capacita a un grupo grande (Alemán & Alvarado, 2015).

- **Conferencias:** Las conferencias o exposiciones constituyen métodos prácticos y fáciles de ejecutar, es una manera rápida y sencilla de proporcionar conocimientos a grupos grandes de personas, se puede acompañar de materiales impresos para facilitar el aprendizaje así mismo se pueden usar proyectores para presentar imágenes, gráficos, videos o películas para facilitar el aprendizaje.
- **Técnicas audiovisuales:** La presentación de información mediante técnicas audiovisuales como películas, circuito cerrado de televisión, cintas de audio o de video, puede resultar eficaz, en la actualidad estas técnicas se utilizan con mucha frecuencia, los audiovisuales son más costosos que las conferencias convencionales.

- **Aprendizaje programado:** Método sistemático para enseñar habilidades para el puesto, que implica presentar preguntas o hechos y permite que la persona responda, para posteriormente ofrecer al empleado retroalimentación inmediata sobre la precisión de sus respuestas.
- **Simulacros:** Es una técnica en la que los empleados aprenden en el equipo real o en equipos de simulación la ejecución de sus tareas por ejemplo simulación de manejo de máquinas, vehículos, aviones, etc. que utilizaran en su puesto, pero en realidad son instrumentos fuera del mismo.
Esta capacitación busca obtener las ventajas de una simulación y corregir los errores sin colocar realmente en el puesto a la persona en capacitación ni arriesgar al deterioro o accidentes con las máquinas.

2.1.2.5 Manual de Procedimientos

El manual de procedimiento es el documento que contiene la descripción de las actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de cada área; es un plan o método de trabajo que establece una sucesión cronológica de operaciones relacionadas entre sí, que tienen como propósito la realización de una actividad o tarea específica dentro de un ámbito predeterminado de aplicación para la obtención de un resultado concreto (López , 2018).

A su vez, Chiavenato (2009) lo define como “Un manual de procedimientos es un documento formal que especifica el cómo, cuándo, dónde y quién debe realizar las actividades que conforman los procesos organizacionales. Sirve como una guía práctica para asegurar que las tareas se realicen de manera consistente y conforme a las políticas de la organización.”

2.1.2.6 Instructivo de Trabajo

De acuerdo con la dirección de planificación de Quito (2023) define instructivo de trabajo como “documento que describe en forma detallada como realizar y registrar acciones, actividades o tareas.”

Instructivo de Trabajo es un documento que describe de manera clara y precisa la manera correcta de realizar determinadas tareas que pueden generar inconvenientes o daños de no realizarse de la manera establecida. Es decir, describen, dictan o estipulan los pasos que se deben seguir para realizar correctamente alguna actividad o trabajo específico (Santiago, 2021).

2.1.3 Aplicaciones Técnicas en la Industria Láctea

2.1.3.1 Sistema de Bombeo

Los sistemas de bombeo son fundamentales para el transporte de fluidos en las plantas procesadoras de productos lácteos, permitiendo trasladar leche, yogurt, suero y otros líquidos entre las diferentes etapas del proceso productivo sin contaminación y con mínima alteración del producto (Perez, 2022).

2.1.3.1.1 Selección de Bomba

La selección adecuada de una bomba para el manejo de fluidos en procesos industriales, como los de la industria láctea, requiere el análisis de diversos parámetros técnicos. Entre ellos, es fundamental determinar el tipo de bomba y la potencia necesaria para asegurar un funcionamiento eficiente.

Este cálculo se realiza a partir de un conjunto de ecuaciones hidráulicas que consideran variables como el caudal del fluido, la altura manométrica total, la viscosidad, y las pérdidas por fricción. De este modo, se garantiza que la bomba seleccionada pueda satisfacer las demandas del sistema sin comprometer la integridad del producto ni la eficiencia energética del proceso (Trujillo, 2012).

La ecuación de Hazel-Williams, es una fórmula empírica utilizada para calcular la pérdida de carga en tuberías debido a la fricción. Se expresa generalmente como:

Ecuación 1

Hazel-Williams

$$Hf = L * \frac{10.679}{C_{HW}^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{D_C^{4.87}}$$

Hf = Perdidas de carga.

L = Longitud de la tubería o manguera.

C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

Q = Caudal.

D = Diámetro interno.

La potencia hidráulica es la energía requerida para elevar el líquido desde la succión hasta la descarga. (Trujillo, 2012). La ecuación es la siguiente:

Ecuación 2

Potencia hidráulica de la bomba

$$P_b = \rho * g * Q * hb$$

Donde:

Pb = Potencia de la bomba.

ρ = densidad del fluido.

G = Gravedad

Q = caudal.

Hb= Altura dinámica de la bomba.

Ecuación 3

Potencia real total de la bomba

$$P_T = \frac{Pb}{n_1 * n_2}$$

Donde:

Pt = Potencia real total de la bomba.

Pb = Potencia teórica de la bomba.

n1 = Eficiencia de la bomba.

n2 = Eficiencia de transmisión de la bomba.

2.1.3.2 Sistema de Enfriamiento por Transferencia de Energía Térmica

La transferencia de calor es uno de los fenómenos más importantes dentro del procesamiento de alimentos, especialmente en el sector lácteo, donde es necesario modificar y controlar la temperatura de la leche y sus derivados en distintas etapas.

Según Heldman y Hartel (2019), la transferencia de calor es el proceso mediante el cual la energía térmica se transmite de una zona de mayor temperatura a otra de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico. Esta transferencia puede darse por conducción, convección o radiación, siendo la convección el mecanismo predominante en los procesos líquidos como los lácteos.

En la elaboración de yogurt, la transferencia de calor por convección es esencial tanto en el enfriamiento de la leche como en el mantenimiento de condiciones térmicas específicas para la fermentación. Como señala Toledo (2007), el enfriamiento rápido de la leche después del tratamiento térmico reduce el riesgo de proliferación microbiana y mejora la estabilidad del producto final.

Por tanto, aplicar correctamente los principios de transferencia térmica permite conservar la calidad de la materia prima, reducir pérdidas y mejorar la eficiencia global del sistema.

2.1.3.2.1 Calor

El calor es la energía transferida de un sistema a otro (o de un sistema a sus alrededores) debido a una diferencia de temperatura entre ellos (Serrano Fernandez, 2015).

El físico Carlos Jiménez del instituto tecnológico de Costa Rica (2023) define calor como: “A la cantidad de energía que se agrega o se quita a la energía interna total de un objeto, debido una diferencia de temperatura.”

La cantidad de calor (Q) necesaria para variar la temperatura de una masa (m) de una sustancia es proporcional al cambio en su temperatura (ΔT) y a dicha masa.

La variación de calor o energía se representa con la siguiente ecuación:

Ecuación 4

Variación del calor

$$\Delta Q = m * Ce * \Delta T$$

Donde:

ΔQ = Variación del calor.

m = masa de la sustancia.

Ce = Calor específico de la sustancia.

ΔT = Variación de la temperatura.

2.1.3.2.1.1 Calor Específico

Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado. En el Sistema Internacional de unidades, el calor específico se expresa en julios por kilogramo y kelvin (Jiménez, 2017).

2.1.3.2.1.2 Calor Latente

El calor latente se presenta cuando una sustancia pasa de un estado a otro a temperatura constante, es el calor que se requiere para que esta cambie de estado (Chamoso, 2020). Está dado por la siguiente fórmula:

Ecuación 5

Calor latente

$$\Delta Q = m * Cf$$

ΔQ = Variación de calor.

m = masa de la sustancia.

Cf = Calor latente.

2.1.3.2.1.3 Calorimetría

La calorimetría es la técnica utilizada para medir la cantidad de calor involucrado en un proceso físico o químico.

Esto se logra observando los cambios de temperatura en una sustancia con una capacidad calorífica conocida, generalmente en un sistema cerrado (Jiménez C. A., 2017).

La calorimetría se basa en el principio de equilibrio térmico que indica que, si fluye calor entre dos cuerpos aislados de sus alrededores, el calor perdido por un cuerpo debe ser igual al ganado por el otro.

Este principio se representa en la siguiente ecuación:

Ecuación 6

Equilibrio térmico

$$\Delta Q_p = \Delta Q_g$$

Donde:

ΔQ_p = Calor perdido de un cuerpo.

ΔQ_g = Calor ganado de un cuerpo.

2.1.3.2.1.4 Transferencia de Calor

La transferencia de calor es un proceso donde existe un intercambio de energía de manera de calor entre diferentes cuerpos o partes (Barrera, 2021).

Se denomina transferencia de calor, transferencia térmica o transmisión de calor al fenómeno físico que consiste en el traspaso de energía calórica de un medio a otro. Esto ocurre cuando dos sistemas que se encuentran a distintas temperaturas se ponen en contacto, permitiendo el flujo de la energía del punto de mayor temperatura al de menor, hasta alcanzar un equilibrio térmico, en el que se igualan las temperaturas (Leskow, 2021).

2.1.3.2.1.4.1 Tipos de Transferencia de Calor

Existen tres tipos de transferencia de calor: por conducción, convección y radiación.

- **Conducción:** La transmisión por conducción se produce cuando la energía se propaga debido a los choques entre las partículas, de forma que en cada choque

las partículas ceden parte de su energía cinética a las partículas con las que interaccionan, todo ello sin que haya transporte neto de materia. (Barrera, 2021) De acuerdo con Leskow (2021) se llama conducción “a la transferencia de calor mediante el contacto directo de las partículas de un material con las de otro, sin transferir materia entre los cuerpos.”

- **Convección:** La transmisión por convección es típica de los fluidos (líquidos y gases). En ella se produce un transporte de energía asociado al desplazamiento de masas de fluido dentro del propio fluido, debido a las diferencias de densidad originadas por las distintas temperaturas de unas zonas y otras. (Barrera, 2021) Según Leskow (2021) indica que: “la convección es semejante a la conducción, excepto que ocurre en los casos en que un fluido recibe calor y se mueve para transmitirlo dentro de un espacio donde está contenido. La convección es el transporte de calor por medio del movimiento de un fluido, sea gaseoso o líquido.”

La ecuación del mecanismo de transferencia de calor por convección esta dado por la ley de Newton que indica: “el flujo de calor sobre unidad de área es directamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre el fluido y la pared de salida, donde el factor de proporcionalidad se conoce como coeficiente pelicular de convección”.

Ecuación 7

Ley de enfriamiento de Newton

$$\Delta T * h * A = \frac{Q}{\Delta t}$$

Donde:

Q = Flujo de calor.

A = El área de contacto con el fluido.

h = Coeficiente peculiar de convección.

Δt = Variación del tiempo.

ΔT = Variación de temperatura.

- **Radiación:** La transmisión de calor por radiación se caracteriza porque la energía se transporta en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan a la velocidad de la luz. El transporte de energía por radiación puede verificarse entre superficies separadas por el vacío (Barrera, 2021).

Leskow (2021) indica que “la transmisión de calor por radiación es el único que puede darse en ausencia de contacto y, por ende, también de un medio físico, en el vacío”. Esto se debe a que su origen está en el movimiento térmico de las partículas cargadas de la materia, que desencadena la emisión de partículas electromagnéticas, es decir, de radiación térmica, siendo su intensidad dependiente de su temperatura y la longitud de onda de la radiación.

2.2 Marco Referencial

El presente subcapítulo tiene como propósito establecer los lineamientos técnicos y específicos que regulan el sector lácteo, con especial énfasis en la producción de yogurt probiótico. Se abordan aspectos clave relacionados con la calidad, así como con las características fisicoquímicas que deben cumplir los productos lácteos fermentados, de acuerdo con la normativa vigente aplicable en Bolivia.

2.2.1 Probiótico

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) citado en Murcia (2011) un alimento probiótico es aquel que contiene "microorganismos vivos que, cuando son suministrados en cantidades adecuadas, promueven beneficios en la salud del organismo huésped"

A su vez la Dr. Huerta (2014) define como un probiótico al “suplemento alimenticio que contiene microbios vivos y que puede afectar beneficiosamente al organismo a través del mejoramiento del equilibrio microbiano intestinal”

2.2.1.1 Características de un Yogurt Probiótico

El yogurt probiótico es un producto lácteo fermentado que, además de contener las bacterias lácticas tradicionales (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus*

bulgaricus), incorpora cultivos vivos y activos de microorganismos con efectos benéficos para la salud, conocidos como probióticos (Ruiz Rivera, 2009).

Estos microorganismos deben ser capaces de sobrevivir al tránsito gastrointestinal, colonizar temporalmente el intestino y ejercer efectos positivos comprobados mediante estudios clínicos controlados.

Entre las especies comúnmente utilizadas en yogures probióticos se destacan *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium bifidum*, que contribuyen no solo al metabolismo de la lactosa y a la generación de ácido láctico, responsable de la acidez y textura del producto, sino también a la modulación del microbiota intestinal, la mejora de la digestión, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la prevención de trastornos gastrointestinales leves (Manzano, Estupiñán, & Poveda, 2012).

Para que un yogurt pueda ser considerado probiótico, es fundamental que los cultivos añadidos permanezcan viables en concentraciones superiores a 10^7 UFC/g hasta el momento del consumo (Ruiz Rivera, 2009).

2.2.1.2 Diferencia del Yogurt Probiótico con el Yogurt Natural

El yogurt natural es un producto lácteo fermentado obtenido exclusivamente mediante la acción combinada de dos bacterias ácido-lácticas termofílicas tradicionales: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estas cepas deben estar presentes en el producto final en concentraciones mínimas de 10^6 UFC/g (CODEX, 2023). Este tipo de yogurt posee beneficios nutricionales básicos, como la mejora en la digestibilidad de la lactosa y el aporte de proteínas, pero no contiene microorganismos con propiedades funcionales demostradas más allá del proceso fermentativo.

Por otro lado, el yogurt probiótico se diferencia por incorporar, además de las cepas tradicionales, cultivos específicos con capacidad probiótica, siendo estas: *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*. De acuerdo con la FAO (2022), para que una cepa sea considerada probiótica debe cumplir con varios criterios: estar viva y activa en cantidades adecuadas ($\geq 10^7$ UFC/g al momento del consumo), ser genéticamente

identificada, resistir las condiciones gastrointestinales y haber demostrado efectos beneficiosos para la salud en estudios clínicos controlados.

2.2.1.3 Beneficios del Yogurt Probiótico

La evidencia científica respalda ampliamente los beneficios del consumo de probióticos, especialmente en su inclusión en alimentos funcionales como el yogurt probiótico. Estos microorganismos vivos, administrados en cantidades adecuadas, pueden ejercer efectos positivos en la salud del huésped, contribuyendo tanto a la prevención como al tratamiento de diversas condiciones patológicas.

Se ha demostrado que los probióticos son eficaces en la reducción de la duración y severidad de la diarrea aguda, en particular la de origen infeccioso, así como en el alivio de los síntomas del síndrome de intestino irritable (SII), incluyendo dolor abdominal, distensión y alteraciones del tránsito intestinal.

Asimismo, existen estudios que señalan su utilidad en el manejo de síntomas en niños con alergias severas, mejorando la respuesta inmunológica y reduciendo la inflamación intestinal. Los probióticos también han mostrado efectos positivos en otras etapas fisiológicas, como la infancia, el embarazo, la adultez y la vejez, al modular la microbiota intestinal, fortalecer el sistema inmunológico, y mejorar la absorción de nutrientes.

Cabe destacar que los efectos de los probióticos son cepa-específicos y dosis-dependientes, por lo que la selección adecuada del tipo de microorganismo y su concentración resulta crucial para lograr beneficios terapéuticos o preventivos específicos. Esta especificidad permite, incluso, diseñar productos lácteos dirigidos a mejorar determinadas condiciones clínicas o a mantener el equilibrio fisiológico general del organismo (Manzano, Estupiñán, & Poveda, 2012).

2.2.2 Parámetros Óptimos de Control

Para garantizar la calidad, inocuidad y estandarización del yogurt probiótico, es indispensable establecer y aplicar parámetros de control técnico basados en normativas vigentes y criterios científicos. Estos parámetros permiten asegurar que el producto

cumpla con las exigencias microbiológicas, fisicoquímicas y organolépticas requeridas, desde la recepción de la leche cruda hasta el producto final.

En el contexto boliviano, se consideran dos normativas clave: la NB 33013:2013, que establece los requisitos para la leche cruda como materia prima, y la NB/NA 0078:2009, que regula específicamente los productos lácteos fermentados, incluyendo el yogurt. Estas normas proporcionan referencias esenciales para el control de variables como el pH, la acidez titulable, el contenido de grasa, los sólidos totales, la viscosidad y la viabilidad de cepas probióticas.

2.2.2.1 Parámetros Óptimos de Control de la Leche Cruda

De acuerdo con la normativa boliviana NB 33013:2013, los parámetros mínimos que deben cumplirse desde el ordeño hasta la recepción en planta, garantizando la inocuidad del producto inicial. Establece que:

- La leche debe provenir exclusivamente de animales sanos, libres de enfermedades como brucelosis, tuberculosis o mastitis, de acuerdo con la regulación sanitaria nacional.
- Debe ser enfriada a menos de 6 °C inmediatamente después del ordeño y mantenerse a esa temperatura por un máximo de 48 horas. Si no puede refrigerarse, debe ser procesada o entregada dentro de las 2 horas siguientes al ordeño y a menos de 10 °C.

2.2.2.1.1 Requisitos Organolépticos

- Aspecto: Líquido homogéneo.
- Olor: Característico.
- Color: Blanco opaco o cremoso.
- Sabor: ligeramente dulce.

El producto no debe tener olores o sabores ajeno a la leche.

2.2.2.1.2 Requisitos Fisicoquímicos

- pH: 6.60–6.80

- Acidez titulable (ácido láctico): 0.13–0.18 %
- Materia grasa mínima: $\geq 3 \%$
- Sólidos no grasos mínimos: $\geq 8.2 \%$
- Densidad a 20 °C: 1.028–1.034 g/ml

2.2.2.1.3 Toma De Muestras, Transporte y Almacenamiento

La norma establece el muestreo conforme a NB/ISO 707, y estipula que el transporte de la leche debe realizarse en recipientes limpios, identificados y desinfectados, con temperaturas de 1–5 °C para mantener su calidad hasta la llegada al laboratorio. Igualmente, prohíbe su distribución directa al consumidor sin haber sido pasteurizada o ultrapasteurizada (IBNORCA, Productos lácteos – Leche cruda y fresca –NB 33013, 2013).

2.2.2.2 Parámetros Óptimos de Control del Yogurt

La Norma Boliviana NB/NA 0078:2009 establece los requisitos técnicos y sanitarios que deben cumplir los productos lácteos fermentados destinados al consumo humano, tales como el yogurt, el kumis y el kéfir. Esta norma ha sido elaborada por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) y tiene carácter obligatorio dentro del marco regulatorio nacional. (IBNORCA, Leches fermentadas. NB/NA 0078, 2009)

2.2.2.2.1 Requisitos Organolépticos

- Aspecto: Homogéneo y uniforme.
- Olor: Característico.
- Color: Blanco uniforme.
- Sabor: ligeramente acido.

El producto no debe tener olores o sabores ajeno al yogurt.

2.2.2.2.2 Requisitos Fisicoquímicos

- pH: 4-4.6
- Acidez titulable (ácido láctico): 0.5–1.5 %.
- Materia grasa mínima: $\geq 1.5 \%$.

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Estructura Organizacional

3.1.1 Datos Comerciales

En el presente cuadro se describe los datos comerciales relevantes de la empresa DELACTO.

Cuadro III-1

Datos comerciales de la empresa DELACTO

DELACTO	
Nombre jurídico de la empresa	DELACTO
Registro de comercio NIT	5020028011
Tipo de sociedad:	Sociedad de responsabilidad limitada
Régimen:	Simplificado
Tipo de empresa:	Unipersonal
Representante legal:	Ing. Brenda De La Quintana
Actividad:	Lácteos
Registro sanitario: SENASAG	090303030019

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

3.1.2 Dirección o Ubicación

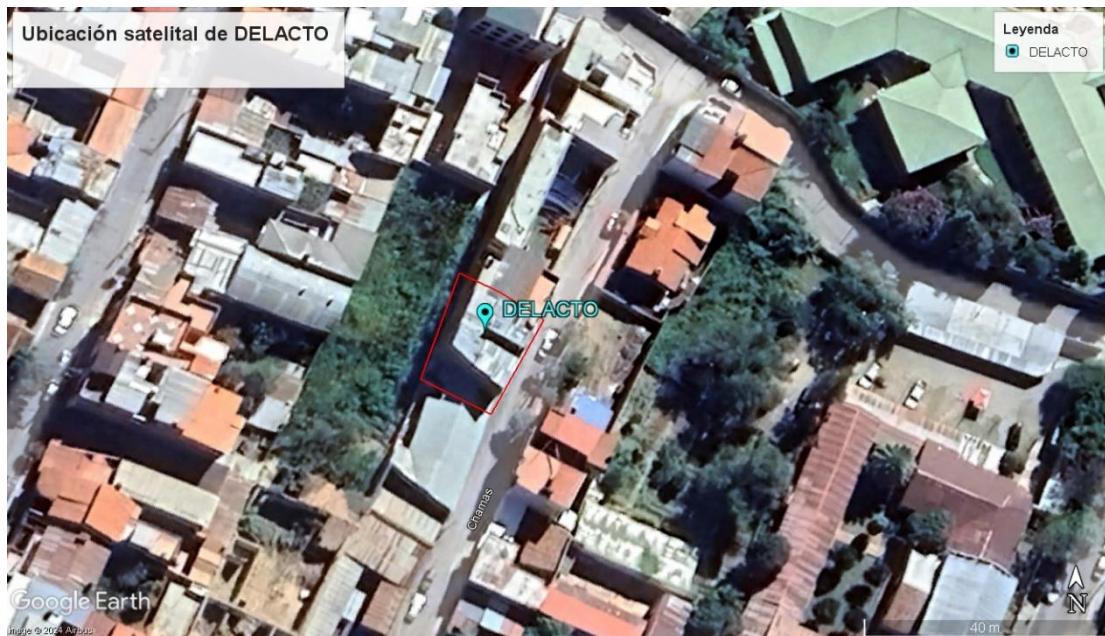
En el presente cuadro se describe la ubicación de la empresa DELACTO.

Cuadro III-2

Ubicación de la empresa DELACTO

DELACTO	
Ciudad:	Tarija
Municipio:	Tarija capital
Provincia:	Cercado
Departamento:	Tarija
Dirección:	Pasaje Reyes 1199. E/C Cbba y Felipe Echazú
Zona:	20k
Coordenadas:	321017.00 m E, 7618164.00 m S -Entrada frontal con vía de acceso de primer orden (calle asfaltada).
Observaciones:	-Colinda con domicilios particulares en la parte lateral del lugar. - En la parte posterior del lugar presenta vegetación en proporción media.

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Figura 3-1*Ubicación de la empresa DELACTO*

Fuente: Google earth, 2024.

3.2 Productos que Brinda

DELACTO es una empresa especializada en productos lácteos que ofrece una amplia variedad de opciones. Entre sus productos sólidos destacan las mantequillas clásicas, disponibles con y sin sal, así como la variedad con orégano y ajo. En cuanto a los productos líquidos, ofrecen una gama diversa de yogures, incluyendo opciones probióticas, deslactosadas y naturales, entre otros.

En el siguiente cuadro presenta todos los productos que la empresa ofrece detallando su cantidad y nombre comercial.

Cuadro III-3*Línea de productos de DELACTO*

Nombre del producto	Presentación grafica	Características
Mantequilla sin sal		<ul style="list-style-type: none"> - 200 gr neto. - Cero sales.
Mantequilla con sal		<ul style="list-style-type: none"> - 200 gr neto. - Bajo en sal.
Yogurt griego		<ul style="list-style-type: none"> - Presentación en 400 gr neto y personal de 130 gr. - Sabores: natural, Mora, frutilla, frambuesa, arándano, piña y maracuyá. - Cero grasas.
Yogurt bebible		<ul style="list-style-type: none"> - Presentación en 2 litros. - Sabores: frutilla, Coco, uva, durazno, chirimoya, manzana verde, maracuyá, lúcuma.

Yogurt probiótico cero grasas y cero azúcares



Yogurt probiótico TRIFRUT



Yogurt bebible en bolsitas



- Presentación en 1 litro.

- No presenta grasas ni azúcares añadidos.

- Sabores: natural, frutilla, maracuyá, Coco, chirimoya, piña, durazno, uva.

- Presentación en 1 litro.

- yogur natural con tres tipos de pulpas de frutas incluidas.

- presentación uno con frutilla, mora y frambuesa. Presentación dos con piña, manzana y maracuyá.

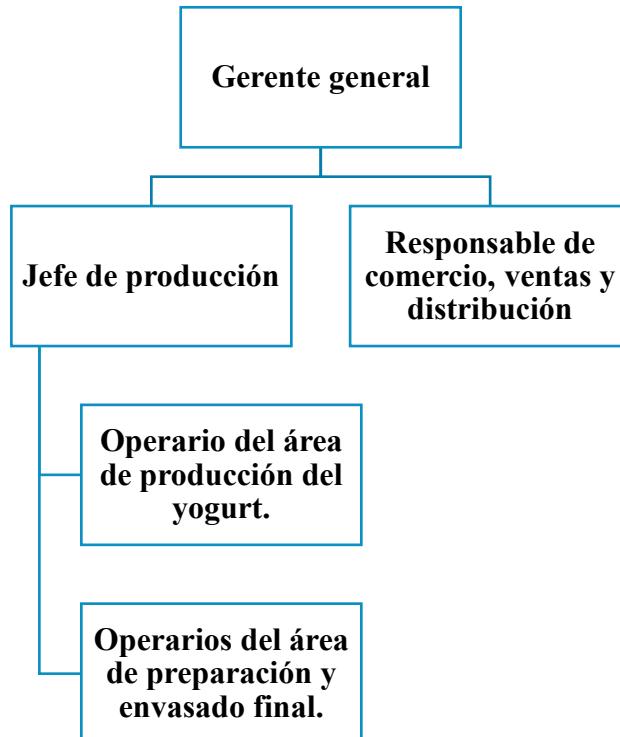
- Presentación personal de 90 ml.

- Sabor coco, frutilla, mora y durazno.

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

3.3 Organigrama

La empresa DELACTO cuenta con un organigrama de tipo lineal y jerárquico, compuesto por seis miembros, que desempeñan sus funciones durante jornadas laborales de ocho horas. Este organigrama destaca por su estructura clara y de fácil comprensión, que refleja la organización de la empresa.

Figura 3-2*Organigrama de la empresa DELACTO*

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- El gerente general de la empresa DELACTO desempeña un rol multifuncional clave, asumiendo tanto la dirección general como las funciones administrativas y de marketing. Se encarga de tomar decisiones estratégicas fundamentales para el desarrollo de la empresa, tales como la gestión eficiente de los recursos financieros, la disponibilidad de personal competente, la negociación ante solicitudes importantes, la resolución de problemas urgentes y la coordinación del equipo para alcanzar las metas organizacionales.
- Asimismo, dirige y coordina todas las actividades administrativas necesarias para el funcionamiento de la empresa, incluyendo la supervisión contable, la gestión de compras y suministros y el aseguramiento del cumplimiento de normativas legales y fiscales. Además, el gerente general también lidera las acciones de marketing, promoviendo los productos a través de medios digitales con el objetivo de captar la atención del público y contribuir al crecimiento de

la base de clientes. Esta integración de funciones responde a la estructura compacta de la empresa, lo que requiere una gestión versátil y eficiente por parte de su máxima autoridad.

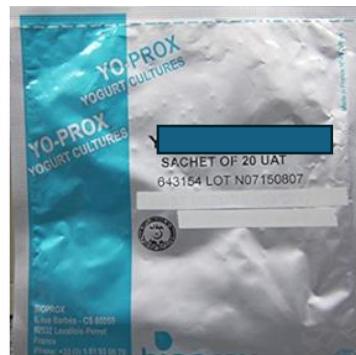
- El jefe de producción tiene la responsabilidad de supervisar y asegurar el cumplimiento adecuado de cada etapa del proceso productivo del yogur. Su labor implica verificar que se disponga de todos los insumos necesarios, prevenir interrupciones que puedan afectar la eficiencia del proceso, y velar por la calidad en la ejecución de las tareas. Además de sus funciones de supervisión, colabora directamente con los operarios en tareas operativas cuando la situación lo requiere, reflejando la adaptabilidad y compromiso que demanda una estructura organizacional pequeña.
- El operador encargado de la primera fase del proceso productivo del yogur tiene como función principal recibir y procesar la leche, desarrollando actividades que abarcan desde su recepción hasta la etapa de inoculación. Su trabajo es clave para garantizar que las condiciones iniciales del producto cumplan con los parámetros establecidos de calidad e inocuidad.
- Los operadores responsables del área de preparación y envasado final. Se encargan de añadir los ingredientes específicos como colorantes, saborizantes y conservantes si el tipo de yogur lo requiere, para luego proceder al envasado y etiquetado, asegurando su correcta presentación y conservación. Posteriormente, se refrigeran los productos para su venta. Además, el segundo grupo se encarga de la fabricación de mantequilla, siguiendo los procesos correspondientes.
- El responsable de comercio ventas y distribución tiene la responsabilidad de gestionar las relaciones comerciales con los clientes, así como de garantizar una distribución eficiente y la entrega oportuna de los productos lácteos de la empresa en óptimas condiciones.

3.4 Materia Prima

En la siguiente tabla se describe la materia prima que se utiliza para la elaboración del yogurt probiótico TRIFRUT.

Cuadro III-4

Materia prima para la elaboración del yogurt probiótico TRIFRUT

Ítem	Gráfico	Descripción	Procedencia
Leche		Es la materia prima principal, se utiliza para la elaboración de todos los productos.	Local. Tarija.
Grenetina		Se emplea para dar consistencia y espesor al yogurt.	Local. Tarija.
Cultivo		Se utiliza para fermentar la lactosa en la leche y convertirlo en yogurt.	Francia.

Conservante		Se emplea para prolongar la vida útil del producto y evitar el deterioro y crecimiento de microrganismo.	Local. Tarija.
Edulcorante		Edulcorante sustituto de la azúcar. Se utiliza para productos libres de azúcar y calorías.	Santa Cruz.
Pulpa de fruta frutos rojos		Se utiliza como complemento para el yogurt probiótico.	Local. Tarija
Pulpa de fruta tropical		TRIFRUT FRUTOS ROJOS.	TRIFRUT FRUTOS ROJOS.
		Se utiliza como complemento para el yogurt probiótico.	Local. Tarija.
		TRIFRUT TROPICAL	

3.5 Mano de Obra

Para la elaboración de los diferentes productos que ofrece DELACTO, participan un total de cuatro operarios. Dos de ellos están encargados del área de producción del yogur y los otros dos operarios se encargan del área de preparación y envasado final. Además, este equipo se encarga de la elaboración de la mantequilla utilizando la crema restante del descremado de la leche de la primera etapa.

3.6 Equipos y Maquinarias

En la siguiente tabla describe los equipos y maquinarias utilizados en la elaboración de los diversos productos ofrecidos por DELACTO.

Cuadro III-5

Equipos y maquinaria

Maquinaria/Equipo	Descripción	Características
Refrigerador 	Se utiliza para almacenar y refrigerar el producto terminado o en proceso de producción.	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen útil del comportamiento de congelados: 513 L. - Temperatura de congelado: -18°C.
Pasteurizador 	Se utiliza para pasteurizar la materia prima (leche) para su posterior uso.	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad máxima de carga de 200 litros - Motor eléctrico que regula el agitador.

Descremadora



Se utiliza para separar la crema de la leche. Logrando obtener una leche libre de nata.

- Capacidad máxima de 100 l/h.

- Capacidad máxima de carga 15 litros.

Fechadora



Se utiliza para poner la fecha de vencimiento al producto.

- Uso manual.

- Eléctrico.

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

3.7 Proceso Productivo Del Yogurt Probiótico TRIFRUT

El proceso de producción del yogurt probiótico TRIFRUT comprende una serie de etapas críticas que requieren la adecuada integración de insumos y equipos esenciales para garantizar la calidad del producto final. Por ello, resulta fundamental llevar a cabo un diagnóstico detallado del proceso productivo, identificando los factores clave que afectan su eficiencia y desempeño. A continuación, se presenta la descripción de cada etapa, resaltando los aspectos determinantes en la producción del yogurt probiótico TRIFRUT.

3.7.1 Recepción de Materia Prima

La principal materia prima para la producción del yogur probiótico TRIFRUT y otros productos de la empresa DELACTO es la leche. Diariamente, los proveedores entregan un total de 200 litros de leche, distribuidos en cuatro tanques de acero inoxidable de 50 litros cada uno.

El proceso comienza con la recepción de los tanques de leche en la puerta principal de la empresa. A continuación, el encargado de control de calidad realiza una inspección inicial, que consiste en la medición del pH y la acidez de la leche a partir de una muestra.

Figura 3-3

Lote de leche recepcionado



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante la de recepción de materia prima.

Para asegurar la validez y precisión del análisis fisicoquímico de la leche cruda, es fundamental que la muestra se encuentre a una temperatura estandarizada de 20 °C, condición que permite obtener resultados confiables y comparables conforme a los protocolos de control de calidad establecidos. Al momento de la recepción del lote en planta, la temperatura de la leche oscilaba entre 10 °C y 20 °C, dependiendo de si ha sido sometida a refrigeración previa o proviene directamente del proceso de ordeño reciente.

Ante esta variabilidad, el responsable de control de calidad procede a ajustar la temperatura de la muestra antes de iniciar el análisis. En caso de que la temperatura sea superior a 20 °C, la muestra se enfriá ligeramente mediante refrigeración controlada. Por el contrario, si la temperatura es inferior, se aplica una fuente de calor suave y uniforme hasta alcanzar los 20 °C requeridos, evitando alteraciones en la composición de la muestra. Este procedimiento garantiza que los resultados obtenidos sean representativos de las condiciones reales de la materia prima.

Figura 3-4

Control de calidad de la leche



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de control de calidad de la leche.

Una vez completados los controles correspondientes, la información se registra en una planilla de control, donde se detallan, además de los parámetros evaluados, datos adicionales como la fecha, hora, cantidad procesada, proveedor de la materia prima, color del producto, entre otros aspectos relevantes.

Figura 3-5*Planilla de control*

Nº	FECHA	LOTES LECHE	PROVEEDOR	CANTIDAD LITROS	ORGÁNICAS			HIGIENICA			FÍSICO QUÍMICAS			RESPONSABLE/FIRMA
					OLOR	COLOR	TEXTURA	IMPUREZAS	TEMP 4°-12°C	ACIDEZ 0.13-0.18%	P. ALCOHOL Negativo	PH 6.6-6.8	MASTITS NEGATIVO	
					PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA									
1	04/06/24 04/06/24	Lujan		210	/	/	/	-	20°C	13°D	-	6,6	-	<i>Marta</i>
	OBSERVACIONES:	Lote de leche recien ordenada a 20°C												
2	04/06/24 04/06/24	Lujan		200	/	/	/	-	25	13°D	-	6,65	-	<i>Gabriela</i>
	OBSERVACIONES:	Leche fresca												
3	03/06/24 03/06/24	Lujan		200	/	/	/	-	20°C	13°D	-	6,64	-	<i>Marta</i>
	OBSERVACIONES:	Lote de leche recien ordenada a 20°C												
4	03/06/24 10/06	Lujan		200	/	/	/	-	20°C	14°D	-	6,7	-	<i>Gabriela</i>
	OBSERVACIONES:													
5	13/06/24 13/06	Lujan		200	/	/	/	-	20°C	13°D	-	6,74	-	<i>Gabriela</i>
	OBSERVACIONES:	3 tachos c/ leche refrigerados / Resto recien ordenados												
6	18/06/24 18/06			200					27°C	12°D	-	6,69	-	<i>Gabriela</i>
	OBSERVACIONES:													
7	22/06/24 22/06/24	Lujan		220	/	/	/	-	21°C	13°D	-	6,74	-	<i>Marta</i>
	OBSERVACIONES:	Lote de leche recien ordenada												
8	24/06/24 18/06/24	Lujan		250	/	/	/	-	25°C	12°D	-	6,75	-	<i>Marta</i>
	OBSERVACIONES:	Lote de leche recien ordenado												

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO.

3.7.2 Cargado y Prefiltrado

Antes de cargar la leche en el pasteurizador para su precalentamiento, se coloca un colador o filtro en la entrada superior del equipo. Este filtro retiene cualquier impureza o residuo orgánico que pudo haber quedado tras el proceso de ordeño.

Los operarios dividen la carga de cada tanque de leche a un recipiente de polietileno de 50 litros, en porciones de aproximadamente 25 a 30 litros y proceden a carga cada uno de ellos al tanque repitiendo el proceso para los tres restantes. Esto permite una manipulación más segura y eficiente de la leche antes de ingresarla al pasteurizador.

Durante esta operación, los operarios a veces utilizan guantes, lo que mejora el agarre y evita el contacto directo con posibles impurezas presentes en la base del tacho metálico.

Figura 3-6*Cargado de leche*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de cargado y prefiltrado de la leche.

Una vez finalizada la descarga total de la leche, se retira el colador y se despeja el área, trasladando los recipientes de leche a otra zona.

El encargado del área realiza una limpieza inmediata al concluir esta etapa, asegurando la higiene y evitando cualquier riesgo de contaminación. El tiempo estimado para completar esta fase es, en promedio, de 6 minutos.

3.7.3 Precalentado

Una vez que el pasteurizador ha sido cargado con la leche, el encargado enciende las hornillas ubicadas en la parte inferior de este, las cuales generan calor mediante una llama alimentada por gas proveniente de una garrafa.

El objetivo de esta etapa es elevar la temperatura de la leche hasta los 30°C, requisito fundamental para el siguiente proceso: el descremado. Debido a la ausencia de un sistema de control automatizado o estandarizado del tiempo de calentamiento, el encargado debe monitorear manualmente la temperatura. Para ello, abra periódicamente la tapa superior del pasteurizador e introduzca un termómetro de alcohol para verificar si la leche ha alcanzado la temperatura deseada.

Se estima que el tiempo de precalentado varía según la temperatura inicial de la leche, siendo este proceso de aproximadamente de 22 minutos.

Una vez alcanzada la temperatura requerida, se apagan las hornillas del pasteurizador y se cierra la garrafa para evitar posibles fugas de gas. Es importante destacar que, debido a la baja ventilación del ambiente, la combustión genera la emisión de ciertos gases que pueden afectar la respiración y causar irritación ocular. Por esta razón, tras encender el pasteurizador, el encargado abandona inmediatamente el área para minimizar la exposición a estos gases y garantizar su seguridad.

Figura 3-7

Precalentado en el pasteurizador



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de precalentado.

3.7.4 Descremado

Para el proceso del descremado se emplea un equipo cuya finalidad es separar la crema o grasa de la leche. La capacidad de carga del equipo es de 12.5 litros y trabaja a una capacidad media de 100 L/h.

En esta etapa, el encargado prepara el equipo de descremado, asegurando su correcta instalación y funcionamiento. El equipo se encuentra sobre un soporte de madera, y junto a él se dispone un recipiente de metal esterilizado para la recolección de la crema.

Antes de su uso, el equipo de descremado, que funciona con energía eléctrica, requiere un calentamiento previo de aproximadamente 10 a 15 segundos. Una vez completado este proceso, el encargado procede a cargar la leche precalentada a una temperatura de 30°C. Para ello, la leche es extraída desde la boquilla del pasteurizador y transferida a un recipiente plástico con capacidad de 20 litros, desde donde será descargada en el equipo de descremado para su separación.

Figura 3-8

Descremadora en funcionamiento



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de descremado.

La leche se vierte en la tolva hasta alcanzar su capacidad máxima de 12.5 litros. Una vez completada la carga, se abre la válvula de salida para iniciar el proceso de separación de la grasa.

El equipo de descremado al contar con dos vías de salida permite, que la leche descremada sea conducida directamente a un tanque de polietileno de 50 litros, mientras que, por el otro, se recolecta la crema o nata.

