

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1 Introducción

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes Teóricos

a) Transporte manual de leche y manipulación de alimentos

La FAO (2011) señala que el transporte manual de leche cruda implica altos riesgos de contaminación debido al uso de recipientes abiertos, exposición ambiental y manipulación excesiva del producto. Estas prácticas incrementan la probabilidad de alteración microbiológica y reducen la inocuidad, especialmente en pequeñas y medianas plantas lácteas.

Por su parte, SENASAG (2019) establece que el transporte manual en recipientes menores debe minimizarse, promoviendo el uso de sistemas cerrados para disminuir el riesgo sanitario y garantizar el cumplimiento de normas de calidad. En consecuencia, la dependencia de métodos manuales representa una limitación operativa y sanitaria para las plantas lácteas bolivianas.

b) Ergonomía y riesgo físico en el transporte de cargas líquidas

Niebel y Freivalds (2014) destacan que el transporte repetitivo de cargas superiores a 10 litros incrementa el esfuerzo físico acumulado, genera fatiga, reduce la productividad y aumenta el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en los operarios. Asimismo, la Organización Internacional del Trabajo (ILO, 2012) advierte que el levantamiento y transporte continuo de cargas sin ayudas mecánicas es una de las principales fuentes de sobrecarga física, recomendando la implementación de sistemas de manejo de materiales que reduzcan movimientos innecesarios y recorridos repetitivos.

c) Ineficiencia operativa y tiempos improductivos en procesos manuales

Barnes (1980) establece que los procesos manuales repetitivos, especialmente aquellos que implican recorridos constantes, constituyen una fuente significativa de tiempos improductivos dentro del flujo de trabajo. En la industria alimentaria, estos retrasos afectan el rendimiento global de las áreas de producción.

Niebel (1994) agrega que la ausencia de herramientas mecanizadas para el traslado interno de materiales limita la capacidad de respuesta de la planta, extendiendo los tiempos de ciclo y generando cuellos de botella en etapas clave del proceso.

d) Mecanización del transporte interno como mejora operativa

Pérez (2018) indica que la mecanización de procesos de transporte interno mediante tuberías, bombas o sistemas cerrados mejora la eficiencia, disminuye recorridos innecesarios y genera incrementos directos en la productividad. Este tipo de tecnología es particularmente útil en la industria láctea, donde los traslados manuales afectan la continuidad operativa.

Rodríguez y Gómez (2016) complementan que la incorporación gradual de sistemas cerrados no solo mejora la inocuidad, sino que permite reducir el uso de mano de obra en tareas repetitivas, concentrando los esfuerzos del personal en actividades de mayor valor agregado.

e) Sistemas CIP como solución de apoyo a la mecanización

Tamime (2008) señala que los sistemas CIP permiten transportar y limpiar tuberías bajo condiciones higiénicas controladas, facilitando el movimiento interno de productos líquidos como la leche. Hui (2006) destaca que el CIP contribuye como mecanismo complementario para reducir contaminación cruzada y asegurar continuidad operativa, respaldando los procesos de mecanización existentes.

1.1.2 Antecedentes de Campo

a) Transporte manual de leche en plantas lácteas bolivianas

En Bolivia, muchas plantas lácteas de pequeña y mediana escala continúan utilizando métodos manuales para el traslado de leche cruda dentro del proceso productivo. SENASAG (2019) advierte que la manipulación directa mediante baldes o recipientes abiertos incrementa significativamente el riesgo de contaminación, afectando productos como yogur, queso y crema. Del mismo modo, la FAO (2011) señala que el transporte manual representa una de las principales causas de pérdida de inocuidad en la cadena láctea, especialmente en instalaciones sin sistemas mecanizados.

b) Ineficiencia en recorridos y tiempos improductivos en plantas artesanales

Pérez (2018) documenta que las plantas artesanales y semi-industriales presentan extensos recorridos internos para trasladar leche y otros insumos, provocando tiempos improductivos que afectan la continuidad operativa. Barnes (1980) complementa que los traslados constantes de productos líquidos se encuentran entre las actividades de mayor costo temporal y menor valor agregado dentro del flujo de trabajo. Estos estudios muestran que los procesos manuales de transporte generan cuellos de botella.

c) Implementación progresiva de sistemas cerrados en micro y pequeñas plantas

Sánchez y López (2019) reportan que en cooperativas lácteas de Argentina la transición del transporte manual a sistemas cerrados por tuberías se implementó de manera progresiva como parte de un proceso de modernización, logrando reducir pérdidas de materia prima y mejorar la continuidad de producción. De manera similar, Gutiérrez y Vargas (2020) muestran que pequeñas plantas que adoptan sistemas cerrados o semiautomatizados logran mejorar su eficiencia operativa sin requerir grandes inversiones.

d) Implementación de sistemas CIP en plantas lácteas en India

En India, empresas como Amul han experimentado procesos de modernización donde la introducción de sistemas cerrados y prácticas de limpieza automatizada (CIP) fue

parte de la solución a limitaciones operativas y riesgos sanitarios derivados de métodos más manuales. En las plantas industriales de Amul, la implementación de CIP permitió reducir problemas asociados a la manipulación manual demostrando que la adopción de CIP, junto a capacitación y protocolos, funciona como una solución técnica efectiva para superar las limitaciones del transporte manual.

1.1.3 Antecedentes Empresariales

Lácteos Cayara es una empresa boliviana ubicada en la localidad de Cayara, en el departamento de Potosí. Fundada en 1986, surgió como una iniciativa para aprovechar la producción lechera de la zona y generar valor agregado a través de la elaboración de productos lácteos. Actualmente el propietario es el ingeniero Juan Jorge Aitken Castedo.

a) Misión

"Producir y comercializar productos lácteos de alta calidad, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región, promoviendo el bienestar de nuestros colaboradores y satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes con responsabilidad social y ambiental".

b) Visión

"Ser reconocidos como líderes en la industria láctea a nivel nacional e internacional, innovando en nuestros procesos y productos, manteniendo nuestro compromiso con la calidad, la sostenibilidad y el desarrollo comunitario."

c) Objetivos

- Garantizar que todos los productos cumplan con los más altos estándares de calidad y seguridad alimentaria.
- Desarrollar nuevos productos lácteos que se adapten a las necesidades y preferencias del mercado.
- Contribuir al desarrollo económico y social de la región de Cayara y sus alrededores, generando empleo y apoyando a los productores locales.

d) Situación actual

Lácteos Cayara, en estos últimos cuatro años ha logrado un proceso de modernización e innovación en su infraestructura y equipos, como la adquisición de tanques de procesos, sistemas de gas, vapor, aire comprimido y agua tratada, máquinas procesadoras, culminando con la implementación de un sistema de tuberías de transporte de leche CIP.

También ha venido innovando en su línea de productos, incorporando helados con una mayor diversidad de sabores y variedades, además de desarrollar diferentes tipos de yogur y queso que responden a las preferencias del mercado. Asimismo, se han impulsado nuevos proyectos orientados a diversificar la oferta y fortalecer la competitividad de la planta, consolidando a Lácteos Cayara como un referente en la producción local y de calidad dentro del sector lácteo.

En los últimos años, Lácteos Cayara también ha logrado una mayor presencia comercial a nivel nacional, abriéndose paso nuevos mercados como Santa Cruz y Cochabamba, donde sus productos han ganado aceptación por su calidad y su origen local. Esta expansión ha sido acompañada por una participación activa en ferias productivas como la FEIPOBOL (Feria Internacional Potosí Bolivia), lo que le ha permitido fortalecer su imagen y llegar a nuevos distribuidores.

Estos espacios han servido para presentar innovaciones en la línea de sus productos, recibir retroalimentación directa del consumidor y posicionarse frente a competidores de mayor escala.

1.2 Identificación del problema

1.2.1 Descripción del problema u oportunidad

La planta Lácteos Cayara, ubicada en el departamento de Potosí, procesa diariamente entre 500 y 800 kilogramos de leche cruda destinados a la elaboración de productos lácteos, siendo los más importantes los helados, quesos, yogur y nata.

En los últimos años se ha incorporado nuevas maquinarias con el propósito de modernizar sus operaciones y mejorar su capacidad productiva. No obstante, pese a estos avances, se tiene una actividad de proceso que continúa realizándose de manera manual, que es del transporte interno de la leche cruda desde el tanque principal hacia los distintos tanques de procesos de las líneas de producción.

Actualmente la planta Lácteos Cayara enfrenta una ineficiencia en el transporte interno de la leche, ya que los operarios trasladan la leche utilizando baldes de 10 y 12 litros de capacidad, realizando múltiples recorridos de ida y vuelta durante este proceso, por lo que este método de trabajo implica una elevada carga física y fatiga acumulada para el personal involucrado. Además, que esta carga laboral intensa, por la manipulación manual, posturas forzadas y movimientos repetitivos pueden afectar la salud y seguridad a futuro aumentando el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y otros problemas ergonómicos, especialmente considerando que todo el personal en producción es del género femenino.

También, el método manual provoca derrames frecuentes de la leche durante sus traslados, generando pérdidas de producto y aumentando la exposición del alimento a posibles contaminaciones. Estos factores no solo afectan la inocuidad y calidad del producto final, sino que también incrementan los tiempos improductivos en la planta, ya que los operarios deben dedicar tiempo adicional en la limpieza y corrección de los derrames, reduciendo la continuidad y eficiencia de las líneas de producción.

La permanencia de este método manual también ha sido reforzada por la falta de la puesta en marcha del sistema de transporte por tuberías CIP (Cleaning in Place), instalado en agosto del 2024. Este sistema está diseñado para reducir la manipulación manual y garantizar un flujo higiénico y mejorar los tiempos de traslado de la leche.

Sin embargo, este sistema no ha sido puesto en funcionamiento, principalmente a la ausencia de manuales técnicos, protocolos operativos y programas de capacitación que orienten a los operarios respecto al uso seguro y adecuado del sistema de tuberías, también esta falta de formación genera inseguridad en el personal, especialmente en lo

referente al manejo de válvulas, secuencias de apertura y cierre y procedimientos de limpieza, por lo que esta carencia incrementa el riesgo de errores humanos, elevando la probabilidad de contaminación del producto y representa una limitación para cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria.

Por otro lado, la necesidad de trasladar grandes volúmenes de leche mediante recorridos repetitivos y lentos impide optimizar los procesos y maximizar el rendimiento de la planta.

En consecuencia, el método manual constituye un factor crítico que limita el desarrollo operativo y competitivo de la empresa en el sector lácteo, también reduce la capacidad de respuesta frente a la demanda diaria y que no se logre aprovechar los beneficios de la inversión efectuada y limitando su competitividad frente a otras industrias lácteas que operan con sistemas plenamente óptimos.

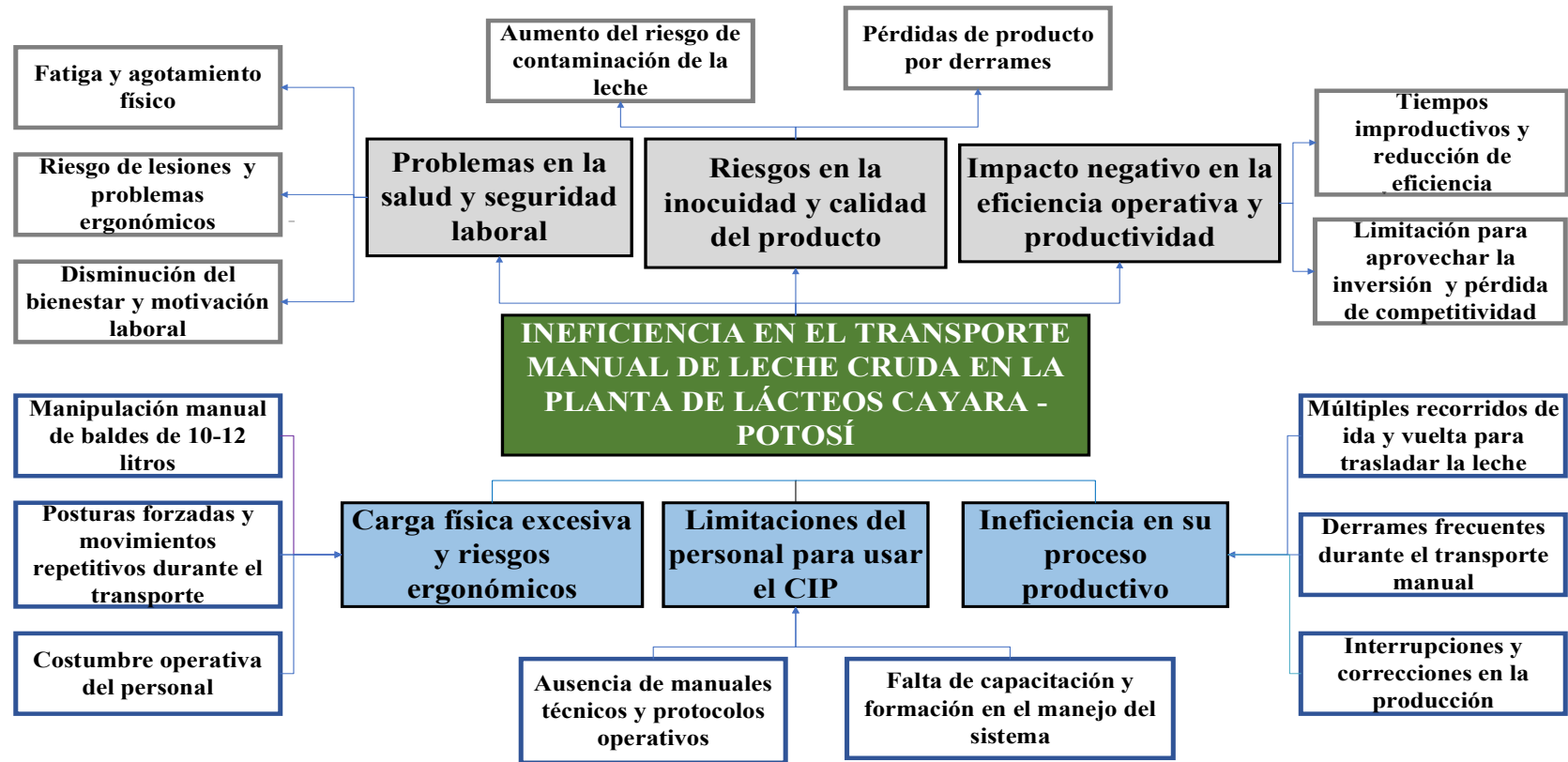
Por ello el problema central se define en la ineficiencia generada por el transporte manual de leche cruda, en este contexto, se vuelve necesario analizar detalladamente el método manual actual, identificar sus limitaciones y diseñar estrategias operativas que permitan una transición efectiva hacia el uso del sistema de tuberías. Para ello se requiere complementar la puesta en marcha del sistema con herramientas de ingeniería de métodos, elaboración de manuales técnicos, protocolos de limpieza y mantenimiento, así como el material para la capacitación del personal, con el fin de asegurar un proceso productivo moderno, seguro, eficiente y competitivo.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo puede optimizarse el transporte manual de leche cruda mediante acciones combinadas que incluyan el uso del sistema CIP, para aumentar la eficiencia operativa, reducir riesgos ergonómicos y de contaminación en la planta de Lácteos Cayara – Potosí?

1.2.3 Árbol de problemas

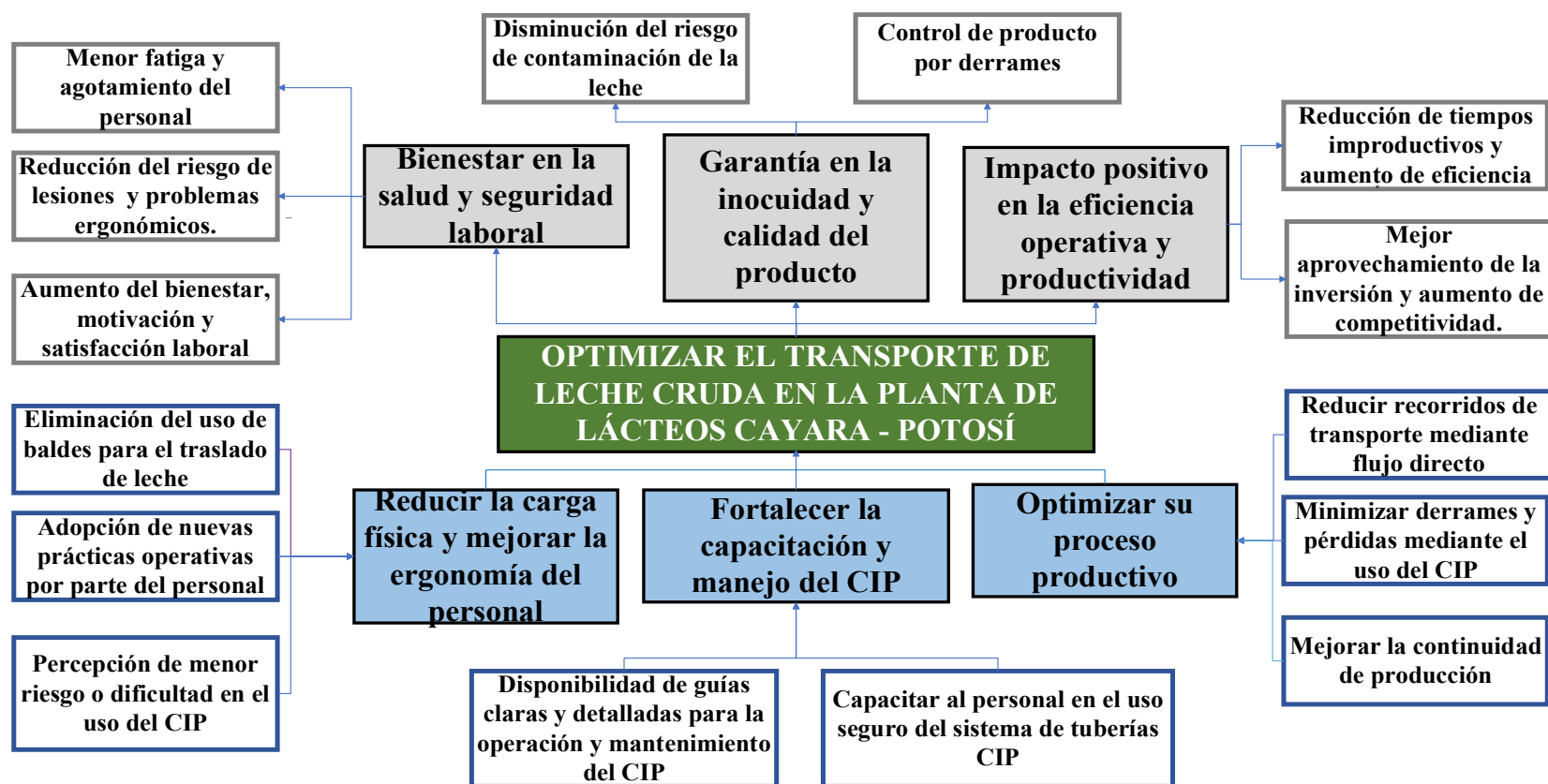
Figura 1 *Árbol de problemas*



Fuente: Elaboración propia.

1.2.4 Árbol de soluciones

Figura 2 *Árbol de soluciones*



Fuente: Elaboración propia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Optimizar el transporte manual de leche cruda mediante la puesta en marcha del sistema de tuberías CIP en Lácteos Cayara de la ciudad de Potosí, con el propósito de reducir la dependencia del método manual, aumentar la eficiencia operativa, reducir riesgos ergonómicos y garantizar la seguridad e inocuidad del producto.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de transporte manual de leche cruda, identificando limitaciones, tiempos, recorridos y riesgos.
- Evaluar el sistema de tuberías CIP instalado, identificando deficiencias técnicas y oportunidades de mejora para su correcta puesta en marcha.
- Aplicar herramientas de ingeniería de métodos para optimizar el flujo de trabajo del proceso de transporte de leche cruda a las áreas de producción, realizando una comparación del proceso manual actual con el sistema de tuberías propuesto.
- Elaborar manuales de operación, limpieza y mantenimiento del sistema CIP, así como el material técnico de capacitación del personal que aseguren su operación continuo, adecuado y seguro.
- Establecer indicadores de desempeño que permitan evaluar y monitorear la eficiencia del transporte, la confiabilidad operativa, la seguridad y competencia del personal y la calidad del proceso en las operaciones de transporte de leche cruda.
- Elaborar el presupuesto general del proyecto que incluya los costos de la implementación de las mejoras necesarias en el transporte de leche y los requerimientos operativos necesarios.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Académica

Este proyecto representa una contribución académica significativa para la Ingeniería Industrial, al integrar conceptos fundamentales como la ingeniería de métodos, el análisis de procesos y la optimización del flujo de trabajo en el contexto de la industria láctea. La investigación se centra en un caso real dentro de la industria láctea, abordando un problema común en pequeñas y medianas plantas, que es sobre el uso de métodos manuales de transporte que generan ineficiencia, riesgos ergonómicos y problemas de inocuidad.

La propuesta permite aplicar herramientas académicas relevantes como cursogramas analíticos, diagramas de recorrido, diagramas de hilos, estudio de tiempos y desarrollo de manuales técnicos, lo que contribuye directamente a la formación profesional del ingeniero industrial.

Los resultados servirán como base para futuras investigaciones, consolidando al ingeniero industrial como agente clave en los campos de la estandarización, la productividad y la calidad.

1.4.2 Justificación Técnica

Desde el punto de vista técnico, la propuesta aborda la necesidad de optimizar el proceso técnico del transporte de leche desde el tanque principal hacia las diferentes líneas de producción. También la puesta en marcha del sistema CIP ya instalado, pero aún no en uso, constituye la alternativa técnica que permitirá modernizar ese flujo de trabajo.

La aplicación de herramientas de ingeniería de métodos permitirá identificar, medir y eliminar actividades innecesarias, tiempos improductivos y recorridos excesivos, transformando un proceso manual en un sistema mecanizado, seguro y eficiente.

Asimismo, la elaboración de manuales de operación, limpieza y mantenimiento facilitará el uso del sistema CIP, garantizando su funcionamiento continuo y evitando fallas operativas o pérdidas de inocuidad. Finalmente, la propuesta integra aspectos técnicos complementarios como el diseño de procedimientos, la definición de protocolos, la puesta en marcha del sistema, el desarrollo de programas de mantenimiento y capacitación del personal, con ellos se asegura la infraestructura instalada sea plenamente aprovechada y que el proceso productivo alcance un nivel adecuado de eficiencia, seguridad y calidad.

1.4.3 Justificación Legal

El proyecto se alinea con la normativa boliviana vigente, ya que cumplen con el Artículo 46 de la Constitución Política del Estado al promover condiciones de trabajo seguras y saludables, dado que el transporte manual implica una carga física y por ende el proyecto contribuye al cumplimiento de estas disposiciones.

También se alinea al Decreto Supremo 02416 de Seguridad y Salud Ocupacional que regula el manejo adecuado de cargas y sustancias químicas. En materia de inocuidad alimentaria, la propuesta cumple con las exigencias del Decreto Supremo 4058, que regula la higiene y calidad de los productos lácteos en Bolivia, evitando la exposición del producto a contaminación durante el traslado.

La iniciativa también se relaciona con la Ley 622 de Innovación Tecnológica, al promover la implementación de sistemas mecanizados y la mejora de procesos productivos. Finalmente, la aplicación de manuales técnicos contribuye al cumplimiento de la Ley 975 de Seguridad Ocupacional y al fortalecimiento de la gestión documental exigida por normativas sanitarias.

1.4.4 Justificación Económica

La propuesta del proyecto generará beneficios económicos directos e indirectos para Lácteos Cayara. El método manual actual implica más de 50 minutos de tiempo improductivo en el transporte de leche, lo cual limita la capacidad operativa de las

líneas de producción, por ello con la puesta en marcha del sistema CIP, estos tiempos se reducen significativamente, incrementando la disponibilidad operativa.

Además, los derrames actuales provocan pérdidas de materia prima que representan un costo acumulado para la empresa, pero con el sistema cerrado se disminuye estas mermas por derrames de leche y se reduce los errores por manipulación. La reducción del esfuerzo físico permitirá también disminuir la necesidad de mano de obra directa para esta área generando un ahorro en tiempo/hombre. Por ello el proyecto ofrece una recuperación de la inversión favorable mediante el aumento de productividad, reducción de mermas y el ahorro en costos operativos.

1.4.5 Justificación Personal

Este proyecto constituye un hito relevante en mi formación profesional como ingeniero industrial, ya que permite aplicar conocimientos teóricos en un entorno real y enfrentar un problema concreto de la industria alimentaria. También fortalecer las competencias profesionales en áreas fundamentales de la carrera como la ingeniería de métodos, estudio de tiempos, optimización de procesos y la documentación operativa.

Asimismo, la oportunidad de participar en la puesta en marcha de un sistema tecnológico como el CIP representa un hito personal, ya que implica asumir responsabilidad técnica y aprender de nuevas herramientas. Por ende, el proyecto permitirá demostrar como la ingeniera industrial genera impacto directo en la productividad, la seguridad laboral y calidad del producto, consolidando mi capacidad para diseñar soluciones prácticas y mejorar procesos en entornos reales.

1.5 Metodología

1.5.1 Enfoque y tipo de investigación

El presente proyecto se desarrollará bajo un enfoque metodológico cuantitativo y aplicado, dado que busca medir, analizar y optimizar los tiempos, movimientos y recorridos del proceso de transporte de leche en Lácteos Cayara. Se utilizarán datos reales obtenidos mediante la observación y el estudio de tiempos para evaluar la

eficiencia del método manual y compararlo con el funcionamiento proyectado del sistema CIP.

La investigación será de tipo aplicada, ya que se pretende resolver un problema operativo específico mediante la implementación de una solución técnica basada en herramientas de ingeniería de métodos y documentación. También es descriptiva, porque analiza de manera detallada el proceso actual, sus actividades, sus limitaciones y las condiciones en las que opera, permitiendo identificar los puntos de mejora necesarios para optimizar el sistema.

1.5.2 Métodos y técnicas de investigación

El estudio empleará el método de estudio de caso, centrado en el análisis del proceso de transporte de leche dentro de la planta Lácteos Cayara, para ello se aplicarán herramientas propias de la ingeniería de métodos, tales como:

- Estudio de tiempos mediante cronometraje.
- Corsogramas analíticos de las actividades actuales y propuestas.
- Diagramas de recorrido y diagramas de hilos para analizar el flujo de desplazamiento.
- Análisis de distancias, movimientos y secuencias operativas.
- Registro y evaluación de actividades críticas.

Adicionalmente, se emplearán técnicas de observación directa, entrevistas breves, lo que permitirá obtener una información detallada y confiable que sustente la propuesta de optimización.

Finalmente, para estructurar la propuesta se empleará el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) o Deming, este enfoque permitirá organizar de manera sistemática la puesta en marcha del sistema CIP y la estandarización del proceso, comenzando con la planificación de las actividades e identificación de mejoras, continuando con la ejecución de las capacitaciones y

procedimientos, verificando posteriormente los resultados mediante indicadores operativos y finalmente actuando sobre las desviaciones detectadas para consolidar la mejora continua del transporte de leche dentro de la planta.

1.5.3 Población o sujeto de estudio

La población de estudio está compuesta por la planta Lácteos Cayara y específicamente, por el proceso de transporte interno de la leche desde el tanque principal hacia las áreas de yogur, queso, helado y nata. El análisis se centra en las operaciones que realiza el personal de producción relacionado con el traslado del producto, los equipos utilizados y en el funcionamiento del sistema CIP instalado en la planta, aunque la atención se centrará en los procesos técnicos más que en las actitudes de los trabajadores.

1.5.4 Tipo de muestreo

Se utilizará un muestreo no probabilístico de tipo intencional, debido a que este método es adecuado debido al tamaño reducido del personal involucrado y a la necesidad de trabajar directamente con quienes realizan las actividades del proceso. La selección se basará en criterios como la participación directa en el transporte manual de leche, experiencia laboral, el nivel de exposición al sistema CIP y la disposición a participar en el estudio.

1.5.5 Tamaño de la muestra

La muestra abarcará la totalidad del personal de producción vinculado al proceso de transporte de leche, a las 4 operarias de producción y al menos un representante de los jefes encargados de la planta, sumando un total aproximado de 5 a 6 participantes.

Este tamaño es suficiente para obtener datos representativos del proceso, registrar los tiempos, movimientos y secuencias operativas en los diferentes turnos y validar la información necesaria para la elaboración de los manuales técnicos.

1.5.6 Recolección de la información

La información se recopilará a través de:

- Observación directa de los procesos en la planta, registrando los tiempos, distancias, movimientos y secuencias operativas asociadas al transporte de leche.
- Cronometraje de actividades para medir la duración de cada actividad y compararla con los tiempos estándar propuestos en la optimización.
- Elaboración de cursogramas analíticos y diagramas de recorrido, construidos en base a los registros recopilados, para representar gráficamente la secuencia de operaciones y el flujo de trabajo.
- Revisión documental interna en caso de existir registros previos de producción o procedimientos internos, que sirvan de contraste para la elaboración de los manuales técnicos.

1.5.7 Instrumentos de recolección de información

Los instrumentos utilizados serán:

- Cronómetro digital (celular) para el registro de los tiempos en la ejecución de las actividades.
- Hojas de verificación y formatos estandarizados para documentar las actividades y movimientos.
- Software de apoyo como Excel, Visio, Word para procesar la información, elaborar diagramas y diseñar los elementos técnicos de la propuesta.
- Plantillas técnicas, para la elaboración de los cursogramas analíticos y para la elaboración de los manuales técnicos.

CAPÍTULO II

EMPRESA

2 Empresa

2.1 Identificación de la empresa

Lácteos Cayara es una empresa boliviana dedicada a la producción y comercialización de productos lácteos artesanales de alta calidad.

a) Logo de la Empresa

Figura 3 *Logo de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*

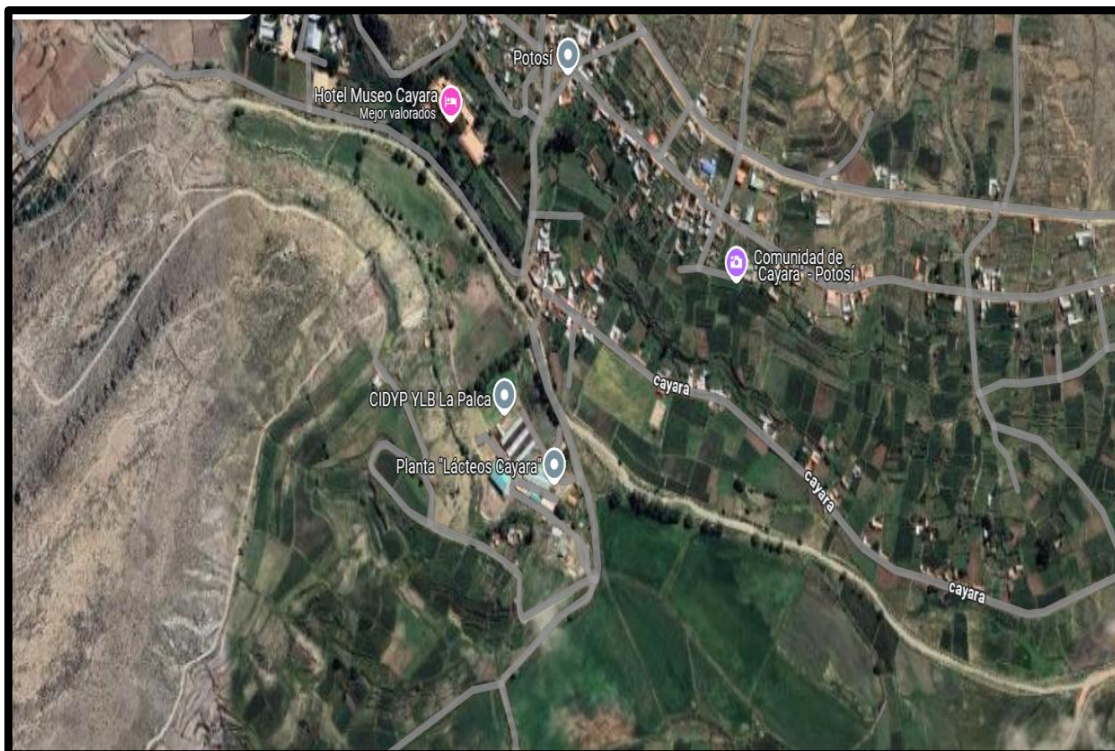


Fuente: Página oficial de la Empresa Lácteos Cayara.

2.2 Ubicación

La empresa Lácteos Cayara se encuentra al noroeste de la provincia Tomás Frías que está situada a 20 km al oeste de la ciudad de Potosí, con una elevación de 3.550 m sobre el nivel del mar.

Figura 4 *Ubicación de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*



Fuente: Google Maps.

Latitud

Longitud

-19,55455° o 19° 33' 16" sur

-65,88023° o 65° 52' 49" oeste

2.3 Organización

La empresa Lácteos Cayara cuenta actualmente con 19 trabajadores, que se dividen en las siguientes categorías:

a) Área Gerencial

Se tiene a tres personas quienes están a cargo de toda la parte administrativa y productiva de la empresa.

- **Jefe de planta:** Es un ingeniero electromecánico con cinco años de experiencia en la empresa.

- **Secretaria:** Es una ingeniera encargada de todo el aspecto administrativo de la empresa con cuatro años de experiencia en la empresa.
- **Jefe de producción:** Es un ingeniero agroindustrial, con cinco años de experiencia en la empresa.

b) Área de producción

Se cuenta con cuatro trabajadoras, que se dividen en las siguientes tareas:

- Una trabajadora encargada de la distribución de la leche y elaboración de queso, que cuenta con diez años de experiencia dentro de la empresa.
- Una trabajadora encargada de la elaboración de yogur, que cuenta con dos años de experiencia.
- Una trabajadora encargada de la limpieza y ayuda en la elaboración de queso y nata, que cuenta con tres años de experiencia.
- Una trabajadora encargada de la elaboración de helados, teniendo una experiencia de veinte años dentro de la empresa, pero dentro de este caso, en la producción tiene ayuda la mayoría de las veces de sus hijos, siendo considerados como mano de obra indirecta.

c) Área de ventas

- Una persona encargada de la venta de los productos, cuenta con dos años dentro de la empresa.

d) Área de ordeño de las vacas

- Se tienen tres operarios encargados.

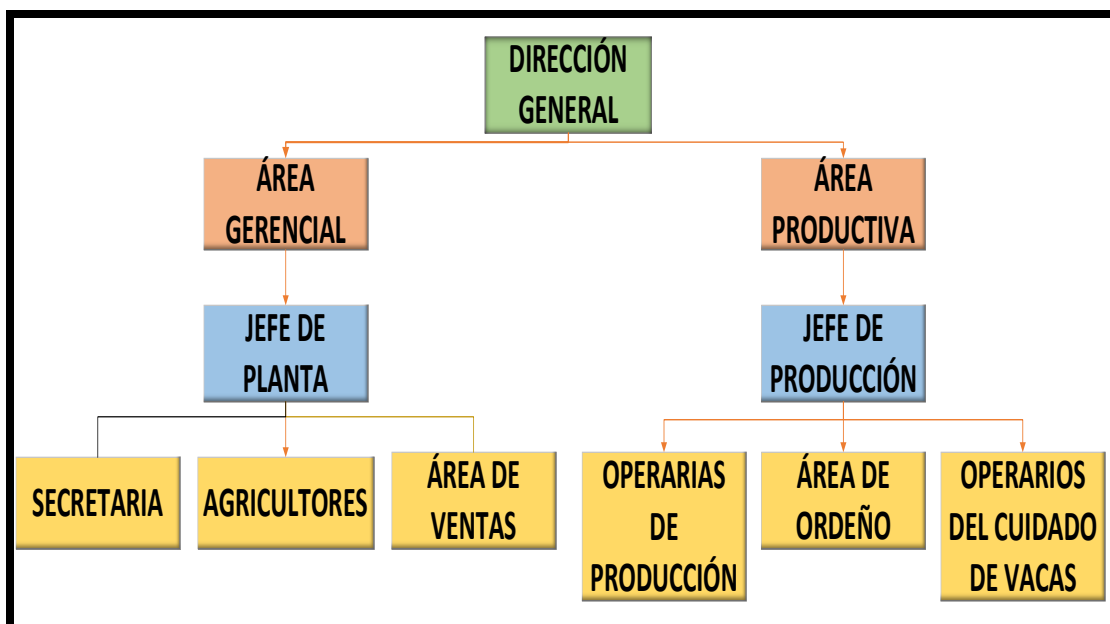
e) Área de cuidado y comida de las vacas

- Se tienen tres operarios encargados.

f) Agricultores

- Hay siete trabajadores en este rubro.

Figura 5 Organigrama de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”



Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

2.4 Productos y/o servicios

La empresa Lácteos Cayara se dedica a la producción de diversos productos alimenticios derivados de la leche, siendo esta su principal materia prima, por lo que ofrece al mercado los siguientes productos para el consumo:

a) Helados

La empresa Lácteos Cayara, es más conocido en el mercado por sus helados, siendo este su producto estrella y el que genera mayores ganancias por sus ventas, en comparación de los demás productos que se elaboran.

El helado más conocido y el más producido es el de leche clásico, sabor crema con chispas de chocolate granulado.

Este helado clásico se ha convertido en un icono dentro del mercado potosino debido a su sabor tradicional y a la preferencia constante de los consumidores, además su alta demanda hace que sea el producto con mayor frecuencia de producción, garantizando siempre su disponibilidad en puntos de venta.

Figura 6 *Helado clásico granulado de la “Empresa Lácteos Cayara - Potosí”*



Fuente: Fotografía propia del helado granulado.

Además del helado clásico granulado, Lácteos Cayara produce una variedad de helados de diferentes sabores y presentaciones, aunque en volúmenes más reducidos, ya que la preferencia del público continúa centrada en su producto estrella.

Estos helados complementarios se elaboran de manera intermitente, adaptándose a la disponibilidad de ingredientes, temporadas específicas o a solicitudes de clientes y pedidos, lo que le permite ampliar su catálogo y ofrecer alternativas atractivas para los consumidores que buscan variedad o desean probar nuevos sabores.

Esta estrategia contribuye a fortalecer la presencia de la marca en el mercado y a responder a nichos con preferencias particulares. A continuación, se detallan los diferentes tipos y sabores de helados producidos:

Tabla 1 *Tipos y Sabores de Helados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*

Categoría	Sabores
Helados Clásicos	- Mora
	- Frutilla
	- Banana
	- Manzana
	- Marmolado (leche con chocolate)
Helados Especiales	- Con cobertura de chocolate
	- Con cobertura de leche
	- Menta
	- Pistacho
	- Chocolate y frutos rojos
Helados Rellenos	- Maracuyá con relleno de dulce
	- Frutilla con relleno de dulce
	- Blue con relleno de limón
Helados de Crema	- Sabores variados

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

Alcance: Para el proceso de elaboración de helado, se empieza desde el momento en que se mezclan los ingredientes en el tanque de procesos de helado, de capacidad de 500 litros, y termina cuando se empaqueta y se los transporta a las cámaras de refrigeración.

Cuando se deben producir dos tipos distintos de helado, se toma en cuenta el producto que tiene mayor demanda, y como la producción es de casi 5.000 unidades diarias de helado se distribuye de la siguiente manera:

- Se producen aproximadamente 2.000 a 2.300 de helados de sabor marmolado o especiales.
- El resto que serían de 2.700 a 3.000 unidades, son para producir el helado clásico de leche.

En conclusión, del 100% de producción, el 40% es para helados de otro tipo de sabor, y el 60 % es para los helados de leche.

b) Yogur

En cuanto a la línea de yogur, Lácteos Cayara produce variedades tanto para el consumo familiar como individual, elaboradas a partir de la leche fresca y los cultivos lácteos seleccionados que garantizan una textura cremosa y un sabor uniforme. Aunque su producción es menor en comparación de los helados, el yogur se mantiene como un producto importante dentro de la empresa, especialmente por su demanda constante en tiendas de barrio y mercados locales.

Los diferentes tipos de yogur se muestran en la siguiente figura:

Figura 7 *Tipos de Yogur en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*



Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

En las siguientes tablas se detalla sobre los diferentes tipos y sabores de yogur que son elaborados también sus respectivas capacidades y envases de cada uno:

Tabla 2 Descripción de los diferentes Tipos y Sabores de Yogur elaborados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”

TIPO DE YOGURT	SABORES										
	MORA	FRUTILLA	BANANA	DURAZNO	COCO	MANZANA	CHIRIMOYA	FRUTILLA Y REMOLACHA	NARANJA Y ZANAHORIA	CON AZUCAR	SIN AZUCAR
YOGURT CLASICO											
YOGURT AFLANADO											
YOGURT FRUTADO											
YOGURT GRIEGO											

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

Tabla 3 Descripción de las diferentes Capacidades y Envases de Yogur elaborados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”

TIPO DE YOGURT	CAPACIDAD Y ENVASE				
	BOTELLA 2 L	BOTELLA 1 L	VASOS 100 gr	POTES 500 gr	SACHET
YOGURT CLASICO					
YOGURT AFLANADO					
YOGURT FRUTADO					
YOGURT GRIEGO					

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

c) Nata

Es la línea de producción que menos se produce, sacando al día de 2 a 3 kg de nata fresca, exceptuando los días miércoles en el que se obtiene hasta 10 kg. Su envase tiene una capacidad de 100 g.

Figura 8 *Producto de Nata en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*



Fuente: Fotografía del envase de nata 100 gramos extraído de la página oficial de la empresa.

d) Queso fresco

Esta línea de producción también es uno de los importantes, ya que se elaboran 120 a 150 unidades de queso por lotes, entre 3 a 4 lotes por semana, con un peso de 330 gramos cada unidad.

Además del queso fresco, se ofrece otras variedades como el queso de untar y el queso cottage, aunque estos se producen únicamente bajo pedido debido a su menor demanda y a la necesidad de ajustarse a solicitudes específicas.

Figura 9 *Queso fresco en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*



Fuente: Fotografía queso fresco 330 gramos extraído de la página oficial de la empresa.

2.5 Maquinaria y Equipo

Para la elaboración de los helados, Lácteos Cayara estos últimos años ha tenido un proceso de innovación en sus equipos y materiales, pasando del uso de métodos caseros y manuales a métodos automatizados, esto debido a que los helados son el producto que mayores ingresos genera en la empresa, logrando de esta manera una mayor eficiencia en el tiempo de entrega y mayores lotes de producción.

Este avance tecnológico también ha permitido mejorar la uniformidad del producto, garantizando una textura y calidad homogénea en cada lote. A continuación, se describe las maquinarias y equipos en el proceso de elaboración de los helados:

Tabla 4 Descripción de Maquinarias y Equipos utilizados en la producción de Helados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”

Maquinaria/ Equipo	Imagen	Descripción	Capacidad de producción
Tanque de procesos		Son recipientes donde se almacenan o mezclan productos durante la producción.	400 a 500 litros
Moldes para helados		Son recipientes que dan forma y tamaño uniforme al producto durante su elaboración	56 unidades
Máquinas chupeteras		Equipos especializados que permiten llenar, moldear y congelar helados tipo paleta de manera uniforme y en grandes volúmenes	700 a 900 unidades/hora
Máquinas de desmoldar		Facilitan retirar los helados de los moldes, evitando daños en su forma y reduciendo el esfuerzo manual.	900 unidades/hora
Máquina envolvedora		Dispositivo que automatiza el proceso de empaquetado de helados, garantizando rapidez, seguridad e higiene en la producción	600 a 4.000 unidades/hora

Cámara de refrigeración		Instalación cerrada y aislada que mantiene productos a temperaturas controladas, preservando su calidad por más tiempo	30 m ³
Congeladores		Equipos de frío que permiten solidificar y conservar helados a muy bajas temperaturas, asegurando su dureza y durabilidad	300 kg de producto

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

También se requiere materiales de apoyo, para la producción de los helados como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5 Descripción de Materiales utilizados en el proceso de producción de Helados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”

Material	Imagen	Descripción	Capacidad
Bobinas para helados		Rollos de material plástico o laminado utilizados como envoltura, que aseguran higiene, conservación y presentación del producto.	500 metros
Cajas industriales		Contenedores resistentes, usualmente de plástico o cartón reforzado, empleados para almacenar y transportar helados en cantidad	28 kg

Ollas de acero inoxidable		Recipientes de gran capacidad fabricados en acero inoxidable, ideales para preparar, mezclar o calentar bases de helado	45 y 80 litros
Palitos de madera		Varillas de madera o plástico que sirven como soporte para consumir helados tipo paleta	1 bolsa contiene 1.000 palitos

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

En cuanto a la maquinaria utilizada para otros procesos de producción, como ser las líneas de queso y yogur, se cuenta con equipos que permiten garantizar la calidad y continuidad de cada producto como se muestra y describe en la siguiente tabla:

Tabla 6 Descripción de Maquinarias y Equipos utilizados en otros procesos de producción en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”

Maquinaria / Equipo	Imagen	Descripción	Capacidad de producción
Tina de queso		Recipiente donde se almacena y trabaja la leche para elaborar queso	500 litros
Dosificadoras		Son máquinas de alto rendimiento que aceleran las operaciones de llenado de botellas, bolsas, vasos, pots, etc	20-25 pcs/min

Despulpadora		Máquina que separa el suero del cuajo o queso; es maquinaria, ya que realiza un proceso mecánico automatizado	2.000 kg/hora
Separadores de agua (muñecos)		El Separador de vapor es un equipo que tiene como función principal separar el agua y el vapor, lo que permite regular la temperatura del agua	
Red de tuberías		Tiene la función de suministrar y distribuir fluidos esenciales (gas, aire, vapor y agua) en una planta de producción de manera segura, eficiente y controlada	

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

Además, se ha incorporado una sala exclusiva para la instalación de equipos y maquinarias auxiliares, cuyo propósito es proporcionar los recursos esenciales para la producción de los productos lácteos. Esta sala alberga sistemas especializados que generan y suministran vapor para procesos térmicos, agua tratada para garantizar la calidad e inocuidad del producto, agua fría para la refrigeración y conservación, aire comprimido para la operación de equipos neumáticos y gas para procesos de calentamiento. La implementación de esta infraestructura optimiza la eficiencia operativa, garantiza el cumplimiento de normativas sanitarias y mejora la calidad de los productos.

Las máquinas son las siguientes:

- Un calentador de agua con una capacidad de 500 litros.
- Dos máquinas compresoras de aire con una capacidad de entre 1-3 m³/min.
- Un tanque de enfriador de agua con una capacidad de 10 kw/hora.
- Tres filtros de aguas industriales con una capacidad de entre 1-3 m³/hora.

2.6 Materia Prima e insumos

Como el helado de crema granulado es el producto estrella, solo se citará los insumos de forma genérica, sin detallar cantidades ni proporciones. Esto se debe a que la composición exacta de sus ingredientes es información confidencial y estratégica de la empresa. Sin embargo, se puede mencionar que se utilizan materias primas de primera calidad que cumplen con los estándares de higiene y seguridad alimentaria.

Esta aproximación permite a analizar el proceso de producción si comprometer la receta y secretos industriales.

Tabla 7 *Materia Prima para la elaboración de Helados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”*

Materia prima	Imagen	Descripción
Leche		Base principal del helado, aporta sabor, textura y nutrientes.
Azúcar		Endulza la mezcla y ayuda a mejorar la consistencia y congelación
Esencias y colorantes		Aportan sabor y color característico al helado
Chocolate granulado		Ingrediente para dar sabor y textura crujiente al producto final

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

2.7 Proceso Productivo

2.7.1 Descripción del proceso productivo

Antes de la instalación de los equipos y maquinaria, la producción diaria de helados era más lenta debido a que varios procesos se realizaban de manera manual, lo que implicaba un mayor consumo de tiempo y esfuerzo humano. La ausencia de automatización y la dependencia de métodos tradicionales generaban un mayor tiempo de ciclo por unidad de producción, reduciendo la eficiencia global del proceso. Este enfoque manual limitaba la capacidad de producción debido a la velocidad reducida en la ejecución de tareas repetitivas y la falta de sincronización en los distintos procesos productivos, resultando en una menor productividad y en un mayor riesgo de errores humanos.

Tabla 8 Descripción de Producción de Helados en la Empresa
“Lácteos Cayara - Potosí”

Aspecto	Producción Antes (Manual)	Producción Actual (Automatizado)
Producción por hora	180 a 200 unidades	555 unidades
Producción diaria	1.800 unidades	4.800 a 5.000 unidades

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

a) Productividad

- Se producen en promedio 555 unidades de helado / hora.
- Producción total diaria es entre un rango de 4.800 a 5.000 unidades de helado.
- La producción es de lunes a sábado.
- La producción en verano puede llegar hasta 7.000 unidades de helados al día.

b) Producción por tipo de helado en un día

- Helado clásico de leche: Se produce 5.000 unidades al día, ya que es el más demandado en el mercado.
- Helado de mora y frutilla: Se producen de igual forma 5.000 unidades al día.

c) Producción de dos tipos diferentes de helado por día

Cuando se deben producir dos tipos distintos de helado, se toma en cuenta el producto que tiene mayor demanda, y como la producción es de casi 5.000 unidades diarias de helado se distribuye de la siguiente manera:

- Se producen aproximadamente 2.000 a 2.300 de helados de sabor marmolado o especiales.
- El resto que serían de 2.700 a 3.000 unidades, son para producir el helado clásico de leche.

d) Balance masico

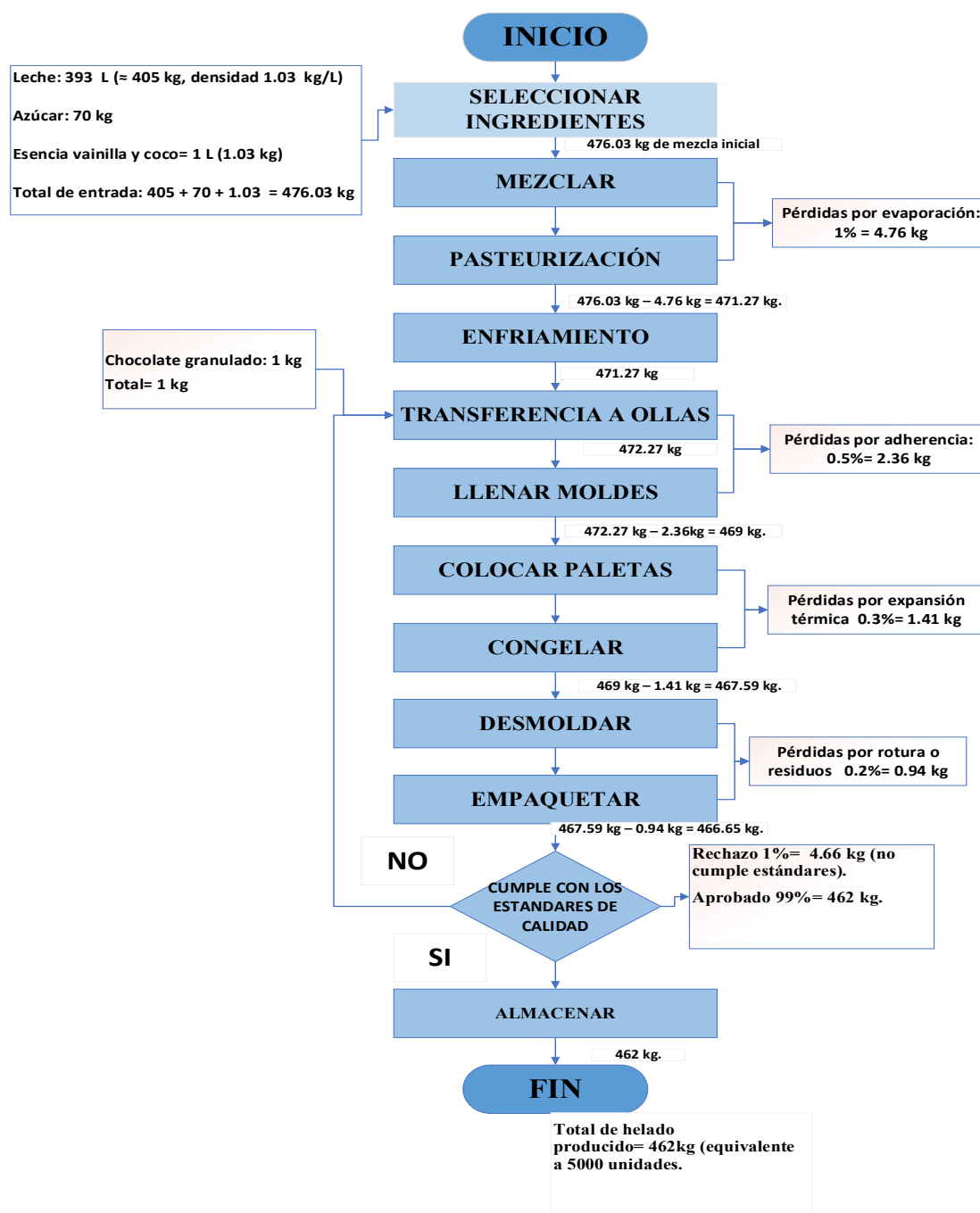
Se realizó un balance másico del proceso de producción del helado clásico, para poder comprender el flujo de materiales desde la recepción de los insumos hasta el producto final.

Este balance permite determinar cómo se distribuyen los ingredientes, el rendimiento de cada etapa de producción y las posibles pérdidas de materia durante los procesos de mezcla, pasteurización, homogenización y congelado. Asimismo, este enfoque permite garantizar que los estándares de higiene y control de calidad se mantengan en todas las etapas, dado que cualquier pérdida o desviación podría afectar la uniformidad y la consistencia del helado.

A continuación, se muestran los principales insumos utilizados para la elaboración del helado clásico granulado:

- 405 litros de leche fresca.
- 70 kg de azúcar.
- 200 ml de esencia de vainilla y coco.
- 1 kg de chocolate granulado.

Figura 10 Balance de masa del proceso de elaboración de Helado clásico en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”



Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de los helados granulados de leche se tiene la siguiente descripción:

a) Preparación de la mezcla

El proceso de producción del helado inicia con la carga de 405 litros de leche fresca (previamente controlada en temperatura e higiene) en un tanque industrial, a la que se añaden entre 60 y 70 kg de azúcar y 500 ml de esencia de vainilla y 500 ml de esencia de coco para definir su dulzor. Posteriormente, un batidor industrial de alta capacidad activa el batido y emulsificación, incorporando aire y homogenizando la mezcla para garantizar una textura uniforme, cremosa y estable. Finalmente, la mezcla emulsionada se somete a un tiempo de reposo controlado que permite la integración completa de los ingredientes y el desarrollo adecuado de la estructura antes de pasar a las etapas de enfriamiento y congelación.

b) Descargo de la leche en las ollas

Ya teniendo la mezcla lista, se procede a descargar primeramente a una olla de capacidad de 45 litros, si se desea hacer helados con sabores se agrega a la olla de 20 a 25 ml de colorantes y esencias. Una vez finalizado el proceso de emulsificación y reposo de la mezcla base, se procede a la fase de incorporación de ingredientes sólidos y moldeado.

c) Incorporación del chocolate granulado

La mezcla previamente batida es transferida a una olla de procesamiento, ubicada sobre un mesón de trabajo. En esta etapa, se adiciona chocolate granulado en proporciones controladas, asegurando una distribución homogénea del ingrediente dentro de la matriz del helado. Para lograrlo, se emplea un proceso de batido continuo, el cual facilita la dispersión uniforme del chocolate en toda la mezcla, evitando su aglomeración y asegurando una textura equilibrada en el producto final.

d) Preparación y Ensamblaje de Moldes

De manera simultánea, otro operador lleva a cabo la preparación del sistema de moldeado y ensamblaje de los palitos de helado. Para ello, se utiliza un molde industrial con 56 cavidades diseñadas específicamente para la inserción de los palitos de helado.

- **Colocación de palitos:** Se introducen manualmente los palitos en cada cavidad del molde.
- **Prensado:** Se emplea una tapa prensadora, la cual aplica una presión uniforme sobre los palitos, asegurando su correcta alineación y estabilidad dentro del molde.
- **Ensamblaje de moldes:** Una vez listos los moldes con los palitos, se espera a que los moldes donde se ha vertido la mezcla de leche y chocolate estén completamente llenos y listos para el ensamblaje final.

e) Moldes:

- Se usan 14 moldes en total.
- Cada molde contiene 28 orificios para los helados.

f) Proceso de Congelación, Desmolde, Envasado y Almacenamiento del Helado.

Una vez completado el proceso de mezcla y moldeado del helado, se procede a la fase de congelación, desmolde, envasado y almacenamiento, garantizando la conservación de las propiedades organolépticas del producto y su correcta presentación para la comercialización.

- **Congelación en Máquinas Chupeteras**

Los 14 moldes, que contienen un total de aproximadamente 392 unidades de helado, son trasladados a dos máquinas chupeteras de congelación rápida, cada una con capacidad para 7 moldes. Estas máquinas contienen un baño de alcohol a temperaturas de -23 °C a -26 °C, lo que permite una congelación uniforme y rápida del producto. Los moldes se introducen en la máquina, se sellan con tapas especializadas y se deja actuar el sistema de enfriamiento por un tiempo estimado de 10 a 15 minutos, asegurando que el helado adquiera la dureza y consistencia necesarias para su posterior manipulación.

- **Ecurrido y Desmolde**

Una vez completada la congelación, los moldes son extraídos y dejados en un soporte de escurrido durante un minuto, permitiendo la eliminación del exceso de líquido del

proceso de congelación.

Luego, cada molde es transferido individualmente a una máquina desmoldadora, la cual emplea un sistema de agua caliente para calentar ligeramente la superficie del molde, facilitando la separación de la tapa prensadora y el resto del molde. Al liberar la presión del sistema de sujeción, los helados se desprenden y caen de manera controlada sobre una mesa de recepción.

- **Envasado y Transporte**

Los helados desmoldados son transportados automáticamente mediante una cinta transportadora industrial hacia la máquina de envoltura, donde cada unidad es envuelta herméticamente para garantizar su higiene y conservación. Una vez sellados, los helados son depositados en cajas industriales de almacenamiento temporal, agrupándose allí hasta completar el total de la producción.

- **Empaquetado Final y Almacenamiento**

Las cajas con los helados envasados son llevadas a una mesa de empaquetado, donde los operadores agrupan las unidades en bolsas con capacidad para 40 helados cada una. Una vez completado este proceso, las bolsas selladas son trasladadas a contenedores de almacenamiento refrigerado. Una vez llenos, los contenedores se trasladan a un cuarto de refrigeración diseñado para mantener temperaturas óptimas.

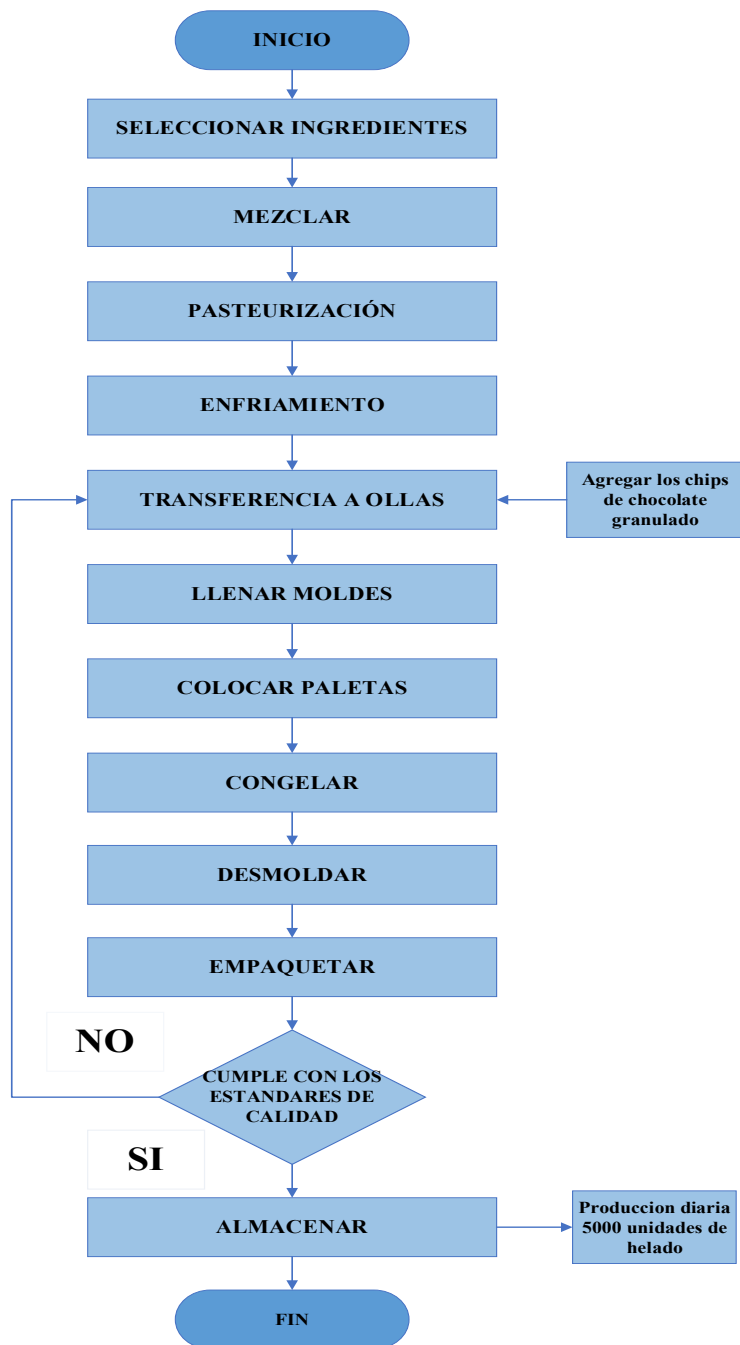
g) Limpieza y Desinfección Postproducción

Una vez finalizada la jornada de producción, que tiene una duración aproximada de 8 a 9 horas diarias se lleva a cabo un proceso integral de limpieza y desinfección de los equipos y materiales usados.