Dado que la capacidad de carga del equipo es de 12.5 litros y su rendimiento alcanza los 100 litros por hora, el operador recarga manualmente la leche a la tolva de manera constante cada cuatro a cinco minutos aproximadamente. Este proceso tiene una duración aproximada de dos horas, motivo a que se descreman 200 litros de leche.

Al finalizar, se obtiene entre 10 y 12 litros de crema, lo que representa un contenido de grasa del 5 % al 6 %.

Figura 3-9

Cargado de la leche a la descremadora



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de descremado.

3.7.5 Pasteurización

Concluido el proceso de descremado, la leche contenida en recipientes de polietileno de 50 litros es transferida al pasteurizador, donde se somete a calentamiento controlado mediante la activación de las hornillas a llama directa. De manera simultánea, se enciende el motor del equipo, el cual acciona las paletas internas para garantizar la agitación continua y una distribución uniforme del calor en toda la masa líquida.

La temperatura de la leche se incrementa progresivamente hasta alcanzar el punto de pasteurización, establecido en aproximadamente 87 °C. Durante esta etapa, la emisión de vapor por la parte trasera del equipo constituye un indicador visual del cumplimiento del proceso térmico. El tiempo estimado para la pasteurización de un volumen de 200 litros es de 40 a 45 minutos.

Finalizado este procedimiento, la leche permanece en reposo dentro del tanque por un período aproximado de 20 minutos, con el propósito de asegurar la inactivación de los microorganismos remanentes y reforzar la inocuidad del producto antes de su enfriamiento y posterior procesamiento.

Figura 3-10

Pasteurización de la leche



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de pasteurización.

3.7.6 Preparación y Adición de Grenetina

Durante ese período de 20 minutos, se procede a agregar la grenetina para darle la consistencia requerida al yogur probiótico. Para ello, la grenetina en polvo se deposita en un recipiente de vidrio resistente al calor, al cual se le añade agua para su hidratación, mezclándose cuidadosamente hasta lograr una dispersión homogénea.

Tras unos minutos, la mezcla adquiere una textura semisólida, momento en el cual el encargado la somete a un proceso de calentamiento en horno microondas, permitiendo su fusión hasta obtener una solución líquida uniforme. Finalmente, esta preparación es incorporada al pasteurizador y mezclada con la leche, asegurando su adecuada distribución en todo el volumen.

3.7.7 Enfriado

Pasados los 20 minutos de espera en el pasteurizador y adicionada la grenetina, se procede a descargar la leche y almacenarla en ollas metálicas de acero inoxidable de aproximadamente 20 litros. Al tener la llave de salida en la parte inferior del pasteurizador, el encargado coloca la olla debajo y, en posición agachada, coloca el filtro y procede a la descarga. El filtro se emplea para detener cualquier pequeño residuo que aún haya quedado de procesos anteriores.

Figura 3-11

Filtrado y descarga de la leche



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de filtrado y descarga.

Una vez llena la primera olla de leche, es llevada directamente al sistema de enfriado, el cual se realiza mediante el cambio de agua a baño maría.

Son un total de nueve ollas, de las cuales cinco se llevan directamente al sistema de enfriado (siendo este el número máximo de capacidad), y las cuatro restantes se almacenan en una mesa móvil para ser enfriadas posteriormente.

El proceso de enfriado que emplea la empresa se realiza mediante el método de cambio de agua por baño maría. La finalidad de esta etapa es reducir la temperatura de la leche recién pasteurizada, que se encuentra aproximadamente en 87°C, hasta una temperatura de 42°C, adecuada para llevar a cabo el proceso de inoculación y lograr que el cultivo actúe correctamente.

Se cuenta con una base metálica de una altura aproximada de 50 cm, sobre la cual se colocan cinco ollas grandes con capacidad de 50 litros. Estas se cargan con agua fría mediante una manguera, hasta un volumen mayor a 1/4 de la olla (aproximadamente 20 litros).

Posteriormente, se coloca manualmente las ollas de 20 litros de leche dentro de las ollas grandes. Los soportes laterales permiten que las ollas de leche se estabilicen.

Una vez que las ollas son colocadas en baño maría, el operario, utilizando guantes térmicos de seguridad, procede a destaparlas y agitar suavemente la leche con un cucharón higienizado. Posteriormente, vuelve a cubrirlas, con el fin de favorecer la homogeneización del calor y optimizar la transferencia térmica entre el agua del baño maría y la totalidad del volumen de leche contenido en la olla.

Pasado un período de tiempo, el agua comienza a elevar su temperatura por efecto del calor. Sin embargo, el encargado verifica al tocar la olla grande que el incremento de temperatura se concentra en la parte superior y media, mientras que en la parte inferior la temperatura no es suficiente.

Para lograr una distribución térmica uniforme, proceda a recircular el agua mediante la adición de agua a presión con una manguera, a través de los espacios entre las ollas.

Una vez que el agua alcanza una temperatura elevada, por transferencia de calor, se retiran las ollas de leche, se colocan sobre la mesa y se descarga el agua hacia los

tanques plásticos y posteriormente, se recargan las ollas grandes con agua fría y se repite el proceso inicial.

Figura 3-12

Recirculación del agua



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de enfriado.

Durante esta etapa, el operario monitorea la temperatura de la leche en intervalos regulares de aproximadamente 3 a 4 minutos, utilizando un termómetro calibrado y recirculando el contenido con un cucharón higienizado para favorecer la homogeneidad térmica. Este procedimiento se repite de manera sistemática hasta alcanzar la temperatura óptima de 42 °C.

Una vez lograda la temperatura deseada, las ollas son retiradas cuidadosamente del baño maría, colocadas sobre la mesa de trabajo y cubiertas con un forro térmico, con el propósito de conservar el calor y prevenir descensos significativos antes de la etapa de inoculación.

El mismo procedimiento se repite con las cuatro ollas restantes, lo que permite dar por concluido el proceso de enfriamiento.

Figura 3-13*Control de la temperatura de enfriado*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el control de temperatura.

El tiempo estimado por ciclo es de entre 45 y 50 minutos. Se realizan dos ciclos, el tiempo total del proceso de enfriado promedio es de aproximadamente 113 minutos.

3.7.8 Preparación y Adición del Cultivo

El proceso de preparación y adición del cultivo consiste en incorporar el inóculo o cultivo probiótico requerido para inducir la acidificación de la leche y favorecer su transformación en yogurt. Para garantizar la viabilidad y acción óptima de los microorganismos, la leche debe mantenerse a una temperatura controlada de 42 °C.

La empresa DELACTO utiliza un cultivo específico para la elaboración de yogures probióticos, el cual es importado y adquirido mediante un distribuidor nacional autorizado. Este cultivo se presenta en forma de polvo, envasado herméticamente, y se conserva bajo las condiciones establecidas en su ficha técnica, a fin de preservar su estabilidad y eficacia.

Para su aplicación, el responsable del área utiliza una balanza analítica de precisión con el propósito de pesar la cantidad exacta requerida para cada olla. Posteriormente, procede a diluir el cultivo en una fracción de leche estéril, mezclando cuidadosamente para evitar la formación de grumos, y lo adiciona a la olla correspondiente. Finalmente, la mezcla es agitada hasta lograr una distribución homogénea del cultivo. Este procedimiento se repite de manera uniforme para cada una de las nueve ollas.

Figura 3-14

Pesaje del cultivo



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de inoculación.

Concluida la adición del cultivo, se cubren las ollas con mantas térmicas para preservar la temperatura de la leche, permitiendo así que el cultivo actúe adecuadamente y se logre la fermentación deseada para la obtención del yogur probiótico.

3.7.9 Inoculación

Una vez adicionado el cultivo láctico a la leche pasteurizada y enfriada a la temperatura adecuada de incubación, los recipientes (ollas) se dejan reposar durante un período de aproximadamente siete horas, permitiendo que las bacterias iniciadoras actúen sobre la

lactosa, fermentándola en ácido láctico. Este proceso de fermentación acidifica gradualmente la leche, transformándola en yogurt.

Transcurrido dicho tiempo, el responsable del proceso realiza una verificación intermedia para confirmar la correcta fermentación. Esta evaluación incluye la medición del pH, la determinación de la acidez titulable y la inspección visual de la consistencia del producto, con el fin de asegurar que se ha alcanzado la textura, acidez y estabilidad características del yogurt.

Figura 3-15

Consistencia del yogurt pasado el periodo de inoculación



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de inoculación.

3.7.10 Refrigeración

Concluido el control intermedio respectivo, el encargado procede a cortar el proceso mediante el cambio de temperatura, motivo a que, si se mantiene a la misma temperatura, el yogurt corre el riesgo de acidificarse en exceso.

Por ello, se llevan las ollas a refrigeradores para bajar la temperatura a un rango ideal de entre 4°C y 8°C.

Con esta etapa concluye la elaboración del yogurt probiótico. Al día siguiente, pasadas las doce horas de enfriado, se procede a realizar el control de calidad final del yogurt y se destina una porción del 50% de este lote para la producción del yogurt probiótico TRIFRUT en sus dos presentaciones.

3.7.11 Preparación

Los encargados de la segunda etapa de producción proceden a retirar las ollas requeridas del refrigerador y prepararlas según el tipo de yogurt a producir. En el caso del yogurt probiótico TRIFRUT, se produce un promedio diario de 100 litros, por lo cual se retiran cinco ollas de los refrigeradores y se traspasan a recipientes plásticos de 20 litros para su respectiva preparación.

El yogurt, al estar refrigerado, presenta una consistencia densa en algunas partes, por lo cual se agita con un agitador manual con la finalidad de homogeneizarlo y obtener una consistencia uniforme y líquida.

Figura 3-16

Homogenización del yogurt



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de preparación del yogurt.

3.7.12 Adición de Conservantes y Edulcorante

Una vez alcanzada la homogeneización, se procede a la adición del conservante. Para ello, el insumo se deposita en un recipiente de plástico y se pesa según la cantidad requerida, empleando una balanza analítica de precisión. En este caso, se aplica una relación de 1:1 (1 gramo de conservante por cada litro de yogurt). Posteriormente, el conservante se disuelve en una pequeña cantidad de agua caliente y, finalmente, se incorpora al yogurt. Este aditivo permite preservar el producto por un periodo de hasta dos meses, evitando su deterioro.

En lo que respecta al edulcorante, se sigue un procedimiento igual al del conservante, utilizando la misma dosificación y relación. Una vez adicionados ambos insumos, se realiza un nuevo batido con el fin de asegurar una adecuada homogeneización de la mezcla.

Figura 3-17

Adición de conservantes y homogenización



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante la agitación del yogurt.

3.7.13 Adición de la Pulpa de Frutas

El yogurt probiótico TRIFRUT presenta dos tipos de presentaciones. La primera es de FRUTOS ROJOS, que contiene mora, frutilla y frambuesa; la segunda se denomina TROPICAL, la cual contiene piña, maracuyá y manzana verde.

Las pulpas de fruta son recepcionadas por el encargado del área, quien realiza el control de calidad inicial mediante la medición de grados Brix para cada tipo de fruta, con el propósito de verificar que los niveles de sólidos solubles principalmente azúcares naturales se encuentren dentro del rango establecido. Este control es fundamental para garantizar la consistencia sensorial y nutricional del producto final.

Una vez verificado que la pulpa cumple con los parámetros establecidos, se procede a su filtrado con el fin de eliminar residuos sólidos o impurezas remanentes.

Figura 3-18

Proceso de filtración de posibles residuos de la pulpa



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante la agitación del yogurt.

A continuación, la pulpa es sometida a un proceso de pasteurización y se deja reposar durante aproximadamente 30 minutos, favoreciendo la eliminación de microorganismos patógenos y reduciendo la carga microbiana. En esta etapa se

adiciona edulcorante para estandarizar el dulzor, y gelatina neutra exclusivamente en las pulpas de mora y maracuyá, debido a su consistencia más líquida en comparación con las demás.

Posteriormente, la mezcla es enfriada y almacenada en recipientes plásticos debidamente higienizados y etiquetados para su uso posterior. Este procedimiento se realiza con una frecuencia quincenal, garantizando disponibilidad y rotación del insumo.

A continuación, durante la preparación del yogurt probiótico TRIFRUT, la pulpa refrigerada es pesada y dosificada según la presentación correspondiente: FRUTOS ROJOS o TROPICAL asegurando homogeneidad y calidad sensorial en el producto final.

Figura 3-19

Adición de la pulpa de frutas para TROPICAL y FRUTOS ROJOS



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de adición de las pulpas de fruta al yogurt.

Para la presentación TROPICAL, se añade 0.3 kg de pulpa de manzana, 0.3 kg de piña y 0.5 kg de maracuyá por litro de yogurt. En el caso de la presentación de FRUTOS ROJOS se añade 0.3 kg de frutilla, 0.3 kg de frambuesa y 0.75 kg de mora por litro de yogurt.

Finalmente, se homogeniza la mezcla, dejándola lista para su envasado.

3.7.14 Envasado y Etiquetado

Este proceso se realiza de forma manual por una persona. Se llena cada botella plástica de un litro utilizando una jarra metálica, con la que se toma yogurt del recipiente de 20 litros y se lo transfiere a la botella mediante un embudo. Cada botella se coloca en la mesa y se continúa con la siguiente.

El tiempo de envasado varía según el tipo de presentación del yogurt TRIFRUT: aproximadamente 25 minutos por cada 50 litros para la versión de FRUTOS ROJOS y 28 minutos para la versión TROPICAL.

Una vez finalizado el llenado, se procede a tapar las botellas y colocar manualmente sus respectivas etiquetas. Este proceso permite etiquetar entre tres y cuatro botellas por minuto, lo que da un total promedio de 23 minutos por cada 100 botellas.

Figura 3-20

Envasado del yogurt probiótico TRIFRUT



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de envasado.

Figura 3-21*Etiquetado*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de etiquetado.

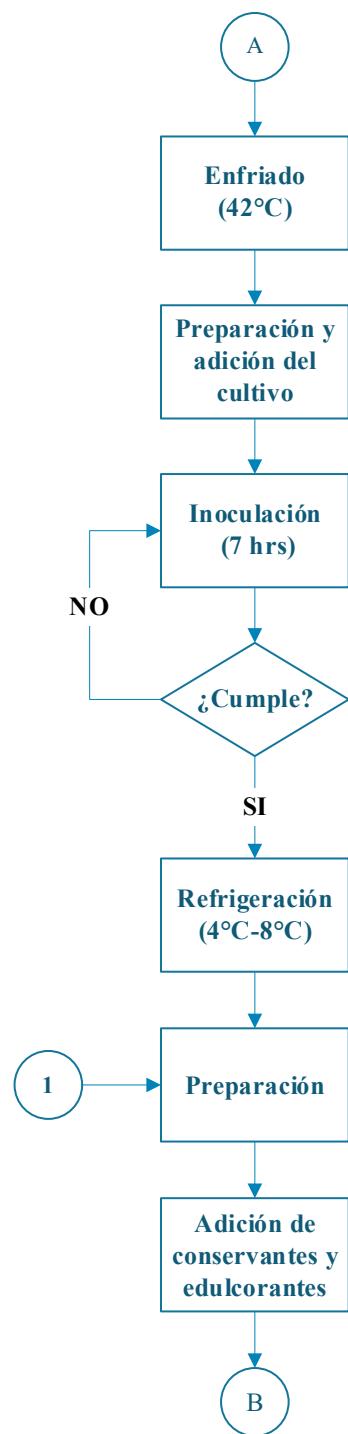
3.7.15 Almacenamiento final

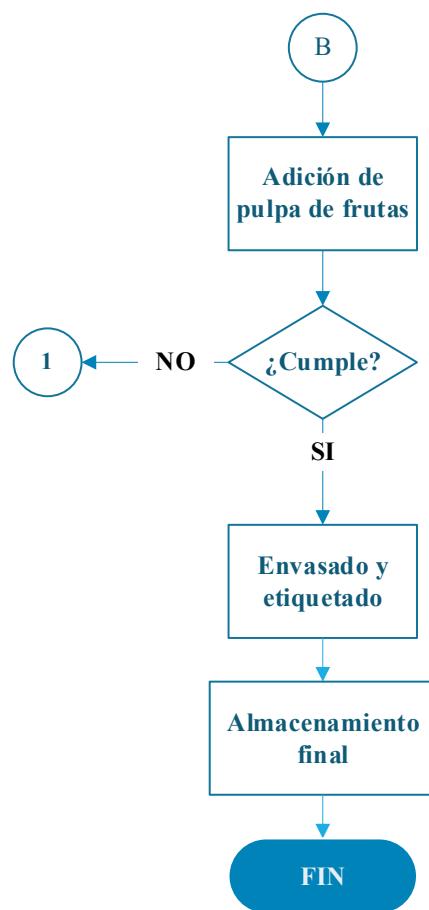
Concluido el envasado y etiquetado se procede a almacenar el producto en los refrigeradores a una temperatura de 4 a 8 °C para su posterior venta y distribución. El tiempo estimado de almacenamiento es de once minutos.

Figura 3-22*Almacenamiento final del yogur probiótico TRIFRUT*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso almacenamiento final.

Figura 3-23*Flujograma del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT*





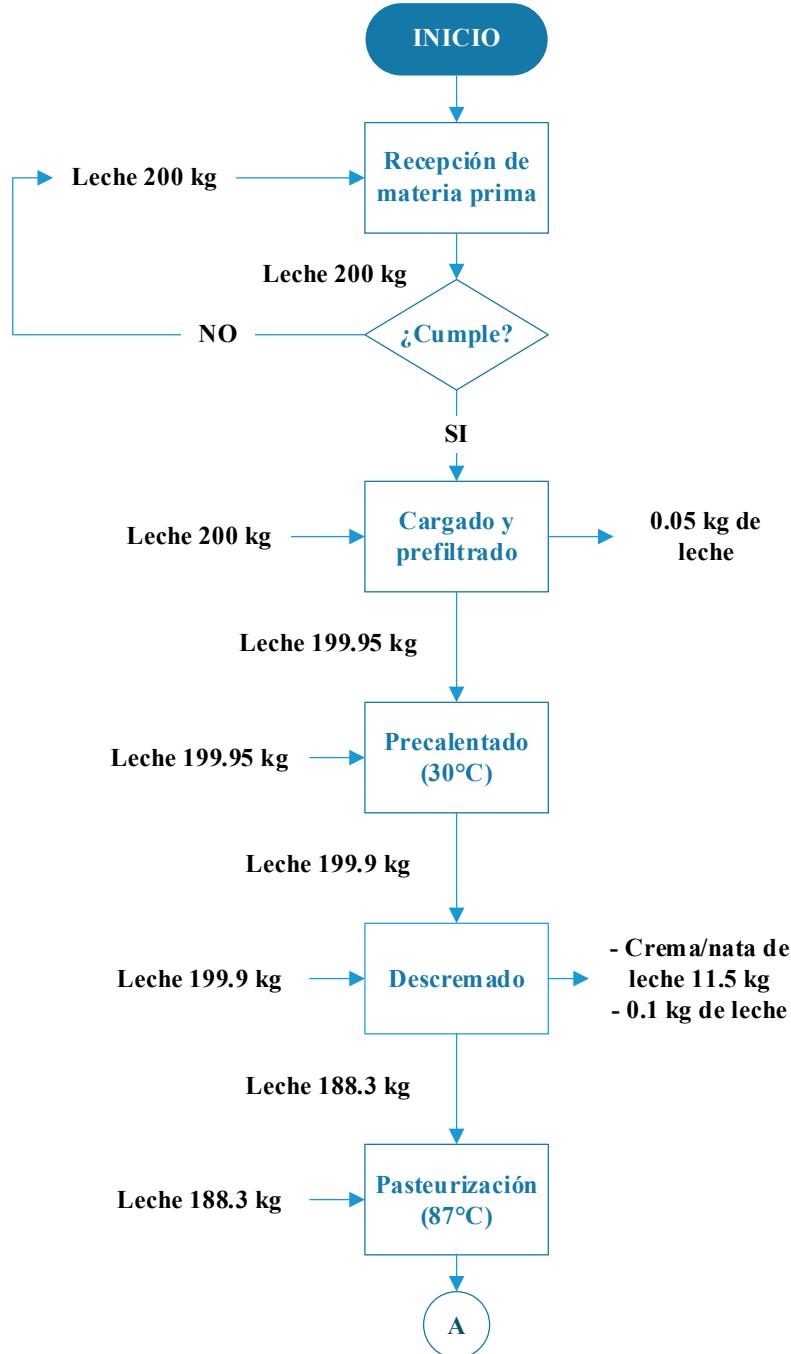
Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

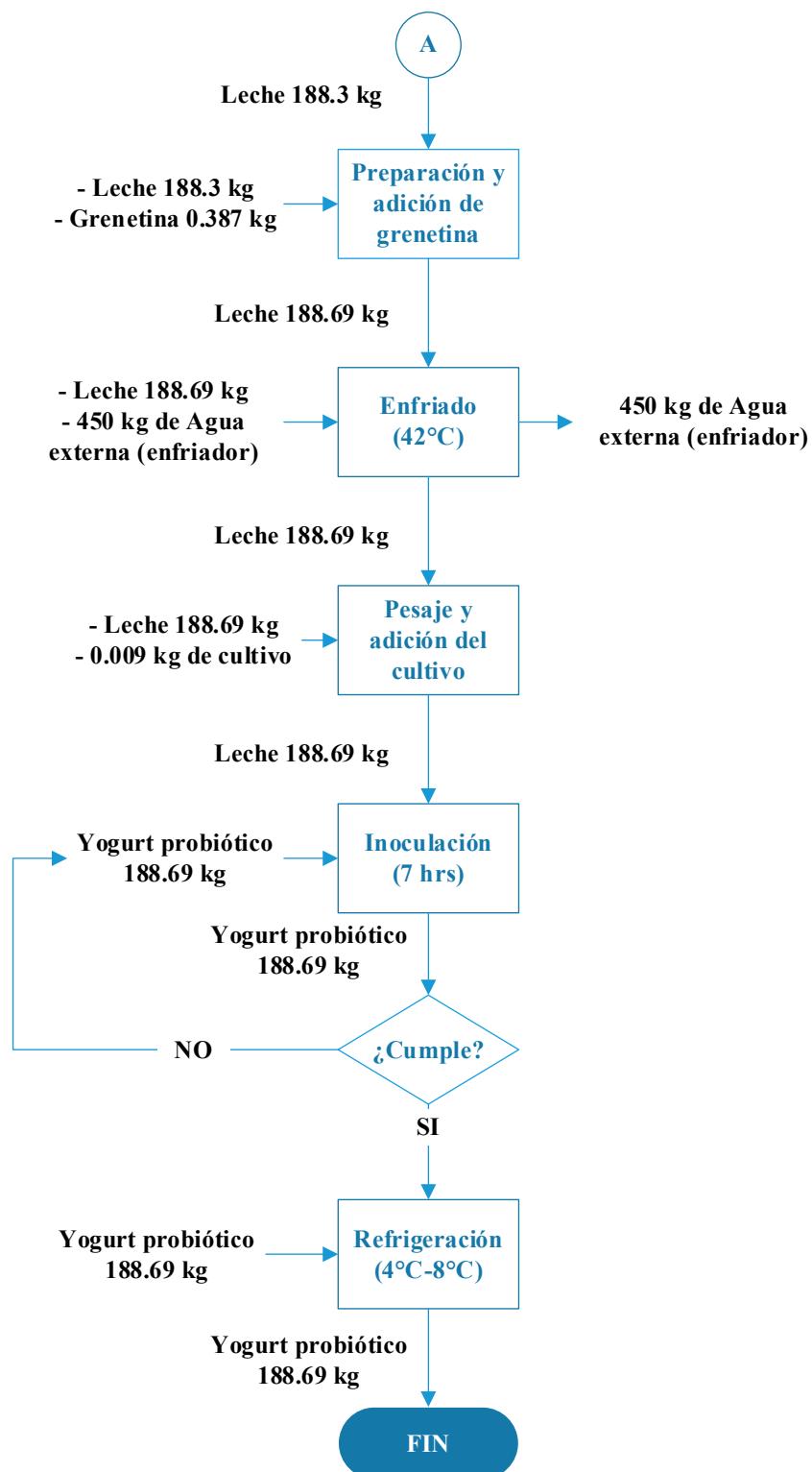
3.8 Balance Másico del Proceso Productivo del Yogurt Probiótico TRIFRUT

En las siguientes figuras se presenta el balance másico del yogurt probiótico TRIFRUT.

Figura 3-24

Balance másico del proceso productivo del yogurt probiótico



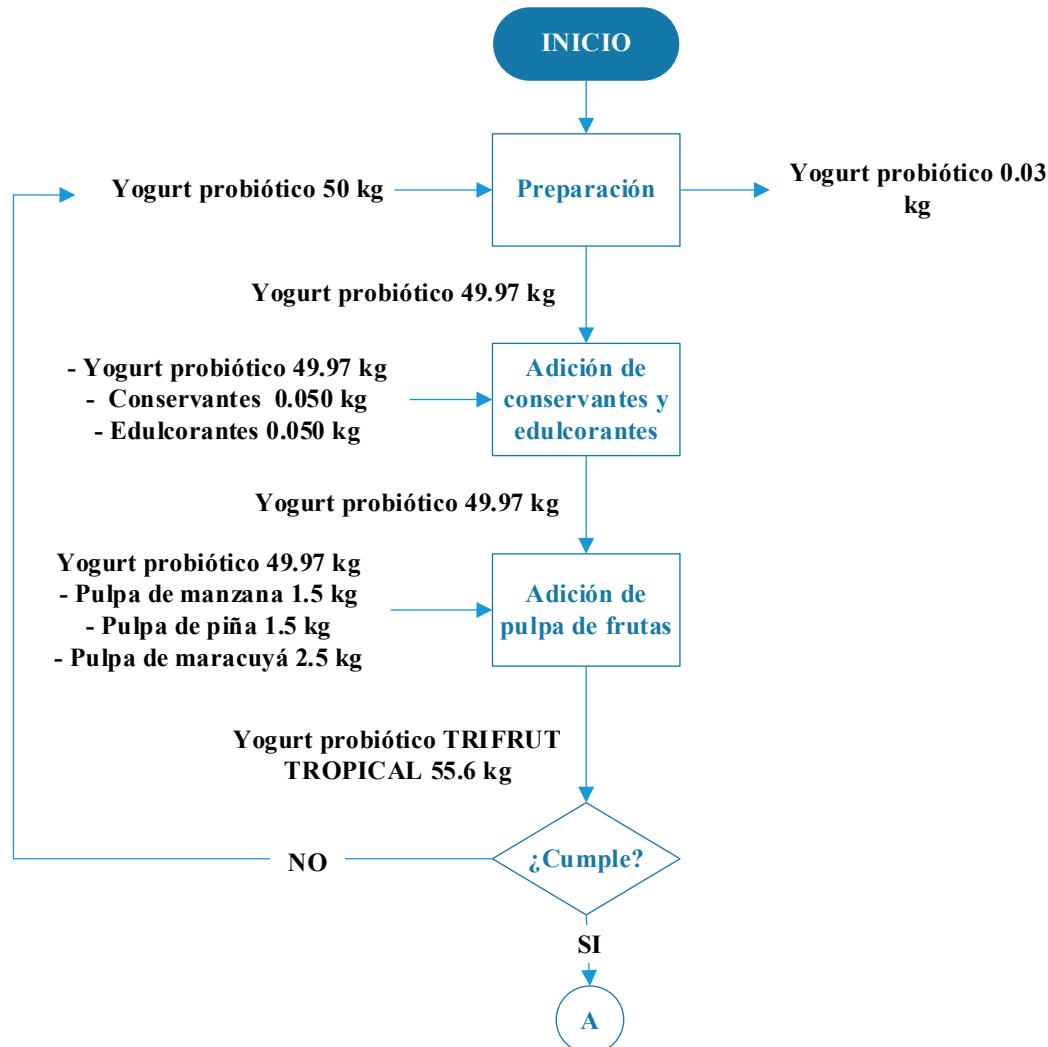


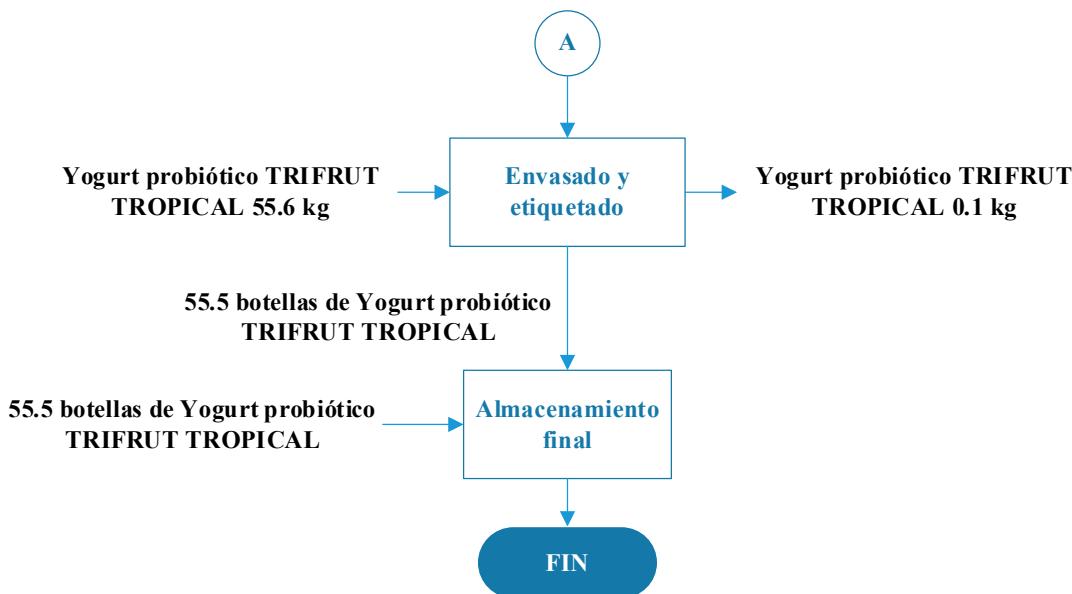
Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

En la etapa de refrigeración se da por concluido la elaboración del proceso productivo del yogurt probiótico. De los 188.7 kg. que se tiene almacenado en 9 ollas refrigeradas, 100 kg son asignados para la elaboración del yogurt probiótico TRIFRUT, que corresponde a cinco ollas. De los 100 litros el 50% es destinado para la presentación de FRUTOS ROJOS y el otro 50% para la presentación de TROPICAL. En base a esta información se procede a mostrar el balance másico respectivo de cada presentación.

Figura 3-25

Balance másico del yogurt probiótico TRIFRUT presentación TROPICAL

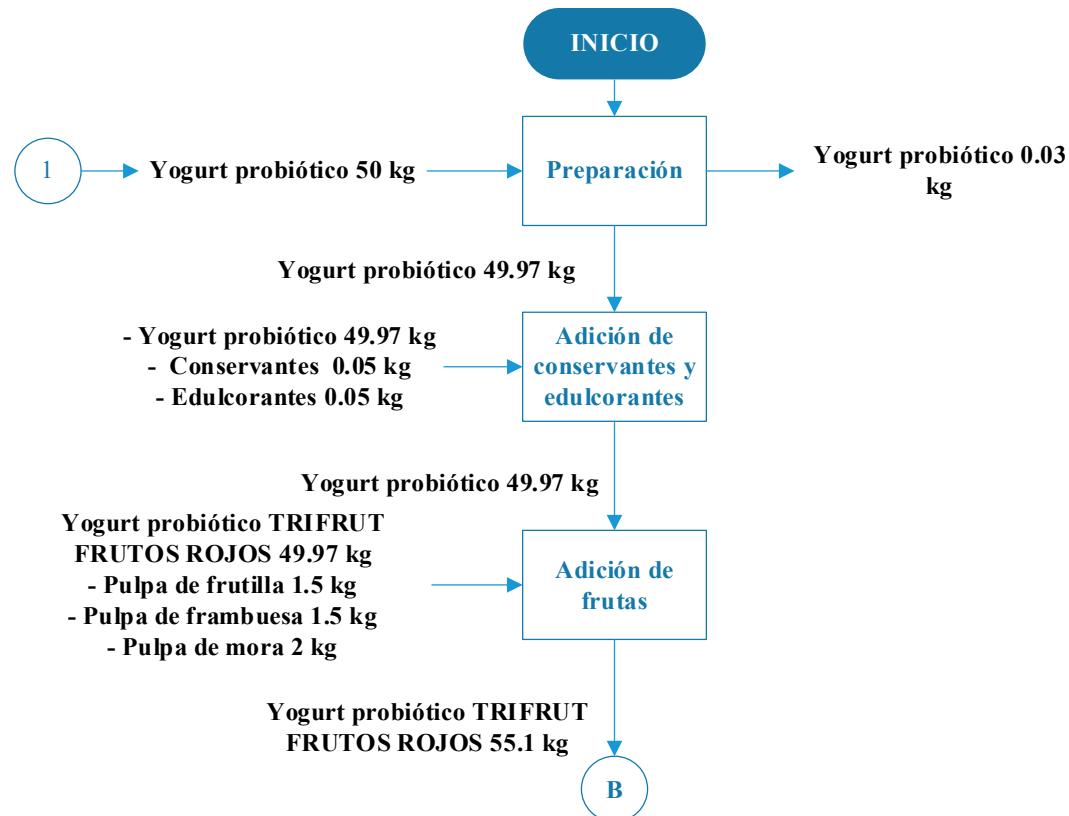


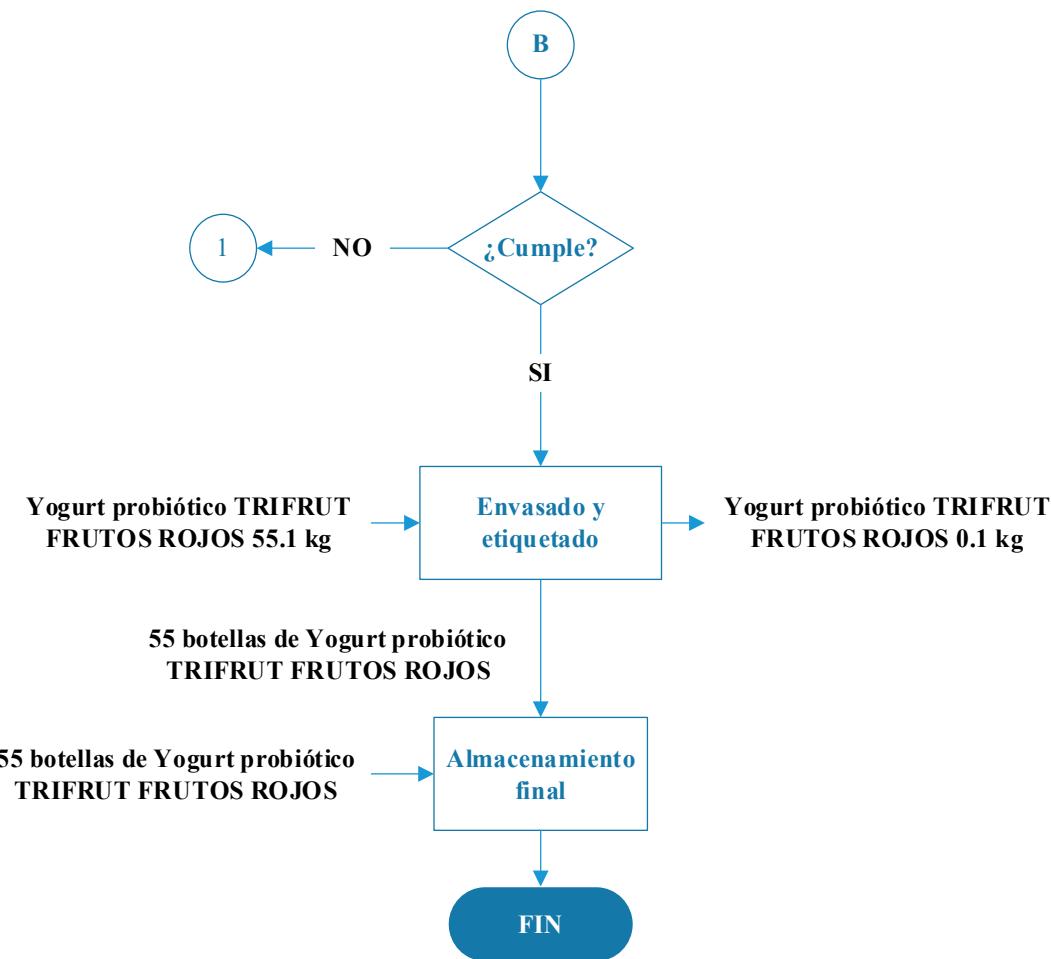


Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Figura 3-26

Balance másico del yogurt probiótico TRIFRUT presentación FRUTOS ROJOS





Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en el balance masico del yogurt probiótico TRIFRUT, lo que diferencia la presentación de FRUTOS ROJOS como la de TROPICAL, son la cantidades y tipos de pulpa de fruta.

3.9 Tiempo Promedio de Cada Etapa del Proceso Productivo del Yogurt Probiótico TRIFRUT.

Para evaluar la eficiencia del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT en la empresa DELACTO, se llevó a cabo un seguimiento detallado del tiempo empleado en cada una de las etapas que conforman el proceso de elaboración.

Esta recolección de datos se realizó durante un periodo de un mes, considerando diferentes jornadas productivas, con el objetivo de obtener valores representativos del tiempo promedio en cada fase del proceso.

El tiempo total estimado para el proceso productivo de 200 litros de yogurt probiótico es de 1,508.99 minutos, equivalentes a aproximadamente 25 horas. Este valor incluye tanto las etapas activas del proceso como aquellas en las que el producto permanece en reposo, tales como la inoculación (7 horas) y la refrigeración (12 horas), en las que no hay intervención directa del personal operativo.

Excluyendo estas fases, el tiempo efectivo operativo de trabajo en el proceso productivo del yogurt es de 6.13 horas efectivas de trabajo, sin considerar actividades adicionales como limpieza u otros procedimientos complementarios.

Una vez obtenida el yogurt probiótico base, se procede a la preparación y procesamiento de 100 litros destinados a la producción del yogurt probiótico TRIFRUT. El tiempo estimado para la producción del yogurt probiótico TRIFRUT, partiendo del yogurt probiótico natural refrigerado del proceso anterior, es de 120.93 minutos para ambas presentaciones: FRUTOS ROJOS y TROPICAL, lo que equivale aproximadamente a 2 horas.

Sumando los tiempos de todas las etapas del proceso, desde el inicio hasta la finalización y considerando todos los factores previamente explicados, el tiempo total de elaboración del yogurt probiótico TRIFRUT es de 1,629.88 minutos (27.16 horas).

No obstante, al excluir las fases de inoculación y refrigeración, donde no intervienen los operarios y el producto permanece en reposo, el tiempo efectivo de operación, es de 488.93 minutos efectivos de trabajo, lo que equivale aproximadamente a una jornada de 8 horas.

A continuación, se presenta una tabla resumen que detalla los tiempos promedios por etapa del proceso productivo del yogurt TRIFRUT.