2.7.2 Diagrama de flujo del proceso

A continuación, se muestran los diagramas de flujo de los cuatro productos lácteos más importantes de Lácteos Cayara:

Figura 11 Diagrama de Flujo del proceso productivo de Helado clásico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Diagrama de Flujo del proceso productivo del Yogur clásico de botella



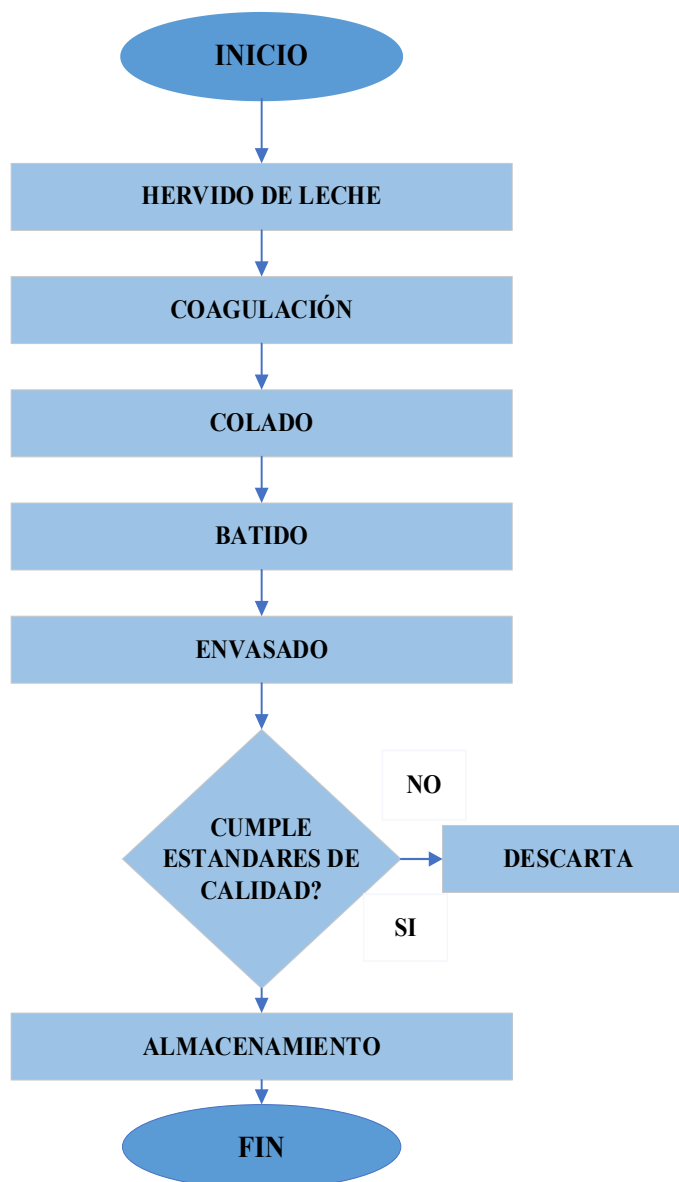
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13 *Diagrama de Flujo del proceso productivo del Queso fresco*



Fuente: Elaboración propia.

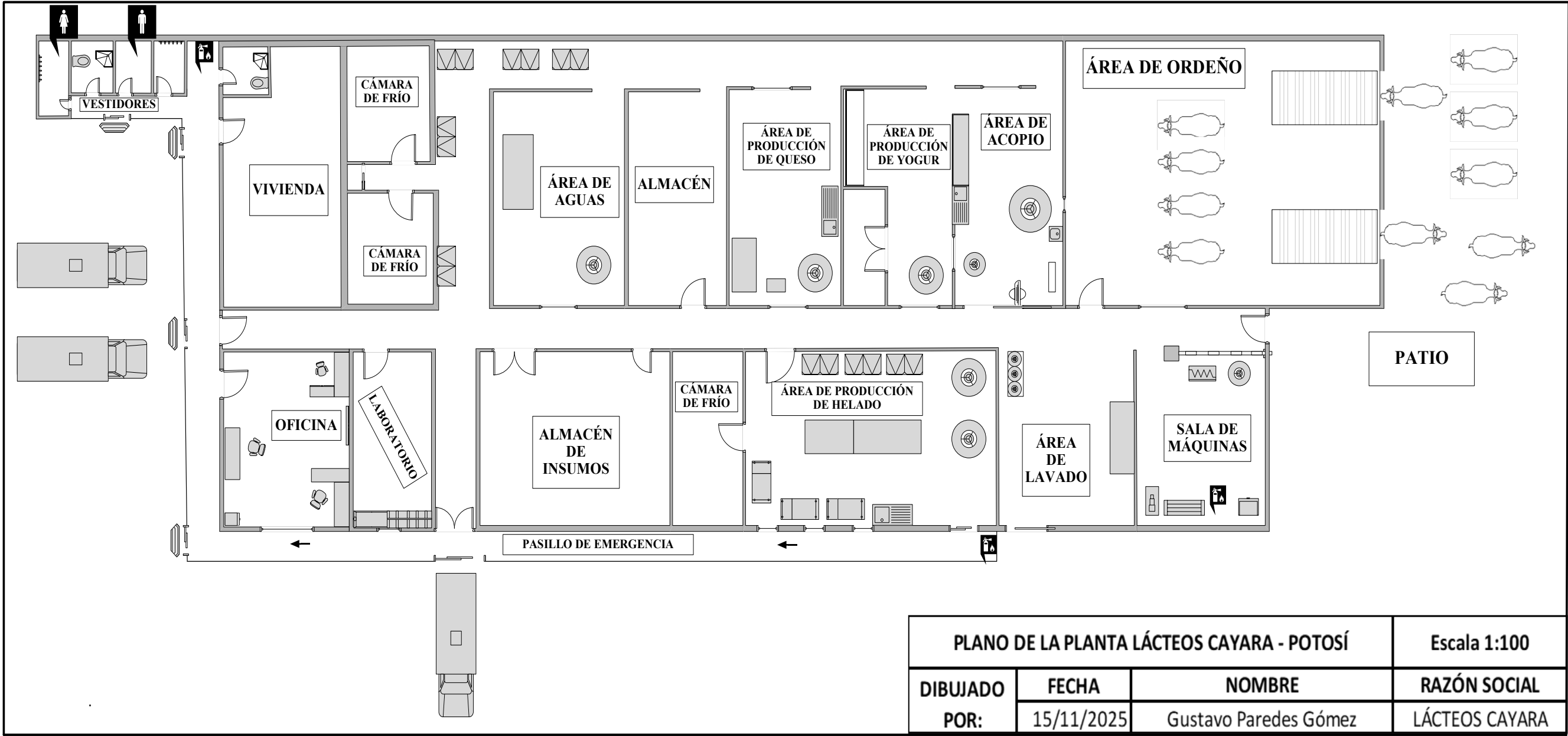
Figura 14 *Diagrama de Flujo del proceso productivo de la Nata*



Fuente: Elaboración propia.

2.8 Distribución en planta

Figura 15 Distribución en Planta de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”



Fuente: Empresa Lácteos Cayara

Elaboración: Propia en base al plano básico proporcionado por la empresa.

2.9 Residuos y/o desechos

La actividad productiva de Lácteos Cayara genera diversos tipos de residuos derivados de las operaciones de limpieza, procesamiento y manipulación de las materias primas. Estos residuos aparecen en distintas etapas del flujo productivo de los productos, y pueden presentarse en forma líquida, sólida, semisólida y gaseosa.

Identificarlos adecuadamente permite evaluar su impacto ambiental y definir acciones de un manejo responsable. A continuación, se describen los principales residuos generados durante la elaboración de los productos lácteos en la planta:

a) Desechos o subproductos líquidos

- Agua de lavado y enjuague de los equipos, tanques y materiales usados con restos de grasa, lactosa, proteínas, detergentes.
- Nata residual o grasa láctea que queda en recipientes y superficies.
- El suero es uno de los principales residuos generados, derivado del proceso de elaboración de queso.

b) Desechos sólidos y semisólidos

- Restos de cuajada que no se compactan en la producción de queso.
- Posos de helado o mezcla coagulada que no cumple estándares de calidad.
- Empaques dañados (plástico, cartón, envolturas, palitos de helados).

c) Pérdidas en procesos

- Derrames de leche o nata en trasvase y transporte interno.
- Excedentes de mezcla de helado o yogur que no se envasan a tiempo.

d) Emisiones o residuos gaseosos

- Olores provenientes de suero en descomposición o de aguas residuales.
- Vapor de agua del hervido o pasteurización.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3 Marco teórico

3.1 Marco científico o conceptual

3.1.1 Fundamentos de fluidos

3.1.1.1 Transporte de fluidos

El transporte de fluidos es el conjunto de operaciones que permiten movilizar líquidos, suspensiones o soluciones a través de tuberías o equipos mediante la acción de bombas. En la industria alimentaria, este proceso debe realizarse con materiales sanitarios, velocidades controladas y condiciones higiénicas estrictas para evitar contaminación. El diseño adecuado del sistema asegura un flujo continuo, uniforme y eficiente, reduciendo pérdidas de producto y tiempos de operación. (Welty, R., 2008).

3.1.1.2 Bomba sanitaria

Según Walstra, Wouters y Geurts (2006), una bomba sanitaria es un componente encargado de impulsar flujos, soluciones, productos líquidos a través de una tuberías y equipos. Estas bombas están diseñadas con materiales resistentes a la corrosión, superficies lisas y juntas sanitarias que evitan la contaminación cruzada.

3.1.1.3 Válvulas y abrazaderas sanitarias

Las válvulas y abrazadera sanitarias son elementos esenciales en los sistemas de conducción de líquidos dentro de una planta. Las válvulas controlan el flujo, la dirección y la presión de los líquidos, mientras que las abrazaderas aseguran la unión hermética de tuberías, evitando fugas. (Walstra, 2006).

3.1.1.4 Tuberías sanitarias

Las tuberías sanitarias son conductos fabricados generalmente en acero inoxidable grado alimenticio, diseñados para permitir el flujo higiénico de productos líquidos. Su integridad depende de tres factores críticos: ausencia de zonas muertas, soldaduras sanitarias y uniones herméticas, lo que minimiza riesgos de contaminación y acumulación de residuos. (Fox et al., 2017).

3.1.1.5 Hermeticidad en sistemas de tuberías

La hermeticidad se refiere a la capacidad de un sistema de tuberías de evitar fugas, infiltraciones o pérdidas de producto. Es un principio clave en procesos lácteos, ya que garantiza la inocuidad, protege el producto y evita la entrada de agentes externos. (Pirobloc, 2017).

3.1.2 Transporte de leche y fundamentos lácteos

3.1.2.1 Transporte de leche manual

El transporte manual de leche mediante recipientes individuales representa una solución tradicional pero crítica en muchas plantas lácteas y zonas rurales ya que consiste en el traslado directo de la leche desde el lugar de ordeño o tanque de acopio hacia las áreas de procesamiento o centro de recolección, sin el uso de un sistema automatizado de tuberías. Este método requiere el uso de envases sanitarios adecuados preferiblemente de acero inoxidable o aluminio con superficies lisas que se puedan limpiar fácilmente y demanda especial atención al manejo cuidadoso, la higiene de los recipientes, la rapidez en la entrega y la protección frente a contaminaciones externas. Cuando se ejecuta de manera descuidada, el transporte manual aumenta el riesgo de contaminación microbiológica, es más laborioso, incrementa la fatiga del personal, y puede resultar en pérdidas de materia prima por derrames, altas temperaturas o exposición prolongada al ambiente. (Lore, T. A., Kurwijila, L. R., & Omoro, A. (Eds.). 2006).

3.1.2.2 Transporte de leche por tuberías

El transporte de leche por tuberías es un sistema que sustituye el traslado manual con recipientes por medio de una red de conducciones sanitarias conectadas a bombas y válvulas. Este mecanismo asegura un flujo continuo e higiénico de la leche desde el tanque de acopio hasta las diferentes áreas de procesamiento. Además de reducir el riesgo de contaminación microbiológica, permite ahorrar tiempo, esfuerzo físico del

personal y minimizar pérdidas de materia prima. Se considera un avance tecnológico esencial en la modernización de plantas lácteas. (Hui, Y. H.,2006).

3.1.2.3 Inocuidad

Se refiere a que los alimentos, durante su producción, almacenamiento, procesamiento, transporte y preparación, deben mantenerse libres de contaminantes biológicos, químicos o físicos que puedan causar daño al consumidor. En otras palabras, un alimento inocuo no debe representar un riesgo sanitario cuando se consume de acuerdo a su uso. (Codex Alimentarius / OMS-FAO)

3.1.2.4 Contaminación cruzada

La contaminación cruzada es la transferencia de agentes físicos, químicos o microbiológicos desde una materia prima, superficie o manipulador hacia un alimento o producto en proceso. Este fenómeno compromete la inocuidad, puede ocurrir durante el transporte manual o el contacto con recipientes no sanitizados, y representa uno de los riesgos más críticos dentro de los sistemas alimentarios. (Universidad del Azuay, 2013).

3.1.2.5 Pérdidas de producto

Se refiere a la reducción en cantidad o calidad de materias primas o productos terminados que no llegan a transformarse en bienes vendibles o consumibles, como consecuencia de errores o deficiencias en el manejo, transporte, almacenamiento, procesamiento o logística. En la cadena alimentaria, dichas pérdidas representan pérdidas económicas, disminuyen la eficiencia productiva y pueden comprometer la sostenibilidad del sistema. Según la FAO, las pérdidas y desperdicios de alimentos son un problema global que afecta la disponibilidad de alimentos y recursos.

3.1.2.6 Manipulación directa

La manipulación directa se refiere al manejo manual de materiales o productos por parte del trabajador, lo que incluye levantar, trasladar, cargar o verter la materia prima

sin el apoyo de sistemas mecánicos. Este tipo de operación incrementa el esfuerzo físico, eleva el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y genera variabilidad en el proceso, afectando la eficiencia y la inocuidad en plantas de producción. (Rodríguez, 2022).

3.1.2.7 Derrames y mermas

Los derrames y mermas corresponden a pérdidas de materia prima o producto durante su manipulación, transferencia o almacenamiento. Estas pérdidas afectan directamente el rendimiento del proceso, incrementan los costos operativos y disminuyen la eficiencia productiva, siendo indicadores relevantes para evaluar la gestión de calidad y el control del desperdicio en plantas alimentarias. (Cruelles Ruiz, 2005).

3.1.3 Sistema CIP

3.1.3.1 Sistema CIP (Cleaning in Place)

El sistema CIP (Cleaning in Place) es un procedimiento ampliamente utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica para realizar la limpieza y desinfección de equipos de procesamiento, tuberías y tanques sin necesidad de ser desmontados. Este sistema se basa en la recirculación de soluciones de limpieza y enjuague a través de las líneas de producción, asegurando la eliminación de residuos orgánicos, grasas, proteínas y microorganismos. Su implementación permite mantener altos estándares de higiene, reducir los tiempos de inactividad y evitar la contaminación cruzada, lo cual es fundamental en la industria láctea donde la inocuidad alimentaria es prioritaria. (Tamime, A. Y.,2008).

3.1.3.2 Sistemas CIP en el transporte de leche

El sistema CIP no solo se aplica a la limpieza de tanques y equipos de proceso, sino también a las líneas de transporte interno de leche dentro de las plantas lácteas. Su función es garantizar que las tuberías, válvulas y bombas que conducen la leche desde los tanques de recepción hasta las áreas de producción mantengan condiciones

higiénicas adecuadas. La recirculación de soluciones detergentes y desinfectantes en estas líneas evita la acumulación de residuos lácteos, reduce el riesgo de contaminación cruzada y asegura la calidad del producto final. De este modo, el sistema CIP contribuye directamente a la eficiencia operativa, al minimizar los tiempos y permitir un flujo continuo y seguro del producto hacia las distintas etapas de procesamiento. (Society of Dairy Technology, 2012).

3.1.3.3 Funcionamiento del sistema CIP

El sistema CIP en la industria láctea tiene la tarea de transportar la leche desde el tanque principal hasta diferentes áreas de producción mediante tuberías sanitarias de acero inoxidable, impulsadas por bombas, donde una placa de distribución con múltiples orificios permite redirigir el flujo hacia líneas específicas, mediante codos sanitarios o válvulas direccionales (manuales o automáticas, como válvulas mariposa/esféricas controladas por PLC), garantizando flexibilidad e higiene; además, el sistema incluye limpieza automática con soluciones alcalinas/ácidas para evitar contaminación, requiriendo un diseño sanitario sin zonas muertas, mantenimiento periódico de juntas y codos, y controles para prevenir contaminación cruzada, optimizando así la distribución sin detener la producción.

3.1.3.4 Limpieza del sistema CIP

La limpieza con soda cáustica (NaOH) y ácido cítrico en sistemas lácteos sigue un protocolo estandarizado: primero, un prelavado con agua tibia (30–40°C) elimina residuos de leche; luego, se recircula soda cáustica al 1–2% a 70–80°C durante 15–30 minutos para disolver grasas y proteínas, seguido de un enjuague con agua hasta pH neutro; después, se aplica ácido cítrico al 0.5–1.5% a 50–60°C por 10–20 minutos para eliminar incrustaciones minerales, finalizando con un enjuague con agua purificada y, opcionalmente, sanitización. Este proceso garantiza higiene sin desmontar equipos, usando flujo turbulento y controles automatizados (PLC) para temperatura y pH. (FAO, 2011; Tetra Pak, 2020) y (Tamime, 2009).

3.1.3.5 Ventajas del sistema CIP

El sistema CIP ofrece múltiples ventajas dentro de las plantas lácteas, entre las cuales destaca la reducción significativa de la contaminación cruzada, ya que garantiza procesos de limpieza internos sin desmontar equipos ni exponer superficies críticas al ambiente. Además, permite un importante ahorro de tiempo operativo, pues elimina la necesidad de desarmar tuberías, bombas o tanques, reduciendo también el uso de mano de obra en tareas repetitivas y físicamente exigentes. Su funcionamiento estandarizado asegura procesos de limpieza uniformes, con un control preciso de variables como temperatura, caudal, tiempo y pH, lo que incrementa la confiabilidad del proceso. Asimismo, al eliminar manipulaciones manuales y recorridos innecesarios, disminuye los riesgos ergonómicos y reduce mermas o pérdidas de producto, mejorando la inocuidad. Todo esto contribuye directamente a una mayor eficiencia operativa y a un aumento significativo de la productividad dentro de la planta. (Tamime, A. Y. 2008).

3.1.3.6 Limpieza profunda

La limpieza profunda en sistema de procesamiento alimentario se refiere al conjunto de operaciones destinados a eliminar residuos orgánicos e inorgánicos adheridos a las superficies internas de equipos, tuberías y tanques, garantizando condiciones higiénicas adecuadas para la producción. (Lelieveld, H. L. M., Holah, J., & Gabric, D., 2014).

3.1.3.7 Tanque de procesos

El tanque de procesos es un equipo destinado al almacenamiento, mezclado o tratamiento térmico de los productos, estos tanques tienen un diseño higiénico con superficies lisas, drenaje completo y sin zonas muertas, esto evita la contaminación del producto. (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney y O'Mahony, 2017).

3.1.3.8 Circulo de Sinner

El círculo de Sinner describe los mecanismos de acción de la limpieza y consta de cuatro factores que tienen una tarea fundamental en el proceso de limpieza: tiempo, mecánica, química y temperatura. Cuando uno o dos factores se amplían, los otros se reducen y viceversa.

- **Tiempo:** Este factor describe el tiempo de acción y el procesamiento, esta acción prolongada ablanda la suciedad más persistente.
- **Mecánica:** Para eliminar la suciedad es necesario aplicar una cierta potencia compuesta por abrasión, presión o frecuencia de movimiento.
- **Química:** La suciedad solo puede eliminarse por acción de un detergente químico.
- **Temperatura:** La suciedad se disuelve más fácilmente o de una forma más rápida cuando se aplica calor o agua caliente. (Riverafs. 2023).

3.1.4 Ingeniería y métodos

3.1.4.1 Ingeniería de métodos

Según Annibal Affonso (2023) la ingeniería de métodos es un área de la ingeniería industrial de producción que se enfoca en optimizar los procesos de producción y trabajo en una empresa. Tiene como objetivo mejorar la eficiencia, productividad y calidad de los procesos, además de minimizar el desperdicio de recursos, tiempo y esfuerzo.

3.1.4.2 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos consiste en la observación sistemática y medición del tiempo que toma ejecutar una tarea concreta, con el fin de establecer estándares de tiempo y localizar ineficiencias. A través de esta técnica se busca determinar el método más eficiente en términos de tiempo y esfuerzo, eliminando movimientos innecesarios y estableciendo tiempos normales ajustados a las condiciones operativas. (Christiansen, B., 2025).

3.1.4.3 Productividad

La productividad se define como la relación entre los resultados obtenidos (productos o servicios) y los recursos utilizados (mano de obra, tiempo, energía, materias primas). Un nivel elevado de productividad implica mayor aprovechamiento de recursos y, en consecuencia, mayor competitividad en el mercado. (Sink, D. S.,1985).

3.1.4.4 Optimización

La optimización es el proceso de abordar sistemáticamente las fallas y deficiencias en una operación de fabricación con el fin de aumentar la eficiencia y productividad. También puede referirse a cualquier número de actividades que los fabricantes emplean para acelerar el flujo de producción, eliminar cuellos de botella y reducir desechos. (MRP easy, Mattias Turovski, 2023).

3.1.4.5 Eficiencia operativa

La eficiencia operativa consiste en la capacidad de un proceso o sistema para lograr los resultados previstos utilizando la menor cantidad de recursos posibles, sin sacrificar la calidad. Esto implica minimizar desperdicios, reducir tiempos de operación y evitar esfuerzos innecesarios. En plantas de alimentos, la eficiencia operativa se mide a través de indicadores de tiempo, consumo de energía, costos de producción y calidad final. (Niegel, B. W., & Freivalds, A.,2014).

3.1.4.6 Flujograma de proceso

El flujograma de proceso es una representación gráfica de la secuencia de operaciones, decisiones y caminos dentro de un proceso productivo o servicio, donde se emplean símbolos estandarizados para ilustrar como fluye el proceso desde su inicio hasta su fin, favoreciendo la visualización, documentación y análisis de los pasos involucrados. (Christiansen, B. ,2025).

3.1.4.7 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es una representación gráfica que muestra el trazado real o ideal de los desplazamientos de personas, materiales o equipos de un espacio físico, con el objetivo de visualizar rutas, distancias y posibles desplazamientos innecesarios para su posterior reducción. (Groover. M. P. ,2007).

3.1.4.8 Diagrama de hilos

El diagrama de hilos consiste en representar mediante un hilo o trazo continuo sobre un plano a escala de la planta los recorridos que realizan los trabajadores, materiales, herramientas o maquinas durante un proceso. Esta herramienta facilita detectar movimientos repetitivos, retrocesos, trayectos largos o cruces innecesarios que afectan la eficiencia. (Groover. M. P. ,2007).

3.1.4.9 Cursogramas analíticos

Un cursograma analítico es una representación gráfica detallada de un proceso, que utiliza símbolos estandarizados para mostrar la secuencia de todas las actividades involucradas. A diferencia del diagrama sinóptico ofrece un nivel de detalle superior para analizar y mejorar la eficiencia del proceso, minimizando costos al eliminar actividades que no agregan valor, también identificar cuellos de botella, redundancias y áreas de mejora, como reducir tiempos de espera y distancias de transporte innecesarios. Barnes, R. L. (1931).

Entre sus componentes principales se tienen:

- **Operación:** Simbolizado por un círculo, modifica el producto material o servicio.
- **Inspección:** Simbolizado por un cuadrado, verifica la calidad o cantidad sin transformar el producto.
- **Transporte:** Simbolizado por una flecha, indica el movimiento de un lugar a otro.

- **Espera:** Simbolizado por la letra D, representa una demora o retraso en el proceso.
- **Almacenamiento:** Simbolizado por un triángulo hacia abajo, señala un depósito temporal o permanente de un objeto.

Entre los tipos de cursogramas analíticos se tienen:

- **De operario:** Sigue el movimiento de una persona.
- **De material:** Registra la secuencia de manipulación de los materiales.
- **De equipo:** Detalla el movimiento de un equipo durante su uso.

3.1.4.10 Diagrama de red

Un diagrama de red es una representación gráfica que muestra la secuencia lógica, dependencias y relaciones entre las actividades de un proyecto. También conocido como diagrama PERT o CPM, este instrumento permite visualizar el flujo del trabajo a través de nodos conectados por flechas, donde cada nodo representa una actividad y cada conexión indica precedencia o dependencia. Su función es identificar rutas críticas, holguras, tiempos mínimos de ejecución y posibles cuellos de botella dentro del cronograma. Es ampliamente utilizado en la planificación, programación y control de proyectos industriales, ya que ayuda a gestionar recursos y optimizar la duración total del proyecto. (Kerzner, 2017).

3.1.4.11 Círculo de Deming (PDCA)

El Círculo de Deming, también llamado PDCA por sus siglas en inglés (Plan-Do-Check-Act), es un método iterativo que busca mejorar procesos y garantizar calidad de manera continua. Se representa como un círculo dividido en cuatro fases:

a) Plan (Planificar)

- Identificar problemas o áreas de mejora.
- Analizar la situación actual.
- Definir objetivos, estrategias y acciones para mejorar el proceso.

b) Do (Hacer / Ejecutar)

- Implementar las acciones o cambios planificados.
- Ejecutar el plan en un entorno controlado para observar resultados.

c) Check (Verificar / Controlar)

- Medir y evaluar los resultados obtenidos.
- Comparar los resultados con los objetivos planteados.
- Detectar desviaciones o fallas en la implementación.

d) Act (Actuar / Ajustar)

- Estandarizar las mejoras si los resultados son satisfactorios.
- Realizar ajustes o nuevas acciones si los resultados no cumplen las expectativas.
- Preparar la siguiente iteración del ciclo para continuar mejorando.

El Círculo de Deming permite que las empresas o procesos mejoren de manera continua, reduciendo errores, aumentando eficiencia y asegurando calidad en productos o servicios. Es ampliamente usado en industrias de manufactura, alimentos, servicios y gestión empresarial. Deming, W. E. (1986).

3.1.4.12 Riesgos ergonómicos

Se denomina así al conjunto de factores presentes en un puesto de trabajo como carga física, posturas forzadas, movimientos repetitivos, diseño inadecuado de herramientas o estaciones de trabajo, mala organización del trabajo, falta de pausas, entre otros que pueden afectar la salud, comodidad y bienestar de los trabajadores. Estos riesgos aumentan la probabilidad de sufrir lesiones, fatiga, trastornos crónicos, disminución del rendimiento e incluso accidentes laborales. (INSST, 2023).

3.1.4.13 Carga física

Se entiende como el esfuerzo corporal requerido para la manipulación manual de cargas, es decir, cuando un trabajador levanta, transporta, empuja, arrastra o sostiene objetos sin asistencia mecánica. Este esfuerzo puede implicar tensión en músculos, tendones y articulaciones, especialmente cuando las cargas son pesadas, voluminosas, de difícil agarre o deben manipularse repetidamente. La carga física mal gestionada puede provocar fatiga, lesiones musculoesqueléticas, trastornos lumbares, desgaste articular y otros problemas de salud a largo plazo. (INSST, 2023)

3.1.4.14 Recorridos repetitivos

Los recorridos repetitivos consisten en desplazamientos continuos y cíclicos realizados por el personal dentro del área de producción para transportar materiales o cumplir tareas operativas. Estas acciones generan fatiga, aumentan el tiempo total del proceso y disminuyen la productividad, además de representar un factor ergonómico crítico en actividades manuales. (Ullilen-Marcilla & Ullilen-Marcilla, 2022).

3.1.4.15 Limitaciones operativas

Las limitaciones operativas son restricciones que impiden el óptimo funcionamiento del proceso productivo, provocadas por métodos manuales, falta de estandarización, equipos no utilizados o ausencia de automatización. Estas limitaciones reducen la capacidad real del sistema, incrementan tiempos improductivos y afectan el rendimiento global de la operación. (Cruelles Ruiz, 2005).

3.1.4.16 Tiempos improductivos

Los tiempos improductivos son periodos dentro del proceso en los que no se genera valor agregado, como esperas, movimientos innecesarios, detenciones, recorridos vacíos o actividades sin propósito productivo. Estos tiempos disminuyen la eficiencia, incrementan la duración total del ciclo operativo y representan una de las principales causas de baja productividad. (Cruelles Ruiz, 2005).

3.1.4.17 Área productiva

El área de producción es responsable de la creación y el montaje de los productos, esto incluye las materias primas, los componentes, los productos acabados y el embalaje. El área de producción debe garantizar que los productos se fabrican de acuerdo con las especificaciones y deben mantener las operaciones eficientes para minimizar los costos y maximizar la productividad. (Indeed México,2025).

3.1.4.18 Manuales técnicos

Los manuales técnicos son documentos de carácter normativo que detallan procedimientos, instrucciones y protocolos estandarizados para la operación, limpieza, mantenimiento y seguridad de equipos e instalaciones. Su función es asegurar que las tareas se realicen de manera uniforme, reduciendo errores humanos y garantizando la calidad del proceso. (Barnes, R. M. ,1980).

3.1.4.19 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia planificada de mantenimiento que se ejecuta antes de que ocurra una falla, basándose en intervalos de tiempo, horas de operación u otros indicadores, con el objetivo de reducir la probabilidad de fallo, el tiempo de inactividad y los costos de reparación. (Mobley. R. K. ,2002).

3.1.4.20 Instructivo de mantenimiento

Los manuales de mantenimiento constituyen una herramienta esencial para la gestión técnica de equipos industriales, ya que establecen las pautas para conservar, revisar y reparar los sistemas que participan en el proceso productivo. (Groover, M. P. 2019).

Por su parte, Heizer, Render y Munson (2020) señalan que la planificación del mantenimiento debe integrarse en la gestión operativa, como parte de una estrategia de mejora continua, asegurando que cada intervención técnica esté documentada, justificada y orientada a preservar la calidad y productividad del proceso.

3.1.4.21 Capacitación y formación del personal

La capacitación y formación del personal son procesos sistemáticos orientados a dotar a los trabajadores de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para realizar su labor de manera eficiente y segura. Estos programas son claves durante la implementación de nuevas tecnologías, ya que reducen la resistencia al cambio y mejoran la productividad. Una capacitación bien diseñada no solo instruye sobre el manejo técnico, sino también sobre aspectos de seguridad, mantenimiento y buenas prácticas de higiene, generando confianza y compromiso en los trabajadores. (Dessler, G.,2015)

3.1.4.22 Módulo de capacitación

El módulo de capacitación constituye una estrategia sistemática que permite desarrollar las competencias necesarias para la correcta ejecución, manejo y mantenimiento de los procesos industriales. (Chiavenato, I. ,2017).

En entornos industriales un módulo de capacitación se estructura generalmente en tres etapas, la primera es la teórica donde se explican los fundamentos del sistema, la segunda es la práctica, donde el personal ejecuta las operaciones reales bajo supervisión y la tercera es la evaluativa, donde se verifica el grado de aprendizaje y dominio técnico. (Dessler, 2020).

3.1.4.23 Puesta en marcha

La puesta en marcha es la fase operativa que sigue a la instalación de un sistema o equipo industrial, en la cual se realizan las pruebas necesarias para verificar su correcto funcionamiento y ajuste a las condiciones de trabajo. Durante esta etapa se ejecutan los ensayos preliminares que permitan identificar posibles fallos en el diseño, el montaje o la programación, antes de su uso continuo. (Groover., 2019).

3.1.4.24 Matriz RACI

Una matriz RACI es una forma de identificar roles y responsabilidades de los equipos de un proyecto para cualquier tarea, logro o entrega. También permite aclarar como esta distribuida la responsabilidad y reducir la confusión y su significado es la siguiente:

- Responsable: Esta persona está a cargo del trabajo de forma directa. Es realmente la persona que realiza el trabajo, donde solo debe haber un responsable por tarea.
- Aprobador: El aprobador está a cargo de supervisar la finalización general de la tarea, aunque es posible que no sea la persona que en realidad realiza el trabajo. A veces el aprobador es un ejecutivo o líder.
- Consultado: Esta será la persona o personas que deben revisar y dar el visto bueno al trabajo antes de entregarlo.
- Informado: Esta es la persona grupo de personas a las que se les informa en relación con el progreso y finalización del trabajo. (Asana, 2025).

3.1.4.25 KPI o Indicadores Clave de Desempeño

Según David Parmenter (2015), los KPIs (Key Performance Indicators) son métricas cuantificables y estratégicas que permiten evaluar el rendimiento de procesos, proyectos o actividades en una organización, enfocándose en objetivos críticos como eficiencia, calidad o productividad.

3.1.4.26 Manuales de procedimiento

Los manuales de procedimientos constituyen instrumentos técnicos y administrativos que establecen de manera detallada las actividades, responsabilidades y secuencias necesarias para ejecutar correctamente una operación o proceso dentro de una organización, en el ámbito industrial estos manuales garantizan la uniformidad, seguridad y eficiencia en la ejecución de tareas, reduciendo errores humanos y promoviendo la mejora continua. (Chiavenato, I. ,2017).

3.1.4.27 Gráfica de barras

Un gráfico de barras es una forma de representar gráficamente datos numéricos mediante rectángulos verticales u horizontales conocidos como barras. El tamaño de cada barra se ajusta proporcionalmente al valor que representa. Este tipo de gráficos proporcionan una comparación visual de cantidades o frecuencias, lo que facilita la interpretación de datos. (Miro.,2023).

3.1.4.28 Diagrama P&ID

Un diagrama P&ID es lo que se define como un diagrama de tuberías e instrumentación (DTI) también conocido del idioma inglés como piping and instrumentation diagram/drawing y es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental. Estos diagramas están compuestos por una serie de símbolos que nos permitirán identificar todos los componentes que conforman un proceso, como tuberías, alarmas, equipos niveles, presostatos, drenajes, purgas, bombas, etc. (Pirobloc., 2017).

3.1.4.29 Distribución normal

La distribución normal, también conocida como distribución gaussiana, es un modelo estadístico continuo que describe cómo se comportan los datos alrededor de un valor medio, formando una curva simétrica en forma de campana. Este modelo se caracteriza por dos parámetros fundamentales: la media (μ), que indica la tendencia central, y la desviación estándar (σ), que mide la dispersión de los datos respecto al promedio. Se utiliza ampliamente en procesos industriales y de calidad para analizar variaciones naturales, establecer límites de control, predecir comportamientos y tomar decisiones basadas en probabilidad. La mayoría de los fenómenos de variación en procesos productivos siguen patrones cercanos a esta distribución, por lo que resulta esencial para el análisis estadístico en ingeniería. (Montgomery, 2019).

CAPÍTULO IV
DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE
ESTUDIO

4 Diagnóstico

4.1 Transporte de leche por el Método Manual

En la planta de Lácteos Cayara, la leche proveniente del área de ordeño es recibida en un tanque principal de 1.800 litros de capacidad. Una vez almacenada, el proceso de transporte de leche hacia las distintas áreas de producción se realiza de forma manual bajo la siguiente secuencia:

a) Descarga inicial

El operario abre la válvula del tanque principal y descarga la leche en una olla de aproximadamente 45 litros de capacidad y espera a que este se llene para luego cerrar la válvula.

b) Traslase intermedio

El operario desde la olla, extrae la leche con una jarra y la trasfiere a baldes de 12 litros de capacidad.

Figura 16

Fotografía del trasvase intermedio de leche



Fuente: Fotografía tomada del proceso del transporte de leche manual.

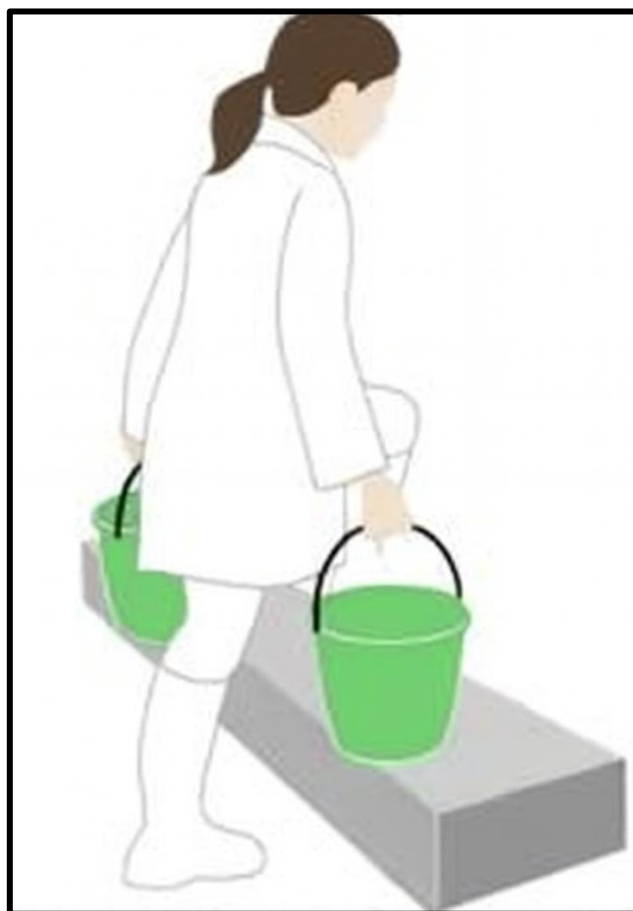
c) Transporte manual

El operario transporta manualmente los baldes, llevando uno en cada mano, hacia las diferentes áreas de producción de la planta, que puede incluir:

- Área de helados
- Área de quesos
- Área de yogur
- Área de nata

Figura 17

Transporte manual de leche



Fuente: Imagen obtenida de Google.

d) Descarga en áreas productivas

Una vez en el área correspondiente, la leche es vertida directamente desde los baldes en los tanques industriales de proceso.

Figura 18 *Fotografía de descarga de leche a las áreas productivas*

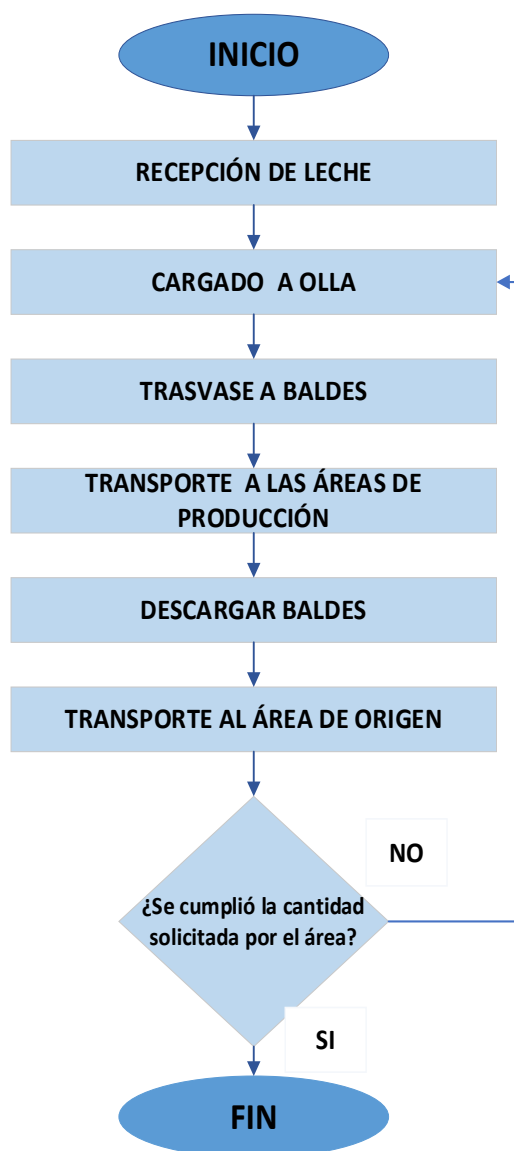


Fuente: Fotografía tomada del proceso de transporte de leche manual.

e) Repetición del ciclo

El operario retorna al área de origen (tanque principal), vuelve a cargar los baldes y repite la misma secuencia hasta completar la cantidad requerida por cada área de producción. La cantidad de viajes y baldes transportados depende de la demanda de producción del día y de los volúmenes solicitados por cada línea productiva.

Figura 19 *Diagrama de Flujo del proceso de Transporte de leche por el Método Manual*



Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Análisis de recorridos y distancias en el transporte de leche por el método manual

Como parte de la información recopilada para el diagnóstico, se efectuó un análisis detallado del recorrido que realiza el operario hacia las diferentes áreas de producción, durante el proceso de transporte de leche usando el método manual.

Este análisis permitió identificar las trayectorias que siguen los operarios, las distancias recorridas, las repeticiones de movimientos y los esfuerzos aplicados en cada etapa del proceso. De esta manera, se pudieron evidenciar las limitaciones del método actual, además permitió comprender como estas deficiencias afectan la eficiencia de trabajo y la productividad general, por lo que este estudio sirve como base para proponer mejoras que optimicen el flujo de operaciones y reduzcan esfuerzos innecesarios. empleados, evidenciando las limitaciones que presenta este mismo.

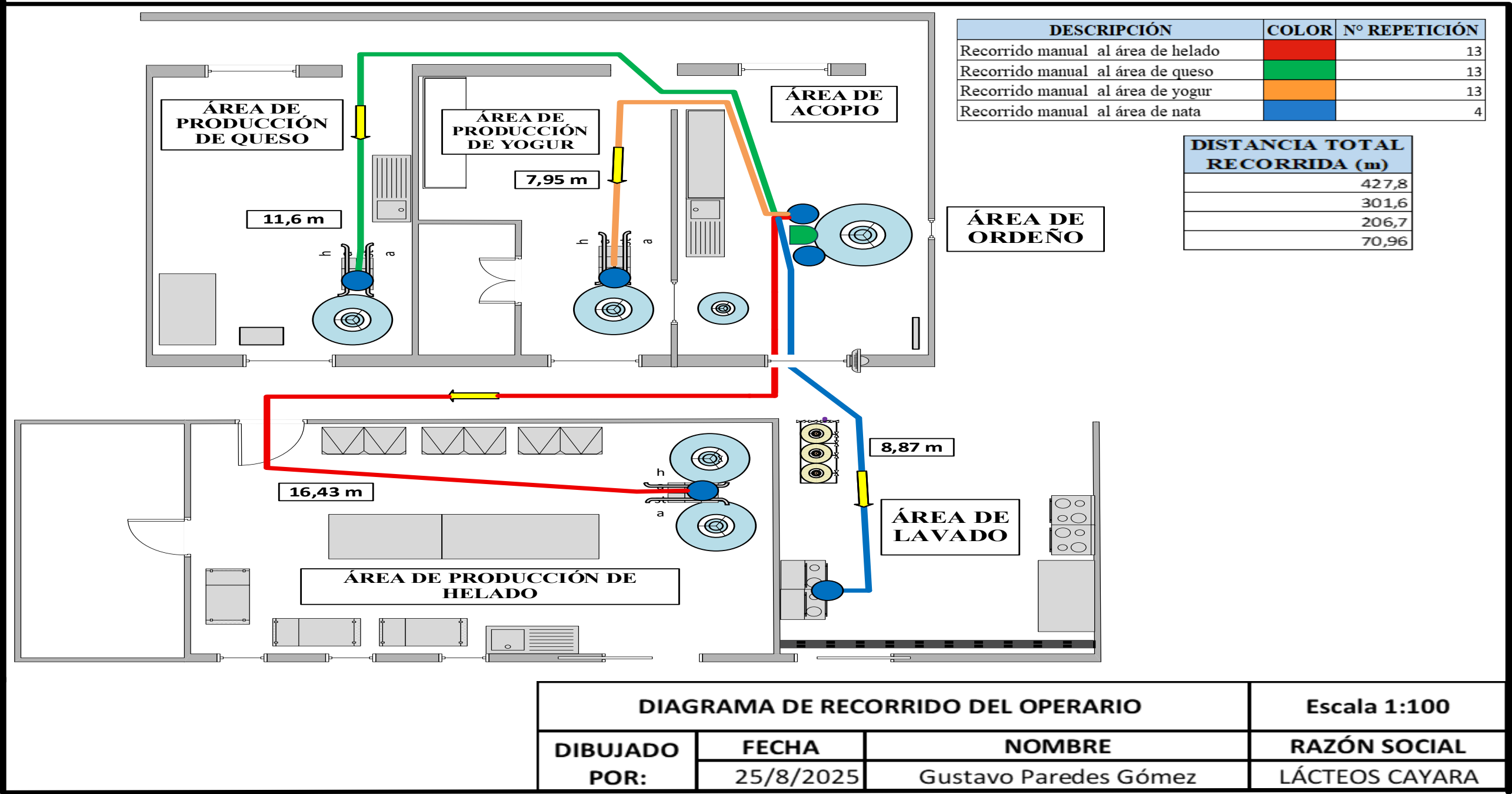
En la siguiente tabla, se muestra las distancias totales que se tiene desde el tanque principal hasta los tanques de procesos, para las cuatro áreas involucradas de producción. También en la columna de repeticiones señala la cantidad de secuencias de ida y vuelta que el operario encargado del transporte de leche, realiza con los baldes hasta los tanques de procesos de cada producto.

Tabla 9 *Distancias desde el tanque principal hacia los tanques de procesos*

Descripción	Distancia (m)	Repeticiones
Tanque principal al tanque de helado	16,43	13
Tanque principal al tanque de yogur	7,95	13
Tanque principal al tanque de queso	11,6	13
Tanque principal al tanque nata	8,87	4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20 Plano del diagrama de recorrido del Operario en el proceso de Transporte de leche Manual hacia las diferentes Áreas de producción



Fuente: Elaboración propia.

Al observar el plano de los recorridos, se puede notar que el traslado de la leche hacia las distintas áreas de producción presenta diferencias importantes en cuanto a tiempo y distancia. El recorrido más largo y que demanda mayor esfuerzo es el que se dirige al área de producción de los helados, lo que lo convierte en el más moroso dentro del proceso. En segundo lugar, se encuentra el trayecto hacia el área de producción de quesos, que, si bien es más corto que el anterior, todavía requiere un tiempo considerable. Después sigue el recorrido hacia el área de producción de yogur, con una extensión intermedia. Finalmente, el traslado hacia el área de nata resulta ser el más breve y ágil, representando la ruta más rápida dentro del conjunto de movimientos analizados.

4.1.2 Tiempos registrados, Análisis Estadísticos y Cursogramas Analíticos de las operaciones en el Transporte de leche en el Método Manual

En el análisis realizado en la planta Lácteos Cayara se procedió a registrar, mediante el uso de un cronómetro, los tiempos empleados por el operario en cada una de las operaciones que forman parte del proceso de transporte de leche actual. Dicho traslado se efectúa desde el tanque principal hacia las distintas áreas de producción, específicamente al de helado, queso, yogur y nata.

Asimismo, se realizaron los análisis estadísticos para identificar la tendencia central y la variabilidad del proceso, así como representar gráficamente la probabilidad asociada a los tiempos registrados.

Finalmente se realizaron los cursogramas analíticos, tomando como base las mediciones de los tiempos del proceso de transporte de leche, estos cursogramas permitieron visualizar de manera detallada cada operación y los tiempos empleados en cada línea de producción. De esta manera se identificaron posibles demoras, tiempos improductivos y actividades repetitivas.

4.1.2.1 Tiempos registrados en el transporte de leche al área de yogur

En el proceso de transporte se necesita alrededor de 26 baldes de 12 litros de capacidad, que deben ser transportados desde el tanque principal de la sala de acopio, hasta el tanque del área de producción de yogur. El operario lleva dos baldes llenos una en cada mano en su recorrido, por ello se tomó en cuenta para el registro los tiempos de operación y distancia de 13 secuencias de ida y vuelta, tomando el total para realizar el cursograma analítico de este proceso.

Tabla 10 *Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Yogur*

Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Tiempo total (Seg)	Distancia total (m)
Se debe desinfectar el tanque de yogur	300,00													300,00	
El operario abre la llave del tanque principal	2,00	1,32	1,13	1,33	1,20	0,81	1,06	1,00	1,03	1,56	2,30	1,60	1,00	17,34	
Espera a que se descargue la leche en una olla	9,00	8,56	9,20	9,00	9,02	8,57	9,00	8,45	9,00	9,33	8,21	8,32	9,55	115,21	
Se cierra la llave del tanque	2,30	2,00	1,88	1,00	0,58	1,23	1,32	1,00	1,01	1,00	2,45	2,03	2,00	19,80	
Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L	21,76	18,46	21,96	22,74	22,60	20,00	19,05	18,98	19,45	20,32	20,08	21,08	19,97	266,45	
Se dirige con los baldes al área de producción de yogur que esta a 7,95 m	9,00	9,24	10,14	9,51	9,89	8,45	11,00	9,01	9,45	9,88	10,00	9,90	8,50	114,96	103,35
Se levanta los baldes y se vierte al tanque de producción de yogur	7,04	5,39	6,00	5,88	6,30	6,05	6,03	6,00	6,33	6,10	7,23	6,17	6,55	81,07	
Se regresa al punto de origen	7,00	7,72	7,02	6,60	6,95	7,00	6,13	6,00	7,30	7,67	6,50	7,00	7,00	89,89	103,35
Total	359,10	52,69	57,33	56,06	56,54	52,11	53,59	41,43	53,57	55,86	56,77	56,10	54,57	1005,72	206,70

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2 Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de yogur

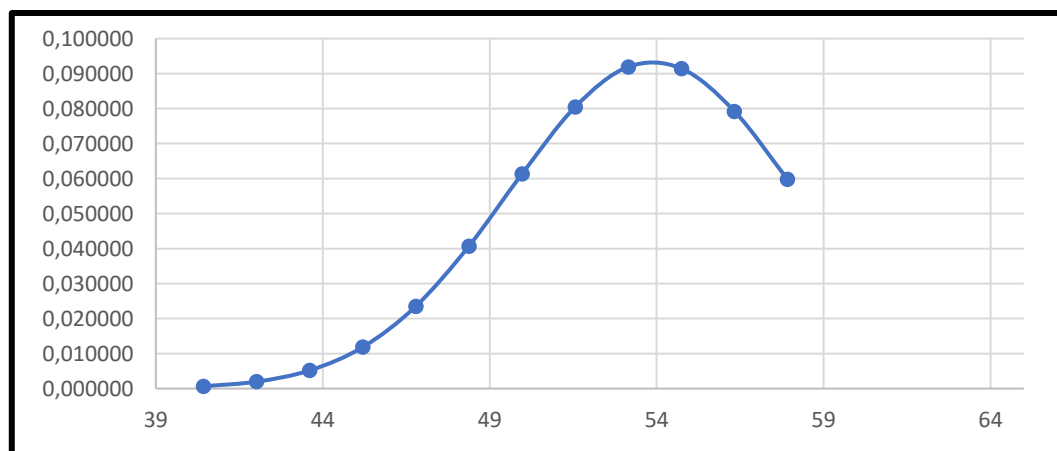
Con el fin de caracterizar estadísticamente el proceso de transporte de leche hacia el área de yogur, se realizó un análisis de distribución normal utilizando las mediciones obtenidas en 12 secuencias de trabajo. Para el cálculo de los parámetros estadísticos se emplearon únicamente los tiempos válidos; la justificación del tratamiento del dato atípico y el detalle de los cálculos se presentan en el **Anexo 1**: a) Cálculo de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de yogur.

Tabla 11 *Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de Yogur*

PROMEDIO	DESV.ESTAND	MAX	MIN	DIFER	RANGO
53,885	4,28	57,33	41,43	15,9	1,59

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21 *Curva de distribución normal de los tiempos al área de yogur*

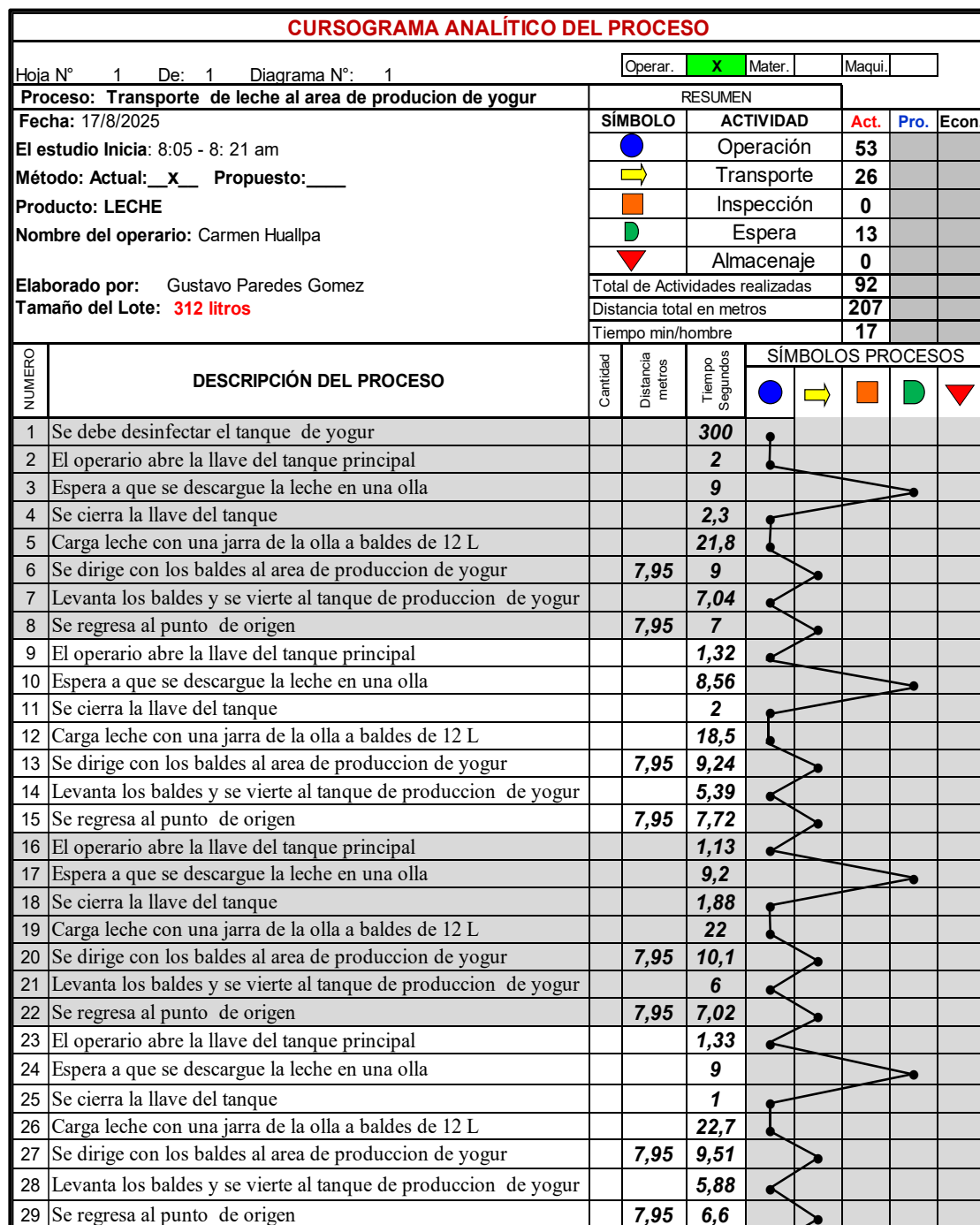


Fuente: Elaboración propia.

La distribución obtenida presenta una forma aproximadamente normal, con una media de 53,885 seg y una desviación estándar de 4,28 seg, lo que refleja una variabilidad moderada en los tiempos del transporte manual de leche al área de yogur. La mayor concentración de probabilidad se observa entre 51 y 55 seg, indicando que ese es el intervalo donde se realiza el proceso con mayor frecuencia y consistencia.

4.1.2.3 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al Área de Yogur por el Método Manual

Figura 22 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Yogur



30	El operario abre la llave del tanque principal		1,2	
31	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,02	
32	Se cierra la llave del tanque		0,58	
33	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		22,6	
34	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	9,89	
35	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,3	
36	Se regresa al punto de origen	7,95	6,95	
37	El operario abre la llave del tanque principal		0,81	
38	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,57	
39	Se cierra la llave del tanque		1,23	
40	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		20	
41	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	8,45	
42	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,05	
43	Se regresa al punto de origen	7,95	7	
44	El operario abre la llave del tanque principal		1,06	
45	Espera a que se descargue la leche en una olla		9	
46	Se cierra la llave del tanque		1,32	
47	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		19,1	
48	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	11	
49	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,03	
50	Se regresa al punto de origen	7,95	6,13	
51	El operario abre la llave del tanque principal		1	
52	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,45	
53	Se cierra la llave del tanque		1	
54	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		19	
55	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	9,01	
56	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6	
57	Se regresa al punto de origen	7,95	6	
58	El operario abre la llave del tanque principal		1,03	
59	Espera a que se descargue la leche en una olla		9	
60	Se cierra la llave del tanque		1,01	
61	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		19,5	
62	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	9,45	
63	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,33	
64	Se regresa al punto de origen	7,95	7,3	
65	El operario abre la llave del tanque principal		1,56	
66	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,33	
67	Se cierra la llave del tanque		1	
68	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		20,3	
69	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	9,88	
70	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,1	
71	Se regresa al punto de origen	7,95	7,67	
72	El operario abre la llave del tanque principal		2,3	
73	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,21	
74	Se cierra la llave del tanque		2,45	
75	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		20,1	
76	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	10	

64	Se regresa al punto de origen	7,95	7,3						
65	El operario abre la llave del tanque principal		1,56						
66	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,33						
67	Se cierra la llave del tanque		1						
68	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		20,3						
69	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	9,88						
70	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,1						
71	Se regresa al punto de origen	7,95	7,67						
72	El operario abre la llave del tanque principal		2,3						
73	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,21						
74	Se cierra la llave del tanque		2,45						
75	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		20,1						
76	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	10						
77	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		7,23						
78	Se regresa al punto de origen	7,95	6,5						
79	El operario abre la llave del tanque principal		1,6						
80	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,32						
81	Se cierra la llave del tanque		2,03						
82	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		21,1						
83	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	9,9						
84	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,17						
85	Se regresa al punto de origen	7,95	7						
86	El operario abre la llave del tanque principal		1						
87	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,55						
88	Se cierra la llave del tanque		2						
89	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12 L		20						
90	Se dirige con los baldes al area de produccion de yogur	7,95	8,5						
91	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de yogur		6,55						
92	Se regresa al punto de origen	7,95	7						
Tiempo Minuto 16,7		m	206,7	s	1.005				
Observaciones:									
Para llenar el tanque para la elaboracion de yogur se necesita cargar 26 baldes de 12 litros, por lo que es este cursograma se tomaron en cuenta los 13 recorridos									

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4 Tiempos registrados en el transporte de leche al área de queso

Para este proceso de transporte se necesita alrededor de 26 baldes de 12 litros de capacidad, que deben ser transportados desde el tanque principal de la sala de acopio, hasta el tanque del área de producción de queso. El operario lleva dos baldes llenos una en cada mano en su recorrido, por ello se tomó en cuenta para el registro los tiempos de operación y distancia de 13 secuencias de ida y vuelta, tomando el total para realizar el cursograma analítico de este proceso.