Tabla III-1*Tiempo resumen del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT*

Proceso	Tiempo (min)
Recepción de materia prima	2.54
Cargado y prefiltrado	5.93
Precalentado	21.8
Descremado	119.98
Pasteurizado	44.1
Reposo	20
Enfriado	112.98
Pesaje y adición del cultivo	30.21
Inoculación	420.95
Control de calidad del yogurt y traslado de las ollas a refrigeración	10.5
Refrigerado	720
Preparación	15.09
Pesaje y adición de conservantes y edulcorantes	5.21
Pesaje y adición de pulpa de frutas	10.97

Control de calidad sensorial del yogurt probiótico TRIFRUT	2
Envasado N°1 (Tropical)	28.25
Envasado N°2 (Frutos rojos)	25.32
Etiquetado	23.29
Almacenamiento final	10.8
Tiempo total (minutos)	1,629.92
Tiempo operativo total (minutos)	488.97
Tiempo operativo total (horas)	8.15

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

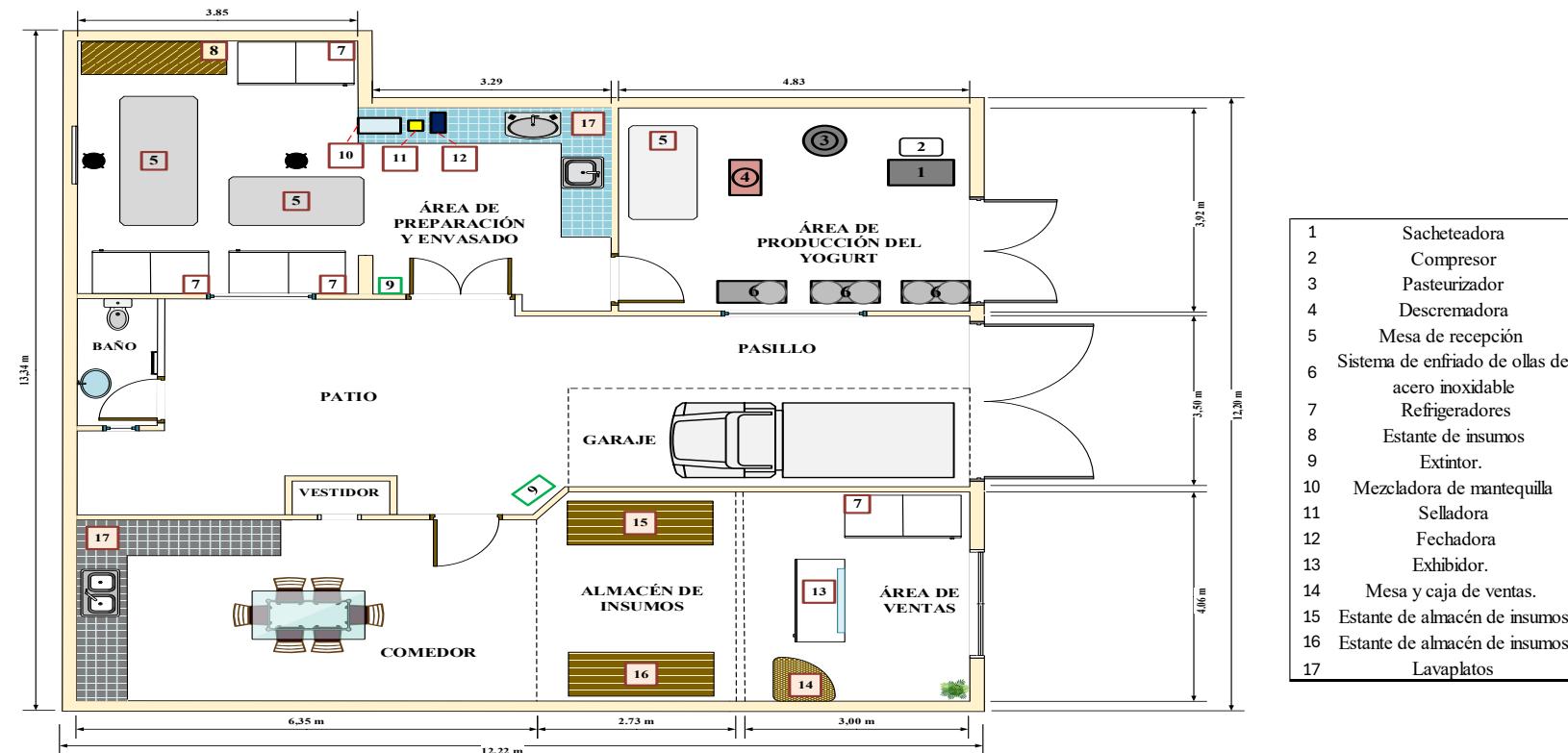
El detalle de cada una de las muestras recolectadas se encuentra documentado en el Anexo 1.

Asimismo, los cursogramas analíticos del proceso productivo, que describen en detalle la secuencia de actividades, los tiempos requeridos y la interacción entre etapas, se encuentran disponibles en los Anexos 2 y 3, respectivamente.

3.10 Lay Out

Figura 3-27

Lay out de la empresa DELACTO



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Los equipos y maquinarias representados en el lay out se describen en el cuadro III-5 Equipos y maquinaria.

El diseño presentado ilustra la distribución física de las áreas y equipos donde los operarios ejecutan las distintas etapas del proceso productivo, abarcando diversas líneas de elaboración, entre ellas la correspondiente al yogurt probiótico TRIFRUT. Dentro de este proceso, las áreas que se consideran críticas y que serán objeto principal de estudio e intervención, son la zona de producción del yogurt y la sección de preparación y envasado, dado que en estos espacios se llevan a cabo las fases más relevantes en la elaboración del yogurt probiótico TRIFRUT.

3.11 Análisis de los Puntos Críticos

El proceso de producción del yogurt probiótico TRIFRUT involucra diversas etapas en las que pueden presentarse factores que afectan la calidad, eficiencia y seguridad del producto final. Para garantizar un proceso óptimo, es fundamental identificar y analizar los puntos críticos, es decir, aquellas fases en las que pueden generarse desviaciones que comprometan la estabilidad del producto, su inocuidad o su tiempo de elaboración.

El presente apartado expone de manera detallada los puntos críticos identificados en el proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT.

3.11.1 Recepción de Materia Prima

Los cuatro tanques metálicos de 50 litros de leche son recepcionados en la entrada de la empresa. Una de las observaciones a tomar en cuenta en los tanques es que, en la base inferior, llegan restos de materia orgánica proveniente del área de ordeño.

Por otro lado, los tanques metálicos, al estar en contacto directo con el área del ganado vacuno, tienden a contaminarse con toda la materia orgánica que los rodea y, por ende, en ocasiones corren el peligro de tener contacto directo hasta con las mismas heces del animal, lo cual sería contaminante si llegara a tener contacto con la leche.

3.11.2 Control de Calidad de la Leche

La leche que recibe la empresa DELACTO debe cumplir con los parámetros establecidos por la empresa para ser apta en la elaboración del yogurt, así como con las características organolépticas deseadas.

Una vez recepcionada la materia prima, se procede a la verificación de su calidad mediante controles efectuados por el responsable del área, quien utiliza una planilla de registro basada en los rangos específicos definidos por la empresa y en conformidad con la normativa boliviana NB 33013.

Sin embargo, al tratarse de una empresa de pequeña escala, se ha evidenciado que la leche recepcionada en ocasiones no cumple con uno de los requisitos críticos establecidos por la normativa, que exige una temperatura de recepción inferior a 10 °C.

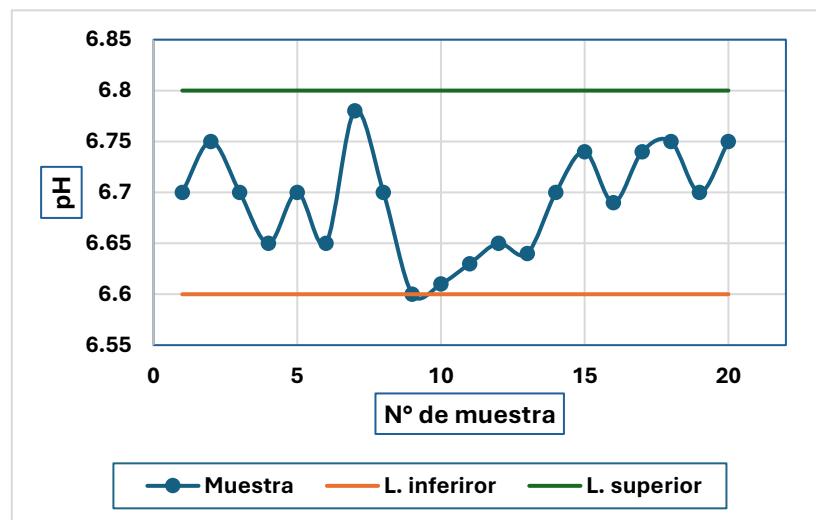
Esta desviación representa un riesgo significativo, debido a que puede favorecer la proliferación microbiana, incrementando la probabilidad de que la leche sufra alteraciones, como el corte o la acidificación prematura.

Adicionalmente, se identificó la carencia de ciertos equipos necesarios para evaluar otros parámetros relevantes de calidad, uno de ellos es el densímetro. Por tal motivo, el control se enfoca principalmente en dos indicadores fundamentales: la acidez y el pH. De acuerdo con la norma NB 33013, la acidez de la leche debe encontrarse en un rango de 13 a 18 grados Dornic, mientras que el pH óptimo debe situarse entre 6.6 y 6.8.

De acuerdo con muestras tomadas durante un período de un mes, se obtuvieron los siguientes resultados (ver las muestras en el Anexo 4).

Figura 3-28

Control del pH de la muestra de la leche recepcionada



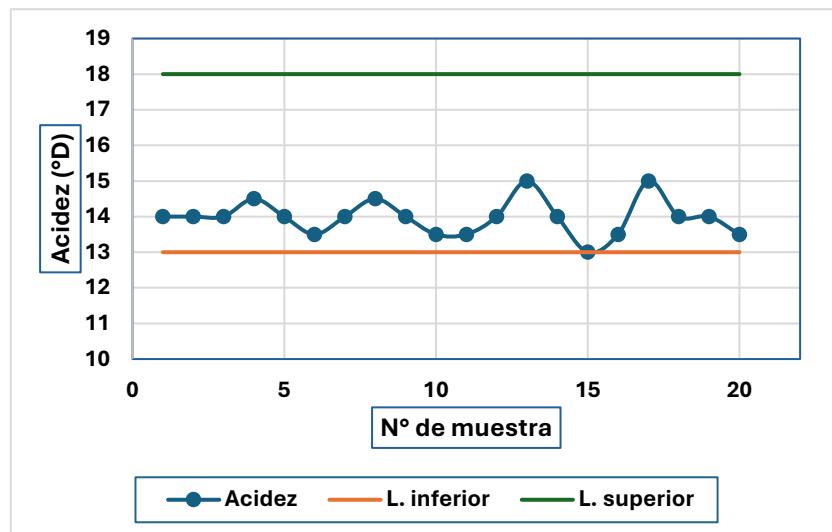
Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Como se puede observar en la figura 3-28, la leche se encuentra en su totalidad dentro de los rangos pertinentes, acorde al número de las muestras extraídas.

Por otro lado, para el caso de la acidez se muestra la siguiente figura.

Figura 3-29

Control de la acidez de la muestra de la leche recepcionada



Fuente: DELACTO. Elaboración propia (2024). Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Como se puede observar en la gráfica al igual que la del pH, la acidez manifiesta un comportamiento adecuado dentro del rango por parte de las muestras.

A pesar de que los controles realizados en las muestras cumplen con los rangos establecidos, se identificó una deficiencia significativa relacionada con el sistema de registro y control.

Actualmente, la planilla destinada a este fin se encuentra completamente llena y no se dispone de una versión actualizada o libre para continuar con el registro de los valores obtenidos. Como consecuencia, los datos son anotados de manera informal en hojas sueltas o, en algunos casos, el control no se realiza.

Asimismo, se evidenció que el formato de la planilla no ha sido actualizado en más de cinco años, lo cual limita la eficacia del registro y la trazabilidad de la información, comprometiendo así la sistematización y el seguimiento adecuado del control de calidad.

3.11.3 Cargado y Prefiltrado

En la etapa de cargado y prefiltrado de la leche hacia el pasteurizador, se emplea un filtro ubicado en la parte superior de la entrada del equipo, con el objetivo de retener impurezas residuales provenientes del proceso de ordeño. No obstante, un aspecto crítico identificado en esta fase es el método utilizado para transferir la leche al pasteurizador.

La leche es transportada en cuatro tanques de 50 litros, los cuales, al considerar el peso del contenido y del propio recipiente, superan los 60 kg. Esta carga representa una exigencia física considerable para el personal operativo, incluso cuando la maniobra es realizada por dos personas. La manipulación de estos tanques para verter el contenido en el pasteurizador resulta compleja y genera un alto riesgo de derrames debido al peso y la falta de coordinación durante la operación.

Para mitigar esta dificultad, se opta por dividir la mitad del contenido en tanques de polietileno. Sin embargo, esta solución no elimina el sobre esfuerzo físico requerido, lo cual, a mediano y largo plazo, podría afectar la salud del personal responsable de esta tarea.

Adicionalmente, se observó que, durante la transferencia de leche de un tanque a otro, el recipiente original presenta residuos de materia orgánica adheridos a su parte inferior, posiblemente procedentes del entorno de ordeño. Estas impurezas dejan rastros visibles en el área de trabajo, lo que obliga al personal a realizar una limpieza inmediata para prevenir cualquier riesgo de contaminación cruzada.

A pesar de estas acciones correctivas, resulta fundamental implementar medidas que reduzcan este tipo de incidentes y garanticen condiciones higiénicas óptimas en esta etapa del proceso.

A continuación, se presenta el cursograma analítico y sinóptico correspondiente al procedimiento actual de recepción, cargado y prefiltrado de la leche.

Cuadro III-6

Cursograma analítico de la etapa de recepción, cargado y prefiltro de la leche

Diagrama Num:3		Hoja Núm 1 de 1	RESUMEN				
			ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA	
Objeto: Recepción, cargado y prefiltro de la M.P.		Operación	○	10	-		
Actividad: Proceso productivo (Cargado de la leche de manera manual)		Transporte	□	1	-		
Método: Actual		Espera	□	-	-		
Lugar: DELACTO		Inspección	□	-	-		
Operario (s):	Ficha núm: 3	Almacenamiento	▽	-	-		
Ing. Rodrigo Ricaldi		DISTANCIA (m)		17.9	-		
Ing. Lizandro De La Quintana		TIEMPO (min-hombre)		8.5	-		
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:30/09/24	Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo	
		○ □ □ □ ▽				Observaciones	
Recepciona la materia prima y descarga de los cuatro tanques de 50 litros de leche desde el camión al área de producción.		2.5	10	●	●		Dos operarios salen a la puerta principal de la empresa y recepcionan los tanques de leche del proveedor
Distribuye la leche del primer tanque en partes iguales en un tanque de polietileno		0.5	-	●	●		Divide la cantidad de leche en dos para facilitar el cargado al pasteurizador
Instala el filtro y cargar la leche del primer tanque y del tanque de polietileno al pasteurizador		1	1.1	●			El cargado se realiza por dos operarios
Distribuye la leche del segundo tanque en partes iguales en un tanque de polietileno		0.5	-	●			-
Carga la leche del segundo tanque y del tanque de polietileno al pasteurizador		0.8	1.1	●			-
Distribuye la leche del tercer tanque en partes iguales en un tanque de polietileno		0.5	-	●			-
Carga la leche del tercer tanque y del tanque de polietileno al pasteurizador		0.8	1.1	●			-
Distribuye la leche del cuarto tanque en partes iguales en un tanque de polietileno		0.5	-	●			-
Carga la leche del cuarto tanque y del tanque de polietileno al pasteurizador		0.9	1.1	●			-
Retira el filtro y entregar los tanques vacíos al proveedor		0.5	3.5	●			-
Total		8.5	17.9	10	1	-	-

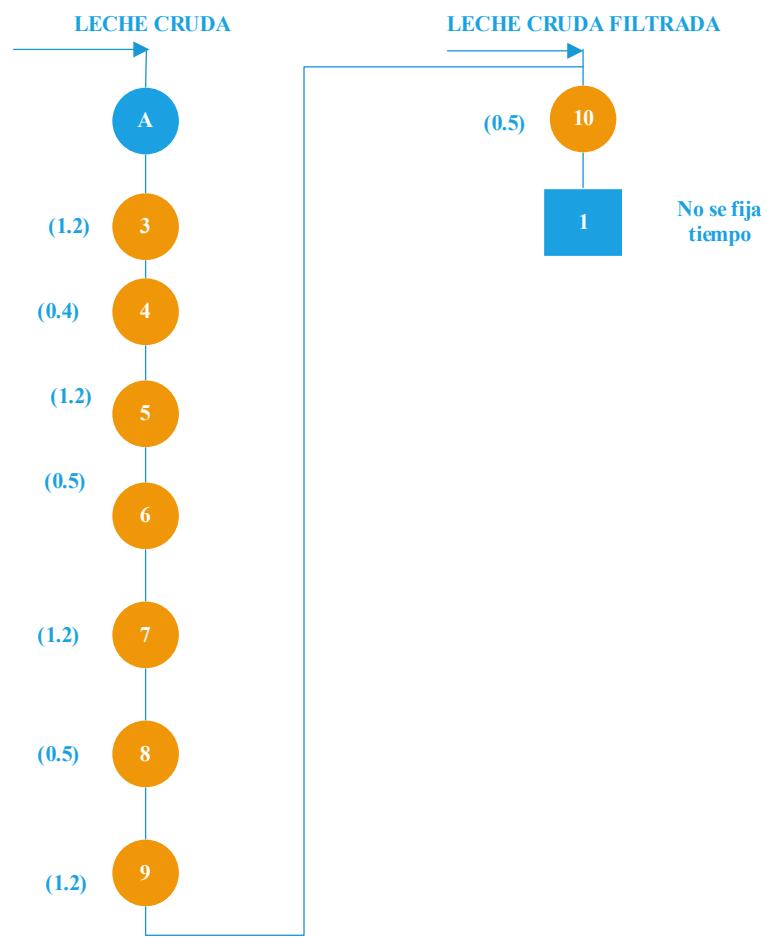
Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con el cursograma, el tiempo estimado para realizar este proceso es de 8.5 minutos.

Figura 3-30

Cursograma sinóptico de la etapa de recepción, cargado y prefiltro de la leche





Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Descargar los cuatro tanques de 50 litros de leche desde el camión al área de producción.
- Operación 2: Distribuir la leche del primer tanque en partes iguales en un tanque de polietileno.
- Operación 3: Instalar el filtro y cargar la leche del primer tanque y del tanque de polietileno al pasteurizador.
- Operación 4: Distribuir la leche del segundo tanque en partes iguales en un tanque de polietileno.
- Operación 5: Cargar la leche del segundo tanque y del tanque de polietileno al pasteurizador.

- Operación 6: Distribuir la leche del tercer tanque en partes iguales en un tanque de polietileno.
- Operación 7: Cargar la leche del tercer tanque y del tanque de polietileno al pasterizador.
- Operación 8: Distribuir la leche del cuarto tanque en partes iguales en un tanque de polietileno.
- Operación 9: Cargar la leche del cuarto tanque y del tanque de polietileno al pasterizador.
- Operación 10: Retirar el filtro y entregar los tanques vacíos al proveedor.

3.11.4 Descremado

En la etapa de descremado, el tiempo promedio requerido para procesar los 200 litros es de aproximadamente 119 minutos (dos horas). El equipo tiene una capacidad de 12.5 litros por carga y una operación de 100 L/h.

En esta etapa se destacan dos puntos:

Primero, la vida útil del equipo. La descremadora ha superado su tiempo de vida útil, estimado en cinco años. Durante el periodo de evaluación (un mes), se registraron dos fallas operativas relevantes: el equipo dejó de separar adecuadamente la leche de la crema, provocando su mezcla y, como consecuencia, la contaminación del subproducto. Para solucionar este problema, el encargado tuvo que apagar la máquina, limpiar las vías obstruidas y reiniciar el proceso. La segunda falla operativa fue cuando al encender y apagar continuamente por la primera falla y sumado la constante manipulación de la leche, provocó su acidificación, lo que derivó en la pérdida total del lote correspondiente a ese día.

Segundo, el tiempo operativo del equipo. Originalmente, la descremadora fue seleccionada para una capacidad de procesamiento de 80 litros diarios, por lo que el tiempo de operación no representaba un factor limitante. Sin embargo, en la actualidad, la empresa procesa aproximadamente 200 litros por día, lo que ha incrementado significativamente el tiempo requerido para esta etapa. Esta situación, sumada a las

fallas técnicas ya mencionadas, genera un cuello de botella que retrasa el avance del proceso productivo del yogur.

Por otro lado, una vez obtenida la leche descremada, esta debe presentar una coloración blanco claro, una textura más fluida líquida y una viscosidad reducida en comparación con la leche entera, libre de impurezas y con un contenido de grasa inferior al 0.5 %, conforme a los estándares establecidos por el Codex Alimentarius. Además, no debe formarse una película superficial de grasa tras el reposo, lo cual indicaría una correcta separación de los componentes lipídicos durante el proceso de descremado.

Por su parte la crema debe presentar un color amarillento y una consistencia espesa.

En los análisis realizados, se constató que en los momentos en que el equipo operó correctamente, la leche descremada cumplió con las características esperadas a nivel visual y físico, confirmando la efectividad del proceso bajo condiciones adecuadas de funcionamiento.

3.11.5 Preparación y Adición de Grenetina

Durante la etapa de preparación y adición de la grenetina, se identificaron diversas limitaciones que afectan la eficiencia y homogeneidad del proceso. Una de las principales observaciones fue la formación de grumos durante la mezcla del polvo de grenetina con agua, debido a una disolución incompleta y mezclado incorrecto. Esta deficiencia persiste incluso tras el calentamiento, generando residuos visibles en el producto final que comprometen la uniformidad de la mezcla al ser incorporada a la leche.

Asimismo, se evidenció una variabilidad significativa en el tiempo requerido para calentar la grenetina y transformarla en un estado líquido tras su gelificación inicial. En ciertos casos, la mezcla no diluye del todo y adquiere una consistencia excesivamente densa, dificultando su vertido al pasteurizador y ocasionando la adherencia de residuos en las paredes del recipiente.

La empresa cuenta con un recipiente de vidrio resistente al calor con capacidad de 400 ml, el cual es utilizado para esta operación. No obstante, esta capacidad resulta

insuficiente para la preparación total del lote requerido, que consiste en 387 gramos de grenetina y aproximadamente 1.250 litros de agua.

La hidratación se realiza con agua a temperatura ambiente (menor a 25 °C) dejando actuar durante 2 minutos, tras lo cual se procede al calentamiento en microondas por un periodo aproximado de 2.5 minutos. Este procedimiento permite alcanzar una temperatura de 45 °C, momento en el que la grenetina adquiere una consistencia líquida adecuada para su incorporación a la mezcla láctea. Dado el volumen limitado del recipiente, este proceso debe repetirse al menos tres veces para completar el lote requerido.

Esta limitación operacional incrementa significativamente el tiempo destinado a la preparación de la grenetina y reduce la eficiencia general del proceso productivo.

Figura 3-31

Recipiente para la preparación de la grenetina



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de preparación y adición de grenetina.

A continuación, se presenta el cursograma analítico y sinóptico de la etapa de preparación y adición de grenetina.

Cuadro III-7

Cursograma analítico de la etapa de preparación y adición de grenetina

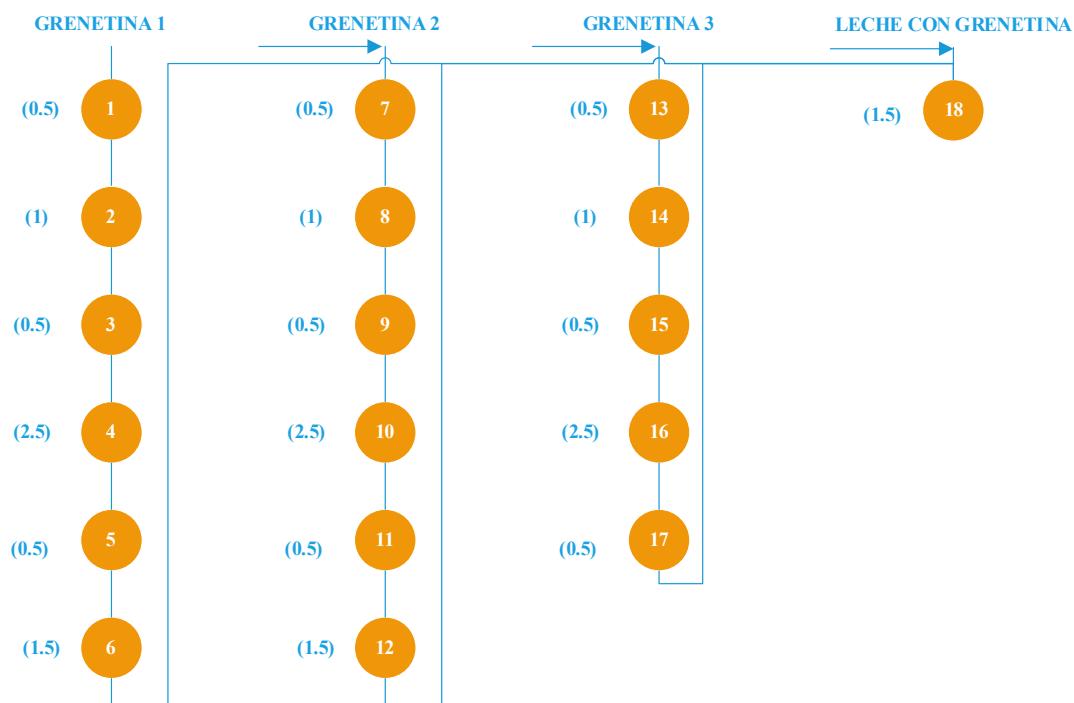
Diagrama Num:4	Hoja Núm 1 de 1	RESUMEN				
Objeto: Preparación y adición de grenetina a la leche	Operación	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA	
		Transporte	○	15		
Actividad: Proceso productivo (preparación y adición de grenetina a la leche)	Espera	Transporte	□	6		
Método: Actual	Espera	○	□	6		
Lugar: DELACTO	Inspección	○	□	-		
Operario (s):	Almacenamiento	○	□	-		
Ing. Rodrigo Ricaldi	Ficha núm:4	DISTANCIA (m)		30		
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:30/09/24	TIEMPO (min-hombre)		25.5		
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones
Pesa 129 g de grenetina en el recipiente		0.5	-	○	□	Al adicionar la grenetina el operario verifica mediante la balanza que el peso llegue al requerido.
Agrega agua y mezcla la grenetina hasta homogenizar		1	-	○	□	la mezcla debe ser homogénea, evitando la formación de grumos.
Dejar actuar hasta que se solidifique en su totalidad		2	-	○	□	Reposa la mezcla hasta solidificarse por completo.
Transporta la mezcla de grenetina al microondas		0.5	5	○	□	-
Calienta la grenetina homogenizada en el microondas		2.5	-	○	□	La grenetina al ser homogenizada presenta una textura sólida y al llevarla al calor por un período de tiempo logra alcanzar una textura líquida.
Retira y transporta la grenetina al área de producción		0.5	5	○	□	Se usa guantes térmicos para retirar la grenetina del microondas por su alta temperatura.
Agrega la grenetina a la leche		1.5	-	○	□	Se agrega la grenetina al pasterizador con leche y se activa el agitado automático.
Pesa por segunda vez 129 g de grenetina en el recipiente		0.5	-	○	□	Pesa por segunda vez motivo a que las dimensiones del recipiente no cubre la demanda requerida.
Agrega agua y mezcla la grenetina hasta homogenizar		1	-	○	□	Se repite el mismo proceso por segunda vez.
Dejar actuar hasta que se solidifique en su totalidad		2	-	○	□	Reposa la mezcla hasta solidificarse por completo.
Transporta la mezcla de grenetina al microondas		0.5	5	○	□	Se repite el mismo proceso por segunda vez.
Calienta la grenetina homogenizada en el microondas		2.5	-	○	□	Se repite el mismo proceso por segunda vez.
Retira y transporta la grenetina al área de producción		0.5	5	○	□	Se repite el mismo proceso por segunda vez.
Agrega la grenetina a la leche		1.5	-	○	□	Se repite el mismo proceso por segunda vez.
Pesa por tercera vez 129 g de grenetina en el recipiente		0.5	-	○	□	Pesa por tercera vez motivo a que las dimensiones del recipiente no cubre la demanda requerida. Siendo que se requiere tres pesajes para cubrir la cantidad requerida.
Agrega agua y mezclar la grenetina hasta homogenizar		1	-	○	□	Se repite el mismo proceso por tercera vez.
Dejar actuar hasta que se solidifique en su totalidad		2	-	○	□	Reposa la mezcla hasta solidificarse por completo.
Transporta la mezcla de grenetina al microondas		0.5	5	○	□	Se repite el mismo proceso por tercera vez.
Calienta la grenetina homogenizada en el microondas		2.5	-	○	□	Se repite el mismo proceso por tercera vez.
Retira y transporta la grenetina al área de producción		0.5	5	○	□	Se repite el mismo proceso por tercera vez.
Agrega la grenetina a la leche y activar el mezclador automático		1.5	-	○	□	Se repite el mismo proceso por tercera vez.
TOTAL		25.5	30	15	6	6
				-	-	-

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

El tiempo estimado que requiere el operario para preparar y adicionar toda la grenetina a la leche es de 25.5 minutos.

Figura 3-32

Cursograma sinóptico de la etapa de preparación y adición de grenetina



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Pesar 129 g de grenetina en el recipiente.
- Operación 2: Agregar agua y mezclar la grenetina hasta homogenizar.
- Operación 3: Transportar la mezcla de grenetina al microondas.
- Operación 4: Calentar la grenetina homogenizada en el microondas.
- Operación 5: Retirar y transportar la grenetina al área de producción.
- Operación 6: Agregar la grenetina a la leche.
- Operación 7: Pesar por segunda vez 129 g de grenetina en el recipiente.
- Operación 8: Agregar agua y mezclar la grenetina hasta homogenizar.
- Operación 9: Transportar la mezcla de grenetina al microondas.
- Operación 10: Calentar la grenetina homogenizada en el microondas.

- Operación 11: Retirar y transportar la grenetina al área de producción.
- Operación 12: Agregar la grenetina a la leche.
- Operación 13: Pesar por tercera vez 129 g de grenetina en el recipiente.
- Operación 14: Agregar agua y mezclar la grenetina hasta homogenizar.
- Operación 15: Transportar la mezcla de grenetina al microondas.
- Operación 16: Calentar la grenetina homogenizada en el microondas.
- Operación 17: Retirar y transportar la grenetina al área de producción.
- Operación 18: Agregar la grenetina a la leche.

3.11.6 Enfriado

En la etapa de enfriado, se emplea un sistema de baño María para reducir la temperatura de la leche desde 87 °C hasta 42 °C. El tiempo promedio requerido para alcanzar dicha temperatura es de 113 minutos (1 hora y 53 minutos). considerada una de las etapas de mayor tiempo operativo del proceso del yogurt, después del descremado. Esta demora se debe a la limitada capacidad del sistema: se dispone únicamente de cinco ollas para el enfriamiento, mientras que la producción diaria implica el tratamiento de nueve ollas de leche. Como resultado, deben realizarse dos ciclos consecutivos, lo que incrementa significativamente el tiempo total de esta etapa.

Esta condición provoca un cuello de botella en el proceso productivo, motivo a que la etapa de enfriamiento se convierte en el punto de mayor acumulación y espera, impidiendo que las siguientes fases, como la inoculación o la fermentación, se desarrolle de manera continua y eficiente.

Adicionalmente, el consumo de agua durante esta fase es elevado, alcanzando un total de aproximadamente 450 litros por jornada, lo que representa un uso considerable de recursos hídricos.

Por último, se ha identificado una sobrecarga física en el operario, quien debe manipular manualmente las ollas retirándolas y reemplazándolas de forma continua durante el enfriamiento lo que podría derivar, a largo plazo, en afectaciones a su salud física.

A continuación, se describe con mayor detalle este proceso, evidenciando los aspectos más relevantes de esta etapa, en el siguiente cursograma analítico y sinóptico.

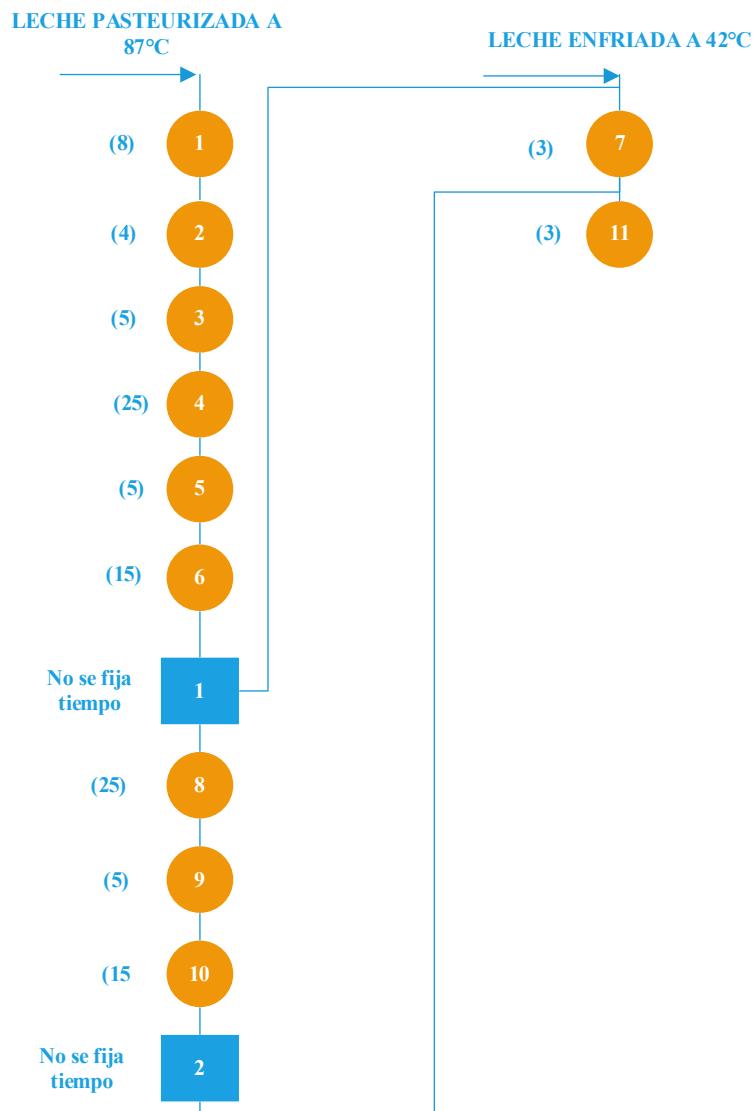
Cuadro III-8

Cursograma analítico de la etapa de enfriado

Diagrama Num: 5 Hoja Núm 1 de 1		RESUMEN					
Objeto: Enfriado del yogur probiotico	ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPIUESTA	
	Operación	○	11	-	-	-	-
	Transporte	□	5	-	-	-	-
	Espera	□	-	-	-	-	-
Lugar: DELACTO	Inspección	▷	2	-	-	-	-
Operario (s): Ing. Rodrigo Ricaldi	Ficha núm: 5	Almacenamiento	▽	-	-	-	-
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:30/09/24	TIEMPO (min-hombre)		113	-	-	-
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones	
Prepara el sistema de enfriamiento a baño maría con cambios de agua continuos		8	5	○	□	▷	Se carga las ollas 1/4 con agua por medio de una manguera.
Descarga y filtra la leche pasteurizada en ollas de 20 litros (9 en total)		4	-	●	-	-	El encargado sostiene un filtro en la boquilla del pasteurizador para evitar cualquier residuo que haya quedado.
Traslada cinco ollas al sistema de enfriamiento por baño maría y las cuatro restantes sobre la mesa		5	22	●	○	▷	Las cuatro ollas de leche de la mesa esperan para ser enfriadas en el segundo ciclo.
Ejecuta el enfriado 1 - Etapa 1: recircula el agua y agita la leche		25	-	●	○	▷	El encargado agita la leche para acelerar el enfriado y recircula el agua de las ollas de enfriamiento.
Retira las ollas a la mesa y cambia el agua del sistema		5	2.5	●	○	▷	El encargado retira las ollas de leche del baño maría, motivo a que el agua de las ollas de enfriamiento está caliente. Las coloca en la mesa y descarga el agua caliente a baldes para recargar agua por medio de manguera cada olla para luego volver a introducir la olla y continuar con el enfriado.
Ejecuta el enfriado 1 - Etapa 2: recircula el agua, agita la leche y controla la temperatura		15	-	●	○	▷	El encargado repite en mismo proceso de la etapa 1 y continua con el enfriado hasta que la leche llega a una temperatura de 42°C.
Retira las ollas del baño maría, coloca sobre la mesa y cubre con mantas térmicas		3	2.5	●	○	▷	Las cinco ollas son retiradas y colocadas a la mesa para cubrirlas con mantas térmicas para mantener la temperatura ideal de 42°C.
Ejecuta el enfriado 2 - Etapa 1: recircula el agua y agita la leche		25	-	●	○	▷	Se introduce las 4 ollas restantes y se procede enfriar al igual que el enfriado 1.
Retira las ollas a la mesa y cambia el agua del sistema		5	2.5	●	○	▷	El encargado retira las ollas del baño maría, al igual que el enfriado 1 y las coloca en la mesa. Descarga el agua caliente a baldes para recargar agua por medio de manguera cada olla para luego volver a introducir la olla y continuar con el enfriado.
Ejecuta el enfriado 2 - Etapa 2: recircula el agua, agita la leche y controla la temperatura		15	-	●	○	▷	Se procede a realizar el mismo proceso que el enfriado 1. Etapa 2.
Retira las ollas del baño maría, coloca sobre la mesa y cubre con mantas térmicas		3	2.5	●	○	▷	El encargado retira las ollas del baño maría, alcanzando la temperatura ideal (42°C) y procede a colocarlas en la mesa, concluyendo la etapa de enfriado.
TOTAL		113	37	11	5	-	-

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con el cursograma, el tiempo estimado para llevar a cabo el enfriado es de 113 minutos.

Figura 3-33*Cursograma sinóptico de la etapa de enfriado**Fuente:* DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Preparar el sistema de enfriamiento a baño maría con incorporación de hielo.
- Operación 2: Descargar y filtrar la leche pasteurizada en ollas de 20 litros (9 en total).

- Operación 3: Trasladar cinco ollas al sistema de enfriamiento por baño maría y las cuatro restantes sobre la mesa.
- Operación 4: Ejecutar el enfriado 1 - Etapa 1: recircular el agua y agitar la leche.
- Operación 5: Retirar las ollas a la mesa y cambiar el agua del sistema.
- Operación 6: Ejecutar el enfriado 1 - Etapa 2: recircular el agua, agitar la leche y controlar la temperatura.
- Inspección 1: Verificar que la leche haya alcanzado la temperatura deseada de 42°C.
- Operación 7: Retirar las ollas del baño maría, colocar sobre la mesa y cubrir con mantas térmicas.
- Operación 8: Ejecutar el enfriado 2 - Etapa 1: recircular el agua y agitar la leche.
- Operación 9: Retirar las ollas a la mesa y cambiar el agua del sistema.
- Operación 10: Ejecutar el enfriado 2 - Etapa 2: recircular el agua, agitar la leche y controlar la temperatura.
- Inspección 2: Verificar que la leche del segundo enfriamiento alcance la temperatura de 42°C.
- Operación 11: Retirar las ollas del baño maría, colocar sobre la mesa y cubrir con mantas térmicas.

3.11.7 Preparación y Adición del Cultivo

Durante la etapa de preparación y adición del cultivo, se identificó como aspecto crítico la limitada precisión del equipo de pesaje utilizado. En esta etapa, el operario debe adicionar a la leche, a una temperatura de 42 °C, una dosis de 0.1 gramos de cultivo por olla (son nueve ollas). Sin embargo, debido a la reducida cantidad requerida, la balanza presenta restricciones técnicas para registrar de manera exacta estos valores, lo que genera desviaciones en la dosificación. Estas inconsistencias pueden traducirse en cantidades superiores o inferiores a las estipuladas, afectando potencialmente la viabilidad del cultivo y, por ende, la calidad fisicoquímica y sensorial del producto final.

Asimismo, se ha observado que la balanza, al manipular pesos tan pequeños, tiende a mostrar lecturas inestables, nulas o incluso apagarse durante el proceso de medición. Como consecuencia, el operario se ve obligado a estimar visualmente la cantidad de cultivo a adicionar, basándose únicamente en su experiencia empírica. Esta práctica incrementa el margen de error en la etapa y limita la posibilidad de mantener criterios uniformes en la formulación, comprometiendo la estandarización del proceso productivo.

A continuación, se detalla la etapa de preparación y adición del cultivo en los respectivos cursogramas analítico y sinóptico.