Tabla 12 *Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Queso*

Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Tiempo total (Seg)	Distancia total (m)
Se debe desinfectar el tanque de queso	300,00													300,00	
El operario abre la llave del tanque principal	2,00	1,20	1,13	1,33	1,20	0,81	1,06	1,00	1,03	1,56	2,30	1,60	1,00	17,22	
Espera a que se descargue la leche en una olla	9,10	7,56	8,40	9,00	9,02	8,57	7,34	8,45	9,00	9,33	8,21	8,32	9,55	111,85	
Se cierra la llave del tanque	2,30	1,99	1,33	1,00	0,58	1,23	1,32	1,00	1,01	1,00	2,45	2,03	2,00	19,24	
Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L	19,97	19,47	20,59	21,64	22,23	20,00	19,05	18,98	19,45	20,32	20,08	21,08	19,97	262,83	
Se dirige con los baldes al área de producción de queso que esta a 11,6 m	15,86	15,47	15,85	15,45	15,56	15,41	15,68	16,00	15,34	15,67	14,00	15,98	15,45	201,72	150,80
Se levanta los baldes y se vierte al tanque de producción de queso	6,02	6,04	8,05	6,45	6,50	5,13	6,03	6,00	6,33	6,10	7,23	6,17	6,55	82,60	
Se regresa al punto de origen	10,99	11,65	11,24	10,90	11,00	11,41	10,00	10,52	11,35	12,00	11,09	10,12	11,44	143,71	150,80
Total	367,24	63,38	66,59	65,77	66,09	62,56	60,48	61,95	63,51	65,98	65,36	65,30	65,96	1140,17	301,60

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.5 Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de queso

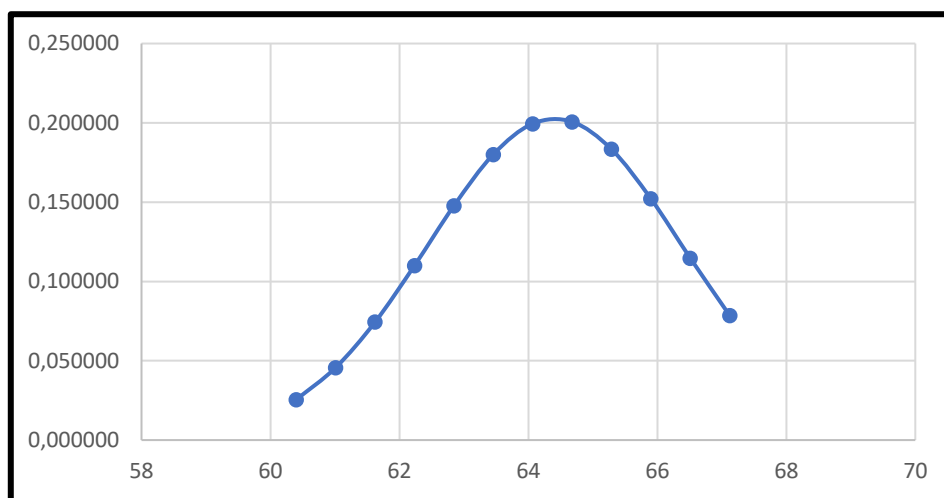
Con el fin de caracterizar estadísticamente el proceso de transporte de leche hacia el área de queso, se realizó un análisis de distribución normal utilizando las mediciones obtenidas en 12 secuencias de trabajo. Para el cálculo de los parámetros estadísticos se emplearon únicamente los tiempos válidos; la justificación del tratamiento del dato atípico y el detalle de los cálculos se presentan en el **Anexo 1: b) Cálculo de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de queso.**

Tabla 13 *Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de queso*

PROMEDIO	DESV.ESTAND	MAX	MIN	DIFER	RANGO
64,41	1,97	66,59	60,48	6,11	0,61

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23 *Curva de distribución normal de transporte al área de queso*



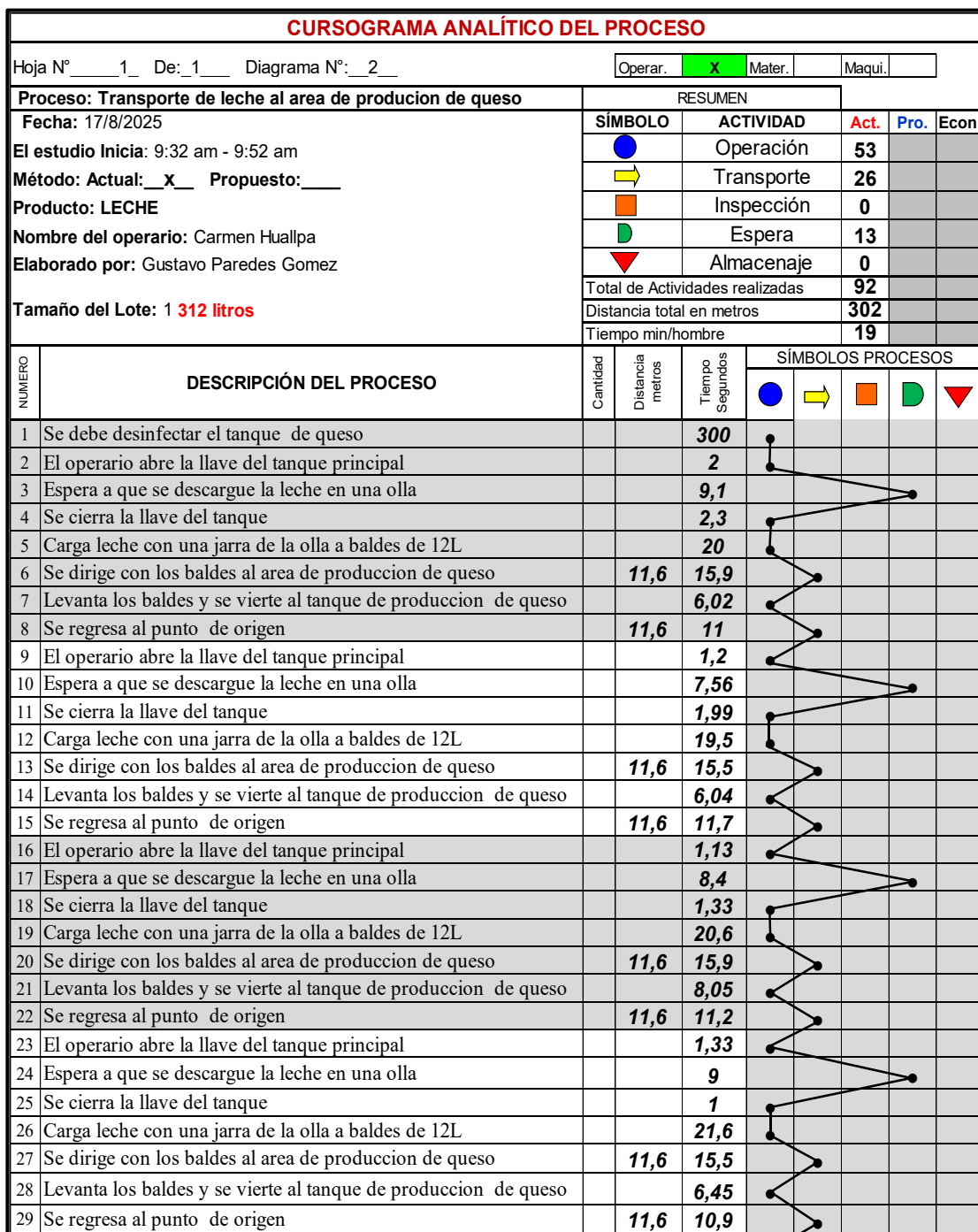
Fuente: Elaboración propia.

La distribución obtenida presenta una forma aproximadamente normal, con una media de 64,41 seg y una desviación estándar de 1,97 seg, lo que refleja una variabilidad moderada en los tiempos del transporte manual de leche al área de queso.

La mayor concentración de probabilidad se observa entre 64 y 65 seg, indicando que ese es el intervalo donde se realiza el proceso con mayor frecuencia y consistencia.

4.1.2.6 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al área de Queso por el Método manual

Figura 24 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Queso



30	El operario abre la llave del tanque principal		1,2						
31	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,02						
32	Se cierra la llave del tanque		0,58						
33	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		22,2						
34	Se dirige con los baldes al area de produccion de queso	11,6	15,6						
35	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de queso		6,5						
36	Se regresa al punto de origen	11,6	11						
37	El operario abre la llave del tanque principal		0,81						
38	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,57						
39	Se cierra la llave del tanque		1,23						
40	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		20						
41	Se dirige con los baldes al area de produccion de queso	11,6	15,4						
42	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de queso		5,13						
43	Se regresa al punto de origen	11,6	11,4						
44	El operario abre la llave del tanque principal		1,06						
45	Espera a que se descargue la leche en una olla		7,34						
46	Se cierra la llave del tanque		1,32						
47	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		19,1						
48	Se dirige con los baldes al area de produccion de queso	11,6	15,7						
49	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de queso		6,03						
50	Se regresa al punto de origen	11,6	10						
51	El operario abre la llave del tanque principal		1						
52	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,45						
53	Se cierra la llave del tanque		1						
54	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		19						
55	Se dirige con los baldes al area de produccion de queso	11,6	16						
56	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de queso		6						
57	Se regresa al punto de origen	11,6	10,5						
58	El operario abre la llave del tanque principal		1,03						
59	Espera a que se descargue la leche en una olla		9						
60	Se cierra la llave del tanque		1,01						
61	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		19,5						
62	Se dirige con los baldes al area de produccion de queso	11,6	15,3						
63	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de queso		6,33						
64	Se regresa al punto de origen	11,6	11,4						

4.1.2.7 Tiempos registrados en el transporte de leche al área de helado

De la misma forma para este proceso de transporte se necesita alrededor de 26 baldes de 12 litros de capacidad, que deben ser transportados desde el tanque principal de la sala de acopio, hasta el tanque del área de producción de helado. El operario lleva dos baldes llenos una en cada mano en su recorrido, por ello se tomó en cuenta para el registro los tiempos de operación y distancia de 13 secuencias de ida y vuelta, tomando el total para realizar el cursograma analítico de este proceso.

En este análisis, se tomó en cuenta los tiempos de transporte de leche de los dos tanques que hay en el área de producción de helado

Tabla 14 *Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Helado*

Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Tiempo (Seg)	Distancia (m)	Cantidad de tanques	Tiempo total (Seg)	Distancia total (m)
Se debe desinfectar los dos tanques de helado	300,00													300,00		2,00	600,00	
El operario abre la llave del tanque principal	1,90	2,00	1,60	1,80	2,03	1,45	2,70	1,30	1,03	1,56	2,30	1,60	1,00	22,27			44,54	
Espera a que se descargue la leche en una olla	9,70	9,00	9,20	9,00	9,02	8,57	9,00	9,78	9,00	9,70	8,21	9,00	9,52	118,70			237,40	
Se cierra la llave del tanque	2,80	2,00	1,88	2,00	1,20	1,23	1,32	1,50	1,01	1,34	2,45	2,03	2,00	22,76			45,52	
Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L	22,00	20,70	20,50	23,00	22,80	21,00	20,00	19,90	20,50	20,60	22,00	21,90	20,00	274,90			549,80	
Se dirige con los baldes al área de producción de helado que esta a 16,43 m	24,23	22,57	24,02	25,00	24,00	23,90	23,90	26,00	24,16	23,00	24,00	24,80	23,07	312,65	213,59		625,30	427,18
Se levanta los baldes y se vierte al tanque de producción de helado	7,04	6,80	6,00	5,88	6,30	6,05	6,03	6,90	6,33	6,50	7,23	6,80	6,55	84,41			168,82	
Se regresa al punto de origen	19,90	19,00	18,80	17,90	20,00	19,90	19,32	18,67	19,92	20,34	19,80	19,00	19,80	252,35	213,59		504,70	427,18
Total	387,57	82,07	82,00	84,58	85,35	82,10	82,27	84,05	81,95	83,04	85,99	85,13	81,94	1388,04	427,18		2776,08	854,36

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.8 Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de helado

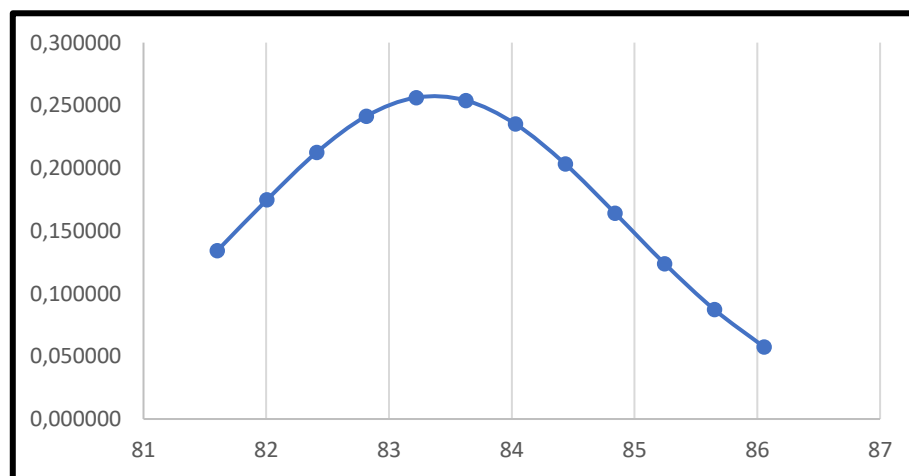
Con el fin de caracterizar estadísticamente el proceso de transporte de leche hacia el área de helado, se realizó un análisis de distribución normal utilizando las mediciones obtenidas en 12 secuencias de trabajo. Para el cálculo de los parámetros estadísticos se emplearon únicamente los tiempos válidos; la justificación del tratamiento del dato atípico y el detalle de los cálculos se presentan en el **Anexo 1: c) Cálculo de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de helado.**

Tabla 15 *Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de helado*

PROMEDIO	DESV. ESTAND	MAX	MIN	DIFER	RANGO
83,37	1,55	85,99	81,94	4,05	0,41

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25 *Curva de distribución normal del transporte al área de helado*



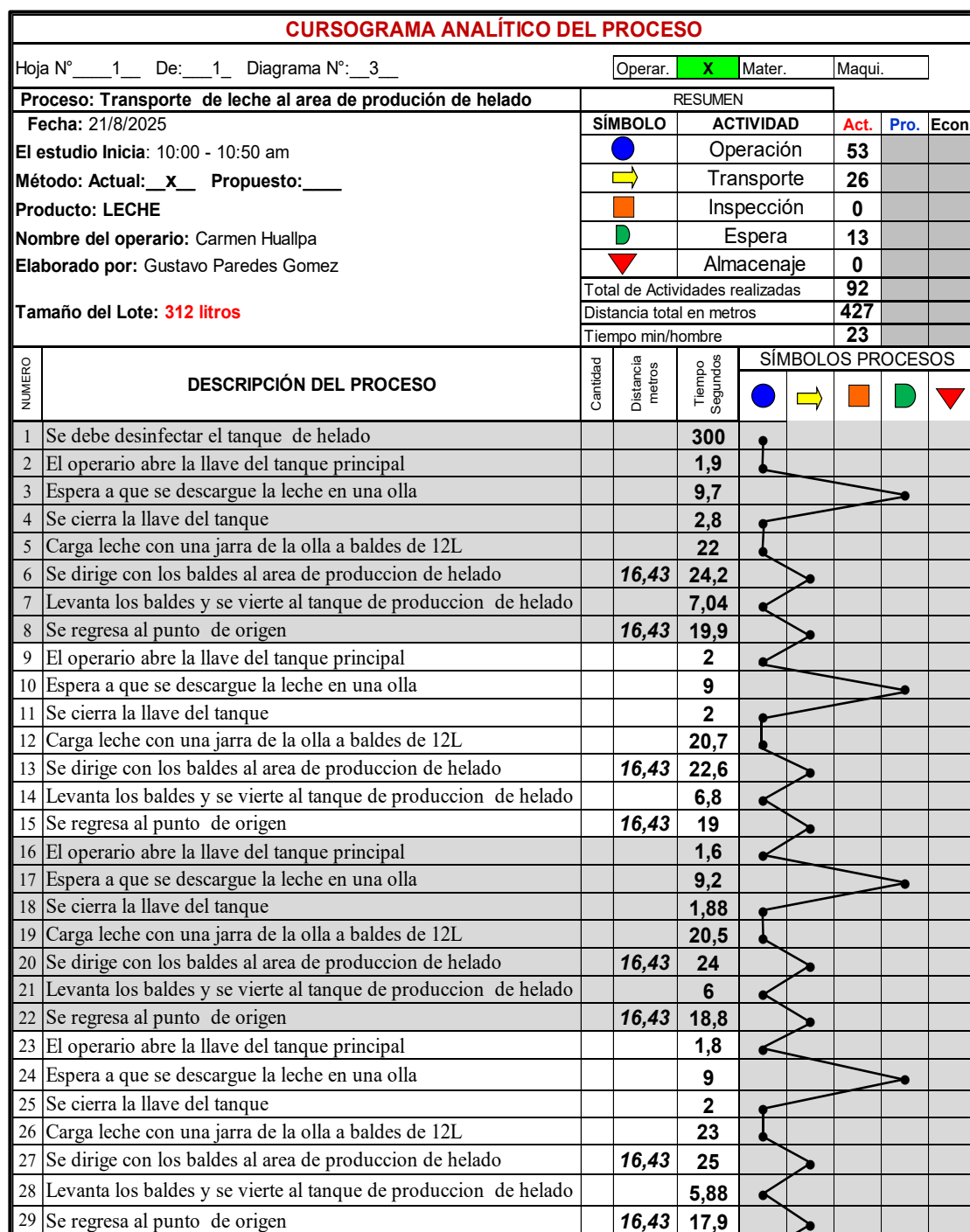
Fuente: Elaboración propia.

La distribución obtenida presenta una forma aproximadamente normal, con una media de 83,37 seg y una desviación estándar de 1,55 seg, lo que refleja una variabilidad moderada en los tiempos del transporte manual de leche al área de helado.

La mayor concentración de probabilidad se observa entre 82 y 84 seg, indicando que ese es el intervalo donde se realiza el proceso con mayor frecuencia y consistencia.

4.1.2.9 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al área de Helado por Método manual

Figura 26 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Helado



30	El operario abre la llave del tanque principal		2,03	
31	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,02	
32	Se cierra la llave del tanque		1,2	
33	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		22,8	
34	Se dirige con los baldes al area de produccion de helado	16,43	24	
35	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de helado		6,3	
36	Se regresa al punto de origen	16,43	20	
37	El operario abre la llave del tanque principal		1,45	
38	Espera a que se descargue la leche en una olla		8,57	
39	Se cierra la llave del tanque		1,23	
40	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		21	
41	Se dirige con los baldes al area de produccion de helado	16,43	23,9	
42	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de helado		6,05	
43	Se regresa al punto de origen	16,43	19,9	
44	El operario abre la llave del tanque principal		2,7	
45	Espera a que se descargue la leche en una olla		9	
46	Se cierra la llave del tanque		1,32	
47	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		20	
48	Se dirige con los baldes al area de produccion de helado	16,43	23,9	
49	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de helado		6,03	
50	Se regresa al punto de origen	16,43	19,3	
51	El operario abre la llave del tanque principal		1,3	
52	Espera a que se descargue la leche en una olla		9,78	
53	Se cierra la llave del tanque		1,5	
54	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		19,9	
55	Se dirige con los baldes al area de produccion de helado	16,43	26	
56	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de helado		6,9	
57	Se regresa al punto de origen	16,43	18,7	
58	El operario abre la llave del tanque principal		1,03	
59	Espera a que se descargue la leche en una olla		9	
60	Se cierra la llave del tanque		1,01	
61	Carga leche con una jarra de la olla a baldes de 12L		20,5	
62	Se dirige con los baldes al area de produccion de helado	16,43	24,2	
63	Levanta los baldes y se vierte al tanque de produccion de helado		6,33	
64	Se regresa al punto de origen	16,43	19,9	

4.1.2.10 Tiempos registrados en el transporte de leche al área de nata

Para el producto de nata, solo se necesita alrededor de 80 litros de leche, esto debido a que es el producto que menor se produce en Lácteos Cayara. Por lo que, para el análisis del transporte de leche manual, se necesitó 8 baldes de 10 litros de capacidad y solo se registró los tiempos y distancias de 4 secuencias de ida y vuelta, tomando el total para realizar el cursograma analítico de este proceso.

Tabla 16 *Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Nata*

Descripción	1	2	3	4	Tiempo total (Seg)	Distancia total (m)
El operario abre la llave del tanque principal	2,00	1,90	2,00	2,50	8,40	
Espera a que se descargue la leche en una olla	8,90	9,00	10,00	9,00	36,90	
Se cierra la llave del tanque	2,02	2,00	2,00	2,00	8,02	
Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 10 L	20,00	19,00	20,00	20,00	79,00	
Se dirige con los baldes al area de lavado que esta a 8,87 m	7,00	6,00	7,00	7,50	27,50	35,48
Se levanta los baldes y se vierte a la olla en la estufa	6,00	6,00	5,80	6,00	23,80	
Se regresa al punto de origen	5,00	5,00	6,00	5,80	21,80	35,48
Total	50,92	48,90	52,80	52,80	205,42	70,96

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.11 Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de nata

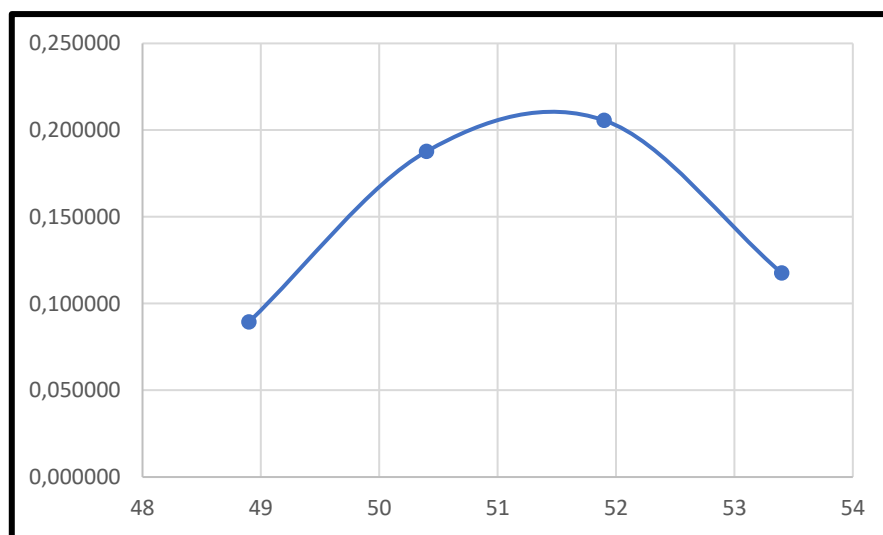
Con el fin de caracterizar estadísticamente el proceso de transporte de leche hacia el área de nata, se realizó un análisis de distribución normal utilizando las mediciones obtenidas en 4 secuencias de trabajo. El detalle de los cálculos se presenta en el **Anexo 1: d) Cálculo de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el área de nata.**

Tabla 17 *Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de nata*

PROMEDIO	DESV.ESTAND	MAX	MIN	DIFER	RANGO
51,36	1,86	52,8	48,9	3,9	1,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27 *Curva de distribución normal de transporte al área de nata*



Fuente: Elaboración propia.

La distribución obtenida presenta una forma aproximadamente normal, con una media de 51,36 seg y una desviación estándar de 1,86 seg, lo que refleja una variabilidad moderada en los tiempos del transporte manual de leche al área de nata.

La mayor concentración de probabilidad se observa entre 50 y 51 seg, indicando que ese es el intervalo donde se realiza el proceso con mayor frecuencia y consistencia.

4.1.2.12 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al área de Nata por Método Manual

Figura 28 Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Nata

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u>1</u> De: <u>1</u> Diagrama N°: <u>4</u>				Operar: ☒ Mater. ☐ Maqui. ☐					
Proceso: Transporte de leche para la producción nata				RESUMEN					
Fecha: 1/9/2025 El estudio inicia: 8:00 am Método: Actual: <u>x</u> Propuesto: <u> </u> Producto: LECHE Nombre del operario: Carmen Huallpa Elaborado por: Gustavo Paredes Gomez Tamaño del Lote: 80 litros				SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.	
					Operación	8			
					Transporte	4			
					Inspección	0			
					Espera	2			
					Almacenaje	0			
				Total de Actividades realizadas		28			
				Distancia total en metros		70,9			
				Tiempo min/hombre		3			
NÚMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
1	El operario abre la llave del tanque principal			2					
2	Espera a que se descargue la leche en una olla			8,9					
3	Se cierra la llave del tanque			2					
4	Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 10 L			20					
5	Se dirige con los baldes al area de lavado	8,86		7					
6	Se levanta los baldes y se vierte a la olla en la estufa			6					
7	Se regresa al punto de origen	8,86		5					
8	El operario abre la llave del tanque principal			1,9					
9	Espera a que se descargue la leche en una olla			9					
10	Se cierra la llave del tanque			2					
11	Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 10 L			19					
12	Se dirige con los baldes al area de lavado	8,86		6					
13	Se levanta los baldes y se vierte a la olla en la estufa			6					
14	Se regresa al punto de origen	8,86		5					
15	El operario abre la llave del tanque principal			2					
16	Espera a que se descargue la leche en una olla			10					
17	Se cierra la llave del tanque			2					
18	Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 10 L			20					
19	Se dirige con los baldes al area de lavado	8,86		7					
20	Se levanta los baldes y se vierte a la olla en la estufa			5,8					
21	Se regresa al punto de origen	8,86		6					
22	El operario abre la llave del tanque principal			2,5					
23	Espera a que se descargue la leche en una olla			9					
24	Se cierra la llave del tanque			2					
25	Se carga leche con una jarra de la olla a baldes de 10 L			20					
26	Se dirige con los baldes al area de lavado	8,86		7,5					
27	Se levanta los baldes y se vierte a la olla en la estufa			6					
28	Se regresa al punto de origen	8,86		5,8					
Tiempo Minutos: 3,42		m	70,9	s	205				
Observaciones: Como es el producto que menor se produce, solo se llena una olla con 80 litros de leche Solo se realiza cuatro secuencias de ida y vuelta									

4.1.3 Tiempo total de Transporte de leche usando el Método Manual

De todo el análisis de los tiempos recopilados, nos da como resultado un tiempo total de 59,22 minutos en el proceso de transporte de leche usando el método manual.

En la siguiente tabla se detallan los tiempos en cada área de producción:

Tabla 18 *Tiempo total del Transporte de leche Manual*

Descripción	Tiempo (min)
Área de yogur	16,7
Área de queso	19
Área de helado	26,1
Área de Nata	3,42
Total	59,22

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Problemas identificados en el método manual de transporte de leche

Durante el análisis del método manual del transporte de leche se identificaron diversos problemas operativos, ergonómicos y de inocuidad que afectan directamente el desempeño de la planta y la calidad del producto final. Estas limitaciones generan pérdidas de materia prima y aumentan el riesgo de contaminación durante el manejo del producto.

Además, contribuye a la acumulación de tiempos improductivos y a la formación de cuellos de botella en las distintas etapas del proceso lo que da como resultado una reducción en la eficiencia y la capacidad de producción diaria.

Para una mejor comprensión de estos hallazgos, a continuación, se presenta una tabla que resume cada problema identificado, sus causas principales, las consecuencias observadas en la planta y la evidencia recopilada durante la toma de datos.

Tabla 19 *Problemas identificados en el Transporte manual de leche*

Problema identificado	Descripción técnica	Causas principales	Consecuencias en la planta	Evidencia observada
Derrames durante el transporte	Pérdida de leche al mover baldes de 10–12 L en recorridos largos y repetitivos	Recipientes abiertos, movimientos bruscos, trayectos irregulares	Pérdida de materia prima, tiempo adicional de limpieza, riesgo de resbalones	Restos de leche en el piso, necesidad de limpieza constante
Contaminación del producto	Exposición de la leche al ambiente y a superficies externas durante el transporte manual	Manipulación excesiva, recipientes sin tapa hermética, tránsito por áreas comunes	Riesgo microbiológico, afectación de inocuidad, incumplimiento normativo	Contacto del balde con superficies no sanitarias
Tiempos improductivos	Aumento significativo del tiempo total de proceso debido a recorridos repetitivos	Traslado continuo de pequeñas cantidades, falta de mecanización	Retraso en el inicio de la producción, menor rendimiento diario	59,22 minutos promedio solo de transporte manual
Fatiga del personal femenino	Sobrecarga física acumulada por levantar y cargar múltiples baldes pesados.	Peso superior a límites recomendados, posturas forzadas, alta repetitividad.	Fatiga, riesgo de lesiones musculoesqueléticas, menor desempeño.	Pausas frecuentes, reportes de cansancio y molestias musculares.
Cuellos de botella	Interrupción del flujo del proceso por dependencia del transporte manual	Solo una operaria transporta mientras las demás esperan la leche	Retrasos en yogur, queso, helado y nata, baja productividad	Las líneas esperan la llegada de leche para avanzar

Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Análisis del sistema CIP

4.2.1 Información técnica del sistema CIP

4.2.1.1 Descripción del sistema CIP

Como parte del diagnóstico se analizará el Sistema de Transporte por Tuberías CIP, en la planta de Lácteos Cayara. Este sistema fue diseñado con el objetivo de automatizar los procesos de transporte y distribución de la leche recién ordeñada y para mantener un flujo higiénico, sin contaminaciones cruzadas, y con el mínimo contacto humano, desde el tanque principal de almacenamiento en donde se vierten entre 500 a 800 kg diarios de leche, hacia las distintas áreas de producción en donde se elaboran los productos de yogur, queso helado y nata.

4.2.1.2 Flujo de trabajo del sistema CIP

Actualmente, el uso y funcionamiento del sistema CIP destinado al transporte de leche presenta un retraso en su puesta en marcha. En consecuencia, el proceso de transporte de leche continúa ejecutándose mediante el método manual tradicional lo que implica una mayor intervención humana, mayor tiempo operativo y un menor nivel de eficiencia y control higiénico en comparación con el sistema automatizado previsto.