Cuadro III-9

Cursograma analítico de la etapa de preparación y adición del cultivo

Diagrama Num: 6 Hoja Núm 1 de 2		RESUMEN				
Objeto: Preparación y adición del cultivo en la leche		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA	
Operación		Operación	○	20		
Actividad: Proceso productivo (preparación y adición del cultivo de inoculación)		Transporte		□	-	
Método: Actual		Espera		□	-	
Lugar: DELACTO		Inspección		▷	-	
Operario (s): Ing. Rodrigo Ricaldi	Ficha núm:6	Almacenamiento		▽	-	
		DISTANCIA (m)		2		
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha: 30/09/24	TIEMPO (min-hombre)		30.2		
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones
		○	□	▷	▽	
Esteriliza el equipo a utilizar		1	-	●		Utiliza alcohol para esterilizar el recipiente donde se preparará el cultivo y los utensilios necesarios.
Pesa el cultivo para la olla 1		1.5	-	●		El encargo pesa el cultivo en la balanza analítica para una olla de leche de las nueve que se tiene.
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 1		1.5	-	●		-
Pesa el cultivo para la olla 2		1.5	-	●		Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla analítica.
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 2		1.3	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 3		1.8	-	●		Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla analítica.
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 3		1.5	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 4		1.5	-	●		Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla analítica.
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 4		1.3	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 5		1.5	-	●		Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla analítica.

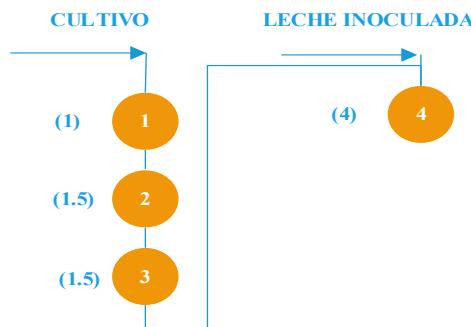
Diagrama Num: 6 Hoja Núm 2 de 2		RESUMEN				
		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA	
		Operación	○	20		
Actividad: Proceso productivo (preparación y adición del cultivo de inoculación)		Transporte	□	-		
Método: Actual		Espera	▷	-		
Lugar: DELACTO		Inspección	▷	-		
Operario (s): Ing. Rodrigo Ricaldi	Ficha núm:6	Almacenamiento	▽	-		
		DISTANCIA (m)		2		
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha: 30/09/24	TIEMPO (min-hombre)		30.2		
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo	Observaciones	
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 5		1	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 6		1.5	-	●	Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla 5.	
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 6		1.2	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 7		1.8	-	●	Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla 6.	
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 7		1	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 8		1.5	-	●	Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla 7.	
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 8		1.3	-	●		
Pesa el cultivo para la olla 9		1.5	-	●	Se repite el mismo proceso que se realizó para la olla 8.	
Mezcla el cultivo con una dosis de leche y agrega la mezcla a la olla 9		1	-	●		
Cubre las ollas con mantas térmicas		4	2	●	Al cubrir las ollas con mantas térmicas permite mantener la temperatura y que el cultivo actúe.	
TOTAL		30.2	2	20	-	-

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en el cursograma, el tiempo estimado para la ejecución de este proceso es de 30 minutos.

Figura 3-34

Cursograma sinóptico de la etapa de preparación y adición del cultivo



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Esterilizar el equipo a utilizar.
- Operación 2: Pesar el cultivo para una olla.
- Operación 3: Mezclar el cultivo con una dosis de leche y agregar la mezcla a la olla.
- Operación 4: Cubrir las ollas con mantas térmicas.

Los tiempos y operaciones indicados en el presente cursograma sinóptico corresponden al proceso de preparación y adición de cultivo realizado en una sola olla como referencia. Para las ollas restantes (de la 2 a la 9), se repite el mismo procedimiento bajo condiciones operativas similares, presentando únicamente pequeñas variaciones en los tiempos de ejecución atribuibles a factores manuales o logísticos. Estos tiempos específicos han sido desglosados de manera detallada en el cursograma analítico correspondiente (ver Cuadro III-9) con el fin de ofrecer una visión más precisa y completa del rendimiento del proceso.

3.11.8 Inoculación

La fase de inoculación presenta una duración aproximada de siete horas, durante las cuales la leche permanece en reposo a una temperatura constante de 42 °C, condición óptima para el desarrollo de las bacterias ácido-lácticas probióticas.

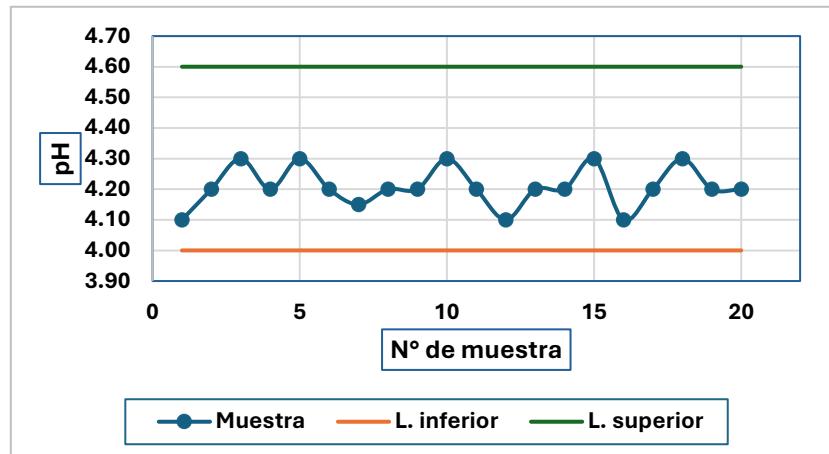
Debido a que este proceso no requiere intervención continua, la participación del personal se limita a la etapa final. En ese momento, el propietario de la empresa realiza la verificación del punto final de fermentación mediante un control de calidad que incluye la medición del pH, la acidez titulable y una evaluación sensorial preliminar basada en la apariencia y el aroma del producto, a fin de asegurar que el yogur haya alcanzado las características deseadas antes de continuar con las etapas subsiguientes.

Para cumplir con los estándares de calidad, el pH del yogur debe encontrarse en un rango de 4.0 a 4.6, y la acidez entre 60 y 150 grados Dornic, según lo establecido por la norma NB/NA 0078.

De acuerdo con las muestras realizadas durante el periodo de evaluación (ver Anexo 5), los valores promedio obtenidos fueron de 4.2 para el pH y 67.1 °D para la acidez. En la figura correspondiente se observa el comportamiento de estos parámetros.

Figura 3-35

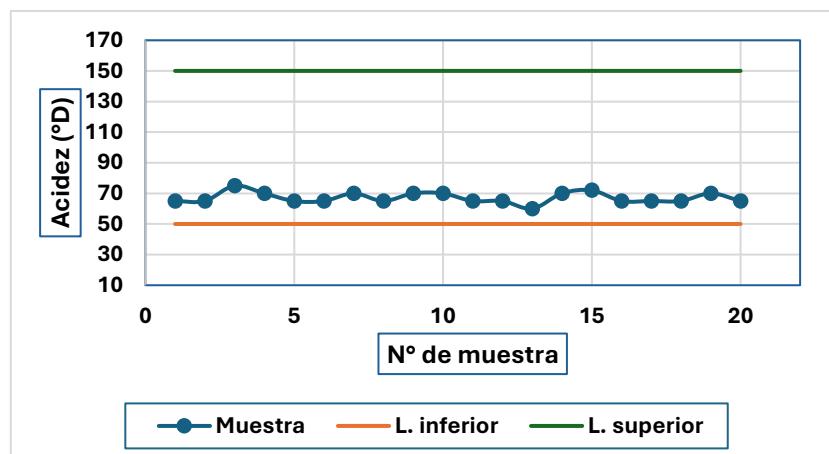
pH del yogurt probiótico



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Figura 3-36

Acidez del yogurt probiótico

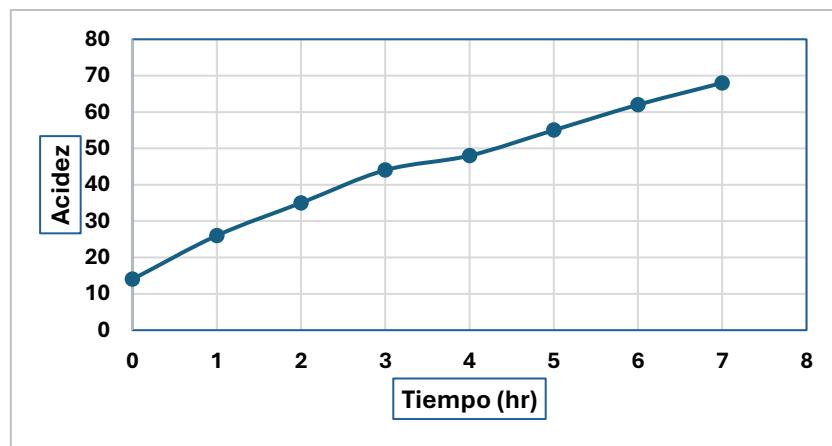


Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Como se puede observar en la figura 3-35 como 3-36, el pH se encuentra dentro de los límites permisibles de calidad de acuerdo con la normativa vigente. A su vez, se realizó el control del comportamiento de la acidez y el pH durante el periodo de corte de inoculación obteniendo los siguientes resultados:

Figura 3-37

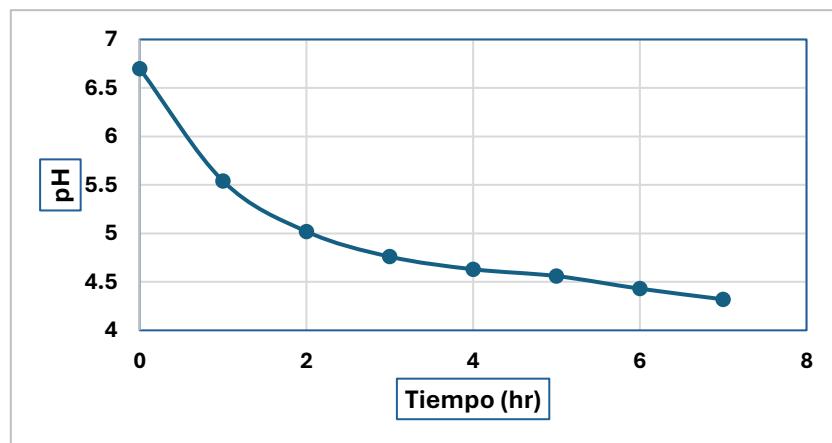
Comportamiento de la acidez vs tiempo en la etapa de inoculación



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Figura 3-38

Comportamiento del pH vs tiempo en la etapa de inoculación



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Tal como se muestra en la figura 3-37, la acidez presenta un comportamiento ascendente hasta alcanzar su nivel óptimo. En ese punto, se detiene el proceso de acidificación mediante refrigeración y ajuste de temperatura, con el fin de estabilizar el producto y evitar una sobre acidificación.

En cuanto al pH, se puede observar en la figura 3-38 que este disminuye progresivamente hasta alcanzar el valor deseado.

Una vez alcanzados los parámetros requeridos, el proceso se detiene enfriando el yogurt a una temperatura entre 4 °C y 8 °C durante un período de doce horas. Posteriormente, se realiza un control de calidad antes de continuar con su preparación y envasado.

3.11.9 Preparación de las Pulpas

La pulpa destinada a la elaboración del yogurt probiótico TRIFRUT requiere un tratamiento previo que garantice su calidad, inocuidad y compatibilidad con el producto lácteo. Este proceso incluye una serie de actividades de control durante la recepción y preparación, orientadas a asegurar que la pulpa cumpla con los parámetros fisicoquímicos y sensoriales establecidos.

En primera instancia, se recepciona la pulpa de cada fruta y el responsable técnico realiza el primer control verifica las características organolépticas de la pulpa, evaluando el color y el aroma. El color debe ser uniforme y propio de la fruta de origen, sin evidencias de oxidación, decoloración o fermentación indeseada. En cuanto al aroma, este debe ser fresco, natural y libre de olores anómalos, tales como notas fermentativas, ácidas o rancias, que pudieran indicar deterioro.

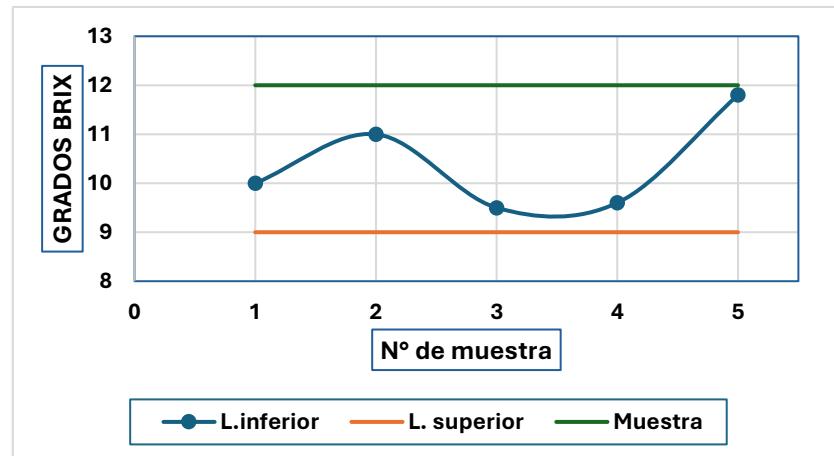
Posteriormente, se procede al control del contenido de sólidos solubles (°Brix), con el fin de asegurar que la pulpa se encuentre dentro de los rangos aceptables de azúcares naturales, necesarios para mantener la estabilidad y el perfil sensorial del yogurt. Solo aquellas pulpas que cumplan con los estándares establecidos son aprobadas para su incorporación al proceso productivo. Las que no cumplen son descartadas.

Tabla III-2*Rangos óptimos de grados brix de la pulpa de fruta*

Pulpa de fruta	Rango optimo (° Brix)
Frutilla	9-12
Mora	10-12
Frambuesa	9-12
Maracuyá	12-14
Piña	13-15
Manzana verde	12-14

Fuente: Normativa interna de DELACTO. Elaboración propia, 2024.

A continuación, se presentan las gráficas de control correspondientes a los rangos permitidos de grados Brix para cada pulpa de fruta, durante un período de dos meses (ver Anexo 6).

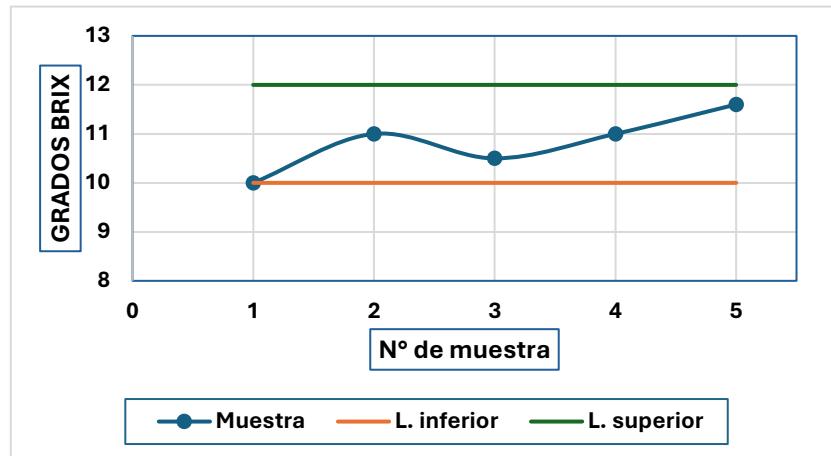
Figura 3-39*Análisis de los grados brix de la pulpa de frutilla*

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Como se puede observar en la gráfica la pulpa de frutilla cumple con los rangos establecidos.

Figura 3-40

Análisis de los grados brix de la pulpa de mora

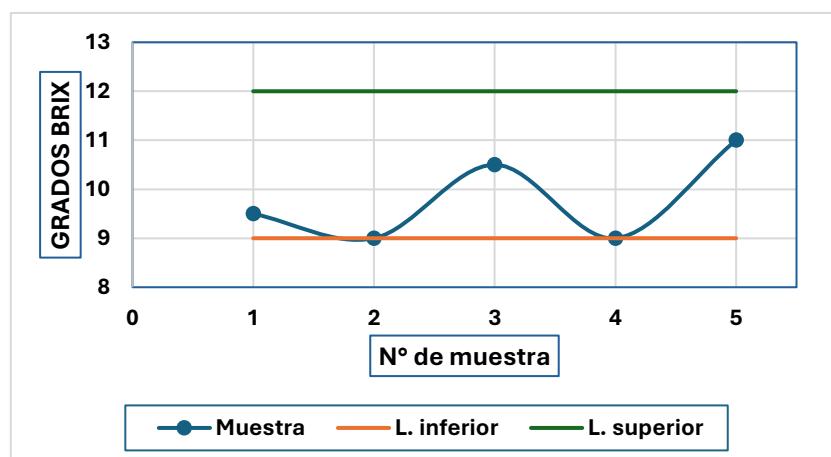


Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Para la mora, las muestras tomadas se encuentran dentro de los límites permisibles.

Figura 3-41

Análisis de los grados brix de la pulpa de frambuesa

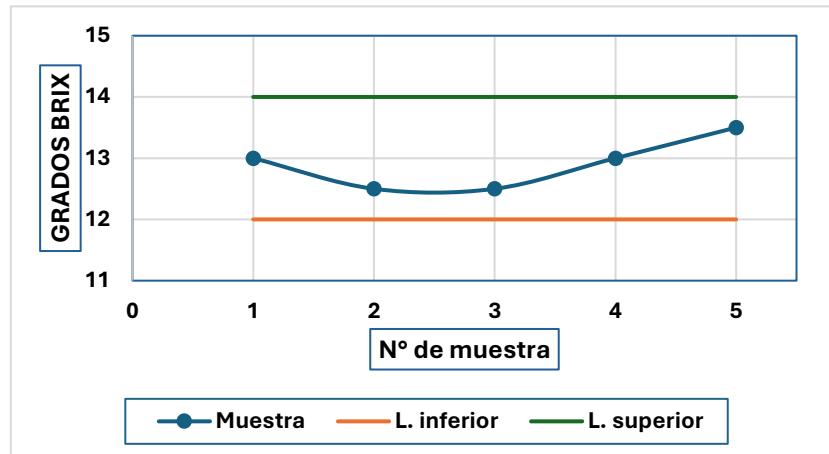


Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

En el caso de la frambuesa está dentro del rango permisibles.

Figura 3-42

Análisis de los grados brix de la pulpa de manzana

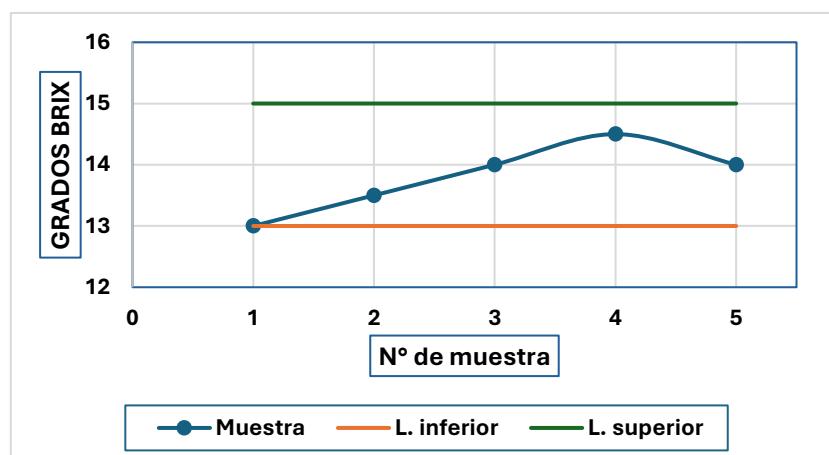


Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Como se puede observar en la gráfica, pulpa de manzana están dentro de los límites permisibles.

Figura 3-43

Análisis de los grados brix de la pulpa de piña

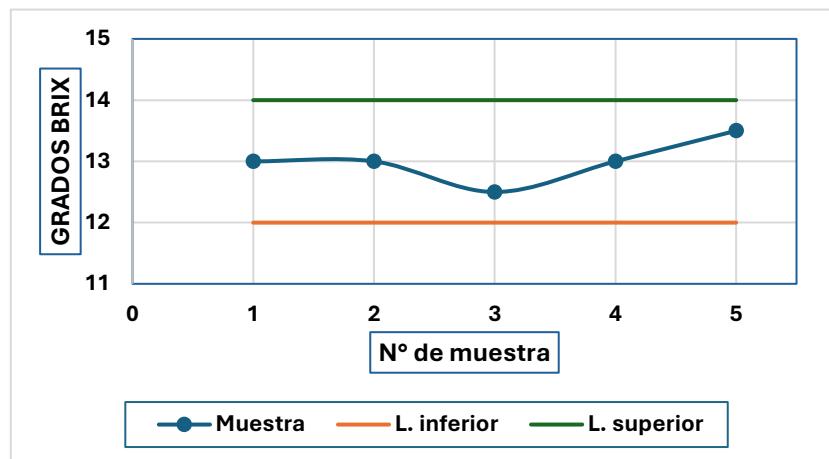


Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

En la recepción y análisis de la piña se observa que las muestras cumplen con los límites pertinentes de grados brix.

Figura 3-44

Análisis de los grados brix de la pulpa de maracuyá



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

En el análisis correspondiente a la pulpa de maracuyá, se constató que cumple con los límites permisibles.

Como se evidencia en las gráficas presentadas, las muestras analizadas de cada tipo de pulpa se encuentran dentro de los límites establecidos de calidad, por lo que son consideradas aptas para su incorporación en la elaboración del yogur probiótico TRIFRUT.

En caso de que alguna pulpa no cumpla con los rangos establecidos, en términos de grados Brix u otras características, esta es rechazada y se procede a informar al jefe de producción. A su vez, él comunica la no conformidad al proveedor correspondiente y gestiona el envío de un nuevo lote que cumpla con las especificaciones requeridas por la empresa.

Después de su control inicial, las pulpas son transferidas a recipientes de acero inoxidable para una segunda fase de inspección, en la que se verifica que no contengan

ramas, residuos u objetos extraños. Para ello, el encargado filtra la pulpa y realiza una inspección manual en busca de residuos, los cuales, en caso de ser encontrados, son descartados inmediatamente.

Figura 3-45

Control de la pulpa



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante el proceso de preparación y control de la pulpa de frutas.

Una vez concluido el proceso de inspección sensorial y fisicoquímica, la pulpa es sometida a un tratamiento térmico de pasteurización con el propósito de reducir la carga microbiana y garantizar su inocuidad.

Posteriormente, se le adicionan edulcorante y grenetina en una proporción 1:1 (1 gramo de edulcorante y 1 gramo de grenetina por cada kilogramo de pulpa). La incorporación de grenetina neutra se aplica exclusivamente en las pulpas de mora y maracuyá, con el fin de mejorar su consistencia y facilitar su integración homogénea con el yogurt probiótico.

Se deja reposar por 30 minutos para eliminar posibles bacterias residuales. Una vez cumplido este tiempo, la pulpa es enfriada y refrigerada en envases plásticos a una temperatura de 6 a 8 grados centígrados, lista para su posterior incorporación al yogurt

probiótico TRIFRUT, tanto en la presentación de FRUTOS ROJOS como en la TROPICAL.

3.11.10 Envasado

Durante el análisis de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT, se identificó como punto crítico la temperatura a la que se realiza dicha operación. Actualmente, el proceso se lleva a cabo de forma manual por un operario, con el producto a una temperatura cercana a los 15 °C o, en ciertos casos, incluso inferior.

Esta condición representa una deficiencia técnica, debido a que el envasado a temperaturas por debajo del valor óptimo puede afectar negativamente la viscosidad del yogurt, dificultar su fluidez y provocar acumulaciones irregulares dentro del envase. La temperatura recomendada para el envasado del yogurt es de aproximadamente 20 °C, motivo a que esta condición favorece una manipulación más eficiente y homogénea del producto antes de su refrigeración definitiva.

Adicionalmente, esta modalidad de trabajo genera tiempos de espera prolongados hasta completar todo el ciclo operativo, lo que conduce a una acumulación de productos en la mesa de trabajo.

Esta congestión limita el espacio disponible, dificultando que otros operarios puedan utilizar el área para el envasado o almacenamiento de otras líneas de producción. Como consecuencia, se generan interrupciones en el flujo operativo y retrasos en las actividades programadas, afectando directamente la eficiencia general del proceso productivo.

El tiempo estimado para envasar 50 litros varía en función del tipo de presentación: aproximadamente 25 minutos para la variedad de frutos rojos y un promedio de 28 minutos para la presentación tropical.

Cuadro III-10

Cursograma analítico de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT FRUTOS ROJOS

Diagrama Num: 7 Hoja Núm 1 de 2		RESUMEN						
Objeto: Envasado del Yogurt probiótico TRIFRUT FRUTOS ROJOS (muestra de 10 botellas)	Operario (s): Ing. Soledad Cari	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA			
		Operación	○	20	-			
Actividad: Proceso productivo.		Transporte	□	-	-			
Método: Actual.		Espera	□	-	-			
Lugar: DELACTO		Inspección	▷	-	-			
Ficha núm: 7	Almacenamiento	Almacenamiento		▽	-	-		
		DISTANCIA (m)		0	-			
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:13/12/24	TIEMPO (min-hombre)		242.8	-			
Descripción		Tiempo (seg)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones		
				○	□	▷	▽	
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 1 con yogurt mediante embudo.		17	-	●				Se sostiene la botella vacía con una mano y con la otra llena con yogurt por medio de una jarra, a travez de un embudo transparente.
Traslada la botella con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.2	-	●				Las tapas estan en una fuente cerca del operario para facilitar su tapado con una mano.
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 2 con yogurt mediante embudo.		16.5	-	●				Se requiere precisión para evitar derrames.
Traslada la botella 2 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 3 con yogurt mediante embudo.		17	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 3 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.5	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 4 con yogurt mediante embudo.		17.5	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 4 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.5	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 5 con yogurt mediante embudo.		16.5	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Trasladar la botella 5 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.4	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 6 con yogurt mediante embudo.		18	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 6 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9.1	-	●				

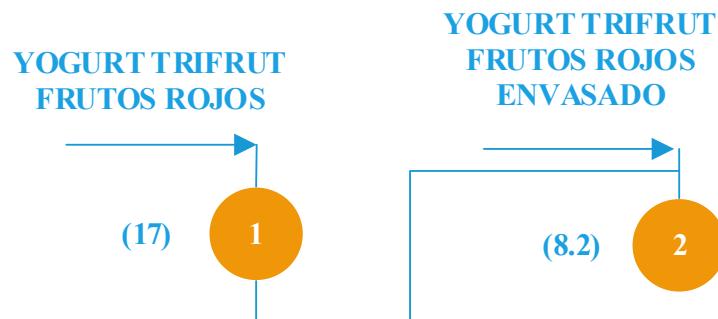
Diagrama Num: 7 Hoja Núm 2 de 2		RESUMEN							
Objeto: Envasado del Yogurt probiotico TRIFRUT FRUTOS ROJOS (muestra de 10 botellas)	Actividad: Proceso productivo.	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA				
		Operación	○	20	-	-			
Método: Actual.		Transporte	□	-	-	-			
Lugar: DELACTO		Espera	○	-	-	-			
Operario (s): Ing. Soledad Cari	Ficha núm: 7	Inspección	▷	-	-	-			
		Almacenamiento	▽	-	-	-			
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:13/12//24	TIEMPO (min-hombre)		242.8	-				
Descripción		Tiempo (seg)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones			
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 7 con yogurt mediante embudo.		17		○	□	○	▷	▽	Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 7 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.5		●					
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 8 con yogurt mediante embudo.		18		●					Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 8 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.6		●					
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 9 con yogurt mediante embudo.		17,5		●					Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 9 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9		●					
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 10 con yogurt mediante embudo.		18.5		●					Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 10 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9		●					
TOTAL		242.8	0	20	-	-	-	-	

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Se realizó el envasado manual de una muestra compuesta por diez botellas de yogurt probiótico TRIFRUT, en su presentación de FRUTOS ROJOS. El tiempo total registrado para completar esta operación fue de 242.8 segundos, lo que equivale aproximadamente a 4 minutos. Este valor representa una medida referencial del rendimiento promedio del proceso de envasado bajo condiciones normales de operación.

Figura 3-46

Cursograma sinóptico de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT FRUTOS ROJOS (muestra de 10 botellas)



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Cargar yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llenar la botella con yogurt mediante embudo.
- Operación 2: Trasladar la botella con embudo al lateral de la mesa, cambiar el embudo a una botella vacía y tapar la botella llena con yogurt.

Los tiempos y operaciones presentados en el cursograma sinóptico de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT, presentación FRUTOS ROJOS, corresponden a una unidad como referencia. Este procedimiento se repite de manera continua para las siguientes unidades bajo condiciones similares, manteniendo la secuencia con una variación ligera de 2 a 3 segundos, atribuibles a factores operativos propios del trabajo manual del operario o del flujo del producto.

Sin embargo, estos tiempos específicos han sido desglosados de manera detallada en el cursograma analítico correspondiente (ver cuadro III-10) con el fin de ofrecer una visión más precisa y completa del rendimiento de esta etapa.

Cuadro III-11

Cursograma analítico de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT TROPICAL

Diagrama Num: 8 Hoja Núm 1 de 2		RESUMEN						
Objeto: Envasado del Yogurt probiótico TRIFRUT TROPICAL (muestra de 10 botellas)	Operario (s):	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA			
		Operación	○	20	-			
Actividad: Proceso productivo.		Transporte	□	-	-			
Método: Actual.		Espera	□	-	-			
Lugar: DELACTO		Inspección	▷	-	-			
Ing. Soledad Cari	Ficha núm: 8	Almacenamiento		▽	-	-		
		DISTANCIA (m)		0	-			
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:13/12/24	TIEMPO (min-hombre)		357.5	-			
Descripción		Tiempo (seg)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones		
				○	□	▷	▽	
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 1 con yogurt mediante embudo.		26.5	-	●				Se sostiene la botella vacía con una mano y con la otra llena con yogurt por medio de una jarra, a travez de un embudo transparente.
Traslada la botella con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.2	-	●				Las tapas estan en una fuente cerca del operario para facilitar su tapado con una mano.
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 2 con yogurt mediante embudo.		25.7	-	●				Se requiere precisión para evitar derrames.
Traslada la botella 2 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.5	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 3 con yogurt mediante embudo.		26.5	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 3 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.6	-	●				
Introduce una varilla esterilizado al embudo para retirar la obstrucción de la fruta/continua con el proceso.		10	-	●				Los trozos de manzana y piña obstruyen el embudo, lo que dificulta el llenado del yogurt.
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 4 con yogurt mediante embudo.		26	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 4 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9.2	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 5 con yogurt mediante embudo.		26.8	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Trasladar la botella 5 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8	-	●				
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 6 con yogurt mediante embudo.		26.5	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.
Traslada la botella 6 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8	-	●				

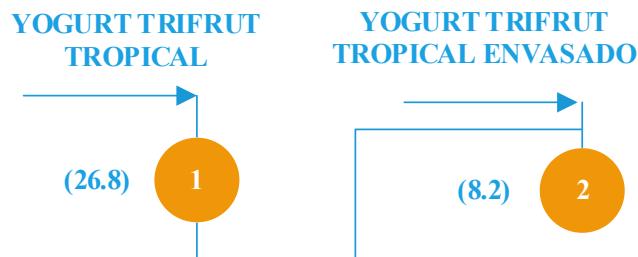
Diagrama Num: 8 Hoja Núm 2 de 2		RESUMEN					
		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPIUESTA	
		Operación	○	20	-		
Objeto: Envasado del Yogurt probiotico TRIFRUT TROPICAL (muestra de 10 botellas)		Transporte	□	-	-		
Actividad: Proceso productivo.		Espera	○	-	-		
Método: Actual.		Inspección	▷	-	-		
Lugar: DELACTO		Almacenamiento	▽	-	-		
Operario (s): Ing. Soledad Cari	Ficha núm: 8	DISTANCIA (m)			0	-	
		TIEMPO (min-hombre)			357.5	-	
Elaborado por: Giovanni Camacho		Tiempo (seg)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones	
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 7 con yogurt mediante embudo.		25.5		○	□	○	
Traslada la botella 7 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8.5		●	○	○	
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 8 con yogurt mediante embudo.		26.5		●	○	○	
Traslada la botella 8 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		8		●	○	○	
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 9 con yogurt mediante embudo.		26.5		●	○	○	
Traslada la botella 9 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9		●	○	○	
Carga yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llena la botella 10 con yogurt mediante embudo.		26		●	○	○	
Traslada la botella 10 con embudo al lateral de la mesa, cambia el embudo a una botella vacía y tapa la botella llena con yogurt.		9		●	○	○	
TOTAL		357.5	0	20	-	-	

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Se realizó el envasado manual de una muestra compuesta por diez botellas de yogurt probiótico TRIFRUT, en su presentación tropical. El tiempo total registrado para completar esta operación fue de 357.5 segundos, lo que equivale aproximadamente a 6 minutos. Este valor representa una medida referencial del rendimiento promedio del proceso de envasado bajo condiciones normales de operación.

Figura 3-47

Cursograma sinóptico de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT TROPICAL



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Cargar yogurt desde el balde con jarra plástica de un litro y llenar la botella con yogurt mediante embudo.
- Operación 2: Trasladar la botella con embudo al lateral de la mesa, cambiar el embudo a una botella vacía y tapar la botella llena con yogurt.

Los tiempos y operaciones presentados en el cursograma sinóptico de la etapa de envasado del yogurt probiótico TRIFRUT, presentación TROPICAL, corresponden a una unidad como referencia. Este procedimiento se repite de manera continua para las siguientes unidades bajo condiciones similares. Sin embargo, se han identificado ligeras variaciones en el tiempo de ejecución de entre 2 a 3 segundos por unidad, atribuibles a factores operativos propios del trabajo manual del operario o del flujo del producto. Estas diferencias han sido registradas de forma detallada en el cursograma analítico (ver cuadro III-11), con el fin de proporcionar una comprensión más precisa del comportamiento del proceso.

3.11.11 Etiquetado

La etapa de etiquetado del yogurt probiótico TRIFRUT se realiza de manera manual y está a cargo del mismo operario que lleva a cabo el envasado. Esta organización del trabajo implica que el etiquetado solo puede comenzar una vez que se ha completado el envasado de la totalidad del lote, lo que genera una acumulación temporal de botellas en la zona de trabajo. Esta aglomeración limita el espacio disponible para otros

operarios encargados de envasar diferentes líneas de producto, ocasionando congestión en el área y posibles demoras en el flujo productivo general. En determinadas ocasiones, esta situación obliga a que otro operario interrumpa sus actividades para colaborar en el etiquetado y almacenamiento parcial del lote, con el fin de liberar espacio en la mesa de trabajo.

El tiempo estimado para el etiquetado de 100 botellas es de aproximadamente 23 minutos. A fin de facilitar la comprensión del proceso, a continuación, se presenta el cursograma analítico y sinóptico correspondiente a esta etapa.

Cuadro III-12

Cursograma analítico de la etapa de etiquetado del yogur probiótico TRIFRUT

Diagrama Num: 9		Hoja Núm 1 de 2		RESUMEN					
Objeto: Etiquetado de botellas de yogur probiótico TRIFRUT (muestra de cinco botellas)		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPIUESTA			
		Operación	○	15	-	-	-	-	
Actividad: Proceso productivo.		Transporte	□	-	-	-	-	-	
Método: Actual.		Espera	▷	-	-	-	-	-	
Lugar: DELACTO		Inspección	▷	-	-	-	-	-	
Operario (s):	Ing. Soledad Cari	Almacenamiento	▽	-	-	-	-	-	
Elaborado por: Giovanni Camacho		Ficha núm: 9		DISTANCIA (m)	0	-	-	-	
Elaborado por: Giovanni Camacho		Fecha:13/12/24		TIEMPO (min-hombre)	81.4	-	-	-	
Descripción		Tiempo (seg)	Distancia (m)	Símbolo			Observaciones		
Coloca la botella 1 frente al operario y ubica la zona frontal donde ira la etiqueta.		6	-	○	□	▷	▽		
Retira la etiqueta del papel adhesivo y pega la etiqueta de forma horizontal y centrada en la parte frontal de la botella.		8	-	●				El operario verifica que la etiqueta haya sido colocada correctamente.	
Traslada la botella al lateral de la mesa y recoge la siguiente botella para etiquetar		2	-	●					
Coloca la botella 2 frente al operario y ubica la zona frontal donde ira la etiqueta.		5.5	-	●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.	
Retira la etiqueta del papel adhesivo y pega la etiqueta de forma horizontal y centrada en la parte frontal de la botella.		8.5		●				El operario verifica que la etiqueta haya sido colocada correctamente.	
Traslada la botella al lateral de la mesa y recoge la siguiente botella para etiquetar		2		●					
Coloca la botella 3 frente al operario y ubica la zona frontal donde ira la etiqueta.		6		●				Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.	
Retira la etiqueta del papel adhesivo y pega la etiqueta de forma horizontal y centrada en la parte frontal de la botella.		7.5	-	●				El operario verifica que la etiqueta haya sido colocada correctamente.	
Traslada la botella al lateral de la mesa y recoge la siguiente botella para etiquetar		2.5		●					

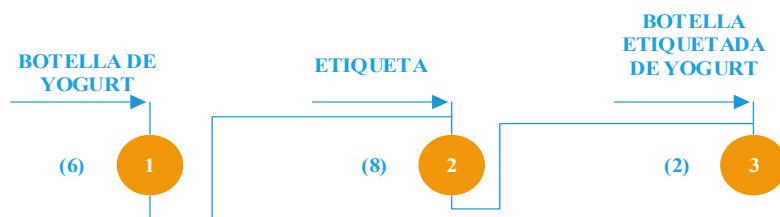
Diagrama Num: 9 Hoja Núm 2 de 2		RESUMEN					
Objeto: Etiquetado de botellas de yogurt probiótico TRIFRUT (muestra de cinco botellas)	Operario (s):	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA		
		Operación	○	15	-	-	
Actividad: Proceso productivo.		Transporte	□	-	-	-	
Método: Actual.		Espera	□	-	-	-	
Lugar: DELACTO		Inspección	▷	-	-	-	
Ing. Soledad Cari	Ficha núm: 9	Almacenamiento		▽	-	-	
		DISTANCIA (m)		0	-	-	
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:13/12/24	TIEMPO (min-hombre)		81.4	-	-	
Descripción		Tiempo (seg)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones	
Coloca la botella 4 frente al operario y ubica la zona frontal donde ira la etiqueta.		6		○	□	Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.	
Retira la etiqueta del papel adhesivo y pega la etiqueta de forma horizontal y centrada en la parte frontal de la botella.		8.2		●	□	El operario verifica que la etiqueta haya sido colocada correctamente.	
Traslada la botella al lateral de la mesa y recoge la siguiente botella para etiquetar		3		●	□		
Coloca la botella 5 frente al operario y ubica la zona frontal donde ira la etiqueta.		5.5		●	□	Se repite el mismo proceso que se realizó para la botella inicial.	
Retira la etiqueta del papel adhesivo y pega la etiqueta de forma horizontal y centrada en la parte frontal de la botella.		8.5		●	□	El operario verifica que la etiqueta haya sido colocada correctamente.	
Traslada la botella al lateral de la mesa y recoge la siguiente botella para etiquetar		2.2		●	□		
TOTAL		81.4	0	15	-	-	

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

Se realizó el etiquetado manual de una muestra compuesta por cinco botellas de yogurt probiótico TRIFRUT. El tiempo total registrado para completar esta operación fue de 81.4 segundos, lo que equivale aproximadamente a 1.5 minutos. Este valor representa una medida referencial del rendimiento promedio del proceso de etiquetado bajo condiciones normales de operación.

Figura 3-48

Cursograma sinóptico de la etapa de etiquetado



Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Colocar la botella frente al operario y ubicar la zona frontal donde irá la etiqueta.
- Operación 2: Retirar la etiqueta del papel adhesivo y pegar la etiqueta de forma horizontal y centrada en la parte frontal de la botella.
- Operación 3: Trasladar la botella al lateral de la mesa y recoger la siguiente botella para etiquetar.

Los tiempos y operaciones consignados en el cursograma sinóptico de la etapa de etiquetado del yogur probiótico TRIFRUT, para las dos presentaciones, corresponden a una unidad como referencia representativa del proceso. Este procedimiento se replica de manera secuencial para las siguientes unidades, manteniendo una dinámica operativa constante, con una variación ligera de 2 a 3 segundos atribuibles a factores operativos propio del ritmo del operario o a ajustes menores en las etiquetas.

Estos tiempos y operaciones han sido desglosados de manera detallada en el cursograma analítico correspondiente (ver cuadro III-12) con el fin de ofrecer una visión más precisa y completa del rendimiento de esta etapa.

3.11.12 Almacenamiento Final

Finalmente, el producto es trasladado a refrigeración a temperaturas controladas entre 4°C y 8 °C, garantizando así la conservación del producto en espera de su distribución.

El tiempo estimado para el traslado y almacenamiento refrigerado de todo el lote es de 11 minutos.

Cuadro III-13

Resumen de aspectos relevantes del análisis del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT

Etapa	Problemas Detectados	Consecuencias Potenciales	Tiempo (min)	Observaciones Relevantes
Recepción de materia prima	- Presencia de restos de materia orgánica en la parte inferior de los tanques.	Contaminación inicial del producto.	2.54	Riesgo alto de contaminación cruzada desde origen.

Control de calidad de la leche	<ul style="list-style-type: none"> - Limitado equipo de control. - Planilla llena y desactualizada. - No se tiene una planilla para llenar los valores. 	Pérdida de registros y controles 5	<p>La leche recepcionada se encuentra dentro de los rangos permitidos de calidad de acuerdo con la normativa NB: 33013.</p>
Cargado y prefiltrado	<ul style="list-style-type: none"> - Carga manual pesada. - Riesgo ergonómico. - Restos de materia orgánica en los tanques. 	- Contaminación cruzada. - Esfuerzo físico excesivo. 5.93	<ul style="list-style-type: none"> - Personal sobrecargado físicamente. - Riesgo de accidentes y contaminación.
Descremado	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo limitado. - Fallas frecuentes. - Tiempo operativo prolongado. 	- Pérdida de lotes por acidificación. - Baja eficiencia operativa. 120	<p>El equipo ya cumplió con su vida útil.</p>
Preparación y adición de grenetina	<ul style="list-style-type: none"> - Disolución incorrecta: Formación de grumos. - Recipiente pequeño: Repeticiones del proceso. 	- Textura no uniforme. - Incremento del tiempo operativo. 25.5	<p>Capacidad del recipiente insuficiente (400 ml).</p>
Enfriado	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo prolongado del proceso. - Sobrecarga del operario. - Alto consumo de agua (450 L). 	- Riesgo de contaminación de la leche con el agua. - Retrasos en el proceso productivo. 113	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere dos ciclos de cambio de agua para enfriar una olla. - La capacidad del sistema de enfriado a baño maría es de cinco ollas.

			- Se realizan dos etapas de enfriado para cubrir todo el lote.
Preparación y adición del cultivo	<ul style="list-style-type: none"> - Dosificaciones de cultivo pequeñas provocando dificultad de lectura y precisión en el equipo. - Error en la dosis adecuada del cultivo. - Variabilidad en el producto. 	30	<ul style="list-style-type: none"> -Pesaje y adición del cultivo para cada olla (nueve ollas). Estimación del peso del cultivo de forma visual por experiencia sustituye medición exacta. (cuando se manifiesta fallas en la precisión de la balanza).
Inoculación	No manifiesta problemas a destacar en esta etapa.	Possible variabilidad sensorial si el control no es riguroso.	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizan los controles pertinentes del yogurt regidos bajo la normativa NB/NA 0078. - El yogurt se encuentra dentro de los rangos permitidos por la norma tanto en el pH (4.0-4.6) como en la acidez (60°D-150°D).
Envasado	<ul style="list-style-type: none"> - Envasado a temperatura inferior a la óptima ($\approx 15^{\circ}\text{C}$ o menos) - Proceso manual a cargo de un solo operario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Afecta la viscosidad del yogurt, dificulta su fluidez y provoca llenado irregular de los envases. - Aumenta el tiempo total del ciclo operativo y 	<ul style="list-style-type: none"> - 25 (F.R.) - 28 (TROP) - La temperatura ideal de envasado para yogurt es de 20°C. - El operario debe completar el envasado del lote antes de continuar con el etiquetado,

	<ul style="list-style-type: none"> - Acumulación de envases en la mesa de trabajo. - Retrasos en el flujo de trabajo posterior (etiquetado y almacenamiento) 	<ul style="list-style-type: none"> limita la capacidad de respuesta ante volúmenes mayores. - Congestión del área, dificultando el acceso de otros operarios y generando interrupciones en otras líneas. - Demoras en el cronograma de producción, menor eficiencia operativa y posible afectación al rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> lo que genera cuellos de botella. - Puede requerirse apoyo adicional para liberar espacio, afectando la continuidad de otras tareas del proceso productivo. - Las actividades posteriores dependen directamente de la finalización del envasado; cualquier retraso en esta etapa impacta al resto del proceso.
Etiquetado	<ul style="list-style-type: none"> - El etiquetado está a cargo del mismo operario que realiza el envasado. - Acumulación temporal de botellas en la mesa de trabajo. - Necesidad de apoyo adicional para liberar espacio. 	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso de etiquetado solo comienza una vez finalizado todo el envasado, generando retrasos acumulativos. - Congestión del área de producción, dificultando el trabajo de otros operarios que requieren el mismo espacio. - Interrupción de las actividades de otros 	<ul style="list-style-type: none"> - Esta secuencia limita la simultaneidad de tareas y afecta la fluidez del proceso productivo. - La acumulación reduce el espacio operativo disponible, generando interferencias en la ejecución de otras líneas de producción. - La colaboración no planificada altera la distribución de tareas y puede

	operarios para colaborar con el etiquetado, reduciendo la eficiencia.	afectar otras etapas del proceso productivo.
Almacenamiento final	- El proceso de almacenamiento final solo comienza una vez finalizado todo el envasado de todo el lote. Congestión del área de producción y acumulación del producto.	11 La mesa de trabajo queda totalmente ocupada por lo que no permite a otros operarios trabajar en ese espacio.

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

3.12 Evaluación del Personal

La evaluación del personal de la empresa DELACTO se realizó por medio de una encuesta (ver Anexo 7), con el objetivo de identificar aspectos claves relacionados con la capacidad de los operarios para llevar a cabo tareas fuera de sus funciones habituales en el área de producción. El análisis abarcó desde la elaboración del yogurt hasta su envasado y conversión en producto terminado. Además, se exploró si los operarios habían recibido capacitación en áreas diferentes a su especialidad o si disponían de un manual de funciones que facilitara el desempeño de dichas tareas.

La encuesta digital constaba de doce preguntas y permitió recopilar información relevante del personal. Según los resultados obtenidos, el área de producción de DELACTO está integrada por cuatro operarios: dos hombres que se encargan de la elaboración del yogurt y dos mujeres responsables del envasado y del producto terminado.

Cabe destacar que la mayoría del personal tiene en promedio 30 años, lo que se considera una fuerza laboral joven con potencial de desarrollo a mediano y largo plazo. La antigüedad en sus funciones varía, con un porcentaje distribuido uniformemente entre los cuatro operarios (25 % cada uno) (ver Anexo 8).

Durante la encuesta, se consultó al personal sobre su nivel de conocimiento en relación con el área de trabajo paralela. La mayoría calificó su conocimiento entre 3 y 4 (en una

escala de 1 a 5, donde 5 representa un conocimiento detallado del proceso). Si bien esto indica una comprensión general de las funciones del área paralela, se evidencia, a través de observaciones y diálogos con el personal, que llevar a cabo estas tareas con el nivel de detalle necesario puede resultar complicado, especialmente en ausencia de un supervisor capacitado que pueda guiar las actividades y dar continuidad a estas.

En cuanto al área de capacitación e inducción, que regularmente debe llevarse a cabo al ingreso al puesto de trabajo, ninguno de los integrantes del personal existente (100 %) ha recibido dicha inducción, generando experiencia mediante la ejecución de las actividades de manera empírica.

A su vez, se les preguntó si se les había proporcionado un manual de procedimientos para sus funciones y las del área opuesta. La respuesta fue unánimemente negativa. No obstante, el personal demostró importante conocer las tareas del otro sector, dado que la ausencia de un operario en cualquiera de las dos áreas podría generar problemas para cumplir con la producción diaria, requiriendo la improvisación del personal, lo cual podría afectar la calidad del yogurt producido.

Al explorar situaciones previas en las que se les requirió desempeñar funciones ajenas a sus responsabilidades, la mitad de los operarios informó haberlo hecho, principalmente en el área de producción de yogurt. Sin embargo, estas tareas se llevan a cabo bajo supervisión, debido al desconocimiento específico de los procesos. Los operarios recalcaron que, si bien se sienten capacitados para asumir temporalmente otras funciones, necesitarían el apoyo y guía de alguien con experiencia en el área.

Ante estas circunstancias, se identificó la necesidad de capacitación formal bajo un programa estructurado, así como la creación de un manual de funciones para cada etapa del proceso productivo e instructivos de trabajo para las etapas específicas que lo requieran, tanto para el personal de producción de yogurt como para el de envasado y etiquetado. De esta manera, se busca asegurar que, en situaciones de emergencia, los operarios puedan asumir funciones diferentes sin contratiempos y con la garantía de mantener la calidad del producto final.

Cuadro III-14*Resumen de los aspectos relevantes del personal de la empresa DELACTO*

Categoría	Descripción
Objetivo de la evaluación	Identificar la capacidad del personal para asumir tareas fuera de sus funciones habituales verificando si cuentan con capacitación o manuales de funciones referente al proceso del yogurt probiótico TRIFRUT.
Método de evaluación	Encuesta (12 preguntas) (ver Anexos 7 y 8), observación directa y dialogo simultaneo.
Composición del personal	Compuesto por cuatro operarios: - 2 hombres: elaboración del yogurt. - 2 mujeres: envasado y producto terminado.
Promedio de edad	30 años. Considerada una fuerza laboral joven con potencial de desarrollo.
Antigüedad en el puesto	Distribución equitativa: 25 % por operario.
Conocimiento del área paralela	Nivel 3 a 4 sobre 5 (conocimiento general). Sin embargo, se evidencian limitaciones al momento de ejecutar tareas específicas.
Capacitación e inducción	0% del personal ha recibido inducción formal. La experiencia fue adquirida de forma empírica.
Manual de funciones	Inexistente para ambas áreas (producción y envasado). El personal considera importante su implementación.
Implicaciones de la falta de formación	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades ante ausencias inesperadas. • Riesgo de afectar la calidad del yogurt. • Necesidad de improvisación.
Experiencia en funciones fuera del rol habitual	50 % han asumido funciones ajenas bajo supervisión, especialmente en producción de yogurt.
Percepción del personal	Disposición a asumir otras funciones temporalmente, siempre que exista acompañamiento de personal capacitado. <ul style="list-style-type: none"> • Implementar un programa de capacitación formal. • Crear manuales de funciones e instructivos para las etapas del proceso. • Fortalecer la polivalencia del personal sin comprometer la calidad del producto final.
Recomendaciones	

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1 Alternativas de Optimización

En el presente capítulo se presentan las alternativas diseñadas para optimizar los puntos críticos previamente identificados en el proceso de elaboración del yogur probiótico TRIFRUT, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa y avanzar hacia la estandarización integral del proceso productivo.

El diseño del plan de estandarización propuesto se estructura en dos fases estratégicas:

- **Fase 1: Optimización Operativa de Impacto Inmediato.**

Esta fase contempla el desarrollo de propuestas que no requieren una inversión significativa, pero que resultan aplicables y beneficiosas a corto plazo. Su finalidad es lograr una mejora operativa inmediata y sostenida, abordando directamente las deficiencias detectadas durante el diagnóstico técnico. Cada propuesta incluye una secuencia de actividades claramente definidas, desde su planificación hasta su desarrollo, detallando los recursos materiales y equipos requeridos, así como los resultados obtenidos en aquellos casos donde se realizaron pruebas piloto bajo condiciones reales de operación.

- **Fase 2: Transformación Tecnológica hacia el Escalamiento Productivo Industrial.**

Esta fase está orientada al fortalecimiento progresivo del proceso en función a su crecimiento productivo, mediante la incorporación de tecnologías más avanzadas para las etapas críticas del proceso que implica la adquisición de maquinaria y equipos especializados que, si bien requieren una inversión considerable, están diseñados para incrementar significativamente la eficiencia operativa, la capacidad instalada y la sostenibilidad del proceso en el mediano y largo plazo. Estas acciones permitirán posicionar a la empresa en un nivel competitivo superior dentro del mercado.

4.1.1 Fase 1: Optimización Operativa de Impacto Inmediato

En el presente apartado se detallan las propuestas de optimización formuladas para las etapas críticas del proceso productivo, en el marco de la Fase 1 del plan de

estandarización, denominada *Optimización operativa de Impacto Inmediato*. Estas medidas han sido diseñadas con el propósito de corregir las deficiencias operativas previamente identificadas durante el diagnóstico técnico y de contribuir de manera efectiva al proceso de mejora continua en la elaboración del yogur probiótico TRIFRUT.

4.1.1.1 Recepción De Materia Prima, Cargado Y Prefiltrado

Como alternativa para optimizar las etapas de recepción, cargado y prefiltrado de la leche, se propone el diseño de un sistema de bombeo mediante mangueras de PVC reforzadas con acero inoxidable, seleccionadas por sus propiedades atóxicas, su certificación como material de grado alimentario y su aprobación por la FDA para el contacto seguro con productos líquidos, en particular los lácteos.

Estas características convierten a este tipo de manguera en una solución técnicamente adecuada y sanitariamente segura para el transporte higiénico de leche cruda dentro del proceso productivo, reduciendo riesgos de contaminación y mejorando la eficiencia operativa.

Este sistema permitiría el traslado directo de la leche desde el punto de recepción hasta el pasteurizador, integrando simultáneamente el proceso de prefiltrado.

El desarrollo de esta propuesta permitiría, en primer lugar, evitar el ingreso de tanques con residuos orgánicos en su base al área de producción, disminuyendo significativamente el riesgo de contaminación. Además, facilitaría una reducción en los tiempos operativos y un menor esfuerzo físico del personal, quien actualmente debe manipular tanques con un peso superior a 60 kg, lo cual representa un desgaste considerable a largo plazo.

Finalmente, este sistema contribuiría a minimizar derrames imprevistos, mejorando la eficiencia y la higiene del proceso de transferencia hacia el pasteurizador.

Esta propuesta se detalla de manera más clara a continuación, mediante las actividades a seguir.

Actividad 1: Registro de medidas y distancias de la zona de producción con el sector de recepción de materia prima

a. Descripción

Se procede a medir las dimensiones del área de producción en donde se elabora el yogur. En este sector se realiza la descarga de los tanques de leche al pasteurizador.

Esta área colinda con la puerta de salida, en donde se hace la recepción de la leche. Por lo tanto, se mide la distancia entre el pasteurizador y el camión que descarga los tanques.

Esta medida permitirá definir la longitud de manguera necesaria y la ubicación adecuada de la bomba que impulsará la leche desde el camión hasta el pasteurizador.

b. Materiales y equipo

Tabla IV-1

Materiales y equipos para la etapa de recepción de materia prima, cargado y prefiltrado

Materiales y equipo	Características
Flexo	 <ul style="list-style-type: none"> - Longitud de 5 metros x 19 mm. - Dimensiones de medida en pulgadas y metros.
Libreta de registro	 <ul style="list-style-type: none"> - 10x7 cm - Registra las medidas correspondientes

Fuente: Elaboración Propia, 2024.

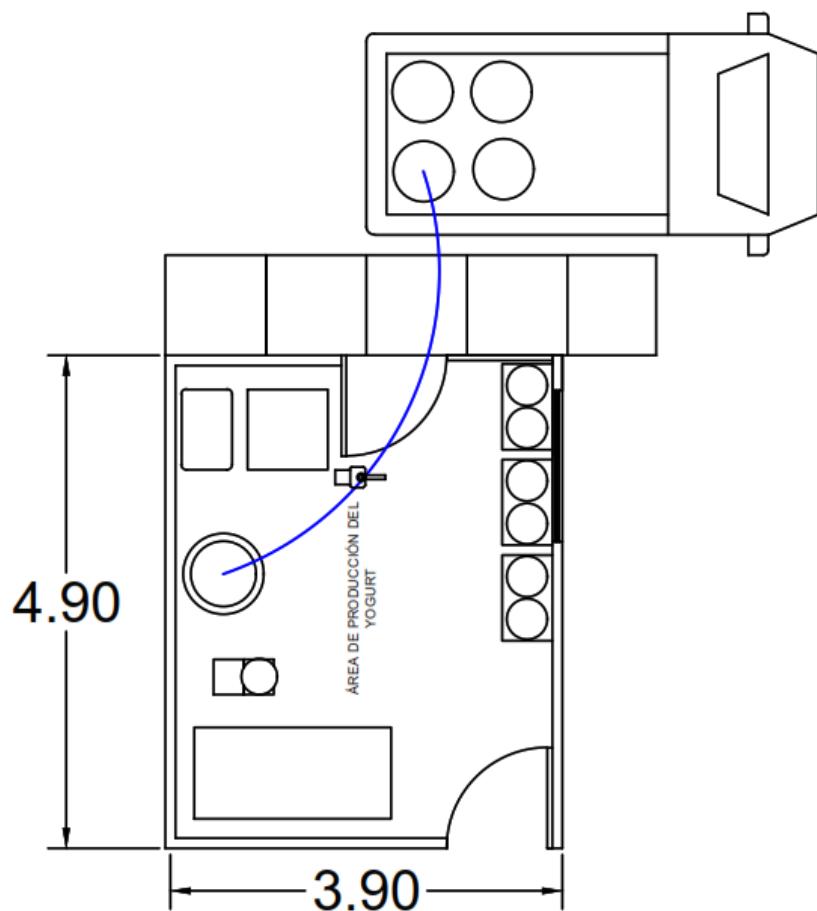
c. Ejecución

Mediante un flexómetro se procede a la toma de medidas del área de producción del yogur, registrando los valores obtenidos en una libreta de anotaciones y registros. Una vez que se toman las medidas, se elabora un croquis guía, definiendo la distancia entre el pasteurizador y el área de descarga, considerando la ruta más adecuada. Posteriormente, se determinará la longitud apropiada de la manguera para instalar en la bomba.

Con las medidas obtenidas se elabora un plano que define las distancias necesarias.

Figura 4-1

Área de producción del yogur. Recepción de materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Actividad 2: Diseño del sistema de bombeo de la leche al pasteurizador

a. Descripción

Con base en las medidas obtenidas del área de producción y del sector de recepción de materia prima, se procede a definir los aspectos técnicos del proceso de bombeo: la cantidad de manguera necesaria, los tiempos estimados y el tipo de bomba que se requiere para bombear 200 litros de leche en un periodo de dos minutos.

Se estima una bomba de entre 0.5 HP y 1 HP, aunque esta elección debe fundamentarse mediante cálculos específicos.

b. Materiales y equipo

Tabla IV-2

Materiales y equipos para el diseño del sistema de bombeo de leche al pasteurizador

Materiales y equipo	Características
Bomba de acero inoxidable	<p>Potencia: 0.5 HP</p> <p>Hmax: 47.3 m</p> <p>Q= 100 L/min</p> 
Manguera sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PVC flexible atóxico, grado alimentario. - Refuerzo interno: Espiral de acero inoxidable. - Diámetro interno: 1.5 inch 

-
- Temperatura resistente: -10 a 70°C (uso intermitente hasta 90 °C).
 - Cumplimiento normativo de FDA 21.
 - Superficie interna: Lisa y no porosa, facilita limpieza.

Tanque de acero inox



- Volumen: 200 litros
- Material: Acero inoxidable
- Dimensiones: 0.9x0.6 metros
- Grado: Alimenticio.

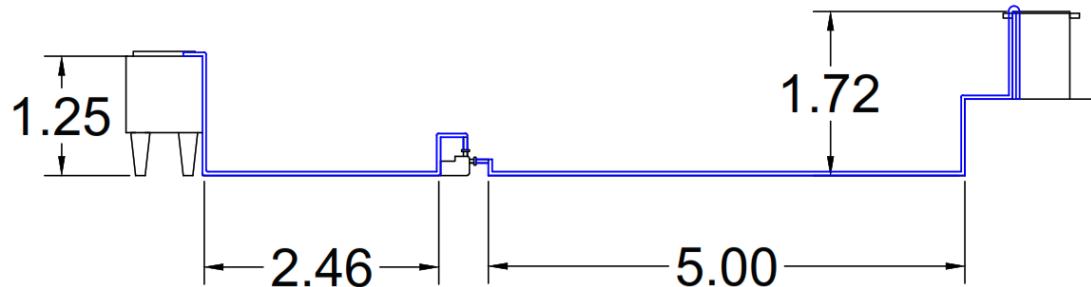
Fuente: Elaboración propia, 2024.

c. Ejecución

Al pretender realizar el bombeo desde un tanque de 200 litros al pasteurizador, se ubicó la bomba lo más cercana posible al tanque, cerca de la puerta de recepción de materia prima.

Ubicada la bomba, se procedió a medir y calcular la longitud requerida de manguera. Este procedimiento se realizó mediante mediciones con flexómetro y estimaciones con hilo, para posteriormente determinar su longitud.

Se determinó que la longitud necesaria de manguera será de 4.5 metros del pasteurizador a la bomba y 8 metros de la bomba al camión, totalizando 12.5 metros. A continuación, se presenta un plano en vista horizontal para mayor comprensión.

Figura 4-2*Vista lateral del sistema de bombeo de la leche al pasteurizador*

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de este sistema, se efectúan los cálculos necesarios para determinar y justificar la potencia requerida en el proceso de bombeo de la leche, desde el camión de recepción hasta el pasteurizador.

4.1.1.1 Cálculos del Sistema de Bombeo

- Cálculo del tipo de bomba requerida

Para proceder con los cálculos correspondientes se define primero los valores necesarios para las operaciones, representados en la siguiente tabla.

Tabla IV-3*Valores del sistema de bombeo*

Detalle	Unidad
Nº bombas	1
Volumen (m ³)	0.2
Tiempo deseado de bombeo (seg)	120
Caudal (m ³ /s)	0.0017
Temperatura de la leche promedio (°C)	17
Elevación de succión (m)	0.8

Elevación de descarga (m)	1.25
Eficiencia estimada de la bomba	70%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con los valores respectivos se procede a calcular el sistema mediante el método de Hazel Williams. En donde se calculará las perdidas tanto en la succión como en la descarga.

- Resolución de succión

Estos cálculos se consideran desde el tanque de succión hasta la bomba.

Tabla IV-4

Valores requeridos para los cálculos de succión

Detalle	Unidad
Diámetro nominal (inch)	1.5
Material de tubería	PVC
Clase	STD
Diámetro interior (m)	0.0381
Coeficiente de Hazen Williams (PVC)	150
Caudal tramo (m ³ /s)	0.0017
Log. de la tubería en la succión (m)	8
Altura de succión (m)	-0.8

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Pérdidas primarias en las tuberías de succión. Ecuación de Hazel Williams (Hfs)

$$Hfs = L * \frac{10.679}{C_{HW}^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{D_c^{4.87}}$$

$$Hfs = 8 * \frac{10.679}{150^{1.852}} * \frac{(0.0017)^{1.852}}{(0.0381)^{4.87}} = 0.48 \text{ m}$$

Las pérdidas de fricción en el sistema en la succión son de 0.48 m.

- Altura dinámica de succión

$$ADS = 0.48 + (0.8) = 1.27 \text{ m}$$

La altura dinámica de succión es de 1.27 m.

- Resolución de descarga

Estos cálculos se consideran desde la bomba hasta el tanque de descarga.

Tabla IV-5

Valores requeridos para los cálculos de descarga

Detalle	Unidad
Diámetro nominal (inch)	1.5
Material de tubería	PVC
Clase	STD
Diámetro interior (m)	0.0381
Coeficiente de Hazen Williams (PVC)	150
Caudal tramo (m ³ /s)	0.0017
Log. de la tubería en la descarga (m)	4.5
Altura de descarga (m)	1.25

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Pérdidas primarias en las tuberías de descarga. Ecuación de Hazel Williams (Hfd)

$$Hfd = 4.5 * \frac{10.679}{150^{1.852}} * \frac{(0.0017)^{1.852}}{(0.0381)^{4.87}} = 0.26 \text{ m}$$

Las pérdidas de fricción en el sistema en la descarga son de 0.26 m.

- Altura dinámica de descarga

$$ADD = 1.25 + 0.26 = 1.51m$$

La altura dinámica de descarga es de 1.51 m

- Altura dinámica total de la bomba

$$h_b = 1.27 + 1.51 = 2.78 m$$

- Potencia hidráulica de la bomba

$$P_b = \rho * g * Q * h_b$$

$$P_b = 1028 * 9.81 * 0.0017 * 2.78 = 47.66 W = 0.0477KW$$

- Potencia de la bomba real total

$$P_T = \frac{0.0477KW}{0.9 * 0.7} = 0.076KW = 0.10HP$$

Se estima una potencia real necesaria de 0.1 HP, por lo que se optaría por una bomba de 0.5 HP como mínimo.

4.1.1.1.2 Descripción Final del Funcionamiento del Sistema para esta Etapa

Una vez analizados los aspectos técnicos del sistema de bombeo, se procede a describir su funcionamiento estimado, fundamentado en los cálculos desarrollados previamente, dado que la propuesta no tuvo una prueba piloto durante el presente estudio.

La leche será bombeada desde el punto de recepción hasta el pasteurizador, tal como se muestra en las Figuras 4-1 y 4-2. A diferencia del método actual, que utiliza cuatro tanques, se plantea el almacenamiento inicial del producto en un único tanque de 200 litros, el cual se ubicará en la parte posterior del camión del proveedor. Esta modificación permitirá bombear de manera continua la totalidad del lote de leche. El proveedor será informado previamente sobre el cambio en la capacidad del tanque.

Desde el tanque de almacenamiento, la leche será succionada mediante una manguera sanitaria conectada a una bomba, que impulsará el producto directamente hacia el pasteurizador. Durante la operación, el operario sostendrá manualmente la manguera

en el punto de ingreso del pasteurizador, con el objetivo de evitar movimientos bruscos o derrames. Al mismo tiempo, el proveedor insertará la manguera en el tanque de origen y verificará que la succión se realice de forma adecuada.

De acuerdo con las estimaciones basadas en los cálculos teóricos, se proyecta que un volumen de 200 litros podrá ser bombeado en un tiempo aproximado de dos minutos. Al finalizar la operación, se comprobará que no queden remanentes significativos de leche en la manguera, y en caso de existir, se asistirá manualmente su descarga al pasteurizador, concluyendo así esta etapa del proceso.

Este procedimiento se representa mediante un cursograma analítico y sinóptico, elaborado en función de las estimaciones técnicas correspondientes al sistema propuesto.

Cuadro IV-1

Cursograma analítico estimado del funcionamiento propuesto para la etapa de recepción, cargado y prefiltrado de leche

Diagrama Num: 10		Hoja Núm 1 de 1		RESUMEN				
Objeto: Cargado y prefiltrado de la M.P. mediante un sistema de bombeo		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA		
Actividad: Proceso productivo (Cargado de la leche por medio de un sistema de bombeo)		Operación		<input type="radio"/>	10	4		
Método: Propuesto		Transporte		<input type="checkbox"/>	1	-		
Lugar: DELACTO		Espera		<input type="checkbox"/>	-	-		
Operario (s):		Inspección		<input type="checkbox"/>	-	-		
Ing. Lizandro De La Quintana		Almacenamiento		<input type="checkbox"/>	-	-		
Ing. Rodrigo Ricaldi		Ficha núm: 10		DISTANCIA (m)		17.9		10
Elaborado por: Giovanni Camacho		Fecha:30/11/24		TIEMPO (min-hombre)		8.5		4.5
Descripción			Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo			Observaciones
Prepara el equipo de bombeo.			1	5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Enciende la bomba y bombea la leche desde el tanque de acero inoxidable hacia el pasteurizador			2.5	-	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Apaga el equipo y retira la bomba del tanque de polietileno y del pasteurizador			0.5	5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descarga manualmente los remanentes de leche que quedaron en la manguera			0.5	-	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TOTAL			4.5	10	4	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con el cursograma, el tiempo estimado del proceso de recepción, cargado y prefiltrado de la leche es de 4.5 minutos.

Figura 4-3

Cursograma sinóptico propuesto para la etapa de la recepción, cargado y prefiltrado de la leche



Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Preparar el equipo de bombeo.
- Operación 2: Encender la bomba y bombear la leche desde el tanque hacia el pasteurizador.
- Operación 3: Apagar el equipo y retirar la bomba del tanque de polietileno y del pasteurizador.
- Operación 4: Descargar manualmente los remanentes de leche que quedaron en la manguera.

4.1.1.2 Control de Calidad de la Leche

En el proceso de control de calidad de la leche recepcionada, se propone actualizar la planilla de control de recepción de la materia prima, tomando en cuenta nuevos actores involucrados en el control actual y descartando aquellos que no se llevan a cabo ni son relevantes para el control de la leche.

Actividad N°1: Diseño del nuevo formato actualizado de la planilla de control.

a. Descripción

Se procede al diseño del nuevo formato actualizado de la planilla de registro de control de los parámetros óptimos de la materia prima, siendo esta la leche cruda.

b. Ejecución

Para la actualización de la planilla de control se toma como referencia la planilla anterior, en la cual se observó que no incluía la hora de recepción, el lote de ordeño y las características organolépticas. Estos factores son relevantes, motivo a que aportan información crítica para garantizar la calidad, frescura y seguridad del producto, además de facilitar el control del proceso productivo.

Por lo tanto, se procede a adicionar los respectivos puntos de control en la nueva planilla de registro.

Con los nuevos controles de registro, se procede al diseño en Excel de la planilla respectiva, lista para ser validada por el supervisor encargado de la empresa y, posteriormente, si cumple con lo requerido, implementarla.

A continuación, se detalla la planilla actualizada de control.

Tabla IV-6*Planilla de control de recepción de materia prima (leche cruda) actualizada*

					PLANILLA DE CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (LECHE CRUDA)															Código:		DEL-PROD-REG-RMP-01	
																				Version:		01	
Fecha:		4/12/2024																					
Nº de pag.		1																					
Nº	FECHA	HORA	PROVEDOR	VOLUMEN (LITROS)	FECHA DE ORDEÑO	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS					CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS					IMPUREZAS	RESPONSABLE	FIRMA					
						OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	TEMPERATURA (°C)	ACIDEZ (°D) (13-18)	PH (6.6-6.8)	DENSIDAD (g/ml) (1.028-1.034)										
	L M M J V S				L M M J V S	N	A	R	O	B	A	O	L	A	AM	O	H	L	G	O	SI	NO	
1	OBSERVACIONES:																						
2	L M M J V S				L M M J V S	N	A	R	O	B	A	O	L	A	AM	O	H	L	G	O			
3	OBSERVACIONES:																						
4	L M M J V S				L M M J V S	N	A	R	O	B	A	O	L	A	AM	O	H	L	G	O			
5	L M M J V S				L M M J V S	N	A	R	O	B	A	O	L	A	AM	O	H	L	G	O			

1. OLOR: natural/neutro (N); ácido (A); rancio (R); otros (O). 2. COLOR: blanco (B); amarillento (A); otros (O). 3. SABOR: lacteo/leche (L); ácido (A); amargo (AM); otros (O). 4. TEXTURA: homogenea (H); líquida (L); grumosa (G); otros (O)

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con base en el formato actualizado de la planilla, se presenta a continuación la metodología para la realización del análisis de control organoléptico y fisicoquímico.

4.1.1.2.1 Análisis organoléptico

- **Color:** Verifica el color por medio observación directa bajo una iluminación clara. Esta debe presentar un tono blanco claro y uniforme. Si presenta tonalidades amarillentas, marrones o partículas extrañas, podría indicar contaminación o deterioro.
- **Olor:** Acerca el vaso cerca de la nariz e inhala de manera controlada después de agitarla suavemente. Esta debe presentar un olor neutro y natural a la leche. Si se percibe un olor ácido, rancio, metálico o extraño, puede haber signos de fermentación o contaminación.
- **Sabor:** Prueba una pequeña dosis. Esta debe presentar un sabor lácteo a leche natural. Un sabor ácido, amargo o a moho indica deterioro o mala manipulación.
- **Textura:** Agita suavemente la leche y observa que fluya de manera uniforme, homogénea y sin grumos.
- **Registro:** Anota los resultados en la planilla de control y reportar cualquier anomalía.

4.1.1.2.2 Análisis fisicoquímicos

Temperatura

La muestra destinada a los controles fisicoquímicos, como la determinación de la acidez y el pH, debe encontrarse a una temperatura de 20 °C para garantizar la precisión de los resultados. En caso de que la muestra se encuentre por debajo de esta temperatura, debe ser atemperada mediante calentamiento controlado con llama hasta alcanzar los 20 °C. Si, por el contrario, la muestra supera dicha temperatura, se deberá enfriar mediante refrigeración. Es importante destacar que, conforme a la normativa vigente, la leche cruda recién ordeñada no debe superar los 10 °C durante su

almacenamiento o recepción, por lo que el calentamiento debe realizarse únicamente en el contexto del análisis y no en la totalidad del volumen almacenado.

Acidez

- Por medio de una pipeta extrae 9 ml de leche e incorpora en el vaso precipitado.
- Agrega 4 gotas de fenolftaleína y agita el vaso.
- Coloca la solución de hidróxido de sodio al 0.1 N en la bureta, y regula que esta esté en cero.
- Deja caer gota a gota sobre el vaso precipitado de leche.
- Agita el vaso con suaves movimientos circulares a medida que deja caer las gotas hasta que la mezcla tome un color rosado tenue.
- Observar la cantidad de hidróxido de Sodio que se ha utilizado. La bureta al ser relación 1-2, se debe multiplicar el valor obtenido por dos. Para después multiplicarlo nuevamente por 10 obteniendo así la acidez expresada en grados Dórnico ($^{\circ}$ D). Acidez en $^{\circ}$ D=10*2* lectura en ml.
- Por ejemplo: si se gastó 0.7 ml, quiere decir que se gastó 14 décimas de ml y esto es igual a 18 $^{\circ}$ D.
- Registra en planilla los valores obtenidos. La acidez de la leche optima debe estar dentro de los parámetros de 14-18 $^{\circ}$ D.

pH

- Encienda el pH-metro.
- Deja en reposo hasta que alcanza el número 12.
- Coloca el pH-metro en la muestra.
- Deja reposar por un minuto.
- Verifica el valor obtenido.
- Registre en planilla. EL pH óptimo de la leche debe estar en los rangos de 6.6-6.8.

Densidad

- Mezcla bien la muestra sin generar espuma. Para mayor facilidad y precisión en la lectura, la muestra debe estar a 15°C.
- Vierta la muestra en una probeta (Desliza por las paredes).
- Introduce el lactodensímetro (calibrado a 15° C) y dejarlo flotar libremente
- Espera a que la lectura se estabilice hasta que se encuentre en reposo.
- Realiza la lectura. El lactodensímetro tiene una escala graduada que comprende valores entre 20 y 40 que corresponden a las milésimas de densidad por encima de la unidad, es decir, que, si el lactodensímetro marca 32, entonces indica la densidad 1.032.
- Registra en planilla. La densidad optima de la leche debe estar entre 1.028 y 1.034.
- Limpia y desinfecta los materiales utilizados con cuidado.
- Descarta la muestra de leche utilizada.

Estos factores son fundamentales para asegurar un control óptimo de la calidad de la leche, motivo a que la forma en que se mide y registra dicha información influye directamente en su monitoreo y en la estandarización del proceso. Para una mayor claridad en el procedimiento de control y en el correcto llenado de registros, se recomienda consultar el Anexo 15 y 16, donde se detalla el instructivo correspondiente al control de calidad de la leche y el registro de la planilla actualizada.

4.1.1.3 Preparación y Adición de Grenetina

Uno de los aspectos clave a optimizar en esta etapa del proceso productivo es la reducción en la frecuencia de preparación de la grenetina, la cual actualmente se realiza en tres ocasiones durante cada jornada. Se propone unificar esta operación en una sola preparación por jornada, con el objetivo de disminuir significativamente el tiempo operativo y mejorar la eficiencia general del proceso.

La estrategia consiste en incrementar el volumen del recipiente destinado a la disolución de la grenetina, permitiendo homogeneizar la totalidad requerida en una única operación.

Considerando que la cantidad de grenetina necesaria por lote es de 387 gramos (en base seca) y que la proporción óptima de disolución es de 129 gramos por cada 0.4 litros de agua, se estima que el volumen total requerido para su correcta hidratación y homogenización es de aproximadamente 1.250 litros.

En función de esta necesidad, se plantea utilizar un recipiente con una capacidad mínima de 1.5 litros, que garantice una manipulación segura y eficiente, incluso bajo condiciones de elevada temperatura.

A continuación, se presentan las características técnicas del recipiente propuesto:

Tabla IV-7

Recipiente propuesto para la grenetina

Recipiente para la grenetina	Características
	<ul style="list-style-type: none"> - Material: vidrio termorresistente - Volumen: 0.002 m³ - Diámetro: 20 cm - Altura: 10 cm

Fuente: Multihogar tramontina Tarija, 2024.

La incorporación de un recipiente de mayor volumen tiene como finalidad optimizar el tiempo dedicado a la preparación de grenetina, repercutiendo directamente en una mayor fluidez del proceso general de elaboración del yogurt. Para validar esta propuesta, se llevaron a cabo 20 pruebas prácticas a lo largo de cuatro semanas (ver Anexo 9), empleando un recipiente piloto con las especificaciones requeridas.

Figura 4-4

Recipiente utilizado para las muestras pilotos



Fuente: Elaboración propia, 2024. Imagen capturada en la empresa DELACTO en el marco de las prácticas experimentales para la optimización de la etapa de preparación y adición de grenetina.

Durante estas pruebas, la grenetina fue hidratada inicialmente con agua a temperatura ambiente (inferior a 25 °C) durante un periodo de dos minutos. Posteriormente, la mezcla, que contenía los 387 gramos de grenetina en 1.250 litros de agua, fue calentada en microondas durante siete minutos, alcanzando una temperatura aproximada de 45 °C, lo que permitió obtener una consistencia líquida homogénea, adecuada para su incorporación directa a la leche.

Figura 4-5

Grenetina preparada en su fase sólida y liquida



Fuente: Elaboración propia (2024). Imagen capturada en la empresa DELACTO en el marco de las prácticas experimentales para la optimización de la etapa de preparación y adición de grenetina.

Los resultados obtenidos evidenciaron una mejora en el desempeño temporal de esta etapa, reduciendo operaciones y logrando registrar un tiempo promedio de 14 minutos por ciclo de preparación y adición de grenetina.

Finalmente, en los cursogramas adjuntos (analítico y sinóptico) se detalla el nuevo procedimiento propuesto para esta etapa, en el cual se incorpora el recipiente de mayor volumen como elemento central en la mejora operativa del proceso.