4.2.1.3 Elementos del Sistema CIP

El sistema CIP está conformado por un conjunto de elementos interconectados que permiten el transporte de leche y la limpieza automática de las líneas de producción.

En el análisis hecho, se pudo evidenciar que por la falta de mantenimiento y cuidado algunas piezas del sistema, como válvulas, abrazaderas y juntas están incompletas.

Entre sus principales componentes se encuentran detallados en el **Anexo 2: Elementos del sistema CIP en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”**.

4.2.1.4 Cantidad de elementos del sistema CIP en las áreas de producción

Asimismo, se realizó un análisis del número de elementos que tiene el sistema CIP, en las diferentes áreas de producción, que se muestra en el **Anexo 3: Cantidad de Elementos del sistema CIP en las diferentes Áreas de Producción**.

4.2.1.5 Distancias de las tuberías en el sistema CIP

Se realizó el levantamiento de las distancias entre los diferentes componentes que conforman el sistema CIP, considerando las longitudes de las tuberías que conectan cada elemento. Todas las tuberías del sistema son de acero inoxidable con un diámetro de una pulgada, lo que garantiza resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza.

El recorrido total del sistema alcanza una longitud aproximada de 86,5 metros lineales, distribuidos entre las distintas líneas de producción.

Los detalles específicos de las distancias entre cada componente del sistema se presentan en el **Anexo 4: Distancias de las tuberías por todo el sistema CIP**.

4.2.1.6 Elementos químicos en la limpieza del sistema CIP

En el sistema CIP utilizado por la empresa se emplean diferentes agentes químicos para la limpieza y desinfección de las tuberías, entre ellos la soda cáustica y el ácido cítrico. Estos productos cumplen funciones específicas en cada etapa del proceso, garantizando la eliminación de residuos orgánicos e inorgánicos.

Se realizó un análisis de dichos productos, considerando su composición, función, concentración de uso y precauciones de manipulación. Dicho análisis permitió comprender la importancia de cada químico dentro del sistema. La información detallada donde se describen las principales características de cada agente químico y su importancia dentro del sistema de limpieza, se presenta en el **Anexo 5: Elementos químicos en la limpieza del sistema CIP**.

4.2.1.7 Limpieza del sistema CIP

Como parte de la información recopilada, en cuestión de la limpieza del sistema CIP, se considera el Círculo de Sinner, que es un modelo ampliamente reconocido que establece cuatro factores interrelacionados para lograr una limpieza eficiente: tiempo, mecánica, temperatura y química.

Para el caso del presente sistema, este está diseñado para el uso de los factores de temperatura y química, debido a que estos resultan más efectivos y rápidos para la eliminación de los residuos en el interior de las tuberías.

La representación gráfica del Círculo de Sinner se presenta en el **Anexo 6: Limpieza del sistema CIP**.

4.2.1.8 Protocolos de Limpieza del sistema CIP

Siguiendo con el análisis hecho, para los protocolos de limpieza, se obtuvo la información basada en la explicación del jefe de planta y en la simulación del proceso, identificando las etapas, productos químicos y parámetros necesarios para la limpieza y desinfección de las tuberías. Este análisis permitió conocer cómo se aplican los agentes químicos, los tiempos y las condiciones de temperatura empleadas en cada fase del proceso, así como la función de cada uno.

La descripción detallada de estas fases y sus protocolos correspondientes se presenta en la tabla del **Anexo 7: Protocolos de limpieza del sistema CIP**.

4.2.1.9 Bombas del sistema CIP

Para la parte del manual de mantenimiento básico que se pretende hacer de las bombas que tiene el sistema CIP, se detectó que existen dos bombas en todo el sistema.

La primera bomba se encuentra en el área de acopio, este genera el impulso para que el flujo de leche, se transporte por las tuberías desde el tanque principal hasta el tanque de proceso del área de producción deseada. La segunda bomba ubicada en el área de lavado, debajo de los tres tanques de limpieza, genera el impulso de los químicos, para la limpieza de las tuberías una vez terminada el proceso del transporte de leche. Se pudo evidenciar en la simulación que ambas bombas pese al tiempo inactivo en su uso, presentan un buen funcionamiento, solo necesitando mantenimiento inicial para su puesta en marcha. Ambas bombas son del mismo modelo y tienen la misma capacidad, los datos recopilados de la placa e información dada por el jefe de planta, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20 *Datos de la Bomba SAC del sistema CIP*

Parámetro	Descripción
Fabricante	Bombas Sanitarias SAC
Modelo	2AA-115
Tipo	Centrífuga sanitaria
Material	Acero inoxidable AISI 304/316
Potencia	0.75 HP
Tensión nominal	380 V trifásico
Fluido bombeado	Leche / soluciones CIP
Aplicación	Sistema CIP
Velocidad estimada	2.900 RPM
Conexión sanitaria	Clamp o rosca según instalación
Sentido de flujo	Indicado por flecha

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida en la empresa.

También se elaboró un diagrama P&ID de las bombas del sistema CIP, basándose en el análisis detallado que se realizó, este diagrama permite visualizar de manera clara la ubicación de las dos bombas en el sistema. El diagrama completo se presenta en el **Anexo 8:** Diagrama P&ID de las bombas del sistema CIP.

Las fotografías de las dos bombas, se presenta en el **Anexo 9:** Bombas del sistema CIP.

4.2.1.10 Plano del sistema CIP

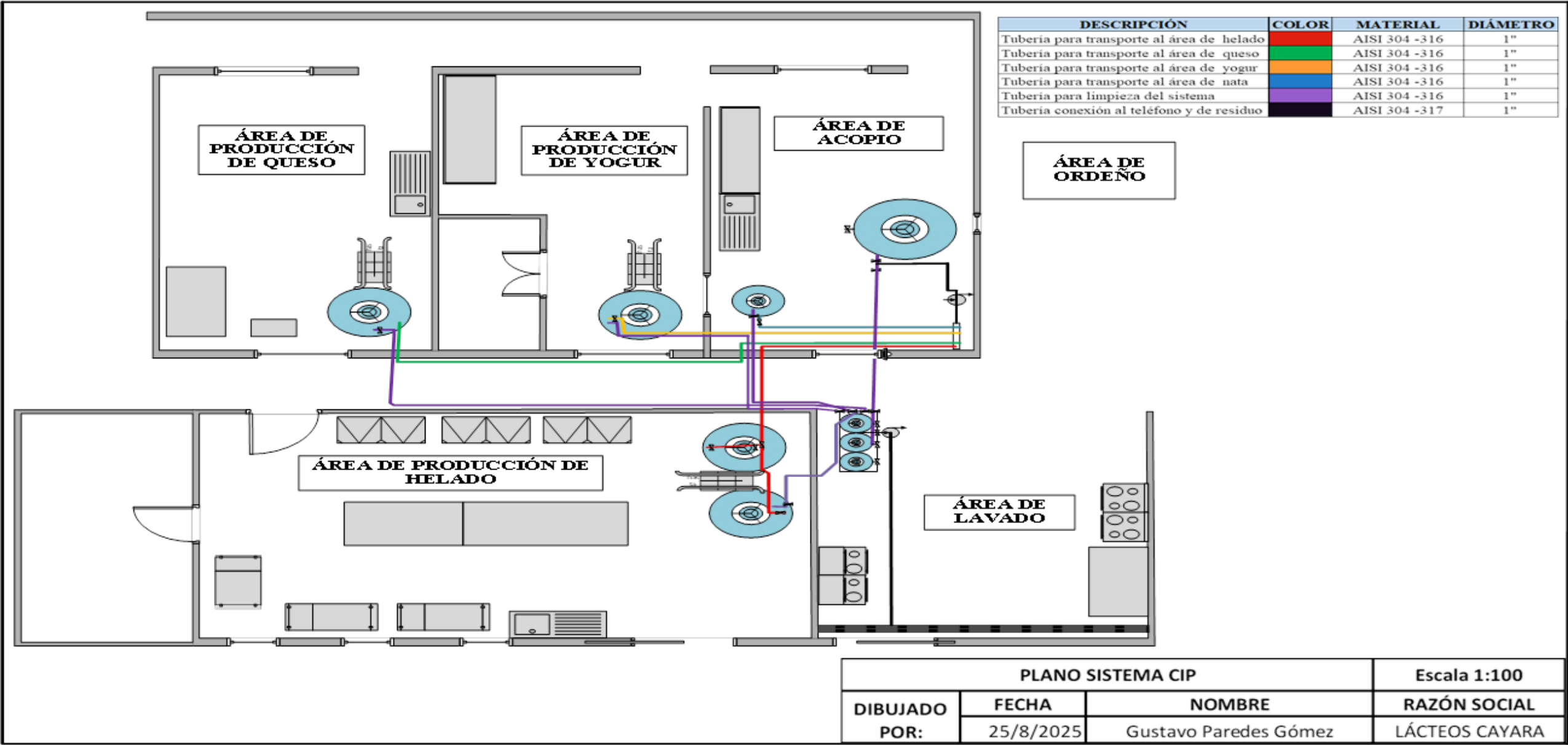
Como parte del diagnóstico, se elaboró el plano completo del sistema CIP, tomando como base el análisis realizado. Este plano refleja la disposición de las tuberías, válvulas, tanques y demás elementos, como también las diferentes líneas involucradas.

Además, se ha codificado por colores las diferentes líneas, que se puede visualizar en una tabla dentro del plano, facilitando de esta manera su interpretación visual.

El plano se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 29

Plano del sistema CIP en la Empresa Lácteos Cayara - Potosí



Fuente: Observación propia.

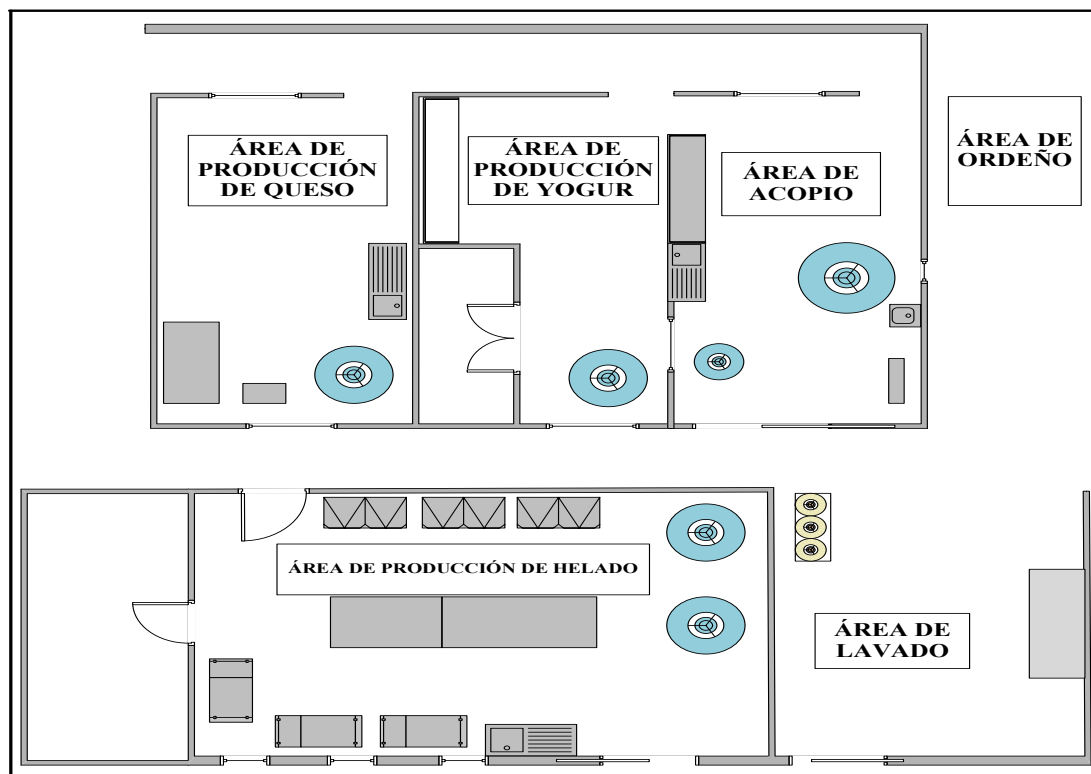
Elaboración: Propia

4.2.2 Información Descriptiva del sistema CIP

4.2.2.1 Áreas involucradas

Las áreas involucradas serán: el área de acopio, área de lavado, área de producción de (helado, queso, yogur y nata) como se muestra en la siguiente figura:

Figura 30 *Plano de las áreas involucradas*



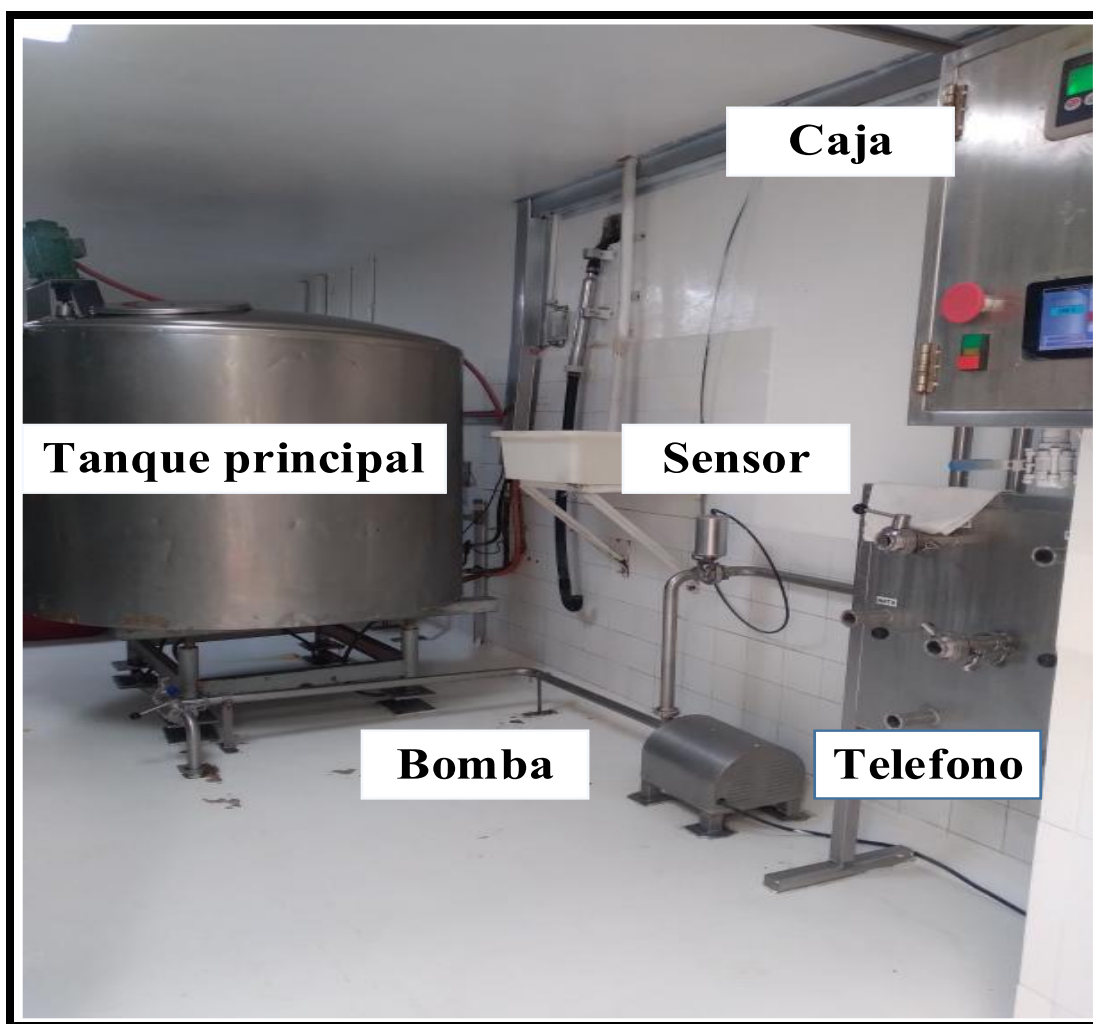
Fuente: Elaboración propia.

a) Área de acopio

Es el área donde se encuentra el tanque principal de almacenamiento y en donde se tiene inicio del funcionamiento del sistema de transporte de leche, en esta área podemos encontrar elementos como el tanque principal que tiene una capacidad de 1.800 litros y cumple la función de recibir, conservar y resguardar la leche cruda proveniente del área de ordeño, también el teléfono o módulo de distribución de líneas que es un componente esencial diseñado para centralizar y direccionar de forma higiénica el flujo de leche hacia las distintas áreas de producción, y está construido de acero inoxidable

y cuenta con múltiples conexiones sanitarias que permiten una distribución segura y controlada de la leche. La caja o tablero digital mide el volumen de leche que ingresa o se distribuye desde el área de acopios, este sistema registra cuántos litros de leche han sido procesados y permite enviar cantidades precisas a las áreas correspondientes. También se tiene una bomba para impulsar el transporte de la leche por las tuberías a las diferentes áreas de producción. Finalmente se cuenta con un sensor que detecta y mide, la cantidad de leche que es distribuida a cada área.

Figura 31 *Elementos del sistema CIP en el Área de acopio*



Fuente: Fotografía de los elementos del Área de Acopio.

b) Área de lavado

En esta área, se encuentran los elementos necesarios para realizar la limpieza de las tuberías, con el uso de los químicos, como los tanques de limpieza CIP que son tres tanques intermedios de acero inoxidable con válvulas sanitarias, que sirven para la limpieza del sistema en general, cada tanque está destinada al almacenamiento de agua tratada, soda caústica y el ácido cítrico. También en la parte inferior de los tanques, se tiene una segunda bomba que sirve para impulsar las soluciones a través de las tuberías para su limpieza una vez terminada de realizar el transporte de leche.

Y por último se tiene una caja eléctrica, que permite encender la segunda bomba y también permite calentar los tanques de la soda cáustica y ácido cítrico.

Figura 32 *Tanques de Limpieza del sistema CIP del Área de lavado*



Fuente: Fotografía de los tanques de limpieza CIP del Área de Lavado.

c) Sección nata

También, por el momento en esta área se está elaborando la producción de la nata, mediante el uso de ollas, esto se debe a que, por ahora el tanque de proceso para este producto, no está en funcionamiento.

d) Áreas de producción

Las cuatro áreas de producción están conectadas al sistema CIP, donde esta conexión es desde cada tanque de proceso hasta el tanque principal y a los tanques de limpieza, mediante tuberías de acero inoxidable.

4.2.3 Información Organizacional

4.2.3.1 Personal involucrado

Los involucrados incluyen al jefe de planta, jefe de producción, las cuatro operarias del área de producción, dándonos seis personas en total. Para mayor detalle véase la tabla en el **Anexo 10: Personal involucrado en las diferentes Áreas de producción**.

En cuanto a los perfiles del personal operativo involucrado, para identificar su función, experiencia laboral, datos personales y si tienen una capacitación actual sobre el manejo y funcionamiento del sistema se detallan en la tabla del **Anexo 11: Información del personal operativo**.

4.3 Transporte de leche por el Método Automatizado (CIP)

Como se mencionó en el análisis del sistema CIP, actualmente este sistema no está en funcionamiento por ello el análisis del método automatizado CIP, se detallará en la propuesta del capítulo de ingeniería del proyecto.

4.4 Documentación del sistema CIP

Durante el diagnóstico del sistema CIP se constató que no existe la documentación formal que respalde la operación y mantenimiento del sistema. No se cuentan con manuales de procedimientos y instructivos de mantenimiento, ni el material para la capacitación del personal. Esta ausencia de documentación evidencia la necesidad de desarrollar e implementar guías y registros que aseguren un manejo seguro y eficiente del sistema. Por ende, se identificó la importancia de establecer los procedimientos que garanticen la correcta ejecución de las tareas, optimicen los tiempos y recursos.

Finalmente se resalta la urgencia de diseñar el material técnico para la capacitación continua del personal, asegurando de esta manera la eficiencia del sistema CIP a futuro.

4.5 Causas para la no utilización del CIP

Tabla 21 *Causas y percepciones por las cuales el CIP no está en uso*

Categoría	Causa principal	Descripción	Evidencia observada
Falta de documentación técnica	Ausencia de manuales de operación y protocolos CIP	No existen instructivos que indiquen el orden de apertura de válvulas, secuencia de lavado ni parámetros de uso	No se encontraron manuales físicos ni digitales disponibles
Capacitación insuficiente	El personal nunca recibió entrenamiento sobre el CIP	Se desconoce la lógica de funcionamiento del sistema y los riesgos de una mala operación	No existen registros de capacitaciones sobre CIP
Inseguridad y riesgo percibido	Miedo a abrir o cerrar incorrectamente válvulas	El sistema involucra presiones, conexiones y válvulas que generan temor a causar fugas o fallas	El equipo no es manipulado por ninguna operaria durante las jornadas
Falta de mantenimiento preventivo	No existe un plan de mantenimiento formal del sistema	El CIP no tiene limpieza interna programada, verificación de válvulas	No existe plan de mantenimiento anual o mensual
Ausencia de responsable directo	No hay asignación formal de quién debe usar y supervisar el CIP	No hay roles definidos ni responsable técnico asignado para operarlo	No existe una matriz de responsabilidades (RACI)
Falta de integración al flujo operativo	El proceso está diseñado para el método manual, no para el CIP	La rutina diaria sigue girando alrededor del transporte manual, sin ajustes para la operación del CIP	No hay procedimientos diarios donde se mencione uso del CIP
Desconocimiento de beneficios	El personal desconoce cuánto tiempo ahorra el CIP y cómo reduce riesgos	No se ha socializado el impacto en ergonomía, calidad y productividad.	No existen indicadores o comparaciones visibles entre manual vs CIP

Fuente: Observación propia.

CAPÍTULO V

INGENIERÍA DEL PROYECTO

5 Ingeniería del proyecto

5.1 Breve descripción de la propuesta

Con base al diagnóstico presentado en el capítulo anterior, se establece la siguiente propuesta que busca sustituir progresivamente el método manual del transporte de leche. La propuesta es estructura en los siguientes componentes principales.

Primeramente, se presentan las acciones preliminares necesarias para habilitar el funcionamiento del sistema CIP. En segundo lugar, se desarrollan los manuales técnicos y documentación técnica sobre el sistema CIP, acompañados por el uso del ciclo PHVA o Deming como metodología para controlar y asegurar la mejora continua de este proceso.

Posteriormente, se incorporan un diagrama de hilos propuesto, los cursogramas analíticos del proceso del transporte de leche propuesto con el uso del sistema CIP, así como los gráficos comparativos que permitan evidenciar las mejoras de tiempos, recorridos y eficiencia respecto al método manual. Finalmente, se presentan los indicadores propuestos, diseñados para evaluar los cambios y monitorear los beneficios y se presenta el cronograma de implementación del proyecto.

5.2 Acciones preliminares para dar funcionamiento al sistema CIP

Con el propósito de habilitar la puesta en marcha del sistema CIP como solución al proceso manual de transporte de leche, se vio necesario realizar un análisis de una serie de acciones preliminares que aseguren el correcto funcionamiento operativo del sistema CIP. Las acciones descritas se establecen considerando la práctica industrial recomendada en la operación de sistemas CIP y las necesidades de la planta.

A continuación, se presenta la tabla que resume las acciones preliminares necesarias para habilitar el funcionamiento adecuado del sistema CIP en la planta de Lácteos Cayara.

Tabla 22 *Acciones preliminares para dar funcionamiento al sistema CIP*

Nº	Acción preliminar	Descripción técnica	Objetivo
1	Verificación de la instalación física	Revisión de tuberías, uniones sanitarias, válvulas, codos, bombas y ausencia de puntos muertos Comprobación de drenaje y hermeticidad	Asegurar que la infraestructura cumple condiciones higiénicas y operativas
2	Revisión eléctrica y del panel de control	Verificación de funcionamiento de PLC/HMI, tablero eléctrico, sensores (temperatura, presión, nivel) y apertura/cierre de válvulas automatizadas	Garantizar control seguro del sistema durante los ciclos CIP
3	Prueba de estanqueidad y flujo del circuito	Circulación de agua a través del sistema para detectar fugas, burbujas de aire, baja presión o fallas de retorno	Validar continuidad del circuito y caudal adecuado para transporte y limpieza
4	Configuración de los ciclos CIP	Definición de fases (pre-enjuague, alcalino, ácido, enjuague, sanitización), temperaturas, tiempos y concentraciones químicas	Establecer un ciclo de limpieza eficaz, estandarizado y repetible
5	Elaboración del protocolo operativo del CIP	Desarrollo del paso a paso: orden de válvulas, supervisión de parámetros, alertas y procedimientos ante fallas	Crear un estándar de operación para garantizar uso correcto y seguro
6	Limpieza inicial del sistema	Ejecución de una limpieza previa del circuito para eliminar residuos o contaminación interna	Asegurar que el sistema inicia en condiciones sanitarias óptimas
7	Capacitación del personal	Entrenamiento en operación del CIP, interpretación de parámetros, seguridad, secuencia de válvulas y respuesta ante alarmas	Garantizar el uso adecuado del sistema y reducir errores humanos
8	Establecimiento de mantenimiento preventivo	Definición de rutinas semanales/mensuales para bombas, válvulas, filtros, sensores y tanque CIP.	Prevenir fallas, fugas y detenciones inesperadas del sistema.
9	Validación final del sistema	Prueba final con leche real para evaluar presión, retorno, tiempos, inocuidad y ausencia de fugas	Confirmar que el CIP está listo para operar de forma segura y eficiente

Fuente: Elaboración propia.

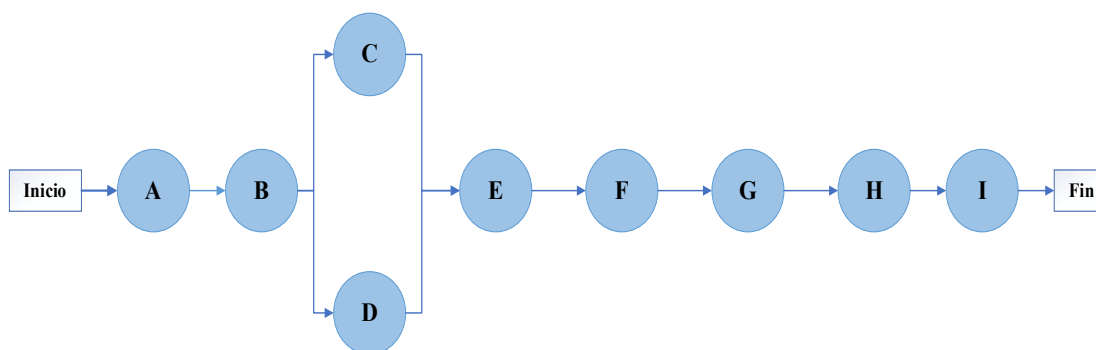
A partir de este análisis se realizó un diagrama de red para identificar la secuencia de las actividades y determinar la ruta crítica. Esta herramienta permitió visualizar claramente las dependencias y secuencias de las tareas y los puntos donde se concentran los mayores tiempos.

Tabla 23 Diagrama de red de las acciones preliminares para el funcionamiento del CIP

Actividad	Símbolo	Actividad Predecesora	Tiempo (días)
Verificación física	A		3
Revisión eléctrica	B	A	2
Prueba de estanqueidad	C	B	3
Configuración CIP	D	B	2
Elaboración del protocolo	E	C, D	7
Limpieza inicial	F	E	2
Capacitación	G	F	16
Mantenimiento preventivo	H	G	7
Validación final	I	H	7
Total			49
Primera ruta crítica	A-B-C-E-F-G-H-I		47
Segunda ruta crítica	A-B-D-E-F-G-H-I		46

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33 Diagrama de red de las actividades para el funcionamiento del CIP



Fuente: Elaboración propia.

5.3 Manuales Técnicos

Con el objetivo de garantizar la eficiencia y seguridad, se propone la elaboración de manuales técnicos y la documentación asociados al sistema CIP.

Estos manuales permitirán a los operadores contar con los procedimientos claros, secuenciales y normados, facilitando la capacitación, la reducción de errores operativos y la mejora continua en el desempeño de la planta.

La documentación técnica será organizada de manera que cubra todas las etapas de los procesos y servirá como referencia constante para el personal nuevo y existente, asegurando la uniformidad en las operaciones.

5.3.1 Manuales de procedimiento

Se propone la elaboración de tres manuales de procedimientos, todos estos estarán relacionados al sistema CIP, véase el **Anexo 12: Manuales de procedimiento**.

5.3.1.1 Manual de procedimiento de transporte de leche por el sistema tubería / CIP

Este manual detalla paso a paso los procedimientos para el transporte seguro y eficiente de la leche desde la recepción en el tanque principal hasta los tanques de procesos, utilizando el sistema CIP como mecanismo automatizado de transporte.

Este manual incluye:

- Secuencia de operaciones.
- Manejo seguro de válvulas, bomba y otros elementos.
- Protocolos de control y verificación durante el proceso.
- Diagrama de flujo y instrucciones paso a paso.

Para mayor detalle, se remite al **Anexo 13: Procedimiento de transporte de leche por el sistema tubería / CIP**.

5.3.1.2 Manual de procedimiento para el cambio y preparación de químicos del sistema CIP

Este manual detalla el procedimiento de manipulación y reemplazo de los químicos utilizados en la limpieza del sistema CIP, garantizando la seguridad del personal y la efectividad del proceso de sanitización.

Este manual incluye:

- Secuencia de operaciones.
- Tipos de químicos y sus funciones.
- Cantidades, diluciones y tiempos de contacto.
- Protocolos de uso y seguridad.
- Medidas de protección personal y procedimientos de emergencias.
- Diagrama de flujo y instrucciones paso a paso.

Para mayor detalle, se remite al **Anexo 14: Procedimiento para el cambio y preparación de químicos del sistema CIP**.

5.3.1.3 Manual de procedimiento para la limpieza de tuberías del sistema CIP

Este manual describe de manera detallada sobre el procedimiento de limpieza del sistema CIP, asegurando la higiene de las tuberías, así como la reducción de riesgos de contaminación.