Cuadro IV-2

Cursograma analítico correspondiente a la propuesta de optimización de la etapa de preparación y adición de grenetina

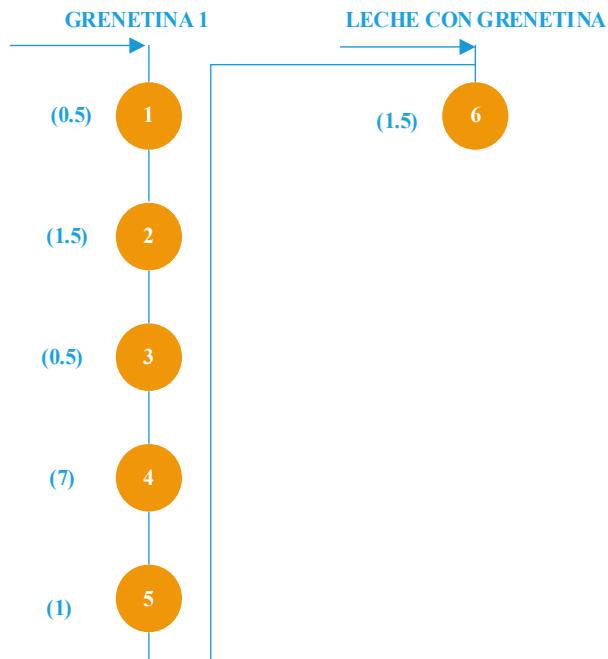
Diagrama Num: 11 Hoja Núm 1 de 2		RESUMEN				
Objeto: Preparación y adición de grenetina a la leche	ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPIUESTA		
		Operación	○	15	5	
Actividad: Proceso productivo (preparación y adición de grenetina a la leche)	Transporte	□		6	2	
Método: Propuesto	Espera	○	□	6	2	
Lugar: DELACTO	Inspección	○	□	-	-	
Operario (s):	Ficha núm: 11 Ing. Rodrigo Ricaldi	Almacenamiento	○	○	-	
Elaborado por: Giovanni Camacho		DISTANCIA (m)	○	30	10	
Fecha:30/11/24	TIEMPO (min-hombre)		○	25.5	14	
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones
		○	□	○	□	○
Añade 387 g de grenetina al recipiente	0.5	-		●		Al adicionar la grenetina el operario verifica mediante la balanza que el peso llegue al requerido.
Agrega agua y mezcla hasta homogenizar la grenetina	1.5	-		●		La mezcla debe ser homogénea, evitando la formación de grumos.
Deja actuar hasta que se solidifique en su totalidad	2	-		●		
Transporta la mezcla al microondas	0.5	5		●		-
Calienta la grenetina homogenizada en el microondas para elevar su temperatura	7	-		●		La grenetina al ser homogenizada presenta una textura sólida y al llevarla al calor por un periodo de tiempo logra alcanzar una textura líquida.
Retira y traslada la grenetina calentada al área de producción	1	5		●		Se retira el recipiente de grenetina del microondas con guantes térmicos y se lo transporta al área de producción para adicionarlo al pasterizador con la leche.

Diagrama Num: 11 Hoja Núm 2 de 2		RESUMEN				
Objeto: Preparación y adición de grenetina a la leche		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA
		Operación	○	15	5	
Actividad: Proceso productivo (preparación y adición de grenetina a la leche)		Transporte		6	2	
Método: Propuesto		Espera		6	2	
Lugar: DELACTO		Inspección		-	-	-
Operario (s):	Ficha núm: 11 Ing. Rodrigo Ricaldi	Almacenamiento		▽	-	-
Elaborado por: Giovanni Camacho		DISTANCIA (m)		30	10	
Fecha:30/11/24		TIEMPO (min-hombre)		25.5	14	
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones
Agrega la grenetina a la leche		1.5	-	○	□	▷
TOTAL		14	10	5	2	-
				2	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 4-6

Cursograma sinóptico correspondiente a la propuesta de optimización de la etapa de preparación y adición de grenetina



Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Añadir 387 g de grenetina al recipiente.
- Operación 2: Agregar agua y mezclar hasta homogenizar la grenetina.

- Operación 3: Transportar la mezcla al microondas.
- Operación 4: Calentar la grenetina homogenizada en el microondas para elevar su temperatura.
- Operación 5: Retirar y trasladar la grenetina calentada al área de producción.
- Operación 6: Agregar la grenetina a la leche.

4.1.1.4 Enfriado

La etapa de enfriado constituye un punto crítico dentro del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, debido a su impacto directo en la eficiencia operativa. En este contexto, se plantea una propuesta de mejora correspondiente a la Fase 1 del plan de estandarización, orientada a optimizar el tiempo de operación y el uso racional de los recursos disponibles.

La alternativa propuesta consiste en el desarrollo de un sistema de enfriamiento basado en la transferencia de calor por convección, mediante la incorporación de hielo. Esta medida busca mejorar la eficiencia del proceso, disminuir el consumo de agua y reducir la carga operativa del personal involucrado, todo ello sin requerir inversiones significativas en infraestructura o equipamiento.

4.1.1.4.1 Proceso de Enfriado Bajo la Incorporación de Hielos Mediante la Transferencia de Calor por Convección

Se propone sustituir el actual método de enfriamiento, basado en un baño maría con recambios constantes de agua, por un sistema que emplee hielo como agente de transferencia térmica. Este cambio permitiría disminuir significativamente el tiempo de enfriado, reducir la carga física sobre el personal encargado y eliminar la necesidad de recambios continuos de agua, contribuyendo así al ahorro hídrico y a la sostenibilidad del proceso.

A continuación, se detallan las actividades contempladas para el desarrollo e implementación de esta alternativa de enfriamiento.

Actividad N°1. Selección y preparación del material y equipo a utilizar

a. Descripción

Para garantizar la disponibilidad de hielo, se selecciona un material que sea fácilmente accesible y que permita retirar el hielo con la menor dificultad posible una vez congelado. En este caso, se opta por utilizar botellas plásticas. No obstante, se tienen en cuenta ciertas características de las botellas, como su diseño para facilitar la extracción del hielo, su capacidad para contener mayor masa y sus dimensiones, que deben ser adecuadas para encajar en la olla de enfriamiento, entre otros aspectos relevantes.

b. Materiales y equipo

En la siguiente tabla se describen los materiales y equipos a utilizar.

Tabla IV-8

Materiales y equipos de la actividad 1 del proceso de enfriado propuesto

Materiales y equipo	Características
Botella plástica	<ul style="list-style-type: none"> - Botella lisa - Volumen: 0.003 m^3 - Altura 37 cm - Base 12 cm
Estilete	<ul style="list-style-type: none"> - Estilete plástico 18 mm - Dimensiones: 4 cm x 16 cm - Peso: 0.1 kg

Marcadores



- Marcador permanente color.
- 4.9 mm de grosor

Encendedor



Dimensiones: 10 x 2 cm

Fuente: Elaboración propia, 2024.

c. Ejecución

Al seleccionar las botellas plásticas como contenedores del hielo para el sistema propuesto de enfriamiento, se verifica que estas cumplan con características deseadas que permitan optimizar los tiempos en esta etapa. Las características evaluadas fueron:

- Material liso sin ningún diseño en su estructura que dificulte el retiro del hielo.
- Volumen máximo para almacenar la mayor cantidad de masa, cumpliendo con la primera característica.
- Dimensiones adecuadas para encajar en la olla de enfriamiento.

Tomando en cuenta estos factores, se procede a elegir el recipiente que cumpla con dichas características, siendo este una botella con volumen de 3 litros. Dimensiones compatibles con el radio de la olla y que permita encajar varias en ella. A su vez, el material no presenta ningún diseño estructural, lo que permite extraer el hielo con facilidad.

Figura 4-7*Recipiente para el hielo*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Seleccionado el envase, se procede a realizar la respectiva desinfección y esterilización. Se sumergieron todas las botellas en agua con lavandina durante 10 minutos para eliminar cualquier tipo de bacterias presentes.

Posteriormente, se retiran, se enjuagan con agua y se desinfectaron con alcohol, quedando listas para la fase de marcado y cortado.

Figura 4-8*Desinfección de las botellas*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Se realiza el marcado para el corte de la botella por donde se retirarán los hielos una vez congelados. El corte se ubica en la parte superior de la botella, donde comienza la curvatura, para obtener una sección recta y facilitar la extracción, ubicándose finalmente a 10 cm debajo de la boquilla.

Figura 4-9

Marcado del corte de la botella



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Figura 4-10

Corte de la botella



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Cada botella es numerada para identificar la cantidad total de unidades disponibles y tener un mejor orden en las botellas.

Una vez completado el corte, se utiliza un encendedor para quemar los bordes superiores. Este procedimiento tiene como objetivo suavizar el material y evitar posibles daños, motivo a que los bordes cortados tienden a quedar afilados y podrían ocasionar accidentes al personal.

Figura 4-11

Suavizado de Bordes en Botellas Plásticas



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Concluido el suavizado de los bordes superiores de las botellas, se procede a la siguiente actividad: la preparación de los hielos.

Actividad N°2. Preparación de los hielos

a. Descripción

Los envases se llenan con agua, se pesan y luego se colocan en el congelador para solidificarse y convertirse en hielo.

b. Materiales y equipo

En la siguiente tabla se describen los materiales y equipos que se utilizan.

Tabla IV-9*Materiales y equipos de la actividad 2 del proceso de enfriado propuesto*

Materiales y equipo	Características
Balanza	
	<ul style="list-style-type: none"> - Peso máximo: 30 kg - digital - dimensiones: 30 x 45 cm
Envases plásticos para el almacenamiento del hielo	Dimensiones: 26 x 12 cm
	
Freezer	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen útil del comportamiento de congelados: 513 L. - Temperatura máxima de congelado: -18°C. - Potencia nominal: 0.17 KW.

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

c. Ejecución

Con los envases preparados, se procede a pesar cada uno de ellos para determinar su peso inicial y, posteriormente, realizar la tara en función de la masa del agua.

Figura 4-12*Pesaje de los envases*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Una vez pesados los 27 envases, se llenan con agua y se vuelven a pesar, con el propósito de determinar la masa inicial del líquido contenido.

Figura 4-13*Pesaje de los envases con agua*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Se obtuvo una masa promedio de 2.4 kg de agua por envase.

Los envases se colocan en el congelador para solidificar el agua y obtener los bloques de hielo necesarios para el sistema de enfriamiento propuesto.

Actividad N°3 Aplicación y prueba piloto del sistema de enfriamiento propuesto

a. Descripción

Se procede al retiro de los bloques de hielo del congelador para ser pesados y posteriormente utilizados como pruebas para enfriar la leche bajo este nuevo sistema de enfriamiento.

b. Materiales y equipo

En la siguiente tabla se describen los materiales y equipos que se utilizan.

Tabla IV-10

Materiales y equipos de la actividad 3 del proceso de enfriado propuesto

Materiales y equipo	Características
Hielos	 <ul style="list-style-type: none"> - Masa promedio: 2.33 kg - Altura: 26 cm. - Diámetro: 12 cm.
Ollas de enfriamiento	 <ul style="list-style-type: none"> - Material: acero inoxidable - Volumen: 0.05 m³ - Altura: 38 cm - Diámetro: 42 cm

Fuente: DELACTO. Elaboración propia, 2024.

c. Ejecución

Al retirar los envases con hielo del congelador, se procede a pesarlos para verificar si hubo algún cambio en la masa del agua inicial. Se evidenció una variación, obteniéndose un promedio de 2.33 kg por envase, con una diferencia mínima de 8 gramos respecto a la masa inicial.

Figura 4-14

Pesaje de los envases con hielo



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Posteriormente, se colocan los bloques de hielo en las ollas de enfriamiento. Como se indicó al inicio, la capacidad de estas ollas permite un máximo de tres envases.

Por ello, se añaden tres bloques de hielo por olla, junto con 10 litros de agua, lo que asegura estabilidad y facilidad en la extracción de los bloques de hielo gracias al contacto con el agua.

Los bloques se dejan en reposo durante cinco minutos y luego son retirados. Debido a la superficie lisa de los envases, este proceso es sencillo.

Figura 4-15

Adición de los envases con hielo a las ollas de enfriamiento



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Figura 4-16

Hielos en las ollas de enfriado



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Se mide la temperatura alcanzada por los hielos al contacto con el agua, siendo esta de 8 °C. tomando en cuenta que la del agua entrante fue 26 °C.

Figura 4-17*Control de la temperatura*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

Con todo el sistema listo, se inicia el proceso de enfriado de la leche. Cada olla de leche de 20 litros es colocada en las ollas de enfriamiento, con el objetivo de reducir la temperatura de la leche de 87 °C a 42 °C.

Este sistema, al igual que el utilizado anteriormente, tiene capacidad para enfriar cinco ollas simultáneamente, por lo que se requieren dos ciclos de enfriado para procesar toda la producción diaria. Esto se debe a que, con una producción de 200 litros diarios, se necesitan un total de nueve ollas para contener la leche.

Una vez colocadas las ollas, se procede a adicionar agua a presión con una manguera, recirculando el agua para asegurar que el frío del hielo se transfiriera uniformemente a través del agua a cada olla. Además, se agita la leche durante el proceso para garantizar una transferencia de calor uniforme.

Figura 4-18*Recirculación de agua*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

El tiempo del proceso es monitoreado, logrando alcanzar la temperatura deseada de 42°C en un promedio de 21 minutos y 23 segundos para cinco ollas.

Figura 4-19*Control de temperatura*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de enfriado.

A diferencia del método anterior, este sistema no requiere dos cambios de agua por ciclo, lo que permite reducir a la mitad el volumen utilizado.

Las ollas que alcanzaron la temperatura objetivo fueron retiradas y colocadas en una mesa, mientras se continuó con el mismo procedimiento para el segundo lote de enfriado. El agua de salida registró una temperatura de 28.5 °C, apenas superior a la temperatura de entrada de 26 °C. Esto permitió reutilizar 10 litros de agua por olla en el siguiente ciclo de enfriado.

A partir de esta prueba, se realizaron múltiples mediciones para evaluar los tiempos y obtener resultados significativos que optimicen el proceso.

4.1.1.4.2 Resultados Obtenidos

Se tomaron 50 muestras durante un período de dos semanas, tomando en cuenta diversos parámetros de control, como la temperatura de entrada, la temperatura de salida, el volumen de agua utilizado y, especialmente, el tiempo de enfriamiento (ver Anexo 10).

Con base en estos parámetros, se calculó el promedio de los valores obtenidos por unidad (olla enfriada), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla IV-11

Resultados de las pruebas experimentales del método propuesto de enfriamiento

Muestras	Tiempo (min)	Temp. E. Agua (°C)	Temp. S. Agua (°C)	Vol. Entrada (L)	Vol. Salida (L)	Masa De Hielo (Kg)
50	21.89	25.23	27.95	18.22	25.32	6.99

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Considerando cada valor obtenido, se elaboró los cursogramas correspondientes (analítico y sinóptico) al proceso para determinar el tiempo real requerido en el enfriamiento utilizando el sistema propuesto, tomando también en cuenta los recursos involucrados y necesarios para llevarlo a cabo.

Cuadro IV-3

Cursograma analítico correspondiente a la propuesta de optimización de la etapa de enfriado

Diagrama Num: 12 Hoja Núm 1 de 1		RESUMEN							
		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPIUESTA			
Objeto: Enfriado del yogurt probiotico		Operación		○		11			
Actividad: Proceso productivo (Enfriado bajo sistema de incorporación de hielos)		Transporte		□		5			
Método: Propuesto		Espera		□		-			
Lugar: DELACTO		Inspección		▷		2			
Operario (s):	Ficha núm: 12 Ing. Rodrigo Ricaldi	Almacenamiento		▽		-			
		DISTANCIA (m)		37		35			
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha:13/12/24	TIEMPO (min-hombre)		113		66.8			
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones			
Prepara el sistema de enfriamiento bajo la incorporación de hielos		5	10	○	□	□	▷	▽	El encargado carga las ollas con agua (1/4 de olla), coloca los hielos y retira el recipiente.
Descarga y filtra la leche pasteurizada en ollas de 20 litros (9 en total)		3.5	-	●	●	●	●	●	-
Traslada cinco ollas al sistema de enfriado y cuatro sobre la mesa.		4	22	●	●	●	●	●	La capacidad del sistema de enfriado es de cinco ollas por lo que las cuatro restantes son colocadas en la mesa a espera del segundo ciclo de enfriado.
Ejecuta el enfriado 1		21.9	-	●	●	●	●	●	El encargado agita la leche para acelerar el proceso de enfriamiento, recircula el agua para que se mezcle con el hielo y controla la temperatura y que esta llegue 42°C
Retira las ollas del sistema de enfriamiento, coloca sobre la mesa y cubre con mantas térmicas		2.5	2.5	●	●	●	●	●	El encargado verifica que la leche alcanzo la temperatura deseada de 42°C y procede a retirar las ollas del baño maría, colocandolas en la mesa y cubriendolas con mantas térmicas para mantener su temperatura ideal.
Descarga el agua utilizada en el enfriado 1		2.5	3.5	●	●	●	●	●	El encargado descarga el agua utilizada del enfriado 1 a los tanques de almacenamiento de agua.
Prepara nuevamente el sistema de enfriamiento con incorporación de hielos para el enfriado 2		3	4.5	●	●	●	●	●	El operario procede a traer los hielos para el enfriado 2, colocandolos en las ollas de enfriado, retirando el envase y cargando las ollas de leche restantes para enfriar.
Ejecuta el enfriado 2		21.9	-	●	●	●	●	●	Se introduce las 4 ollas restantes y se procede a enfriar al igual que en el enfriado 1
Retira las ollas de leche, coloca sobre la mesa y cubre con mantas térmicas		2.5	2.5	●	●	●	●	●	El encargado retira las ollas del sistema de enfriado, alcanzando la temperatura ideal (42°C) y procede a colocarlas en la mesa y taparlas con las mantas térmicas, concluyendo la etapa de enfriado.
TOTAL		66.8	35	8	5	-	4	-	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

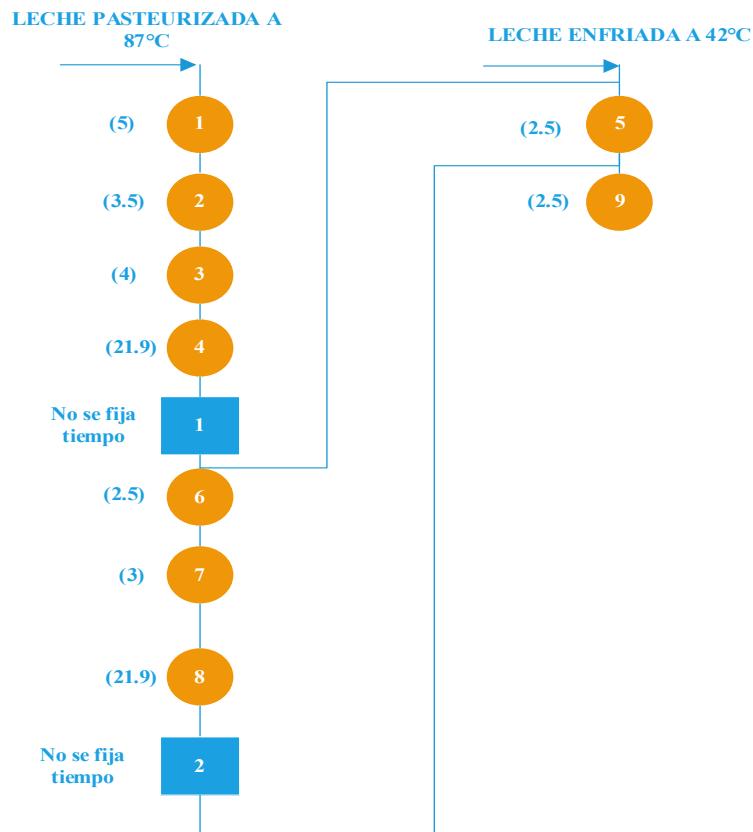
Según lo evidenciado en el cursograma, el tiempo promedio estimado para ejecutar el proceso de enfriado diario propuesto es de 66.8 minutos.

Otro aspecto que destacar es que el consumo de agua utilizado en este proceso fue de 185 litros en promedio. Sin embargo, de esa cantidad, se reutilizaron 65 litros para la formación de nuevos hielos, lo que representa un consumo final de 120 litros.

No obstante, estos 120 litros también pueden ser reutilizados para la limpieza de equipos y áreas de la empresa.

Figura 4-20

Cursograma sinóptico correspondiente a la propuesta de optimización de la etapa de enfriado



Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Preparar el sistema de enfriamiento bajo la incorporación de hielos.
- Operación 2: Descargar y filtrar la leche pasteurizada en ollas de 20 litros (9 en total).

- Operación 3: Trasladar cinco ollas al sistema de enfriado y cuatro sobre la mesa.
- Operación 4: Ejecutar el enfriado 1.
- Operación 5: Retirar las ollas del sistema de enfriamiento, coloca sobre la mesa y cubre con mantas térmicas.
- Operación 6: Descargar el agua utilizada en el enfriado 1.
- Operación 7: Preparar nuevamente el sistema de enfriamiento con incorporación de hielos para el enfriado 2.
- Operación 8: Ejecutar el enfriado 2.
- Operación 9: Retirar las ollas de leche, coloca sobre la mesa y cubre con mantas térmicas.

4.1.1.4.3 Respaldo Teórico

A través de pruebas experimentales, se recopilaron diversos datos que permitieron determinar el tiempo necesario para enfriar la leche hasta la temperatura deseada, utilizando un sistema de enfriamiento basado en transferencia de calor por convección.

Sin embargo, para respaldar este procedimiento, fue esencial realizar los cálculos teóricos correspondientes, con el objetivo de comprender el fenómeno y, a partir de ello, identificar posibles ajustes que optimicen el sistema.

Como se mencionó anteriormente, este proceso involucró un mecanismo de transferencia de calor relevante: convección. Considerando estos factores, se aplicaron las fórmulas pertinentes, tomando en cuenta los valores obtenidos en las pruebas experimentales, a fin de verificar el tiempo requerido para enfriar la leche hasta los 42 °C.

Tabla IV-12

Valores obtenidos para el respaldo teórico del sistema de enfriado

DATOS	
Detalle	unidad
Masa de agua (m. H ₂ O) (kg)	18

Masa de hielo (m Hi) (kg)	7
Temperatura Entrada del agua (T) (°C)	25
Temperatura. Salida del agua (T) (°C)	28
Masa de la leche (m) (kg)	20
Temperatura Entrada de la leche (T) (°C)	87
Temperatura Salida de la leche (T) (°C)	42
Calor específico de la leche (Ce. Le) (Kcal/kg°C)	0.93
Calor específico del agua (CeH20) (Kcal/kg°C)	1
Calor de fusión del hielo (cf) (kcal/kg)	80
Temperatura inicial del hielo (T) (°C)	0
Coeficiente de transferencia de calor por convección (h) (W/m^2°C)	150

Fuente Elaboración propia, 2024.

Con los valores correspondientes, se procedió a realizar los cálculos. Primero, se determinó la energía necesaria que requiere el sistema para disminuir la temperatura de la leche de 87 °C a 42 °C, bajo la fórmula de variación de calor.

$$\Delta Q = m * Ce * \Delta T$$

Bajo esta fórmula se remplaza los valores correspondientes de la tabla

$$\Delta Q = 20 \text{ kg} * 0.93 \frac{\text{kcal}}{\text{kg°C}} * (87 - 42)^\circ\text{C}$$

$$\Delta Q = 837 \text{ Kcal}$$

La energía necesaria para reducir la temperatura de la leche de 87 °C a 42 °C es de 837 kcal.

A partir de esta relación, se calcula la energía involucrada tanto en el agua como en el hielo para alcanzar la temperatura de equilibrio entre ambos cuerpos. Esto se debe al principio de conservación de la energía térmica, que indica que el calor perdido por un cuerpo (o sistema) es igual al calor ganado por otro, suponiendo que no existen pérdidas al entorno.

Por lo tanto, bajo este análisis, se desarrolló la fórmula correspondiente para corroborar esta teoría y comparar con los datos prácticos.

$$\Delta Q_p = \Delta Q_g$$

Siendo ΔQ_p el calor perdido de la leche y ΔQ_g el calor ganado por el agua y el hielo.

$$837 \text{ kcal} = m_{hielo} * Cf + m_{hielo-H_2O} * Ce * \Delta T + m_{H_2O} * Ce * \Delta T$$

Bajo esta relación se calcula la temperatura final teórica que alcanzaría el agua tras la transferencia de calor entre ambos cuerpos, para verificar su similitud con la obtenida de forma práctica.

$$837 \text{ kcal} = m_{hielo} * Cf + m_{hielo-H_2O} * Ce * \Delta T + m_{H_2O} * Ce * \Delta T$$

$$837 \text{ kcal} = 7 \text{ kg} * 80 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} + 7 \text{ kg} * \frac{1 \text{ kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (TF - 0)^{\circ}\text{C} + 18 \text{ kg} * \frac{1 \text{ kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (TF - 25)^{\circ}\text{C}$$

$$837 \text{ kcal} = 560 \text{ kcal} + 7TF + 18TF - 450 \text{ kcal}$$

$$727 \text{ kcal} = 25TF$$

$$TF = 29.08 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se observó que la temperatura final alcanzada por el agua durante este proceso de enfriamiento de forma teórica es de $29.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Al compararla con el valor promedio obtenido de manera experimental, que fue de $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se evidenció una gran aproximación y similitud entre ambos resultados.

Con el valor de la temperatura final, se calcula el tiempo teórico necesario para enfriar la leche desde $87 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando un sistema de enfriamiento basado en la transferencia de calor. Para este cálculo, se empleó la siguiente ecuación:

$$\Delta T * h * A = \frac{Q_{LECHE}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{3502000 \text{ J}}{150 \frac{W}{m^2 \cdot K} * 0.5 \text{ m}^2 * (\frac{87 + 42}{2} - 29.1)}$$

$$\Delta t = 1315.3 \text{ seg} = 21.9 \text{ min}$$

Como se puede observar, el tiempo teórico estimado para reducir la temperatura de la leche de 87 °C a 42 °C, utilizando un sistema de transferencia de calor por convección con incorporación de hielo, es de 22 minutos.

Al comparar este resultado con el valor práctico obtenido en las pruebas experimentales, que fue de 21.89 minutos en promedio, se evidenció una notable coincidencia entre ambos valores. Esto confirmó la validez del sistema práctico implementado y respaldó su concordancia con los principios teóricos establecidos.

4.1.1.5 Preparación y Adición del Cultivo

Como parte de las propuestas de mejora en la etapa de preparación y adición del cultivo para la inoculación del yogurt probiótico TRIFRUT, se propone la implementación del método denominado inoculación madre.

El método consiste en la preparación centralizada del cultivo inicial para todo el lote de leche, el cual posteriormente se distribuye en dosis específicas a cada olla mediante el uso de una jeringa dosificadora. Este método permite una activación uniforme del cultivo, favoreciendo un proceso de fermentación más controlado y homogéneo.

La propuesta busca optimizar esta etapa clave del proceso productivo mediante la reducción de errores en el control y pesaje del cultivo, disminución de los tiempos operativos, y simplificación de la tarea asignada al operario.

A continuación, se detallan las actividades contempladas para el desarrollo e implementación de esta alternativa.

Actividad N°1. Preparación del material y equipo a utilizar

a. Descripción

El desarrollo del método de "inoculación madre" requiere un envase adecuado para almacenar y preparar el cultivo, garantizando así la prevención de cualquier tipo de contaminación. Para este propósito, se opta por utilizar un envase de acero inoxidable, dado su resistencia y facilidad de higienización. Además, se emplearán otros materiales complementarios que asegurarán la correcta ejecución del método.

b. Materiales y equipos

En la siguiente tabla se describen los materiales y equipos a utilizar.

Tabla IV-13

Materiales y equipo del proceso de inoculación madre

Materiales y equipo	Características
Recipiente de acero inoxidable	 <ul style="list-style-type: none"> - Material de acero inoxidable. - Radio de 5 cm. - Altura de 10 cm.
Balanza analítica	 <ul style="list-style-type: none"> - Presión de 0.01 g. - Capacidad máxima de 100 g. - Equipo digital.
Jeringa de 60 ml	



- Material plástico de capacidad de 60 ml.

Recipiente plastico



- Recipiente plástico de 10 cm de diámetro.
- Uso para el pesaje inicial del cultivo.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

c. Ejecución

Previo al desarrollo de las pruebas experimentales (piloto), se realiza un proceso riguroso de desinfección y esterilización de todos los elementos en contacto directo con el cultivo. Los materiales metálicos, como el recipiente de acero inoxidable, se esterilizan mediante exposición a calor, mientras que los elementos plásticos se desinfectan utilizando alcohol.

Figura 4-21

Materiales y equipo listo para el método de “inoculación madre”



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de inoculación.

Una vez que los equipos, utensilios y el área de trabajo han sido correctamente sanitizados, se procede con el desarrollo del método de inoculación madre bajo condiciones controladas. La descripción detallada de este método y su procedimiento se presenta en la siguiente actividad.

Actividad N°2 Desarrollo de Pruebas Experimentales (piloto) bajo el método de Inoculación Madre

a. Descripción

El método de inoculación madre consiste en la preparación centralizada de una solución madre del cultivo láctico, que será utilizada para inocular la totalidad del volumen de leche destinado a la producción.

Esta solución se obtiene mediante la mezcla y dilución del cultivo en una proporción uniforme de leche, lo que garantiza una concentración homogénea para su posterior distribución.

Posteriormente, el cultivo madre se distribuye de forma precisa en cada una de las ollas que contienen leche pasteurizada, utilizando una jeringa dosificadora. Este mecanismo permite estandarizar la cantidad de cultivo madre por unidad de volumen, minimizando la variabilidad entre lotes y asegurando una fermentación uniforme.

Una vez concluida la aplicación del método, se procede a evaluar los resultados obtenidos en función de tres criterios principales: el tiempo operativo requerido para esta etapa, las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur y el grado de cumplimiento de los parámetros de calidad previamente establecidos.

Estos resultados permiten comparar la eficiencia del método de inoculación madre en relación con el procedimiento convencional empleado actualmente, facilitando así una toma de decisiones fundamentada para la mejora del proceso productivo.

b. Ejecución

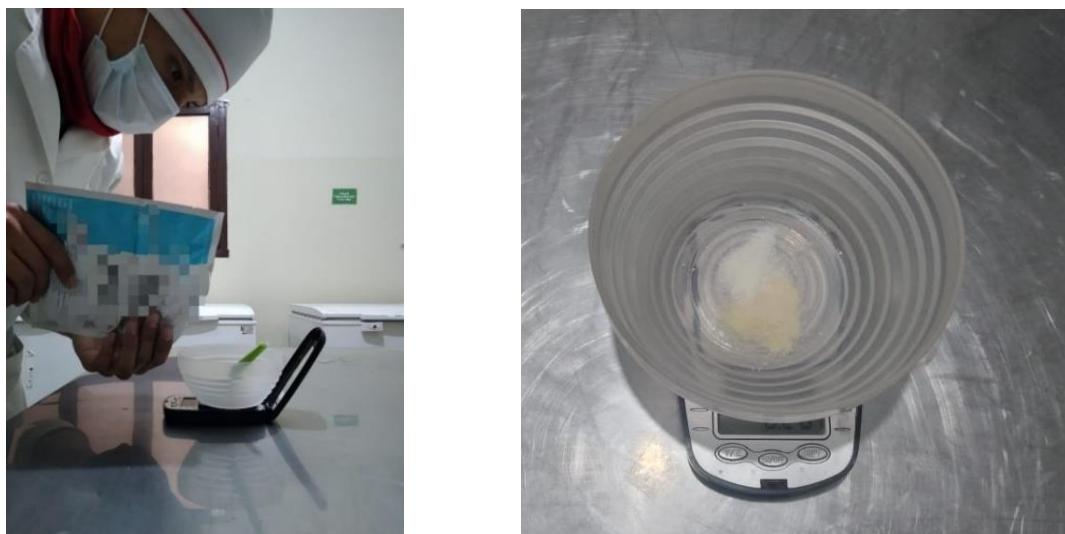
Para la ejecución del método, se verifica previamente la disponibilidad y esterilización de los materiales requeridos.

Una vez que la leche alcanza una temperatura de 42 °C, se inicia el procedimiento.

El cultivo lácteo se pesa en un recipiente plástico pequeño, considerando la cantidad total necesaria para todo el lote de leche, siendo esta de 9 gramos de cultivo láctico probiótico.

Figura 4-22

Pesaje del cultivo



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de inoculación.

Posteriormente, se adicionan 10 ml de leche al cultivo en polvo para facilitar su disolución mediante agitación manual controlada de 90 RPM, evitando la formación de grumos.

Figura 4-23

Cultivo madre disuelto y homogenizado



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de inoculación.

Una vez disuelto el cultivo, se vierte en un recipiente cilíndrico de acero inoxidable.

A continuación, se le incorpora una dosis de 50 ml de leche por cada olla del lote (9 ollas), lo que permite homogeneizar la mezcla y obtener un cultivo madre uniforme.

Figura 4-24

Homogenización del cultivo madre



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de inoculación.

Con el cultivo madre preparado, se suministran 50 ml a cada una de las nueve ollas de 20 litros mediante una jeringa dosificadora, garantizando precisión en la aplicación. Seguidamente, se agita la leche a una velocidad de 90 RPM en cada olla para asegurar la correcta distribución del cultivo.

Una vez finalizada esta fase, las ollas que contienen la leche inoculada son cubiertas con mantas térmicas, con el propósito de mantener una temperatura constante de 42 °C, considerada óptima para el desarrollo y la actividad metabólica del cultivo láctico. A continuación, se inicia un periodo de incubación de siete horas en un ambiente cerrado y controlado, lo cual permite una fermentación eficiente y uniforme.

Figura 4-25

Adición de cultivo madre a las ollas de leche



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas experimentales del método propuesto de inoculación.

A partir de la aplicación inicial, se realizaron múltiples pruebas experimentales (piloto) por un periodo de cuatro semanas.

4.1.1.5.1 Resultados Obtenidos

Durante un período de cuatro semanas, se realizaron un total de 20 pruebas (ver Anexo 11) con el propósito de implementar y evaluar la eficiencia del nuevo método de inoculación madre en el proceso de elaboración del yogurt probiótico. En estas pruebas

se analizaron y evaluaron diversos parámetros críticos de control, entre ellos: el tiempo operativo, las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur probiótico.

El objetivo principal de esta evaluación fue verificar si los parámetros obtenidos mediante el nuevo sistema se mantenían dentro de los estándares óptimos establecidos por la normativa vigente y si eran comparables, a los logrados con el método tradicional previamente empleado.

Los valores promedios obtenidos de las pruebas realizadas se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla IV-14

Resultados promedios obtenidos del sistema de inoculación "madre"

Muestras	Tiempo (min)	Ph del yogurt	Acidez del yogurt (°D)
20	15	4.22	66.7

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de estos resultados, se procedió a la elaboración de los cursogramas correspondientes (analítico y sinóptico) integrando el análisis de tiempos, operaciones y recursos necesarios para su ejecución eficiente.

Cuadro IV-4

Cursograma analítico correspondiente a la propuesta de optimización de la etapa de preparación y adición del cultivo

Diagrama Num: 13 Hoja Núm 1 de 2		RESUMEN					
Objeto: Inoculación de la leche		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA		
		Operación	○	20	7		
Actividad: Proceso productivo (inoculación madre y adición del cultivo a la leche)		Transporte	□	-	-		
Método: Propuesto		Espera	□	-	-		
Lugar: DELACTO		Inspección	▷	-	-		
Operario (s):	Ficha núm: 13 Ing. Rodrigo Ricaldi	Almacenamiento	▽	-	-		
Elaborado por: Giovanni Camacho		DISTANCIA (m)		2	2		
Fecha:13/12/24		TIEMPO (min-hombre)		30.2	15		
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones	
Esteriliza el equipo a utilizar.		1.5	-	●		Los recipientes plásticos son esterilizados con alcohol y los de acero inoxidable con fuego.	

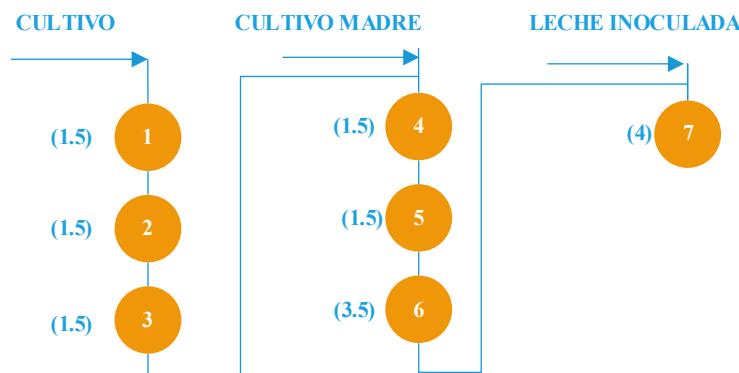
Diagrama Num: 13 Hoja Núm 2 de 2		RESUMEN				
Objeto: Inoculación de la leche	Operación	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPIUESTA	
		○	□	20	7	
Actividad: Proceso productivo (inoculación madre y adición del cultivo a la leche)	Transporte	□	-	-	-	
Método: Propuesto	Espera	□	-	-	-	
Lugar: DELACTO	Inspección	▷	-	-	-	
Operario (s):	Ficha núm: 13 Ing. Rodrigo Ricaldi	Almacenamiento		▽	-	
Elaborado por: Giovanni Camacho		DISTANCIA (m)		2	2	
Elaborado por: Giovanni Camacho	Fecha: 13/12/24	TIEMPO (min-hombre)		30.2	15	
Descripción		Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo		Observaciones
Realiza el pesaje del cultivo correspondiente al lote de leche de 0.9 g (nueve ollas)	1.5	-		○	□	
Homogeniza el cultivo con una dosis de 10 ml de leche	1.5	-		○	□	Agita la mezcla con una cucharilla hasta que esté totalmente disuelto.
Añade 50 ml de leche por olla (450 ml en total) en un recipiente de acero inoxidable para formar el cultivo madre	1.5	-		○	□	Extrae 50 ml de cada olla por medio de una jeringa.
Mezcla y homogeniza el cultivo madre con los 450 ml de leche	1.5	-		○	□	-
Dosifica 50 ml de la mezcla del cultivo madre en cada olla de leche y homogeniza	3.5	-		○	□	La dosificación se hace por medio de una jeringa a cada una de las ollas.
Cubre las ollas con mantas térmicas	4	2		○	□	Las mantas térmicas permiten mantener la temperatura y que actue el cultivo.
TOTAL	15	2	7	-	-	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con el cursograma, el tiempo estimado para llevar a cabo el enfriado es de 15 minutos.

Figura 4-26

Cursograma sinóptico de la etapa propuesta de la optimización de la preparación y adición de cultivo con el método de inoculación madre



Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Operación 1: Esterilizar el equipo a utilizar.
- Operación 2: Realizar el pesaje del cultivo madre correspondiente al lote de leche de 0.9 g (nueve ollas).
- Operación 3: Homogenizar el cultivo madre con una dosis de 10 ml de leche.
- Operación 4: Añadir 50 ml de leche por olla (450 ml en total) en un recipiente de acero inoxidable.
- Operación 5: Mezclar y homogenizar el cultivo madre con los 450 ml de leche.
- Operación 6: Dosificar 50 ml de la mezcla del cultivo madre en cada olla de leche y homogenizar.
- Operación 7: Cubrir las ollas con mantas térmicas.

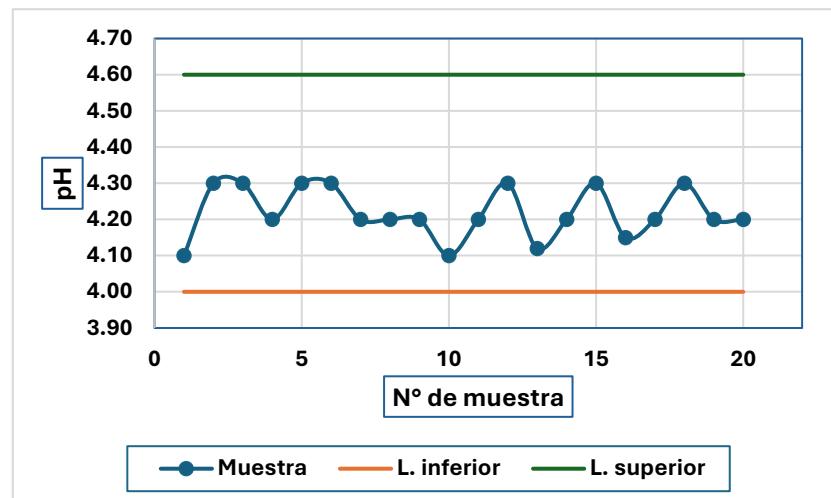
4.1.1.5.2 Parámetros Fisicoquímicos

Respecto a los parámetros fisicoquímicos del yogurt probiótico, se evaluaron específicamente el pH y la acidez titulable, en función de los rangos establecidos por la norma técnica boliviana NB/NA 0078 (ver Anexo 11).