Este manual incluye:

- Secuencia de lavado, enjuague y sanitización.
- Secuencia de operaciones.
- Manejo seguro de válvulas, bomba y otros elementos.
- Protocolos de control y verificación durante el proceso.
- Diagrama de flujo y instrucciones paso a paso.

Para mayor detalle, se remite al **Anexo 15: Procedimiento para la limpieza de tuberías el sistema CIP**.

5.3.2 Instructivos de mantenimiento

Se propone la elaboración de instructivos de mantenimiento destinado a asegurar el correcto funcionamiento, durabilidad y la eficiencia de los elementos del sistema CIP, además que permitan prevenir fallas en el futuro.

Se tendrá dos instructivos, el primero estará destinado al mantenimiento de las bombas del sistema CIP, el segundo para la limpieza profunda de las tuberías y las conexiones. Cada manual especificará las frecuencias de mantenimiento preventivo, las responsabilidades del personal técnico, condiciones de seguridad, registros y controles, véase el **Anexo 16: Instructivos de mantenimiento**.

5.3.2.1 Mantenimiento de bombas del sistema CIP

Este instructivo tiene como finalidad regular las actividades de mantenimiento preventivo de las bombas de impulsión de leche y soluciones químicas en la limpieza, esto permitirá mantener una presión de bombeo adecuado, evitar fugas o sobrecalentamientos y prolongar su vida útil.

Se incluyen:

- Los procedimientos para la inspección de los componentes de las bombas.
- Rutinas de lubricación y limpieza.
- Frecuencia de revisión.
- Parámetros de funcionamiento y medidas de seguridad.
- Para mayor detalle, se remite al **Anexo 17: Mantenimiento bombas del sistema CIP**.

5.3.2.2 Mantenimiento preventivo de limpieza profunda de las tuberías y sus conexiones

Este instructivo está destinado a establecer los procedimientos de mantenimiento y limpieza profunda de las tuberías, válvulas y conexiones del sistema CIP, bajo supervisión técnica.

Se incluyen:

- Etapas de desmontaje, enjuague, inspección visual.
- Limpieza interna y técnicas.
- Frecuencias de limpieza.
- Materiales y condiciones de seguridad.

Para mayor detalle, se remite al **Anexo 18: Mantenimiento preventivo de limpieza profunda de tuberías del sistema CIP y sus conexiones.**

5.3.3 Documentación de capacitación

Con el propósito de fortalecer las competencias técnicas del personal y garantizar la correcta aplicación de los procedimientos mencionados, se desarrolló un programa de capacitación conformado por dos módulos.

Estos módulos forman parte de la documentación técnica desarrollada en el marco del presente proyecto y su aplicación se sugiere como una propuesta futura para ser ejecutada por personal especializado o técnico competentes en el área.

Este programa está orientado a optimizar las operaciones de producción y mantenimiento, donde cada módulo fue diseñado con un enfoque teórico y práctico, combinando la explicación conceptual con la aplicación directa y completándose con los manuales técnicos previamente elaborados.

Asimismo, la capacitación busca consolidar una cultura de trabajo preventivo, basada en la estandarización de las tareas, seguridad industrial y la mejora continua. Véase el **Anexo 19: Módulos de capacitación.**

5.3.3.1 Módulo I Operación del sistema CIP

Este módulo está orientado a capacitar al personal operativo y técnico en el uso, control del sistema, aplicado a las operaciones del transporte de leche, cambio de químicos y la limpieza, los contenidos desarrollados son:

- Principios de funcionamiento y componentes del sistema CIP.
- Protocolos de cambio de los productos químicos.
- Procedimientos de las operaciones de limpieza.

- Control y registros.
- Evaluaciones y prácticas.

Para mayor detalle, se remite al **Anexo 20: Módulo I Operación del sistema CIP**.

5.3.3.2 Módulo II Mantenimiento del sistema CIP

Este módulo está orientado a capacitar al personal operativo y técnico en la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos de las bombas de impulsión y la limpieza de tuberías y conexiones del sistema, de acuerdo a los manuales elaborados para cada caso, los contenidos desarrollados son:

- Principios de mantenimiento.
- Identificación de los componentes de la bomba y accesorios.
- Procedimientos de mantenimiento y limpieza.
- Control y registros.
- Evaluaciones y prácticas.

Para mayor detalle, se remite al **Anexo 21: Módulo II Mantenimiento del sistema CIP**.

5.4 Implementación del Ciclo PHVA al transporte de leche

Con el objetivo de optimizar el transporte de leche, se aplicará el Ciclo PHVA para el uso del sistema CIP, como solución al método manual de transporte. Esta metodología permitirá planificar las mejoras necesarias, ejecutar la puesta en marcha del CIP, evaluar su efectividad en términos de eficiencia, reducción de mermas por derrames, dar cumplimiento de las normas de higiene, y ajustar los procedimientos para consolidar su uso de manera continua.

La siguiente tabla muestra la implementación del ciclo PHVA en las cuatro fases de su aplicación: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Cada fase incluye las acciones específicas propuesto del seguimiento ordenado y sistemático del proceso de mejora continua.

Tabla 24 *Implementación del Ciclo PHVA*

Planificar	Hacer
-Diagnóstico del transporte manual (tiempos, recorridos, mermas, riesgos) -Identificación de fallas en el sistema CIP no utilizado. -Elaboración de manuales de operación, limpieza y mantenimiento. -Diseño del programa de capacitación -Definición de indicadores de eficiencia inocuidad, ergonomía y productividad.	-Optimizar rutas y tiempos de transporte -Capacitación del personal en operación y mantenimiento del CIP. -Puesta en marcha del sistema CIP para transporte de leche. -Ejecución de protocolos de limpieza, control de temperatura y validación de funcionamiento.
Verificar	Actuar
-Monitorear calidad e inocuidad de la leche a la llegada -Comparar tiempos de transporte manual y CIP -Verificar cumplimiento de medidas de inocuidad -Evaluación de tiempos, mermas, ergonomía y continuidad operativa. -Verificación de cumplimiento de manuales y protocolos. -Medición de indicadores definidos en la fase de planificación.	-Ajustar rutas según resultados -Reforzar medidas de higiene y inocuidad -Retroalimentación al personal -Ajuste de manuales y procedimientos según resultados. - Correcciones operativas durante la puesta en marcha. - Actualización del programa de mantenimiento preventivo. - Ejecución de mejoras continuas para consolidar del uso del CIP.

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Análisis del Diagrama de hilos y los Cursogramas Analíticos Propuestos

5.5.1 Diagrama de hilos de recorrido del operario en el transporte de leche por tubería/CIP para las diferentes áreas de producción

El presente diagrama de hilos propuesto, nos permite identificar los recorridos que se realizan desde el área de acopio hacia las distintas áreas de producción en Lácteos Cayara, haciendo uso del sistema CIP.

El objetivo principal de este análisis es cuantificar la distancia total recorrida en cada traslado, lo que facilita la evaluación de la eficiencia en el transporte físico de la leche en la planta.

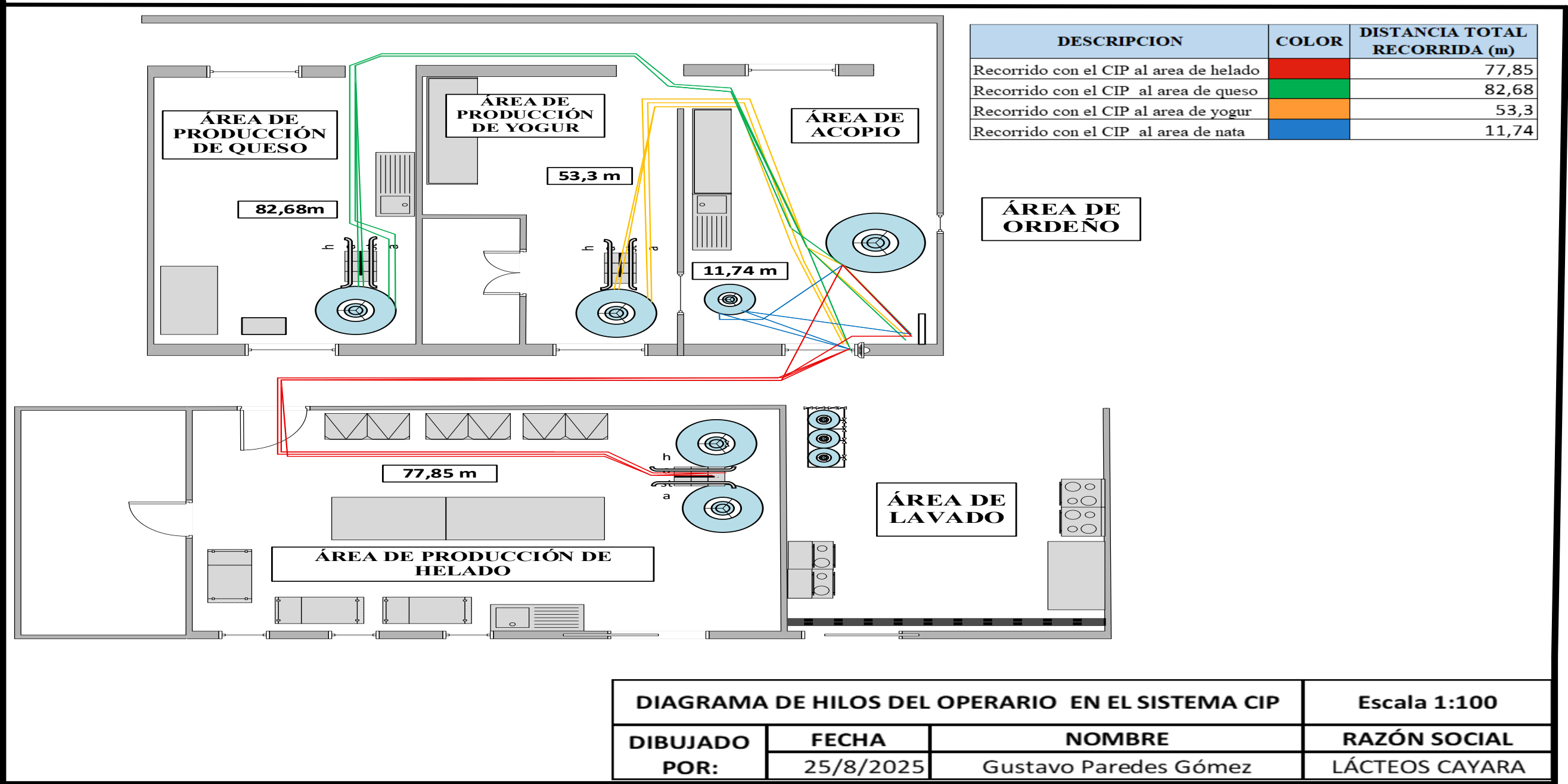
En el diagnóstico para este análisis se realizó un diagrama de recorrido general del operario en el uso del método manual, esto debido a que las secuencias de las actividades eran las mismas y extensas, pero con el uso del método propuesto del CIP, la secuencia de actividades no es la misma, por ello se realizó un diagrama de hilos ya que esta muestra mayor nivel de detalle y precisión en el desplazamiento físico del operario en las líneas de producción.

Cada recorrido ha sido representado mediante un código de colores que distingue los desplazamientos hacia las diferentes áreas. Observando el análisis vemos que el recorrido del transporte de leche al área de producción de queso alcanza una distancia de 82,68 metros, siendo este el más extenso, seguidamente tenemos el recorrido hacia el área de producción de helados con una distancia total de 77,85 metros, mientras que hacia el área de producción de yogur se registran 53,3 metros y finalmente el recorrido hacia el área de nata corresponde a 11,74 metros.

Este esquema nos facilita la comprensión de los movimientos internos y muestra de forma cuantitativa cuales son los trayectos más extensos y por lo tanto los que implican mayor consumo de tiempo y esfuerzo.

Figura 34

Plano del diagrama de hilos del Operario en el proceso de Transporte de leche usando el sistema Tubería/CIP en las diferentes áreas de producción



Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 Cursogramas Analíticos Propuestos para el transporte de leche por tubería/CIP

A partir del diagnóstico realizado y con el propósito de optimizar el sistema de transporte de leche actual, se elaboró los siguientes cursogramas analíticos de proceso, correspondiente al funcionamiento del sistema de transporte de leche automatizado de tuberías hacia las distintas áreas productivas de la planta.

Cabe aclarar que, aunque este sistema aún no se encuentra en funcionamiento dentro de la planta, las actividades, secuencias y tiempos registrados han sido obtenidos a partir de una simulación práctica, efectuada con la participación y supervisión del jefe de planta quién, proporcionó los parámetros técnicos y operativos que se tendrían una vez puesta en marcha el sistema.

En este sentido los cursogramas propuestos reflejan de manera detallada las operaciones previstas en cada etapa del proceso, bajo las condiciones que se espera alcanzar.

Los tiempos consignados representan valores estimativos de referencia, calculados según el caudal teórico del sistema, la longitud de las tuberías y la velocidad promedio de transporte, lo que permite comparar de forma objetiva la eficiencia del método CIP frente al método manual.

Estos cursogramas constituyen, por tanto, el proceso propuesto, mostrando de manera proyectada de cómo debería desarrollarse la operación del transporte de leche bajo el método CIP, permitiendo identificar mejoras con respecto al método manual evidenciando la reducción de tiempos, actividades ejecutadas y las distancias recorridas. Asimismo, sirven como guía técnica y de esta manera asegurar los beneficios previstos que se puedan alcanzar de manera consistente.

5.5.2.1 Cursograma Analítico Propuesto para el transporte de leche por tubería/CIP para el área de yogur

Figura 35 Cursograma Analítico Propuesto para el proceso de Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Yogur

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u>1</u> De: <u>1</u> Diagrama N°: <u>11</u>				Operar. ☐ Mater. ☐ Maqui. ☐					
Proceso: Transporte de leche al área de yogur usando el CIP				RESUMEN					
Fecha: 16/9/2025				SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.	
El estudio Inicia: 10:00 - 11:00 am				●	Operación	53	8	-85%	
Método: Actual: ☐ Propuesto: ☒				→	Transporte	26	5	-81%	
Producto: LECHE				■	Inspección	0	4	100%	
Nombre del operario: Carmen Hualpa				◐	Espera	13	2	-85%	
Elaborado por: Gustavo Paredes Gomez				▼	Almacenaje	0	0	0%	
Tamaño del Lote: 312 litros				Total de Actividades realizadas		92	19	-79%	
				Distancia total en metros		207	53	-74%	
				Tiempo min/hombre		17	5	-70%	
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	→	■	◐	▼
1	Conectar el codo de tubería de tipo en U desde la salida central hasta la entrada del yogur en el teléfono			30,0					
2	Verificar que el codo este bien ajustado en ambas conexiones			5,0					
3	Dirigirse a la parte inferior del tanque principal	2,12	3,0						
4	Conectar el segundo codo desde la válvula de salida del tanque principal hasta la entrada del sistema de tuberías CIP			60,0					
5	Verificar que el segundo codo este bien ajustado en ambas conexiones			5,0					
6	Abrir la válvula de salida color azul que esta debajo del tanque principal			2,0					
7	Cerrar la válvula de entrada color negra, que conecta al sistema de limpieza CIP			2,0					
8	Dirigirse al tanque de proceso del yogur	11,68	7,0						
9	Abrir la válvula de entrada que ingresa al tanque de proceso de yogur			2,0					
10	Dirigirse al cuadro de mando	13,62	9,0						
11	Programar en el cuadro el área que se desea transportar y la cantidad de leche			12,0					
12	Verificar frente al cuadro que la cantidad de leche programada se este transportando			62,4					
13	Esperar a que el sensor corte el transporte de leche una vez terminada			3,0					
14	Dirigirse al tanque de proceso del yogur	12,93	9,0						
15	Verificamos que la cantidad de leche vertida este correctamente			5,0					
16	Volver al área de acopio	12,97	8,0						
17	Desconectar el codo de tubería de tipo en U de la salida central y de la entrada del yogur en el teléfono			20,0					
18	Esperamos a que los restos de leche que quedaron salgan del orificio central del teléfono y se viertan a un balde			60,0					
19	Cambiamos el direccionamiento del codo en U a la siguiente línea de producción o terminamos el proceso de transporte de leche			5,0					
Tiempo Minutos: 5,2		m	53,3	s	309,4				

Observaciones:

El sistema CIP, logra transportar 100 litros de leche en 20 seg, por lo que de un lote de 312 litros de leche, se necesitarían alrededor de 62,4 seg para transportar la leche al tanque de proceso de yogur.

5.5.2.2 Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de yogur

Figura 36 Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Yogur

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO					
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __11__			Operar.	Mater.	Maqui.
Proceso: Transporte de leche al área de yogur usando el CIP		RESUMEN			
Fecha: 16/9/2025		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro. Econ.
El estudio Inicia: 10:00 - 11:00 am			Operación	53	8 -85%
Método: Actual: __ Propuesto: _X_			Transporte	26	5 -81%
Producto: LECHE			Inspección	0	4 100%
Nombre del operario: Carmen Hualpa			Espera	13	2 -85%
Elaborado por: Gustavo Paredes Gomez			Almacenaje	0	0 0%
Tamaño del Lote: 312 litros		Total de Actividades realizadas		92	19 -79%
		Distancia total en metros		207	53 -74%
		Tiempo min/hombre		17	5 -70%

Fuente y Elaboración: Propia.

Interpretación:

Operación (-85%): Indica que las actividades de operación se han optimizado, reduciendo el tiempo necesario en un 85% (de 53 a 8), lo que refleja eficiencia en esta etapa.

Transporte (-81%): Indica que las actividades de transporte también han mejorado significativamente, con una reducción del 81% (de 26 a 5) en tiempo.

Inspección (100%): Indica que no ha habido mejora en las actividades de inspección, manteniéndose en el mismo nivel, lo que puede significar un área crítica que requiere atención.

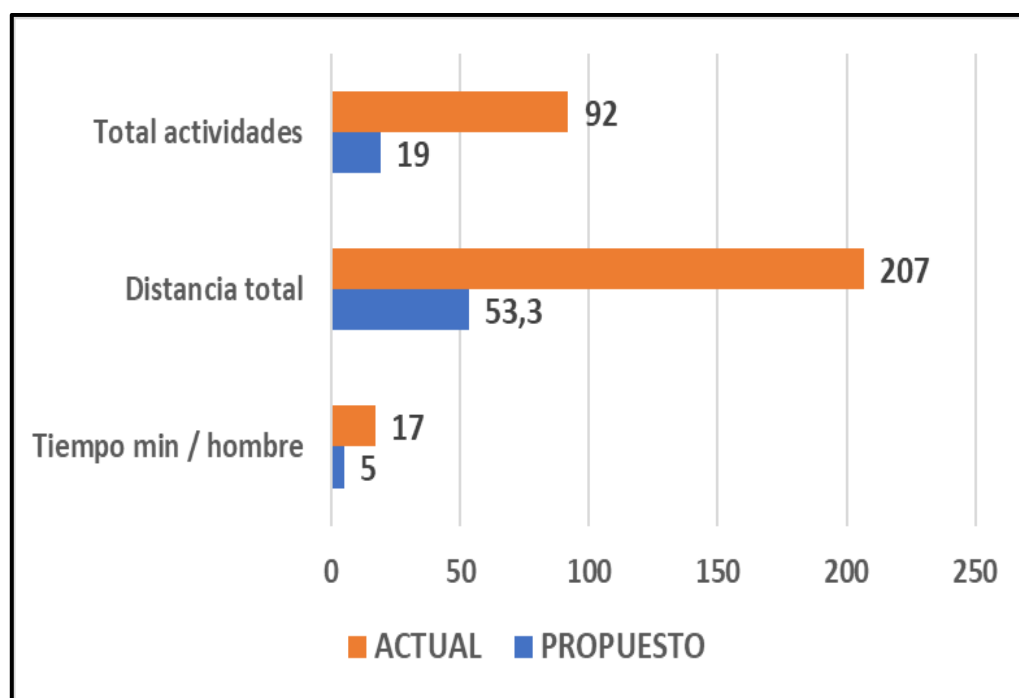
Espera (-85%): Indica que el tiempo de espera ha disminuido en un 85% (de 13 a 2), lo que indica un flujo más ágil en el proceso.

Total, de actividades realizadas (-79%): Indica que la carga de trabajo o cantidad de actividades ha sido optimizada en un 79% (de 92 a 19), reduciendo pasos innecesarios.

Distancia en metros (-74%): La distancia recorrida en el proceso se ha reducido un 74% (de 207 a 53), lo que representa un ahorro importante de tiempo y esfuerzo en transporte.

Tiempo min/hombre (-70%): Refleja que el tiempo por trabajador se ha reducido en un 70%, (de 17 a 5), mejorando la productividad general.

Figura 37 Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Yogur

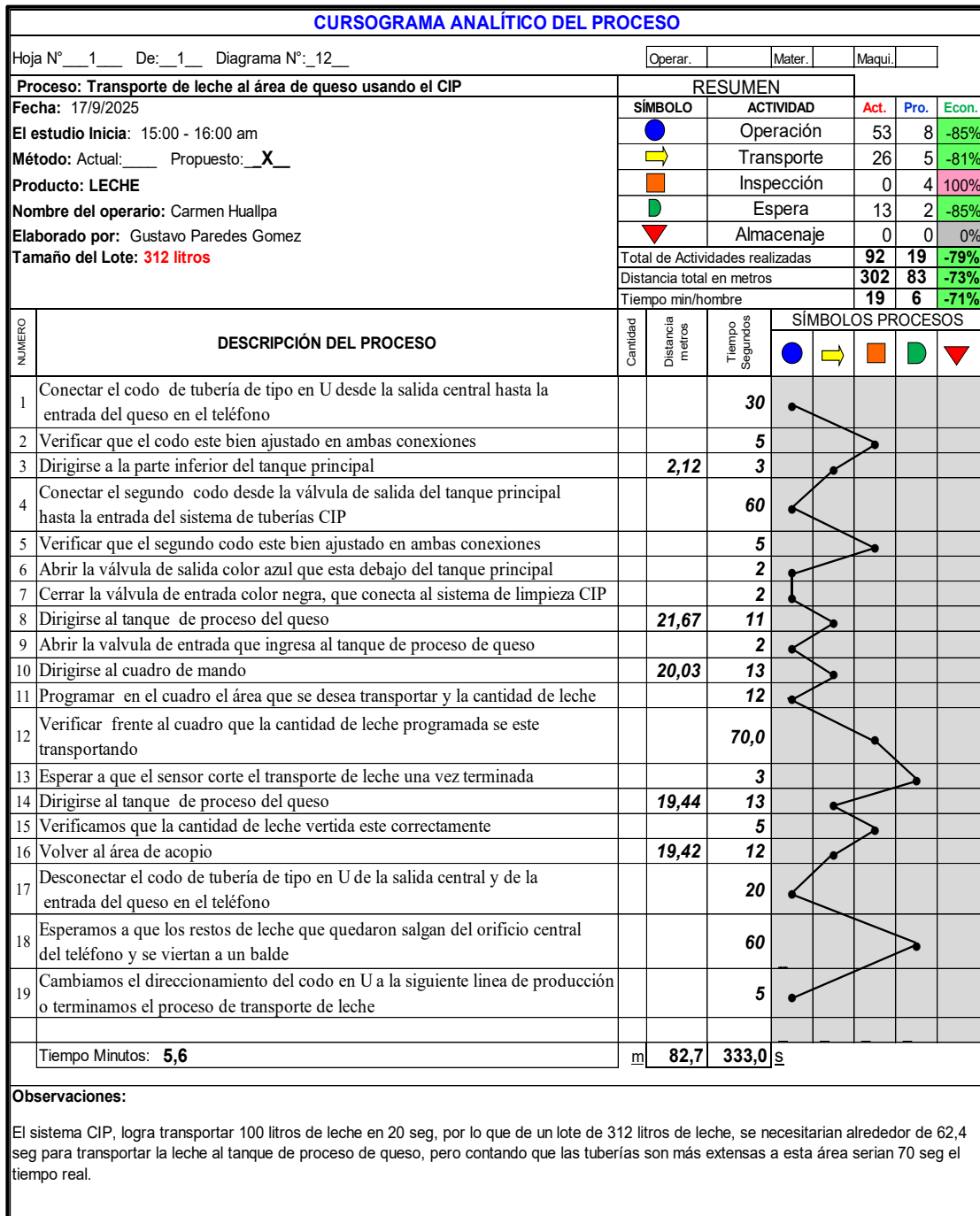


Fuente y Elaboración: Propia.

El gráfico muestra que la propuesta de transporte de leche del área de yogur logra una reducción significativa en todas las variables comparadas con la situación actual. Se observa una disminución en el número total de actividades, la distancia recorrida y el tiempo empleado por persona, lo que indica una mayor optimización del proceso, mayor eficiencia y ahorro en recursos humanos y físicos.

5.5.2.3 Cursograma Analítico Propuesto para el transporte de leche por tubería/CIP para el área de queso

Figura 38 *Cursograma Analítico Propuesto para el proceso de Transporte de leche por Tubería/CIP para el Área de Queso*



5.5.2.4 Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de queso

Figura 39 Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Queso

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO					
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __12__			Operar.	Mater.	Maqui.
Proceso: Transporte de leche al área de queso usando el CIP		RESUMEN			
Fecha: 17/9/2025	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
El estudio Inicia: 15:00 - 16:00 am		Operación	53	8	-85%
Método: Actual: __ Propuesto: _X_		Transporte	26	5	-81%
Producto: LECHE		Inspección	0	4	100%
Nombre del operario: Carmen Hualpa		Espera	13	2	-85%
Elaborado por: Gustavo Paredes Gomez		Almacenaje	0	0	0%
Tamaño del Lote: 312 litros	Total de Actividades realizadas		92	19	-79%
	Distancia total en metros		302	83	-73%
	Tiempo min/hombre		19	6	-71%

Fuente y Elaboración: Propia.

Interpretación:

Operación (-85%): Indica que las actividades de operación se han optimizado, reduciendo el tiempo necesario en un 85% (de 53 a 8), lo que refleja eficiencia en esta etapa.

Transporte (-81%): Indica que las actividades de transporte también han mejorado significativamente, con una reducción del 81% (de 26 a 5) en tiempo.

Inspección (100%): Indica que no ha habido mejora en las actividades de inspección, manteniéndose en el mismo nivel, lo que puede significar un área crítica que requiere atención.

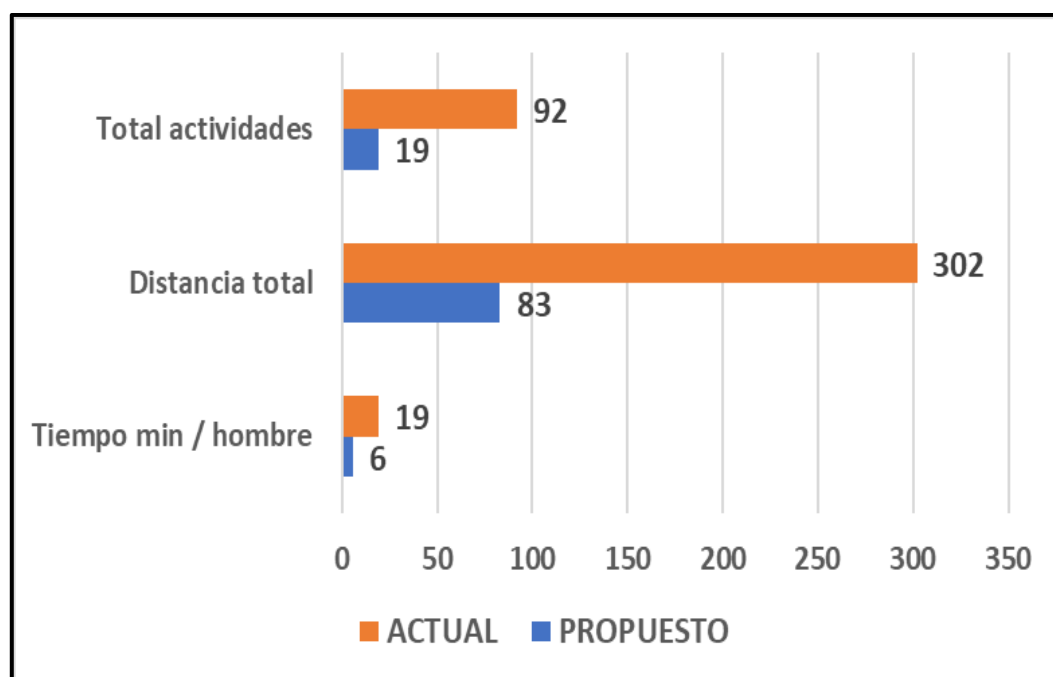
Espera (-85%): Indica que el tiempo de espera ha disminuido en un 85% (de 13 a 2), lo que indica un flujo más ágil en el proceso.

Total, de actividades realizadas (-79%): Indica que la carga de trabajo o cantidad de actividades ha sido optimizada en un 79% (de 92 a 19), reduciendo pasos innecesarios.

Distancia en metros (-73%): La distancia recorrida en el proceso se ha reducido un 73% (de 302 a 83), lo que representa un ahorro importante de tiempo y esfuerzo en transporte.

Tiempo min/hombre (-71%): Refleja que el tiempo por trabajador se ha reducido en un 71%, (de 19 a 6), mejorando la productividad general.