Representado su comportamiento en las siguientes figuras:

Figura 4-27

pH del yogurt probiótico bajo el método de inoculación madre

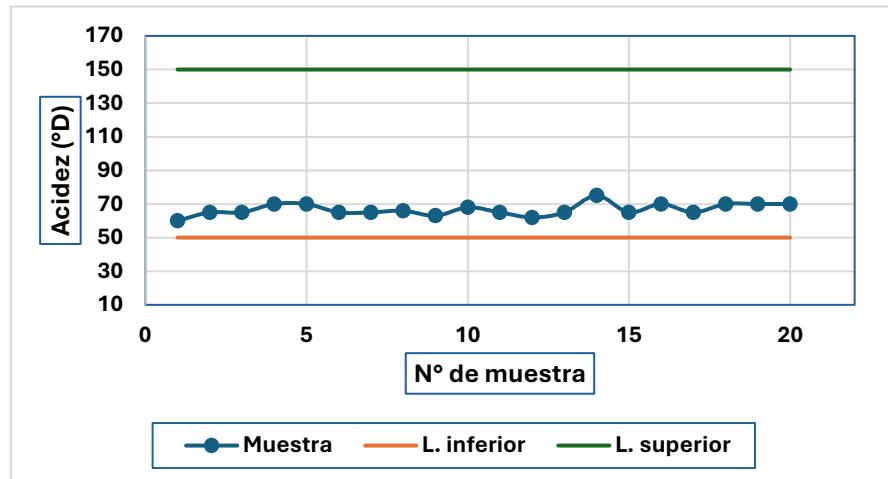


Fuente: Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

El comportamiento del pH, bajo el nuevo método propuesto de inoculación, se mantiene dentro de los rangos óptimos de calidad que indica la NB/NA 0078.

Figura 4-28

Acidez del yogurt probiótico bajo el método de inoculación madre



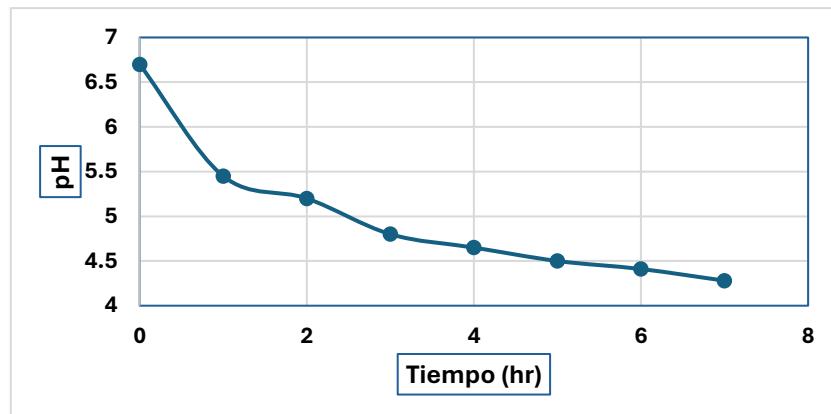
Fuente: Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

De igual manera, la acidez permanece dentro de los límites establecidos por la norma.

Respecto al comportamiento del pH y la acidez en función del tiempo, se representa en la siguiente figura:

Figura 4-29

Comportamiento del pH vs tiempo en la etapa de inoculación

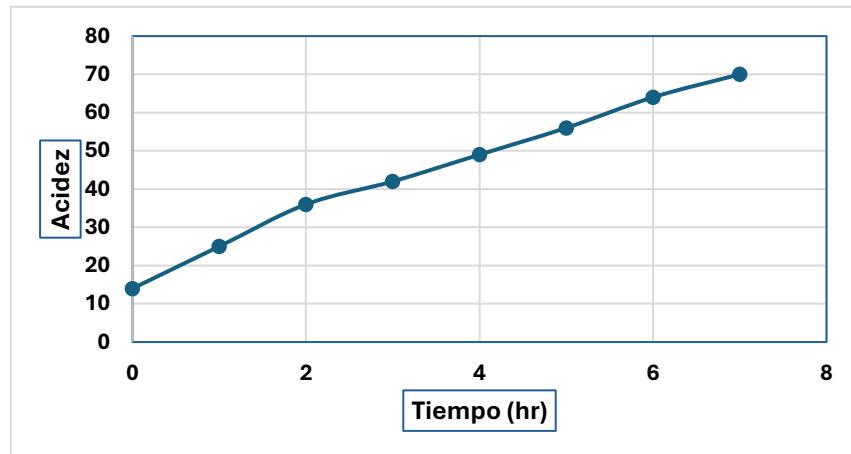


Fuente: Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

El pH, con el método de inoculación madre, presenta un comportamiento descendente durante el periodo de 7 horas, hasta alcanzar el valor óptimo para interrumpir el proceso y proceder a la refrigeración.

Figura 4-30

Comportamiento de la acidez vs tiempo en la etapa de inoculación



Fuente: Elaboración propia, 2024. Gráfico elaborado con Microsoft Excel.

Por otro lado, la acidez presenta un comportamiento ascendente en el mismo periodo, alcanzando el valor óptimo para el yogurt, momento en el cual también se interrumpe el proceso.

4.1.1.5.3 Parámetros Sensoriales

Con el fin de evaluar la calidad organoléptica del yogurt producido mediante el nuevo método de inoculación madre, se analizaron los parámetros sensoriales más relevantes: textura, sabor, aroma y color.

4.1.1.5.3.1 Textura

El yogurt elaborado mediante el nuevo sistema presentó una textura homogénea y uniforme, sin presencia de grumos ni partículas extrañas. La consistencia fue firme y coherente con las características esperadas en un yogurt. Asimismo, la separación de suero (sinéresis) fue mínima y no se evidenció de forma significativa sobre la masa del producto, manteniendo así su consistencia deseada, aceptable en yogures naturales.

Figura 4-31*Evaluación sensorial del yogurt probiótico*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante la evaluación de los parámetros sensoriales del yogurt probiótico.

4.1.1.5.3.2 Sabor

En cuanto al sabor, el producto mostró un perfil ligeramente ácido, propio del yogurt natural, con un equilibrio organoléptico adecuado. No se identificaron sabores atípicos ni indeseables, como amargo, metálico o rancio, lo que indica una adecuada fermentación. El balance del sabor permite que el producto resulte agradable al paladar sin exceder los límites de acidez esperados.

4.1.1.5.3.3 Aroma

Presenta un aroma fresco y característico de leche recién fermentada, con un toque ligeramente ácido propio del yogurt. No se detectaron olores desagradables como rancios, químicos o mohosos, ni aromas herbáceos (tufo a pasto).

4.1.1.5.3.4 Color

Se observó un color blanco uniforme en todas las muestras analizadas, sin presencia de manchas, grumos, ni alteraciones de tonalidad como amarillamiento o grisáceo. La apariencia del producto fue visualmente agradable y consistente con lo establecido para este tipo de yogurt, lo cual contribuye positivamente a su aceptación sensorial.

Figura 4-32*Evaluación del color del yogurt probiótico*

Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante la evaluación de los parámetros sensoriales del yogurt probiótico.

Al comparar los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del yogurt probiótico elaborado mediante el nuevo método de inoculación madre con el método actual, se constató que las diferencias observadas fueron mínimas.

Esta consistencia evidencia que la implementación del nuevo sistema no altera significativamente las propiedades del producto, permitiendo mantener las condiciones óptimas de calidad.

En conjunto, los resultados sensoriales indican que el método de inoculación madre garantiza la elaboración de un yogurt con características organolépticas dentro de los rangos aceptables según lo estipulado en la norma técnica boliviana NB/NA 0078, respaldando así su viabilidad como alternativa de mejora dentro del proceso productivo.

4.1.1.6 Envasado, Etiquetado y Almacenamiento Final

Con el objetivo de optimizar las etapas finales del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT, específicamente el envasado y el etiquetado, se propone un sistema de envasado y etiquetado por parejas, que consiste en la ejecución simultánea de ambas tareas mediante la asignación de un segundo operador capacitado. Esta

estrategia permitiría disminuir los cuellos de botella generados por la ejecución secuencial de estas actividades, reduciendo así los tiempos muertos y mejorando la productividad del área.

Se evidenció que la ejecución secuencial de las actividades de envasado, etiquetado y almacenamiento final del producto se realiza por un solo operario. Ante esta situación, el sistema de operación en pareja permitirá realizar de manera simultánea las tareas de envasado y etiquetado mediante la incorporación de un segundo operario.

Esta estrategia operativa busca redistribuir las responsabilidades entre dos trabajadores: el primer operario se encarga exclusivamente del llenado de las botellas con yogurt, mientras que el segundo se ocupa del tapado, etiquetado y almacenamiento final de los productos. Esta configuración permite eliminar el tiempo independiente dedicado al etiquetado, consolidándolo dentro del flujo continuo del envasado, lo que conlleva a una reducción de los tiempos muertos y una mejora sustancial en la eficiencia del proceso.

4.1.1.6.1 Descripción del Proceso Propuesto

En la etapa de envasado, se determinó que la temperatura óptima del yogurt es de 20°C, motivo a que este valor favorece la adecuada fluidez del producto, reduce el riesgo de condensación durante el llenado y facilita su manipulación durante el llenado de los envases. Asimismo, contribuye a mantener la viscosidad y la estructura del yogurt previo a su ingreso al proceso de refrigeración. En consecuencia, se establece como procedimiento que el personal retire las ollas de yogurt del refrigerador al iniciar la jornada laboral del día siguiente a su producción, permitiendo que alcancen dicha temperatura. En caso de que la temperatura registrada sea inferior, se recomienda aplicar un calentamiento controlado para alcanzar el valor óptimo.

Definida esta condición, el flujo de trabajo bajo el sistema en parejas asigna funciones específicas a cada operario con el propósito de garantizar la continuidad y eficiencia del proceso:

Operario Nro. 1 (Envasado):

- Organiza las botellas vacías en una disposición que facilite su acceso y llenado continuo.
- Realiza el llenado del yogurt probiótico TRIFRUT en los envases, asegurando precisión y uniformidad en el volumen de cada unidad.
- Coloca las botellas llenas en una línea ordenada para su posterior manipulación.

Operario Nro. 2 (Etiquetado):

- Recoge inmediatamente las botellas llenas y procede al cerrado con tapas, asegurando una adecuada protección del contenido.
- Ejecuta el proceso de etiquetado, cuidando la correcta alineación y adherencia de las etiquetas, evitando burbujas o deformaciones que afecten la presentación del producto.
- Coloca las botellas en una canasta plástica esterilizada, distribuyendo la carga de forma equilibrada para facilitar su traslado.

Figura 4-33

Envasado y etiquetado del yogurt probiótico TRIFRUT FRUTOS ROJOS bajo el sistema de parejas



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas piloto de la propuesta de envasado bajo el sistema en parejas.

Figura 4-34

Envasado y etiquetado del yogurt probiótico TRIFRUT TROPICAL bajo el sistema de parejas



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas piloto de la propuesta de envasado bajo el sistema en parejas.

Operario Nro. 1 y 2 (almacenamiento final)

- Ambos operarios trasladan de manera conjunta las canastas que contienen el yogurt probiótico TRIFRUT hasta el refrigerador (*freezer*), asegurando un manejo cuidadoso que evite movimientos bruscos o cambios de temperatura no deseados.
- Una vez en destino, las canastas son dispuestas de forma ordenada para su almacenamiento final, garantizando la preservación de las propiedades organolépticas y la calidad sanitaria del producto. Manteniendo el yogurt a una temperatura final de 4°C-8°C.

Figura 4-35

Almacenamiento final del yogur probiótico TRIFRUT bajo el sistema en pareja propuesto



Fuente: Elaboración propia, 2024. Fotografía tomada en la empresa DELACTO durante las pruebas piloto de la propuesta de envasado bajo el sistema en parejas.

El desarrollo de esta propuesta no implica una modificación estructural del proceso ni una inversión económica significativa, lo que permite su aplicación inmediata como una medida de mejora transitoria. Entre los principales beneficios destacan una mayor fluidez en la ejecución de las actividades, la reducción de los tiempos de espera entre etapas y una mejor coordinación operativa entre los trabajadores. Estos aspectos contribuyen directamente al incremento de la productividad del área, sin comprometer la calidad final del producto.

Durante un periodo de cuatro semanas se realizaron 20 pruebas piloto bajo el sistema en parejas (véase Anexo 12) con el objetivo de evaluar su eficiencia y determinar el impacto sobre la reducción de tiempos en esta etapa.

Los resultados promedios obtenidos se presentan en la Tabla IV-15.

Tabla IV-15

Promedio de tiempos de la etapa propuesta de envasado y etiquetado bajo el sistema en parejas

DETALLE	FRUTOS ROJOS	TROPICAL
Envasado y etiquetado	20.25	24.01
Almacenamiento	1.91	1.88

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Se observa que el tiempo promedio de envasado y etiquetado para 50 unidades es de 20.25 minutos en la presentación FRUTOS ROJOS y de 24.01 minutos en la presentación TROPICAL. El tiempo de almacenamiento final es cercano a 2 minutos para ambas presentaciones, evidenciando una mejora significativa respecto al procedimiento previo.

4.1.2 Fase 2: Transformación Tecnológica Hacia el Escalamiento Productivo Industrial

En el presente apartado se exponen las propuestas de optimización correspondientes a la Fase 2 del plan de estandarización, denominada *Transformación Tecnológica hacia el Escalamiento Productivo Industrial*. Esta fase está orientada a la incorporación progresiva de tecnologías avanzadas mediante la adquisición de nuevos equipos y maquinaria especializada, dirigidos a las etapas críticas del proceso productivo que actualmente constituyen los principales cuellos de botella.

Las alternativas planteadas tienen como propósito incrementar la eficiencia operativa, reducir la variabilidad del proceso, minimizar la intervención manual y fortalecer tanto la sostenibilidad como la estandarización del sistema productivo. Aunque su implementación implica una inversión económica considerable, estas propuestas permitirán consolidar una estructura industrial más eficiente, robusta y con mayor capacidad de adaptación ante un incremento en la demanda del mercado.

Esta segunda fase se concibe como una proyección estratégica de largo plazo, alineada con los principios de mejora continua y con la visión de crecimiento sostenido de la empresa DELACTO.

4.1.2.1 Descremado

Con el objetivo de optimizar la etapa de descremado, se propone el reemplazo del equipo actual de 100 L/h. por una descremadora de mayor capacidad, considerando dos opciones viables: 200 L/h o 350 L/h. Estas capacidades son comúnmente utilizadas en procesos de producción similares, y permitirían reducir significativamente el tiempo operativo, minimizando así los períodos improductivos y mitigando el cuello de botella que esta etapa representa dentro del flujo general del proceso productivo.

Para determinar la capacidad más adecuada, se realizó un análisis de la evolución histórica de la producción de yogurt en la empresa DELACTO, como se presenta en la Tabla IV-16.

Tabla IV-16

Datos históricos de producción de yogurt probiótico anual en la empresa DELACTO

DETALLE	2021	2022	2023	2024	2025
Producción de yogurt (litros)	14,400	21,600	24,000	38,400	48,000

Fuente: Informe de datos históricos DELACTO, 2024.

A partir de estos datos, se aplicó un modelo de pronóstico lineal utilizando Microsoft Excel, proyectando la producción para los próximos cinco años.

Tabla IV-17

Pronóstico de producción de yogurt probiótico con datos históricos

Nº	AÑO	PRODUCCIÓN (LITROS)
1	2021	14,400
2	2022	21,600
3	2023	24,000
4	2024	38,400
5	2025	48,000
6	2026	54,480

Nº	AÑO	PRODUCCIÓN (LITROS)
7	2027	62,880
8	2028	71,280
9	2029	79,680
10	2030	88,080

Fuente: Elaboración propia con informe de datos históricos DELACTO, 2024.

Como se evidencia en la evolución de la producción, entre 2021 y 2025 la empresa logró triplicar su volumen de producción de yogurt probiótico, lo cual representa un incremento del 233%. Si esta tendencia se mantiene, para 2026 se proyecta una demanda superior a los 54,000 litros anuales, lo que equivale a más de 230 litros diarios.

Este crecimiento sostenido exige la implementación de tecnología que acompañe el aumento de la demanda y prevenga cuellos de botella en etapas críticas como el descremado.

En función de este análisis técnico y de las proyecciones de crecimiento, se recomienda la adquisición de una descremadora con capacidad de 350 L/h.

Esta decisión se sustenta en diversos factores estratégicos. En primer lugar, sustituye un equipo que ha superado su vida útil y que presenta fallas operativas frecuentes, las cuales afectan la eficiencia del proceso y la calidad del producto. Si bien una descremadora de 200 L/h. podría cubrir las necesidades actuales, su capacidad sería insuficiente a corto plazo, considerando el ritmo de crecimiento proyectado.

La opción de 350 L/h no solo permite reducir el tiempo operativo diario actual de 120 minutos a aproximadamente 34 minutos, sino que también ofrece un margen adicional para atender mayores volúmenes sin incurrir en nuevas inversiones en el mediano plazo.

Adicionalmente, al operar durante menos tiempo, se reduce el desgaste mecánico, el consumo energético y el esfuerzo físico del personal, lo que favorece la sostenibilidad del proceso. Aunque implica una inversión inicial mayor, esta se justifica ampliamente

por su durabilidad, adaptabilidad a procesos de mayor escala y su aporte directo a la estandarización y optimización de la producción.

En este sentido, se sugiere la adquisición de la descremadora eléctrica Milky FJ 350 EAR (230V) como equipo idóneo para esta etapa.

Su implementación permitirá mejorar significativamente la eficiencia del proceso de descremado, con una reducción del tiempo operativo de hasta 2.5 veces, y garantizará la capacidad técnica necesaria para acompañar el crecimiento proyectado de la empresa.

A continuación, se describe las características técnicas del equipo.

Figura 4-36

Equipo de descremado eléctrico Milky FJ 350



Fuente: Milk day inc., 2024.

Tabla IV-18

Características del equipo de descremado

Capacidad	350 l hr
Tipo de poder	Eléctrica
Potencia del motor	400 W

Numero de discos	29
Capacidad de la tolva	22 litros
Dimensiones	45x45x71 cm
Peso	18 kg
Material	Acero inoxidable
Precio (incluye coste de envío)	35,000 bs

Fuente: Milk day inc, 2024.

4.1.2.2 Enfriado

Como alternativa de optimización de la etapa de enfriado, se propone sustituir el sistema de enfriamiento actual mediante la incorporación de un tanque de enfriamiento con capacidad de 500 litros.

Este equipo permite reducir la temperatura de la leche de forma directa, rápida y eficiente, optimizando significativamente esta etapa del proceso productivo al disminuir los tiempos de espera y asegurar una refrigeración uniforme.

La capacidad sugerida responde al análisis de los datos históricos y proyecciones de crecimiento de la producción de yogurt probiótico (véanse las Tablas IV-16 y IV-17), en las que se observa una tendencia sostenida al alza en los volúmenes procesados. Esta evidencia respalda la necesidad de contar con un equipo cuya capacidad no solo cubra la demanda actual, sino que también se anticipa a las necesidades futuras del proceso.

Asimismo, la oferta comercial de tanques de enfriamiento disponibles en el mercado se limita a capacidades estándar de 100, 200, 500 y 1,000 litros. A diferencia de otros equipos, como la descremadora, no se dispone de opciones intermedias entre 200 y 500 litros.

En este contexto, optar por el modelo de 500 litros se considera la alternativa técnicamente más adecuada, motivo a que garantiza una mayor durabilidad operativa, flexibilidad frente a variaciones en el volumen de producción y una mejor alineación con la escala proyectada de crecimiento de la empresa. Esta elección también

contribuye a evitar futuras inversiones innecesarias a corto plazo, consolidando una solución más sostenible y eficiente para el proceso de refrigeración. El equipo propuesto se muestra a continuación:

Figura 4-37

Tanque de enfriado de leche de 500 litros



Fuente: Beijing Bidragon Machinery Co. Ltd, 2024.

Tabla IV-19

Características del tanque de enfriado

Energía	1.5 Hp
Peso	200 kg
Voltaje	380/220 V
Dimensión (L*W*H)	920*920*1050
Material	Acero inoxidable
Capacidad de enfriamiento	14,000 kcal/h
Precio (incluye costos de envío)	28,000

Fuente: Beijing Bidragon Machinery Co. Ltd, 2024.

El tanque opera mediante un sistema de refrigeración por compresión de vapor, cuyo funcionamiento se desarrolla en las siguientes etapas:

- **Ingreso y distribución del calor:** La leche caliente ingresa al tanque, donde un agitador garantiza una distribución homogénea de la temperatura.
- **Absorción del calor:** El refrigerante, al circular por la camisa de enfriamiento, absorbe el calor presente en la leche.
- **Compresión y condensación:** El refrigerante gaseoso es comprimido, elevando su presión y temperatura. Posteriormente, pasa al condensador, donde libera calor al ambiente, se enfriá y se convierte en líquido de alta presión.
- **Expansión y enfriamiento:** Este líquido atraviesa una válvula de expansión que reduce su presión y temperatura antes de ingresar al evaporador.
- **Ciclo de refrigeración:** El refrigerante expandido circula por la doble pared del tanque, absorbiendo el calor de la leche. Al evaporarse, regresa al compresor, repitiendo el ciclo de enfriamiento.

Este sistema garantiza una reducción más rápida y uniforme de la temperatura de la leche, lo que contribuye a la estandarización del proceso, mejora la eficiencia operativa y reduce los tiempos improductivos, fortaleciendo así la calidad y competitividad del producto final.

4.1.2.3 Envasado

Esta alternativa contempla la adquisición de un equipo automatizado de envasado y etiquetado. Esta solución tecnológica tiene el potencial de estandarizar la presentación del producto, reducir errores humanos y aumentar significativamente la capacidad de producción, no solo del yogur probiótico TRIFRUT sino de toda la línea de productos en consonancia con el crecimiento proyectado de la demanda.

Esta propuesta contempla la adquisición de un sistema automatizado que permita incrementar la eficiencia, la precisión y la capacidad operativa del proceso, contribuyendo a la estandarización de la presentación del producto y a la reducción de

errores humanos, aspectos fundamentales para garantizar la calidad, uniformidad y trazabilidad del producto final.

Para la etapa de envasado, se propone la implementación de un dosificador automático, específicamente el modelo GTSP4G, equipado con cuatro boquillas de llenado y una cinta transportadora integrada que permite el desplazamiento continuo de los envases.

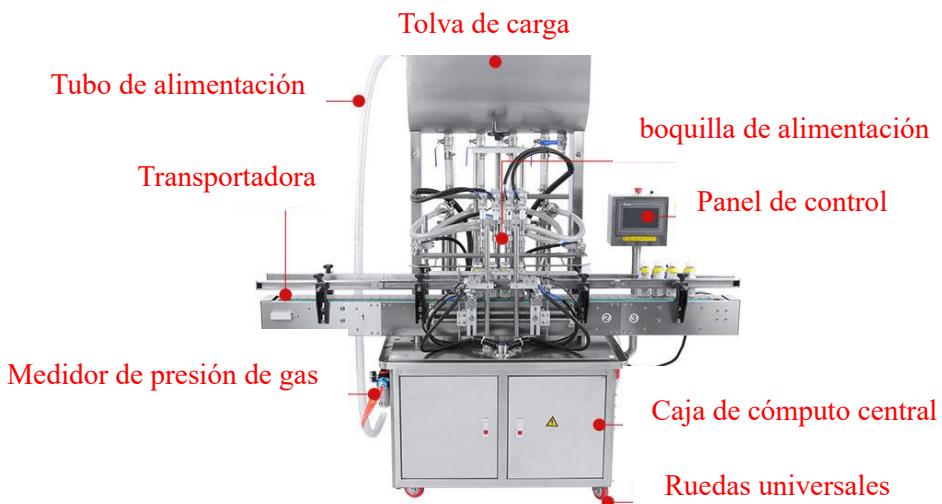
Este equipo tiene una capacidad operativa de hasta 30 botellas por minuto, lo cual representa un incremento sustancial en comparación con el rendimiento actual del proceso manual, que alcanza aproximadamente 50 botellas en un tiempo de 25 minutos, equivalente a 2 botellas por minuto.

La elección de este equipo se justifica no solo por su elevada capacidad de producción 15 veces superior al sistema manual, sino también por su potencial para responder eficientemente a un incremento en la demanda, alineándose con el crecimiento proyectado de la empresa.

Asimismo, su incorporación contribuirá a reducir los tiempos operativos, minimizar el margen de error en el llenado y mejorar las condiciones ergonómicas del trabajo del personal, al disminuir la carga física asociada al envasado manual.

En conjunto, la automatización de estas etapas representa una estrategia clave para fortalecer la competitividad de la línea de productos de la empresa DELACTO, asegurando un proceso más ágil, consistente y adaptable a futuras exigencias del mercado.

A continuación, se muestra el equipo propuesto y sus respectivas características técnicas:

Figura 4-38*Dosificador automático GTSP4G*

Fuente: Wenzhou Aimesk Equipo Inteligente Co., Ltd., 2024.

Tabla IV-20*Características del equipo de dosificación automática*

Capacidad	30 botellas/min
Potencia	1.5 kw
Voltaje	220 V
Precisión de llenado	99%
Peso	810 kg
Dimensiones	400*100*200cm
Volumen de llenado	1 litro
Precio (incluye costos de envío)	21,000 Bs.

Fuente: Wenzhou Aimesk Equipo Inteligente Co., Ltd.,2024.

4.1.2.4 Etiquetado

Con el objetivo de complementar la eficiencia alcanzada en el proceso de envasado, se propone la automatización de la etapa de etiquetado mediante la incorporación de una etiquetadora automática. Esta tecnología tiene como finalidad garantizar la aplicación precisa, uniforme y continua de las etiquetas sobre los envases, eliminando los errores frecuentes derivados del etiquetado manual, tales como el desalineado, la superposición o el mal posicionamiento de las etiquetas, los cuales afectan negativamente la presentación del producto y la percepción del consumidor.

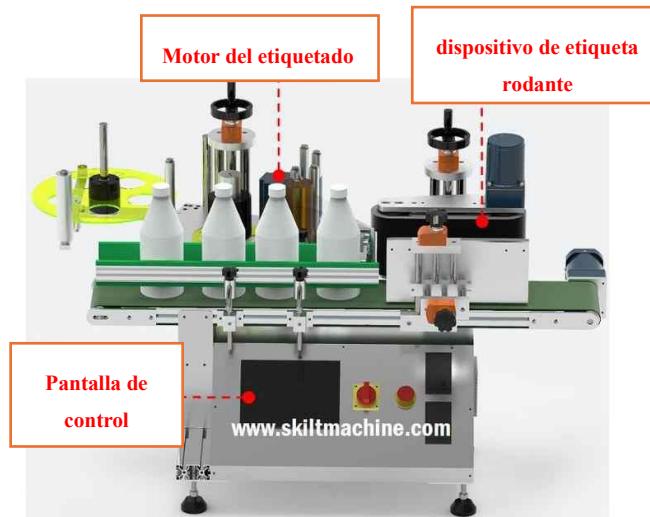
Entre los equipos recomendados se encuentra la etiquetadora automática modelo SKILT, con una capacidad operativa de 30 piezas por minuto, lo cual resulta técnicamente compatible con el dosificador automático GTSP4G propuesto para la etapa de envasado, que opera a la misma velocidad.

Esta correspondencia entre las capacidades de ambos equipos permite mantener un flujo de trabajo continuo, equilibrado y sin cuellos de botella entre las etapas, lo cual es esencial para lograr un proceso productivo eficiente y sincronizado.

La incorporación de este sistema no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la imagen de marca y la competitividad del producto en el mercado, al asegurar una presentación estandarizada y profesional.

Además, al disminuir la intervención manual, se reduce la variabilidad del proceso, se optimizan los tiempos y se mejora la trazabilidad del producto final.

A continuación, se muestra el equipo propuesto y sus respectivas características técnicas:

Figura 4-39*Etiquetadora automática SKILT*

Fuente: Shanghai Skilt Maquinaria Equipo Co., Ltd., 2024.

Tabla IV-21*Características de la etiquetadora*

Potencia	550 W
Capacidad	30 piezas/min
Conducción	Eléctrica
Dimensión (L*W*H)	1200*800*800
Peso (kg)	120
Precio (incluye costos de envío)	17,500 bs.

Fuente: Shanghai Skilt Maquinaria Equipo Co., Ltd., 2024.

La incorporación de estos equipos no solo beneficiará la línea de producción del yogur probiótico TRIFRUT, sino que también podrá ser aprovechada por otras líneas de productos lácteos elaborados por la empresa DELACTO, contribuyendo a la optimización integral de la planta.

Esta inversión a largo plazo permitirá reducir los costos operativos, disminuir la carga laboral directa y aumentar la capacidad de respuesta ante una creciente demanda del mercado.

4.2 Evaluación de los Resultados Obtenidos a Partir del Desarrollo de las Alternativas Propuestas de Optimización en el Proceso Productivo del Yogurt Probiótico TRIFRUT

A partir del desarrollo de las alternativas de optimización propuestas en las distintas etapas del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT, y considerando aquellas que fueron sometidas a pruebas prácticas y controles experimentales (piloto), se obtuvieron resultados positivos que evidencian mejoras significativas.

Estas mejoras se reflejan en la reducción de los tiempos operativos, la disminución de la carga laboral y el uso más eficiente de los recursos. Los avances logrados constituyen un aporte relevante y prometedor para la eficiencia productiva de la empresa.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los principales resultados obtenidos y las optimizaciones alcanzadas durante el desarrollo de las distintas alternativas.

Tabla IV-22

Resultados Globales del desarrollo de las Alternativas de Optimización en el Proceso Productivo del Yogurt Probiótico TRIFRUT

Etapa	Alternativa de optimización	Descripción técnica	Resultados y beneficios
Recepción de materia prima, cargado y prefiltrado	Sistema de bombeo de descarga directa.	Diseño y cálculo del sistema de bombeo para la elección de una bomba de 0.5 HP, con 12.5 m de manguera sanitaria para transferir 200 litros de leche desde	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del riesgo de contaminación cruzada. - Disminución del esfuerzo físico del personal.

		el camión proveedor hasta el pasteurizador.	- Mejora en el tiempo operativo. Estimado en 4.5 minutos.
Control de calidad de la leche	Actualización del formato de planilla de control.	Rediseño de la planilla de recepción	Mejora en la trazabilidad, precisión del registro, y fortalecimiento del control de calidad de la leche cruda acorde a la normativa.
Descremado	Sustitución de descremadora de 100 L/h por una de 350 L/h.	Adquisición de una nueva descremadora denominada Milky FJ 350 EAR con capacidad de 350 L/h, que reemplaza al equipo actual que presenta fallas recurrentes. La elección se basa en proyecciones de crecimiento y análisis técnico.	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del tiempo operativo de 120 a 34 minutos para el lote de leche actual. - Eliminación del cuello de botella. - Mejora en eficiencia energética y mayor capacidad futura.

Preparación y adición de grenetina	Unificación del proceso de disolución en un solo ciclo operativo.	<p>Sustitución del recipiente actual de 0.4 L por uno de 1.5 L de capacidad, adecuado para disolver los 387 g de grenetina requeridos por lote. Se realizaron 20 pruebas con resultados favorables de eficiencia.</p> <p>- Reducción del número de preparaciones de tres a una por jornada.</p> <p>- Disminución del tiempo operativo y mejora de la fluidez general del proceso de elaboración.</p> <p>Estimado en 14 minutos.</p>
Enfriado	<p>Fase 1: Sistema de enfriamiento mediante transferencia de calor por convección con hielo reutilizable.</p>	<p>Sustitución del baño maría tradicional con recambios de agua por un sistema de transferencia térmica por convección mediante bloques de hielo para reducir la temperatura de 87°C a 42°C.</p> <p>Se realizaron pruebas con 50 muestras evaluando: tiempo, temperatura y</p> <p>- Reducción del tiempo de enfriamiento promedio a 21.9 minutos por ciclo.</p> <p>- Disminución del consumo de agua a 120 litros (con posibilidad de reutilización).</p> <p>- Menor carga operativa sobre el personal.</p>

<p>Preparación, adición del cultivo e inoculación</p> <p>Fase 2:</p> <p>Incorporación de un tanque de enfriamiento de 500 litros.</p>	<p>consumo de recursos.</p> <p>Sustitución del sistema actual por un tanque de vapor. Incluye agitador, camisa de enfriamiento y sistema de refrigeración por ciclo cerrado.</p> <p>Preparación centralizada del cultivo lácteo correspondiente a la totalidad del lote de leche, seguido de su dosificación precisa y fraccionada en inoculación madre.</p> <p>Implementación del método de inoculación madre.</p>	<p>de Reducción significativa del tiempo de enfriamiento de 500 enfriado.</p> <p>- Mejora de la eficiencia térmica. - Incremento de la capacidad instalada y alineación con las proyecciones de crecimiento.</p> <p>- Mejora la uniformidad en la activación del cultivo.</p> <p>- Reduce errores de pesaje.</p> <p>- Disminuye el tiempo de operación, siendo el uso de una jeringa, con el propósito de garantizar una distribución uniforme del acidez se</p> <p>- Facilita la tarea del operario.</p> <p>- El pH como la se</p>
---	---	---

	<p>inóculo y favorecer mantienen dentro una fermentación de los parámetros láctica controlada. óptimos de acuerdo con la normativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cumple con los parámetros organoléptico evaluados con el nuevo método. <hr/> <p>Se asigna un segundo operario al área, permitiendo que las tareas de envasado y etiquetado se realicen de manera simultánea. Esta operación en pareja redistribución de tareas ejecución para ejecución elimina la simultánea.</p> <p>Fase 1: Sistema de ejecución simultánea. Esta operación en pareja redistribución de tareas ejecución para ejecución elimina la simultánea.</p> <p>Fase 2: Reducción de tiempos de espera y congestión.</p> <p>Fase 3: Mejor uso del espacio y aumento de la eficiencia operativa.</p>
--	--

	<p>Incorporación de un dosificador automático modelo GTSP4G con - Aumento capacidad de 30 significativo de la botellas/minuto, 4 capacidad boquillas, cinta operativa. transportadora. - Mejora en la</p> <p>Fase 2: Una etiquetadora precisión y Automatización del automática SKILT presentación del proceso mediante de 30 piezas/minuto producto. adquisición de y precisión - Disminución de maquinaria continua. Esta la carga laboral especializada. automatización directa. permite un flujo de - Respuesta producción eficiente al continuo, preciso y crecimiento de la estandarizado, demanda del compatible con los mercado. requerimientos de una demanda creciente.</p>
Almacenamiento final	<p>Almacenamiento directo en canastas plásticas esterilizadas.</p> <p>Cada botella es - Incremento de la colocada de forma eficiencia en la directa en canastas etapa de plásticas almacenamiento previamente final. esterilizadas una - Optimización del vez envasadas y uso del espacio</p>

etiquetadas. disponible en el
Posteriormente, las área de
canastas son refrigeración.
trasladadas al área - Mejora de la
de refrigeración, eficiencia
donde se almacenan operativa y
a una temperatura reducción de
controlada entre tiempos de
4°C-8°C, manipulación.
garantizando la
preservación de las
propiedades del
producto.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.3 Procedimientos Estándares del Proceso Productivo del Yogurt probiótico TRIFRUT

En este apartado se presenta un compendio integral de los procedimientos estándar diseñados para el proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT. Inicialmente, se detalla el Procedimiento Operativo Estándar (POE), que abarca de forma sistemática y detallada todas las etapas, desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento final, garantizando la calidad, inocuidad y eficiencia del producto.

Complementariamente, se han desarrollado manuales de procedimientos específicos para cada etapa, junto con instructivos de trabajo para actividades de mayor relevancia y registros que documentan el cumplimiento de los estándares establecidos. Cada uno de estos documentos detalla paso a paso las actividades a realizar y se encuentra completo en los anexos.

A continuación, se muestra una tabla resumen que indica, para cada etapa del proceso, el código correspondiente al POE, manuales, instructivos y registros correspondientes.

Tabla IV-23

Compendio integral de los procedimientos estándares del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT

ETAPA	POE/MANUAL/INSTRUCTIVO	REGISTRO
RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA, CARGADO Y PREFILTRADO	<p>DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).</p> <p>DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA, CARGADO Y PREFILTRADO (Ver Anexo 14)</p> <p>DEL-PROD-INST-CCLC-00: INSTRUCTIVO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA LECHE CRUDA (Ver Anexo 15)</p>	<p>DEL-PROD-REG-RMP-01: REGISTRO RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA (LECHE CRUDA) (Ver Anexo 20)</p>
REGISTRO DE LA PLANILLA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA LECHE	DEL-PROD-INST-RPCCL-00: INSTRUCTIVO DE REGISTRO DE LA PLANILLA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA LECHE (Ver Anexo 16)	<p>DEL-PROD-REG-RMP-01: REGISTRO RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA (LECHE CRUDA) (Ver Anexo 20)</p>
PRECALENTADO Y DESCREMADO	<p>DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).</p> <p>DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE PRECALENTADO Y DESCREMADO (Ver Anexo 14).</p>	<p>DEL-PROD-REG-YP-01: REGISTRO PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver anexo 21)</p>

PASTEURIZACIÓN	DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).	DEL-PROD-REG-YP-01: REGISTRO PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver anexo 21)
	DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE PASTEURIZACIÓN (Ver Anexo 14)	
PREPARACIÓN Y ADICIÓN DE GRENETINA	DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).	
	DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN Y ADICIÓN DE GRENETINA (Ver Anexo 14)	
ENFRIADO	DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).	DEL-PROD-REG-YP-01: REGISTRO PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver anexo 21)
	DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE ENFRIADO (Ver Anexo 14)	
PREPARACIÓN, ADICIÓN DEL CULTIVO E INOCULACIÓN	DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).	DEL-PROD-REG-YP-01: REGISTRO PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver anexo 21)
	DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE	

	PREPARACIÓN, ADICIÓN DEL CULTIVO E INOCULACIÓN (Ver Anexo 14)	
CONTROL DE CALIDAD DEL YOGURT.	<p>DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).</p> <p>DEL-PROD-INST-CCYP-00: INSTRUCTIVO DE CONTROL DE CALIDAD DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver Anexo 18)</p>	<p>DEL-PROD-REG-CCYP-01: REGISTRO CONTROL DE CALIDAD DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver Anexo 23)</p>
REGISTRO DE LA PLANILLA DE CONTROL DE CALIDAD DEL YOGURT	DEL-PROD-INST-RPCYP-00: INSTRUCTIVO DE REGISTRO DE LA PLANILLA DE CONTROL DE CALIDAD DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver Anexo 19)	<p>DEL-PROD-REG-CCYP-01: REGISTRO CONTROL DE CALIDAD DEL YOGURT PROBIÓTICO (Ver Anexo 23)</p>
PREPARACIÓN DE LAS PULPAS	<p>DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 13).</p> <p>DEL-PROD-INST-PPF-00: INSTRUCTIVO DE LA PREPARACIÓN DE LA PULPA DE FRUTAS (Ver Anexo 17)</p>	
PREPARACIÓN, ENVASADO, ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO FINAL	DEL-PROD-POE-00: PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo. 13).	<p>DEL-PROD-REG-PEEA-01: REGISTRO PREPARACIÓN, ENVASADO, ETIQUETADO Y ALMACENA-</p>

DEL-PROD-PROC-00: PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN, ENVASADO, ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO FINAL (Ver Anexo 14).	MIENTO FINAL DEL YOGURT PROBIÓTICO TRIFRUT (Ver Anexo 22)
---	---

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.4 Programa de Capacitación Cruzada para el Área de Producción del Yogurt Probiótico TRIFRUT

En el siguiente apartado se desarrolla el programa de capacitación cruzada para el personal del área de producción del yogurt probiótico TRIFRUT, tanto el área de producción del yogurt como el área de preparación y envasado.

4.4.1 Objetivo

Capacitar al personal del área de producción del yogurt como del área de preparación y envasado mediante actividades teórico-prácticas para que comprendan y dominen los procesos completos de producción del yogurt probiótico TRIFRUT, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento final.

4.4.2 Objetivos Específicos

- Fomentar la integración y el trabajo en equipo, de manera que el personal de cada área conozca las actividades, equipos y controles que se realizan en la otra.
- Mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante imprevistos, permitiendo que los empleados puedan cubrir funciones cruzadas cuando sea necesario.
- Asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad del yogur probiótico TRIFRUT.

4.4.3 Público Objetivo

El presente programa de capacitación es de aplicación para todo el personal del área de producción de la empresa DELACTO. Desde el Personal del Área 1: Encargado de la

producción del yogurt hasta el Personal del Área 2: Encargado de la preparación y envasado del producto final.

4.4.4 Meta

Lograr que el 100% del personal adquiera competencias integrales en el proceso completo de producción del yogurt probiótico TRIFRUT, de modo que puedan desempeñar exitosamente las funciones tanto del área de producción hasta la preparación y envasado del producto final.

4.4.5 Duración

La duración total del programa de capacitación se establece en 20 horas, distribuidas de manera proporcional en función de la complejidad y los objetivos de cada módulo formativo.

Con el fin de no afectar la continuidad operativa ni la productividad del proceso de elaboración de las diferentes líneas de productos, incluido el yogurt probiótico TRIFRUT, las sesiones se programan los sábados, jornada en la que la empresa no desarrolla actividades productivas.

La distribución de la carga horaria por módulo se detalla en la siguiente tabla:

Tabla IV-24

Distribución de la carga horaria del programa de capacitación de acuerdo con cada módulo.

MÓDULO	Carga horaria (horas)
Módulo 1: Introducción al Proceso Productivo del Yogurt Probiótico TRIFRUT y Buenas Prácticas de Manufactura y Seguridad	2
Módulo 2: Producción del Yogurt hasta la Inoculación	6

Módulo 3: Preparación y Envasado hasta el Producto	4
Final	
Módulo 4: Capacitación Cruzada y Simulaciones	6
Módulo 5: Evaluación integral, retroalimentación y	2
cierre del programa	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con esta programación y considerando la modalidad de sesiones cada sábado, se proyecta la finalización del programa en un período estimado de cinco semanas.

4.4.6 Tipo de Capacitación y Modalidad

El programa se orienta a una capacitación de carácter preventivo y formativo, diseñada para fortalecer las competencias del personal y prepararlo para responder eficazmente ante posibles deficiencias operativas.

La modalidad implementada combina componentes teóricos y prácticos, integrando la instrucción en el puesto de trabajo, la rotación de funciones, las sesiones teóricas en sala de reuniones y los ejercicios prácticos en planta.

En este esquema, los módulos 1 y 5 corresponden a contenidos teóricos, mientras que los módulos 2, 3 y 4 se desarrollan bajo una modalidad práctica.

Esta estructura metodológica garantiza la aplicación directa de los contenidos conforme a los módulos y la carga horaria detallados en la Tabla IV-24.

4.4.7 Nivel de capacitación

Básico-intermedio.

4.4.8 Métodos

Para llevar a cabo el programa de capacitación se involucrarán varios métodos que permitan captar la información de manera eficiente:

- **Comunicacional:** El método comunicacional se aplicará para facilitar la transmisión de conocimientos y habilidades a los operarios por parte del encargado de la capacitación.
- **Inductivo:** Se utilizará un enfoque participativo que parte de casos particulares hacia conceptos generales, fomentando la participación activa.
- **Deductivo:** Se abordarán conceptos generales del proceso productivo para interiorizar su aplicación en áreas específicas.
- **Estudio de caso:** Se analizará cada etapa del proceso, evaluando cómo actuar ante diversas situaciones.
- **Activo-participativo:** Se generará la participación del operario mediante preguntas y respuestas, promoviendo la interacción.
- **Práctico:** Se realizarán actividades prácticas en las áreas de producción.

4.4.9 Técnicas

- **Demostraciones prácticas:** Se realizarán sesiones prácticas en las cuales se demostrará el manejo de equipos, la ejecución de procedimientos y la realización de controles de calidad.
- **Talleres de simulación/ juego de roles:** Se llevarán a cabo ejercicios prácticos que simulan situaciones reales de producción y control de calidad, permitiendo a los participantes practicar la toma de decisiones y resolver problemas en tiempo real.
- **Ejercicios de capacitación cruzada (rotación de roles):** Los operarios de cada área pasarán un tiempo en la otra, permitiéndoles conocer y practicar las tareas y responsabilidades de la otra sección. Esto fomenta la versatilidad y la integración del equipo.
- **Exposición:** Se utilizarán presentaciones formales para explicar conceptos clave, normativas, procedimientos y estándares de calidad. Esto permitirá a los participantes comprender el proceso productivo de manera integral.

- **Dialogo simultaneo:** Permite que los operarios compartan dudas, experiencias y conocimientos de forma instantánea, lo que facilita la resolución de problemas y el ajuste de conceptos sobre la marcha.

4.4.10 Medios

- Pizarra y marcadores.
- Normativas.
- Imágenes.
- Videos.
- Data.
- Manuales y guías de procedimiento.
- Equipos y herramientas de producción en las áreas de yogurt y envasado.
- Formularios y planillas de evaluación.

4.4.11 Estructura y Contenido del Programa

El programa se dividirá en 5 módulos, teóricos y prácticos. Al final se realizará una evaluación para medir el aprendizaje y se entregará su respectiva certificación.

Módulo 1: Introducción al Proceso Productivo del Yogurt Probiótico TRIFRUT y Buenas Prácticas de Manufactura y Seguridad.

Contenido:

- Visión general del proceso completo.
- Roles y responsabilidades de cada área.
- Importancia de la integración y la capacitación cruzada.
- Normas de higiene y seguridad en la producción.
- Limpieza y desinfección de equipos.
- Procedimientos de emergencia y manejo de incidencias.

Métodos y técnicas: Presentación y discusión en el área de reuniones, comunicacional, activo participativo, dialogo simultaneo y estudio de casos.

Módulo 2: Producción del Yogurt hasta la Inoculación

Contenido:

- Recepción y control de calidad de materias primas.
- Procesos críticos: pasteurización, descremado, enfriamiento y preparación para inoculación.
- Procedimientos de inoculación y parámetros críticos (pH, acidez, temperatura).

Métodos y técnicas: Sesiones teóricas y prácticas en planta. Demostraciones prácticas, inductivo-deductivo, juego de roles y exposición.

Módulo 3: Preparación y Envasado hasta el Producto Final

Contenido:

- Preparación del yogurt post-inoculación (dosificación de aditivos, homogenización).
- Procesos de envasado y etiquetado (incluido el método en parejas).
- Control de calidad del producto final.

Métodos y técnicas: Demostración práctica, juego de roles, diálogos simultáneos, activo participativo.

Módulo 4: Capacitación Cruzada y Simulaciones

Contenido:

- Rotación de personal: el equipo del Área 1 realiza prácticas en el Área 2 y viceversa.
- Ejercicios prácticos supervisados para ejecutar tareas de la otra área.
- Identificación de puntos críticos, diferencias y oportunidades de mejora.

Método y técnicas: Demostraciones prácticas, simulaciones en planta, ejercicios de capacitación cruzadas y dialogo simultaneo.

Módulo 5: Evaluación integral, retroalimentación y cierre del programa

Contenido:

- Evaluaciones teóricas: cuestionarios cortos sobre el proceso y procedimientos.
- Evaluaciones prácticas: demostraciones de ejecución de tareas en ambas áreas.
- Sesión estructurada de retroalimentación grupal, destinada al análisis de resultados, aclaración de dudas y fortalecimiento de los aprendizajes.
- Revisión general de los contenidos abordados durante el programa de capacitación, destacando los logros alcanzados y las oportunidades de mejora continua.
- Acto de clausura con entrega de certificados de participación, reconociendo el compromiso de los operarios e incentivando su motivación y sentido de pertenencia hacia la empresa.

Métodos y técnicas: Comunicacional, Estudio de caso, demostraciones prácticas, ejercicios de capacitación cruzada, activo participativo, dialogo simultaneo y reuniones en grupo.

4.4.12 Evaluación

Los tipos de evaluación que se llevará a cabo en el programa son los siguientes:

- **Evaluación diagnóstica:** Al inicio de cada módulo para identificar el nivel de conocimiento del personal.
- **Evaluación continua:** Se aplicará diariamente para verificar la asimilación de contenidos.
- **Evaluación final:** Evaluaciones teóricas y prácticas al final del programa para medir el nivel de conocimiento y habilidad.

La forma de evaluación a implementarse en el programa será el siguiente:

- **Unidireccional:** Esta evaluación se realizará de manera directa a los operarios mediante tres tipos de pruebas: pequeñas pruebas escritas de opción múltiple,

pruebas orales donde expliquen con sus propias palabras el conocimiento adquirido y pruebas prácticas que demuestren sus habilidades. De estas, la evaluación práctica es la más relevante.

- **Coevaluación:** Se aplicará en actividades intermedias del módulo, donde los operarios trabajan en equipo. En este proceso, cada integrante evaluará el aporte de sus compañeros, valorando su contribución al desarrollo de las actividades.
- **Autoevaluación:** Cada operario reflexionará sobre los conocimientos adquiridos y evaluará, desde su propia perspectiva, su capacidad para aplicar lo aprendido en la práctica.

4.5 Análisis de Indicadores de Mejora con los Resultados Obtenidos en Relación con los Actuales

En el presente apartado se expone un análisis comparativo entre las etapas del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT antes y después del desarrollo de la propuesta de estandarización. Para ello, se aplicaron optimizaciones prácticas mediante pruebas experimentales (prueba piloto) como aquellas estimaciones de acuerdo con cálculos realizados, lo cual permitió obtener resultados cuantificables.

Estos resultados fueron evaluados a través de indicadores clave de desempeño, con el objetivo de verificar si las mejoras introducidas generaron un impacto positivo en la eficiencia, calidad e inocuidad del proceso en comparación con la situación actual.

A continuación, se describen detalladamente las etapas del proceso productivo que fueron evaluadas, junto con los indicadores aplicados en cada una de ellas, con el fin de establecer comparaciones objetivas entre el estado previo y los resultados alcanzados.

4.5.1 Recepción de Materia Prima, Cargado y Prefiltrado

Tabla IV-25

Comparación del proceso anterior con el propuesto estimado en la etapa de recepción de materia prima, cargado y prefiltrado

Detalle	Proceso actual	Proceso propuesto	Mejora estimada
Tiempo de operación estimado (min)	8.5	4.5	47% más rápido.
Esfuerzo físico	Alto	mínimo	Reducción del esfuerzo físico.
Propenso a contaminación de la leche	Alto	Bajo	Reducción significativa del contacto con los residuos que presentaban los tanques.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Reducción estimada del tiempo en un 47 % entre el proceso propuesto y el actual.
- Disminución estimada considerable del esfuerzo físico, reduciendo la carga y el desgaste del personal.
- Menor grado de contaminación de la leche por contacto con tanques o residuos.

4.5.2 Preparación y Adición de Grenetina

Tabla IV-26

Comparación del proceso actual con el propuesto en la etapa de preparación y adición de grenetina

Detalle	Proceso actual	Proceso propuesto	Mejora
Tiempo de operación (min)	25.5	14	45% más rápido.
Recorrido (metros)	30	10	20 metros menos de recorrido

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- La disminución de 11.5 minutos (aproximadamente un 45%) permite que el proceso se realice de forma más rápida, optimizando el flujo de trabajo y aumentando la productividad en la línea de producción.
- Al reducir la distancia que recorre el operario de 30 a 10 metros (una reducción de casi el 67%), se minimiza el esfuerzo físico y el tiempo invertido en desplazamientos, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa.

4.5.3 Enfriado

Tabla IV-27

Comparación del proceso actual con el propuesto en el enfriado

Detalle	Proceso actual	Proceso propuesto	Mejora
Tiempo del proceso (min)	113	66.8	Reduce el tiempo en un 40.8%
Consumo hídrico (litros)	450	120	Reduce el recurso hídrico en un 73.3%
Esfuerzo físico	Alto	Medio-bajo	Reducción del esfuerzo físico.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- La implementación del sistema con hielos reduce el tiempo total del proceso en 46 minutos (aproximadamente un 41% menos), lo que permite un flujo de trabajo más eficiente.
- El nuevo método consume 330 litros menos de agua, logrando una reducción de más del 77.33% en el uso de este recurso, lo que se traduce en un proceso más sostenible y económico.
- La simplificación del proceso reduce significativamente el esfuerzo físico requerido por el personal, mejorando la ergonomía y reduciendo el riesgo de sobrecarga y posibles lesiones.

El proceso propuesto no solo mejora la eficiencia en términos de tiempo y consumo de agua, sino que también aporta beneficios importantes en la reducción de la carga

operativa y en la mejora de las condiciones de trabajo del personal. Estos cambios contribuyen a una mayor productividad y sostenibilidad en la operación de enfriado.

4.5.4 Preparación y Adición del Cultivo

Tabla IV-28

Comparación del proceso anterior con el propuesto en la etapa de preparación y adición de cultivo

Detalle	Proceso actual	Proceso propuesto	Mejora
Tiempo del proceso de preparación (min)	30	15	Se reduce el tiempo en un 50%.
Precisión	Media-baja	Alta	Mayor precisión en el pesaje y dosificación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- El proceso propuesto reduce el tiempo de la etapa de preparación del cultivo de 30 a 15 minutos, lo que representa un ahorro del 50%, mejorando la eficiencia.
- Al eliminar el pesaje individual en cada olla y utilizar una dosificación centralizada con jeringa, se incrementa la precisión en la cantidad de cultivo agregado y se reduce el riesgo de errores.

4.5.5 Envasado y Etiquetado

Tabla IV-29

Comparación del proceso anterior con el propuesto en la etapa de envasado y etiquetado

Detalle	Proceso actual (min)	Proceso propuesto (min)	Mejora estimada
Envasado y etiquetado presentación FRUTOS ROJOS (50 botellas)	36.5	20.25	Reducción del 44.5%.

Envasado y etiquetado presentación TROPICAL (50 botellas)	39.5	24.01	Reducción del 39.2%.
---	------	-------	-------------------------

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- El desarrollo de un flujo de trabajo en paralelo, en sustitución del sistema secuencial, permitió reducir de manera significativa el tiempo de envasado y etiquetado. En la presentación FRUTOS ROJOS, el tiempo se disminuyó de 36.50 minutos a 20.25 minutos, lo que representa una reducción del 44.5 %. De manera similar, para la presentación TROPICAL el tiempo pasó de 39.50 minutos a 24.01 minutos, equivalente a una disminución del 39.2 %.
- Esta optimización se logró principalmente mediante la eliminación del tiempo adicional destinado exclusivamente al etiquetado, realizando esta tarea de manera simultánea con el envasado. Como resultado, se incrementó la productividad global del proceso, posibilitando una mayor cantidad de producto terminado en el mismo intervalo de tiempo.

4.5.6 Almacenamiento Final

Tabla IV-30

Comparación del proceso anterior con el propuesto en la etapa almacenamiento final

Detalle	Proceso actual (min)	Proceso propuesto (min)	Mejora estimada
Almacenamiento final	11	3.8	Reducción del 65.4 %.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- El desarrollo de un sistema de almacenamiento directo en canastas plásticas esterilizadas, en sustitución del método de almacenamiento final previamente empleado, permitió reducir el tiempo de esta etapa en un 65,4 %.
- Esta mejora se atribuye a la eliminación de operaciones intermedias y a la optimización del flujo de trabajo, lo que facilita un traslado inmediato de las

botellas hacia el área de refrigeración, incrementando así la eficiencia operativa y el aprovechamiento de los recursos disponibles.

4.5.7 Proceso Completo

De acuerdo con las optimizaciones desarrolladas en las distintas etapas del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT y basándose en los resultados obtenidos a partir de pruebas piloto, se procedió a evaluar el impacto de dichas mejoras en términos de tiempo operativo y uso de recursos, en comparación con el proceso previo a la intervención.

Para este análisis, se elaboró un cursograma del proceso productivo optimizado, incorporando los tiempos y características específicas de las etapas modificadas (ver Anexos 24 y 25). Como resultado, se determinó que el tiempo total requerido para transformar 200 litros de leche en 188.69 litros de yogurt probiótico asciende a 1,444 minutos, equivalentes aproximadamente a 24 horas. Este lapso incluye 7 horas correspondientes a la etapa de inoculación, durante la cual no se requiere intervención del operador y 12 horas de refrigeración, también sin actividad operativa directa.

Excluyendo las fases mencionadas, el tiempo neto de trabajo operativo se reduce a 5 horas, sin considerar actividades complementarias como limpieza u otros procedimientos auxiliares. Asimismo, el tiempo necesario para procesar 100 litros de yogurt probiótico hasta la obtención del producto final TRIFRUT fue de 81.32 minutos, es decir, aproximadamente 1.35 horas.

En conjunto, el tiempo total final de trabajo operativo, considerando únicamente las etapas con intervención directa del personal de planta, asciende a 6.4 horas.

A partir de esta información, se presenta una tabla comparativa entre el proceso anterior y el optimizado, con el objetivo de evidenciar de manera cuantitativa las mejoras alcanzadas. Esta comparación no solo permite visualizar la reducción efectiva en los tiempos operativos, sino también identificar el impacto positivo en la eficiencia global del proceso, derivado de una mejor coordinación entre etapas, la reducción de tiempos improductivos y la optimización en el uso de recursos humanos y recursos.

De esta forma, se establece una base técnica sólida para sustentar la viabilidad de mantener y replicar estas mejoras en futuros ciclos productivos, así como para explorar nuevas oportunidades de optimización que consoliden la competitividad del producto en el mercado.

Tabla IV-31

Comparación del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT anterior con el propuesto

Detalle	Proceso actual	Proceso propuesto	Mejora estimada
Tiempo del proceso total (horas)	27.2	25.4	Reducción de 1.8
Tiempo operativo del proceso (horas)	8.2	6.4	Disminución del 22%.
Consumo hídrico (litros)	450	120	Reducción del 73.3%
Esfuerzo físico	Alto	Bajo	Reducción significativa del esfuerzo físico.
Propenso a contaminación por agentes externos	Alto	Bajo	Disminución del riesgo a contaminación

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El análisis comparativo entre el proceso productivo anterior y el propuesto evidencia mejoras significativas en distintos aspectos operativos.

- El tiempo total requerido para completar el proceso de elaboración del yogur probiótico TRIFRUT se redujo en aproximadamente 1.8 horas. Esta mejora resulta aún más relevante al analizar únicamente el tiempo operativo efectivo, donde se observa una disminución del 22%, lo cual implica un uso más eficiente de la jornada laboral del personal y una mayor productividad.

- La estandarización de etapas críticas del proceso permitió minimizar la variabilidad en operaciones como el pesaje y la dosificación, incrementando la precisión y consistencia del producto final. Esta estandarización, además, contribuyó a reducir la carga física sobre los operarios, mejorando la ergonomía del trabajo y disminuyendo el riesgo de errores humanos derivados de la fatiga.
- En cuanto al consumo hídrico, se logró una reducción del 73.3%, especialmente en la etapa de enfriamiento, lo cual representa un avance significativo hacia una operación más sostenible y con menor impacto. Esta optimización también conlleva beneficios económicos al reducir los costos asociados al uso del recurso hídrico.

En resumen, la implementación del proceso propuesto genera mejoras sustanciales en términos de eficiencia temporal, optimización del recurso humano, sostenibilidad ambiental y control de calidad, consolidando una producción más robusta, precisa y alineada con los principios de eficiencia operativa.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

El presente capítulo aborda el análisis económico vinculado al diseño del plan de estandarización del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT.

Se analizan los costos asociados a su ejecución, así como los beneficios esperados derivados de su aplicación, considerando tanto el impacto inmediato como las proyecciones a futuro.

Con el propósito de facilitar su comprensión, el análisis económico se ha estructurado en dos apartados diferenciados.

El primero corresponde a la estimación del presupuesto de inversión requerido para la Fase 1: *Optimización operativa de Impacto Inmediato*, fundamentado en las propuestas operativas desarrolladas en los capítulos anteriores.

El segundo apartado abarca la evaluación económica correspondiente a la Fase 2: *Transformación Tecnológica hacia el Escalamiento Productivo Industrial*, la cual contempla principalmente la adquisición e implementación de maquinaria y equipos especializados, orientados a una optimización sostenible y escalable del proceso productivo.

5.1 Análisis Económico de la Inversión para la Fase 1: Optimización Operativa de Impacto Inmediato

5.1.1 Presupuesto de Inversión Fase 1: Optimización Operativa de Impacto Inmediato

En la siguiente tabla se detalla el presupuesto estimado para la ejecución del plan de estandarización del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, centrándose en los recursos necesarios para la aplicación inmediata de las acciones descritas en los capítulos previos.

Las cotizaciones emitidas por los proveedores para cada uno de los ítems incluidos en el presupuesto de inversión fase 1 están consignadas en el Anexo 26.

Tabla V-1

Presupuesto de inversión del plan de estandarización de la fase 1: Optimización operativa de Impacto Inmediato

Nº	ITEM	Unidad	Cant.	P/Unit	TOTAL
1	EQUIPOS				
1.1	Bomba de acero inoxidable	Global	1	826.00	826.00
1.2	Manguera sanitaria grado alimenticio atoxico de PVC con refuerzo interno espiral del acero inoxidable	Metro	13	97.00	1,261.00
1.3	Recipiente cilíndrico de acero inoxidable	Unidad	1	185.00	185.00
1.4	Balanza analítica de laboratorio digital	Unidad	1	2,212.00	2,212.00
1.5	Lactodensímetro	Global	1	150.00	150.00
1.6	Canasta plástica 0.8x0.5 m.	Unidad	4	85	340
Subtotal de equipos (en Bs.)					4,974
2	ACTIVOS TANGIBLES				
2.1	Normativas (NB/NA: 0078 y NB: 33013)	Unidad	2	186.00	372.00
Subtotal de activos tangibles (en Bs.)					372
3	PROGRAMA DE CAPACITACIÓN CRUZADA				
3.1	Capacitador del programa (Honorarios profesionales)	global	1	3,000.00	3,000.00
3.2	Material didáctico y de apoyo (marcadores, hojas bon, folders, lapiceras, fotocopias)	global	1	50.00	50.00
3.3	Refrigerio	global	1	150.00	150.00

3.4	Equipo de protección personal (EPPs)	global	1	50.00	50.00
3.5	Certificación	global	1	16.00	16.00
Subtotal de programa de capacitación (en Bs.)					3,266
4 INSUMOS OPERATIVOS					
4.1	Recipiente de vidrio termorresistente	global	1	170.00	170.00
4.2	Botellas PET	Bot.	30	0.50	15.00
4.3	Material de escritorio (estiletes, marcadores, libretas de registro)	global	1	50.00	50.00
4.4	Jeringa de dosificación de 60 ml	jeringa	50	5.90	295.00
4.5	Manuales, instructivos y registros impresos	global	1	100.00	100.00
Subtotal de insumos operativos (en Bs.)					630.00
TOTAL (en bolivianos)					9,056.00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.1.2 Evaluación de Ahorro de Costos Operativos

En el marco de la inversión de la fase 1, se realiza una evaluación del ahorro en los costos operativos como resultado de la incorporación de las optimizaciones propuestas en el plan de estandarización. Para este análisis se consideran los datos obtenidos en la tabla IV-31, correspondiente al análisis de los indicadores de mejora.

Entre los resultados más relevantes se destacan dos aspectos clave: la reducción del tiempo total del proceso productivo y la disminución en el consumo de agua. A partir de estos indicadores, se estima el valor monetario del ahorro correspondiente en ambos casos, el cual se detalla en la tabla siguiente.

Tabla V-2*Relación de ahorro de recursos del proceso anterior con el propuesto*

Detalle	Proceso anterior	Proceso propuesto	Ahorrado
Tiempo del proceso operativo (horas)	8.2	6.4	1.8
Consumo de agua (litros)	450	120	330

Fuente: Elaboración propia, 2024.**Tabla V-3***Ahorro estimado en costos operativos por mejoras en tiempo de mano de obra y uso de agua*

Detalle	Coste unitario (bs)	Coste total ahorrado (bs/dia)	Costo total ahorrado (bs/mes)	Costo total ahorrado (bs/año)
Mano de obra (bs/hr)	12.5	22.5	450	5,400
Consumo de agua (bs/m ³)	2.93	0.97	19.3	232.06
TOTAL	15.43	19.72	394.3	5,632.1

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en la tabla V-3, el ahorro en los costos operativos bajo la implementación del nuevo proceso propuesto se estima en 5,632.1 bolivianos al año.

5.1.3 Cálculo del ROI Para la inversión de la Fase 1: Optimización Operativa de Impacto Inmediato

Con base en los ahorros previamente establecidos, se procede al cálculo del Retorno sobre la Inversión (ROI), un indicador financiero que permite evaluar la eficiencia económica de la inversión asociada a la implementación del plan de estandarización del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT.

Paralelamente, se determina el período de recuperación (Payback), en función de los costos de inversión asumidos y los ahorros anuales estimados.

La fórmula aplicada para el cálculo del ROI es la siguiente:

$$ROI(\%) = \frac{AHORRO}{COSTO DE INVERSIÓN} * 100$$

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$ROI(\%) = \frac{5,632.1}{9,056} * 100$$

$$ROI = 62.2\%$$

El cálculo del Retorno sobre la Inversión (ROI) da un valor del 62.2%, lo cual indica que, en el primer año de implementación del plan de estandarización fase 1, se recupera aproximadamente tres cuartas partes del monto invertido, únicamente a partir de los ahorros generados en costos operativos, como la reducción del tiempo de mano de obra y el consumo de agua.

En cuanto al período de recuperación, se aplica la siguiente fórmula:

$$Payback = \frac{Inversión}{ahorro anual} = \frac{9,056}{5,632.1} = 1.6 \text{ años}$$

Se estima que en el periodo de 1.6 años (un año y siete meses) se recuperará totalmente el capital invertido. A partir de ese momento, cualquier ahorro adicional se traduce en ganancia neta, incrementando aún más el retorno sobre la inversión inicial.

La recuperación gradual de la inversión mediante ahorros operativos evidencia la sostenibilidad financiera del plan a corto plazo, motivo a que no depende de incrementos en las ventas, sino de una mayor eficiencia en el uso de los recursos del proceso productivo.

Por lo tanto, el análisis confirma que la propuesta no solo mejora el desempeño técnico del sistema, sino que constituye una decisión económicamente viable, cuyos beneficios se consolidan de forma tangible en el corto y mediano plazo, sin necesidad de realizar inversiones adicionales significativas.

5.2 Análisis Económico de Inversión Para la Fase 2: Transformación Tecnológica Hacia el Escalamiento Productivo Industrial

5.2.1 Presupuesto de Inversión Fase 2: Transformación Tecnológica Hacia el Escalamiento Productivo Industrial

En el presente apartado se presenta el presupuesto estimado correspondiente a la implementación del plan de estandarización del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, considerando para la fase 2: Transformación tecnológica hacia el escalamiento productivo industrial.

Este análisis contempla la inversión en maquinaria y equipos especializados, con el propósito de optimizar de manera integral las etapas críticas del proceso, incrementando la eficiencia operativa, la capacidad de producción y promoviendo la sostenibilidad del sistema productivo en el mediano y largo plazo.

La distribución de los costos asociados a esta inversión se detalla en la siguiente tabla, en la que se incluyen los componentes necesarios para la modernización del proceso productivo bajo criterios de eficiencia técnica y económica.

Tabla V-4

Presupuesto de inversión de la fase 2: Transformación tecnológica hacia el escalamiento productivo industrial

Nº	ITEM	Ud.	Cant.	P/Unit	TOTAL
1	EQUIPOS				
1.1	Equipo de descremado eléctrico Milky FJ 350	Ud.	1	35,000.00	35,000.00
1.2	Tanque de enfriado de leche de 500 L	Ud.	1	28,000.00	28,000.00
1.3	Dosificador automático GTSP4G	Ud.	1	21,000.00	21,000.00
1.4	Etiquetadora automática SKILT	Ud.	1	17,500.00	17,500.00
TOTAL (en bolivianos)				101,500.00	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Las cotizaciones emitidas por los proveedores para cada uno de los ítems incluidos en el presupuesto de inversión fase 2: Transformación tecnológica hacia el escalamiento productivo industrial, están consignadas en el Anexo 27.

5.2.2 Evaluación de los Beneficios

A diferencia de la evaluación realizada para la inversión de la fase 1 basada en los ahorros generados por la reducción de costos operativos, en el presente caso se lleva a cabo un análisis centrado en los beneficios productivos y comerciales proyectados a partir de la incorporación de equipos de mayor capacidad y eficiencia.

Para esta estimación, se toma como referencia el ingreso anual generado por la empresa DELACTO a través de la producción y comercialización del yogurt probiótico TRIFRUT. Si bien no se contó con documentación financiera detallada, se obtuvo una estimación referencial proporcionada por la Ing. Brenda de la Quintana, gerente general de la empresa, quien indicó que los ingresos anuales correspondientes al último periodo ascienden a aproximadamente 239,850.00 Bs.

En función de esta cifra, y considerando un incremento estimado del 5% en la rentabilidad como resultado directo de la mejora en los procesos mediante la incorporación de maquinaria y equipos, se proyecta un beneficio neto adicional de 11,992.50 Bs anuales.

$$\text{Beneficio neto} = 239,850.00 * 5\% = 11,992.5 \text{ bs}$$

Este valor representa la ganancia incremental atribuible directamente a la inversión en equipos, lo cual permite establecer indicadores financieros como el ROI y el período de recuperación en función de los ingresos esperados. Dicho análisis se desarrolla en los apartados siguientes, a fin de valorar la rentabilidad y sostenibilidad económica del plan de estandarización con visión a largo plazo.

5.2.3 Cálculo del ROI Para la Inversión de la Fase 2: Transformación Tecnológica Hacia el Escalamiento Productivo Industrial

Con el fin de evaluar la viabilidad económica de la inversión a largo plazo contemplada en el plan de estandarización del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT,

se procede al cálculo de dos indicadores financieros clave: el Retorno sobre la Inversión (ROI) y el período de recuperación (Payback).

Este análisis toma como referencia:

- Una inversión total estimada de 101,500.00 Bs, correspondiente a la adquisición de maquinaria y equipos que permitirán optimizar etapas críticas del proceso.
- Un beneficio neto anual proyectado de 11,992.50 Bs, derivado de una mejora del 5% en la rentabilidad del producto, según los ingresos anuales reportados (239,850.00 Bs) por la empresa DELACTO.

La fórmula aplicada para el cálculo del ROI es la siguiente:

$$ROI(\%) = \frac{GANANCIA\ NETA}{COSTO\ DE\ INVERSIÓN} * 100$$

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$ROI(\%) = \frac{11,992.5}{101,500} * 100$$

$$ROI = 11.81\%$$

El Retorno sobre la Inversión (ROI) calculado para la propuesta de mejora en la fase 2 asciende a 11.81 %, lo que significa que, en un año, se recupera aproximadamente el 11.8 % del capital invertido.

En cuanto al período de recuperación, se aplica la siguiente fórmula:

$$Payback = \frac{Inversión}{ahorro\ anual} = \frac{101,500}{11,992.5} = 8.5\ años$$

Por su parte, el período de recuperación (Payback) se estima en 8.5 años, lo que indica que, bajo las condiciones proyectadas, la inversión inicial será completamente recuperada en ese tiempo.

Más allá de los beneficios económicos directos, esta inversión representa una mejora integral en el proceso productivo, al permitir un incremento en la capacidad instalada,

una mayor precisión en las operaciones, una reducción en los errores humanos y una mejora en el control de calidad. En este sentido, los indicadores financieros obtenidos respaldan la sostenibilidad técnica y económica del plan de estandarización a largo plazo, posicionando a la empresa DELACTO en una situación más competitiva frente a la creciente demanda del mercado y sentando las bases para un crecimiento sostenido.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se diseñó un plan de estandarización para el yogur probiótico TRIFRUT de la empresa DELACTO, ubicada en la ciudad de Tarija, que propone optimizaciones a mediano y largo plazo en diversas etapas del proceso productivo. La mayoría de estas mejoras fueron validadas mediante pruebas experimentales, lo que respalda cada aspecto de la optimización desarrollada. Como resultado, se lograron reducciones significativas en los tiempos de producción, se optimizaron procesos críticos y se redujo la carga física sobre el personal, asegurando así la calidad y consistencia del producto final.
- Se realizó un diagnóstico del proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, evaluando de manera integral tanto la situación actual de cada etapa como la capacidad y desempeño del personal en las distintas áreas de producción. Este análisis permitió identificar áreas críticas y oportunidades de mejora, lo que sienta las bases para implementar acciones de optimización y estandarización del proceso.
- Se identificaron los puntos críticos y cuellos de botella presentes en el proceso productivo del yogur probiótico TRIFRUT, siendo los más relevantes las siguientes etapas:
 - Etapa de descremado, en la cual se evidenciaron deficiencias operativas asociadas a un funcionamiento inestable del equipo, paradas no programadas y un tiempo productivo prolongado, estimado en aproximadamente dos horas.
 - Etapa de enfriado, que opera bajo un sistema de baño María, caracterizado por un alto consumo de agua, una carga física considerable para el operario y un tiempo operativo superior a una hora y media, lo que afecta la eficiencia del proceso.
 - Etapa de preparación y adición del cultivo, donde se detectaron dificultades en la dosificación precisa del cultivo probiótico, debido a la utilización de equipos de pesaje inadecuados para medir pequeñas cantidades, lo que compromete la exactitud del proceso.

- Se desarrollaron optimizaciones operativas específicas en diferentes etapas del proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT, en el marco de la Fase 1: *Optimización operativa de Impacto Inmediato*. Estas acciones permitieron mejoras sustanciales en la eficiencia global del proceso, así como en las condiciones laborales del personal operativo. Entre las optimizaciones desarrolladas están las siguientes:
 - Se diseñó un sistema de bombeo para las etapas de recepción, cargado y prefiltrado de la leche, que permite reducir aproximadamente a la mitad el tiempo requerido para dichas operaciones, disminuyendo también el esfuerzo físico demandado al personal.
 - En la etapa de enfriamiento, se desarrolló un sistema de enfriamiento basado en transferencia de calor por convección mediante la incorporación de hielo, el cual, tras validaciones a escala piloto, permitió una reducción del tiempo de enfriamiento en un 41 % y del consumo de agua en un 73 %.
 - En la etapa de preparación y adición del cultivo láctico, se evaluó experimentalmente el método de inoculación madre, logrando una reducción del 50 % en el tiempo de preparación del cultivo. Esta técnica también facilitó su aplicación por parte del operario, manteniendo la calidad y consistencia del producto dentro de los parámetros establecidos.
 - En las etapas de envasado y etiquetado se desarrolló el “sistema en parejas” bajo pruebas piloto, que incorpora un segundo operario para ejecutar las actividades de manera paralela. Esta reorganización operativa permitió una reducción significativa de los tiempos de procesamiento, alcanzando un 44.5 % en la presentación FRUTOS ROJOS y un 39.2 % en la presentación TROPICAL, lo que refleja una mejora sustancial en la eficiencia de estas fases del proceso productivo.

- En la etapa de almacenamiento final, la incorporación de un sistema de organización directa mediante el uso de canastas posibilitó una reducción del tiempo en un 65,4 %. Esta estrategia contribuyó de manera determinante a optimizar la eficiencia global de la fase final del proceso productivo.
- En el marco de la Fase 2: *Transformación Tecnológica hacia el Escalamiento Productivo Industrial*, se planteó la incorporación progresiva de maquinaria y equipos tecnológicos con el propósito de optimizar las etapas críticas del proceso productivo, en las cuales se concentran los principales cuellos de botella. Entre las propuestas más relevantes se encuentra la adquisición de una descremadora con capacidad de 350 L/h para la etapa de separación de crema que permite reducir el tiempo de 120 minutos a tan solo 34 minutos; un tanque de enfriamiento de 500 litros operado mediante compresión de vapor para la etapa de enfriamiento y una máquina automática de envasado y etiquetado con capacidad de procesamiento de hasta 30 botellas por minuto. La implementación de estos equipos permitirá no solo aumentar la capacidad operativa, sino también mejorar la eficiencia, precisión y sostenibilidad del proceso en su conjunto.
- Se diseñó un programa de capacitación cruzada para el área de producción del yogurt probiótico TRIFRUT, orientado a dotar a los operarios de los conocimientos y habilidades necesarios para desempeñarse eficazmente en cualquier área del proceso productivo, tanto para el área de producción del yogurt como el área de preparación y envasado. Este programa tiene una carga horaria de 20 horas, dividido en cinco módulos en las que se contemplan puntos tanto teóricos como prácticos.
- Se elaboraron manuales de procedimientos e instructivos de trabajo específicos para el proceso productivo del yogurt probiótico TRIFRUT, con el propósito de estandarizar las operaciones y facilitar la correcta ejecución de las actividades por parte del personal en cada una de las etapas del proceso. Estos documentos constituyen herramientas fundamentales para garantizar la

uniformidad, la eficiencia operativa y el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos.

- Se elaboró un Procedimiento Operativo Estándar (POE) para el yogurt probiótico TRIFRUT, en el cual se describen detalladamente las actividades, las dosificaciones y los parámetros de calidad requeridos en cada fase del proceso. Asimismo, se diseñaron planillas de registro específicas para el monitoreo de las etapas críticas, permitiendo un seguimiento sistemático del cumplimiento de los estándares establecidos, tanto en la materia prima como en el producto final. Estas herramientas fortalecen el sistema de control de calidad y contribuyen a la mejora continua del proceso.
- El presupuesto de inversión para la fase 1: *Optimización operativa de Impacto Inmediato*, presentó un monto de 9,056.00 Bs, con un beneficio anual estimado de ahorro de 5,632.10 Bs, derivado de la reducción de costos operativos como tiempo de mano de obra y consumo de agua. Alcanzando un Retorno sobre la Inversión (ROI) del 62.2 % y un período de recuperación (Payback) de 1.6 años, evidenciando una rápida recuperación de la inversión inicial.
- El presupuesto estimado de inversión para la Fase 2: *Transformación Tecnológica hacia el Escalamiento Productivo Industrial*, asciende a 101,500.00 Bs, proyectando un beneficio anual de 11,992.50 Bs, derivado de una mejora del 5 % en los ingresos anuales. Bajo estos parámetros, se estima un Retorno sobre la Inversión (ROI) del 11.81 % y un período de recuperación (Payback) de aproximadamente 8.5 años.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la implementación programas de capacitación y entrenamiento periódicos dirigidos al personal operativo, con el objetivo de garantizar la correcta comprensión y aplicación de los nuevos procedimientos, métodos de dosificación y técnicas de trabajo establecidos en el marco del plan de estandarización. Así mismo, incorporar sesiones de actualización continua, que

permitan reforzar conocimientos y promover la mejora continua en el desempeño de las actividades productivas.

- Es aconsejable garantizar la disponibilidad y accesibilidad de los manuales de procesos, instructivos y registros operativos, ubicándolos en puntos estratégicos y de fácil acceso para el personal operativo. Esta medida facilitará su consulta continua, favoreciendo la correcta ejecución de los procedimientos establecidos y asegurando el cumplimiento riguroso de los estándares de calidad en cada una de las etapas del proceso productivo.
- Se sugiere establecer un programa de rotación periódica del personal operativo entre las distintas áreas de producción, con el fin de fortalecer y ampliar los conocimientos adquiridos en cada etapa del proceso. Esta estrategia permitirá desarrollar un dominio integral del proceso productivo, mejorar la flexibilidad del recurso humano y fomentar una mayor eficiencia en la ejecución de las actividades, especialmente en contextos que requieran adaptación o redistribución de funciones.
- Se recomienda la implementación progresiva de sistemas automatizados y equipos especializados en el proceso productivo, con el objetivo de simplificar las operaciones, reducir la dependencia de la intervención manual y potenciar significativamente la productividad.
- Resulta pertinente implementar controles de calidad continuos mediante un análisis más riguroso y detallado, garantizando que el producto cumpla con los estándares óptimos en cada etapa del proceso y asegurando su calidad, seguridad y consistencia.
- Se debe considerar adquirir nuevos instrumentos de laboratorio para la medición de parámetros de calidad esenciales en la elaboración del yogur, permitiendo un control más preciso y garantizando la estandarización del producto, especialmente en aquellos aspectos que actualmente no están siendo evaluados por la empresa.