Figura 40 Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Queso

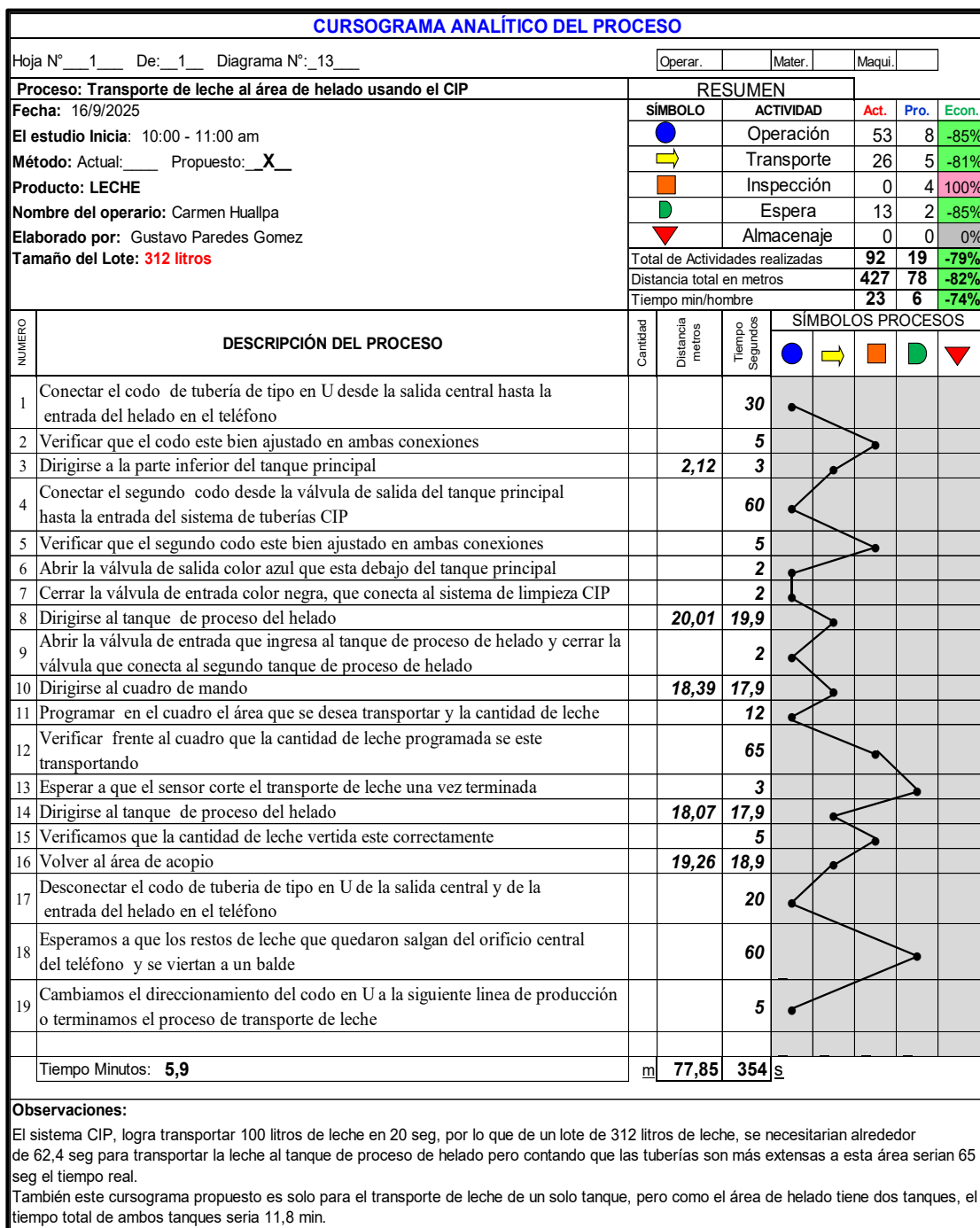


Fuente y Elaboración: Propia.

El gráfico muestra que la propuesta de transporte de leche del área de queso logra una reducción significativa en todas las variables comparadas con la situación actual. Se observa una disminución en el número total de actividades, la distancia recorrida y el tiempo empleado por persona, lo que indica una mayor optimización del proceso, mayor eficiencia y ahorro en recursos humanos y físicos.

5.5.2.5 Cursograma Analítico Propuesto para el transporte de leche por tubería/CIP para el área de helado

Figura 41 Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Helado



5.5.2.6 Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de helado

Figura 42 Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Helado

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO					
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __13__			Operar.	Mater.	Maqui.
Proceso: Transporte de leche al área de helado usando el CIP		RESUMEN			
Fecha: 16/9/2025		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro. Econ.
El estudio Inicia: 10:00 - 11:00 am			Operación	53	8 -85%
Método: Actual: __ Propuesto: __X__			Transporte	26	5 -81%
Producto: LECHE			Inspección	0	4 100%
Nombre del operario: Carmen Hualpa			Espera	13	2 -85%
Elaborado por: Gustavo Paredes Gomez			Almacenaje	0	0 0%
Tamaño del Lote: 312 litros		Total de Actividades realizadas		92	19 -79%
		Distancia total en metros		427	78 -82%
		Tiempo min/hombre		23	6 -74%

Fuente y Elaboración: Propia.

Interpretación:

Operación (-85%): Indica que las actividades de operación se han optimizado, reduciendo el tiempo necesario en un 85% (de 53 a 8), lo que refleja eficiencia en esta etapa.

Transporte (-81%): Indica que las actividades de transporte también han mejorado significativamente, con una reducción del 81% (de 26 a 5) en tiempo.

Inspección (100%): Indica que no ha habido mejora en las actividades de inspección, manteniéndose en el mismo nivel, lo que puede significar un área crítica que requiere atención.

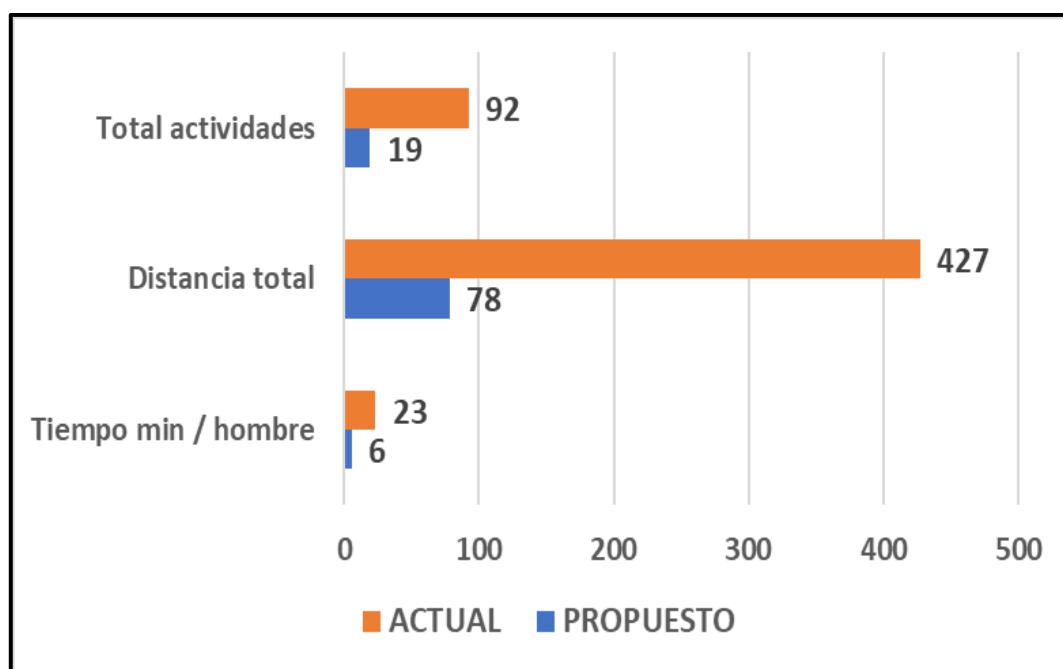
Espera (-85%): Indica que el tiempo de espera ha disminuido en un 85% (de 13 a 2), lo que indica un flujo más ágil en el proceso.

Total, de actividades realizadas (-79%): Indica que la carga de trabajo o cantidad de actividades ha sido optimizada en un 79% (de 92 a 19), reduciendo pasos innecesarios.

Distancia en metros (-82%): La distancia recorrida en el proceso se ha reducido un 82% (de 427 a 78), lo que representa un ahorro importante de tiempo y esfuerzo en transporte.

Tiempo min/hombre (-74%): Refleja que el tiempo por trabajador se ha reducido en un 74%, (de 23 a 6), mejorando la productividad general.

Figura 43 *Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Helado*

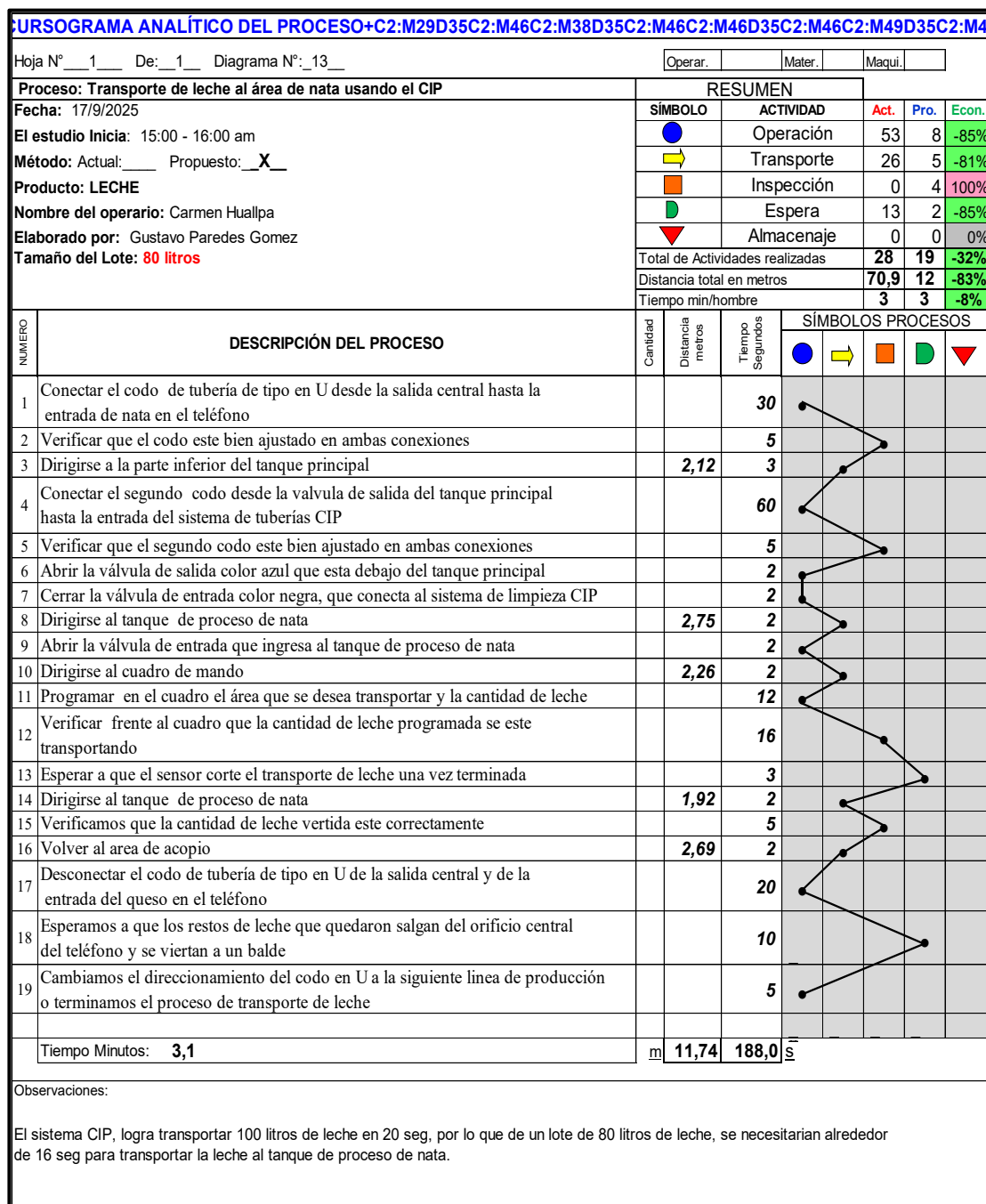


Fuente y Elaboración: Propia.

El gráfico muestra que la propuesta de transporte de leche del área de helado logra una reducción significativa en todas las variables comparadas con la situación actual. Se observa una disminución en el número total de actividades, la distancia recorrida y el tiempo empleado por persona, lo que indica una mayor optimización del proceso, mayor eficiencia y ahorro en recursos humanos y físicos.

5.5.2.7 Cursograma Analítico Propuesto para el transporte de leche por tubería/CIP para el área de nata

Figura 44 Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Nata



5.5.2.8 Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de nata

Figura 45 Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Nata

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO					
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __13__			Operar.	Mater.	Maqui.
Proceso: Transporte de leche al área de nata usando el CIP			RESUMEN		
Fecha: 17/9/2025			SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act. Pro. Econ.
El estudio Inicia: 15:00 - 16:00 am				Operación	53 8 -85%
Método: Actual: __ Propuesto: _X_				Transporte	26 5 -81%
Producto: LECHE				Inspección	0 4 100%
Nombre del operario: Carmen Huallpa				Espera	13 2 -85%
Elaborado por: Gustavo Paredes Gomez				Almacenaje	0 0 0%
Tamaño del Lote: 80 litros			Total de Actividades realizadas		28 19 -32%
			Distancia total en metros		70,9 12 -83%
			Tiempo min/hombre		3 3 -8%

Fuente y Elaboración: Propia.

Interpretación:

Operación (-85%): Indica que las actividades de operación se han optimizado, reduciendo el tiempo necesario en un 85% (de 53 a 8), lo que refleja eficiencia en esta etapa.

Transporte (-81%): Indica que las actividades de transporte también han mejorado significativamente, con una reducción del 81% (de 26 a 5) en tiempo.

Inspección (100%): Indica que no ha habido mejora en las actividades de inspección, manteniéndose en el mismo nivel, lo que puede significar un área crítica que requiere atención.

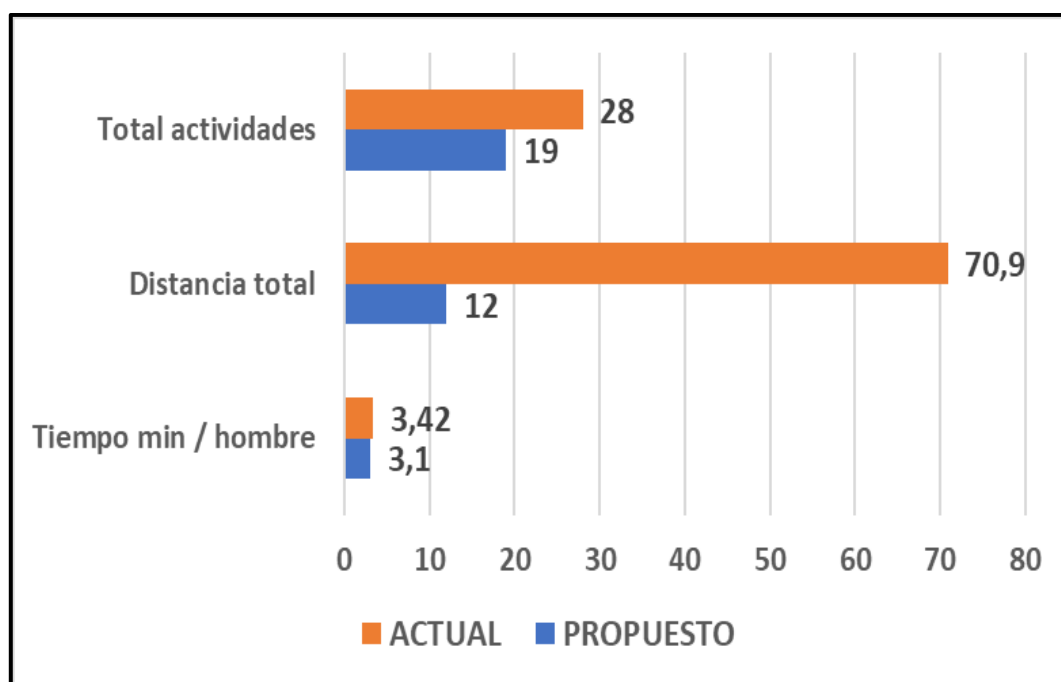
Espera (-85%): Indica que el tiempo de espera ha disminuido en un 85% (de 13 a 2), lo que indica un flujo más ágil en el proceso.

Total, de actividades realizadas (-32%): Indica que la carga de trabajo o cantidad de actividades ha sido optimizada en un 32% (de 28 a 19), reduciendo pasos innecesarios.

Distancia en metros (-83%): La distancia recorrida en el proceso se ha reducido un 83% (de 70,9 a 12), lo que representa un ahorro importante de tiempo y esfuerzo en transporte.

Tiempo min/hombre (-8%): Refleja que el tiempo por trabajador se ha reducido en un 8%, (de 3,42 a 3,1), mejorando la productividad general.

Figura 46 Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Nata



Fuente y Elaboración: Propia.

El gráfico muestra que la propuesta de transporte de leche del área de nata logra una reducción significativa en todas las variables comparadas con la situación actual. Se observa una disminución en el número total de actividades, la distancia recorrida y el tiempo empleado por persona, lo que indica una mayor optimización del proceso, mayor eficiencia y ahorro en recursos humanos y físicos.

5.5.3 Tiempo total de Transporte de leche usando el sistema CIP

Del análisis de los tiempos recopilados en los cursogramas analíticos propuestos nos da como resultado un tiempo total de 19,9 minutos en el proceso de transporte de leche usando el sistema CIP.

En la siguiente tabla se detallan los tiempos en cada área de producción:

Tabla 25 *Tiempo total del Transporte de leche con el uso del CIP*

Descripción	Tiempo (min)
Área de yogur	5,2
Área de queso	5,6
Área de helado	5,9
Nata	3,1
Total	19,9

Fuente: Elaboración propia.

La reducción del tiempo en porcentaje será:

- Tiempo del transporte de leche con el método manual: 59,22 minutos
- Tiempo del transporte de leche con el sistema CIP: 19,9 minutos

$$\text{Reducción (\%)} = \frac{\text{Tiempo manual} - \text{Tiempo CIP}}{\text{Tiempo manual}} \times 100$$

$$\text{Reducción (\%)} = \frac{59,22 - 19,9}{59,22} \times 100$$

$$\text{Reducción} = \mathbf{66,39 \%}$$

5.6 Indicadores

Continuando con el marco de las propuestas del presente proyecto, se propone la implementación de un sistema de indicadores clave de desempeño KPIs que permitirá medir de manera objetiva, cuantitativa los avances logrados en la optimización del transporte de leche.

Estos indicadores han sido seleccionados estratégicamente para evaluar los aspectos más críticos del proceso, considerando tanto la eficiencia operativa como la calidad del producto. La integración de estos indicadores dentro de la gestión de la planta responde a la necesidad de contar con herramientas confiables que apoyen la toma de decisiones, faciliten el seguimiento de los resultados y permitan comparar escenarios antes y después de la intervención propuesta.

Los indicadores definidos abordan dimensiones esenciales del proceso, como el tiempo promedio de transporte de leche, el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo, el nivel de capacitación del personal y la reducción de mermas generadas en las operaciones de traslado. Cada indicador cuenta con su respectiva fórmula de cálculo, unidad de medición, meta esperada y su frecuencia de evaluación, lo que garantiza un monitoreo sistemático y estandarizado.

De esta manera la planta puede identificar rápidamente desviaciones, validar mejoras operativas y asegurar que los cambios implementados realmente contribuyen a elevar el rendimiento del proceso. Asimismo, estos indicadores permiten vincular directamente la eficiencia técnica con los resultados económicos, al reducir tiempos improductivos y minimizar errores. En conjunto la aplicación de los KPIs propuestos permitirá cuantificar de forma precisa el impacto de la optimización del sistema de transporte, garantizando la eficiencia, la calidad y la competitividad de la planta en el corto, mediano y largo plazo.

Tabla 26 Propuesta de Indicadores KPIs

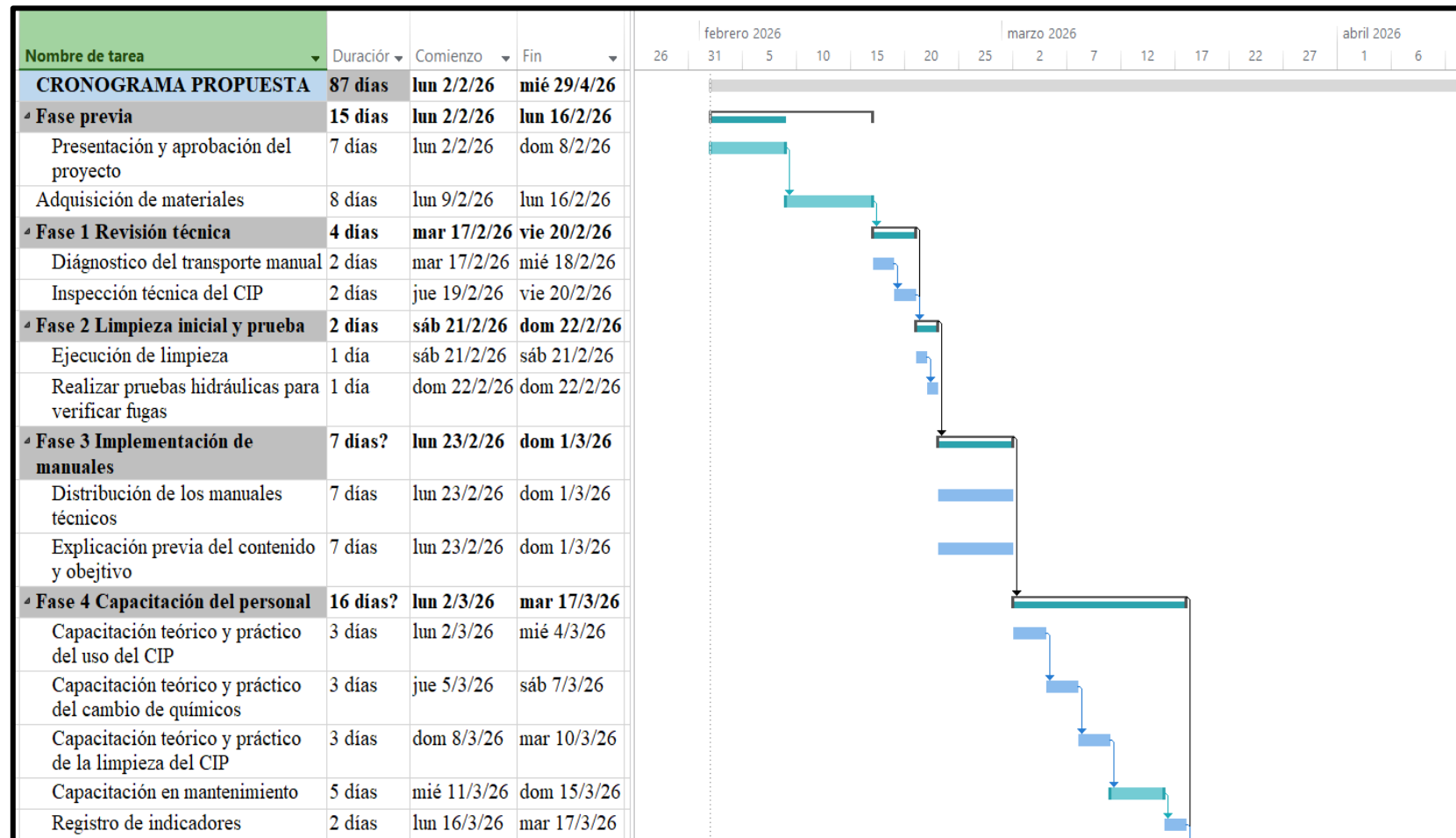
Objetivo específico	Indicador (KPI)	Fórmula o método de medición	Unidad	Meta esperada	Frecuencia
Optimizar el sistema de transporte de leche	TP= Tiempo promedio de transporte de leche	$TP = \frac{\text{Tiempo total de transporte}}{\text{Nº de viajes}}$	Minutos	Reducción del tiempo en 50%	Mensual
Evaluar reducción de tiempos de transporte en las líneas de producción al usar el CIP	%RTI= Porcentaje de reducción de tiempos de transporte en líneas de producción	$\%RTI = \frac{\text{Tiempo Manual}-\text{Tiempo CIP}}{\text{Tiempo Manual}} * 100$	%	Alcanzar un nivel de reducción $\geq 60\%$	Diaria
Asegurar el mantenimiento preventivo	%CM= Cumplimiento del plan de mantenimiento	$\%CM = \frac{\text{Tareas ejecutadas}}{\text{Tareas programadas}} * 100$	%	$\geq 95\%$ de las tareas del plan de mantenimiento	Mensual
Capacitar al personal en el uso del sistema CIP	NC= Número de capacitaciones	NC= Cantidad de capacitaciones realizadas	Capacitaciones	≥ 4 capacitaciones al año 100%	Tras capacitación inicial, luego semestral
Reducir las mermas de leche durante el transporte de leche	%RM= Porcentaje de reducción de mermas	$\%RM = \frac{\text{Mermas con mét manual}-\text{Mermas con CIP}}{\text{Mermas con mét manual}} * 100$	%	$\geq 80\%$ de reducción de mermas respecto al método manual	Diario/semanal durante la fase piloto; mensual después de implementación

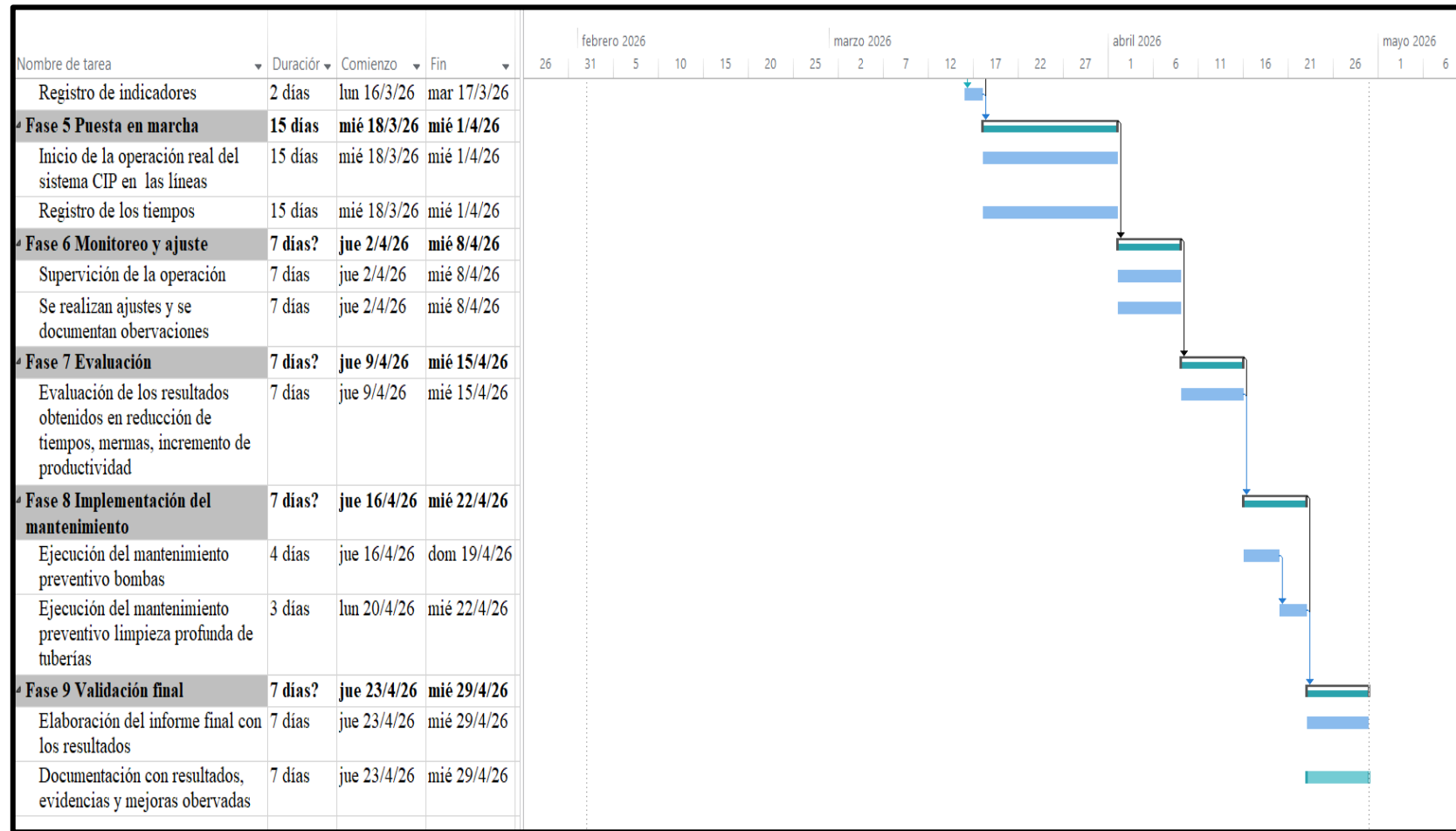
Fuente: Elaboración propia.

5.7 Cronograma de implementación de la propuesta

Figura 47

Cronograma de implementación de la propuesta





Fuente y Elaboración: Propia.

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS ECONÓMICO Y
FINANCIERO

6 Análisis económico

6.1 Introducción

En el presente capítulo se tiene como finalidad realizar el análisis económico correspondiente a la optimización del sistema de transporte de leche, mediante el uso del CIP en la planta Lactes Cayara. Este análisis busca determinar la viabilidad económica de la propuesta a través de la aplicación de herramientas de evaluación financiera.

Para ello se consideran los costos asociados a la capacitación del personal operativo en el uso adecuado del sistema, así como los gastos destinados al mantenimiento preventivo y a la gestión eficiente de los recursos utilizados durante el proceso de limpieza. De igual manera se contempla el impacto positivo que se genera en la calidad del producto y en la disminución por contaminación cruzada o reprocesos, a partir de estos elementos se realiza la evaluación comparativa de los escenarios antes y después de la implementación de la propuesta de optimización.

Para demostrar la rentabilidad del proyecto, se calcularán dos indicadores de Retorno sobre la Inversión (ROI), uno relacionado con el ahorro generado por la disminución de mermas y ahorro en mano de obra, y el otro derivado del incremento logrado gracias al uso del sistema. Estos cálculos permitirán estimar los beneficios económicos obtenidos y la efectividad de la propuesta de optimización.

6.2 Identificación de los Costos

Para realizar el análisis económico del proyecto, es necesario identificar y clasificar los costos en las siguientes categorías principales:

6.2.1 Costos de inversión

Para los costos de inversión se realizó un análisis detallado de los diferentes costos asociados al proyecto. Este análisis considera los gastos en materiales, mantenimiento inicial, mano de obra, insumos y otros elementos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

A continuación, se presentan de manera individual los costos de cada uno, con el fin de brindar una visión clara y precisa de la inversión requerida.

6.2.1.1 Costos de material y papelería

Estos costos están relacionados con los materiales de escritorio y papelería necesarios para llevar a cabo la capacitación de los operarios, para la correcta ejecución de los módulos de formación.

Tabla 27 *Costos de Material y Papelería*

Nº	Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
1	Proyector	Unidad	1	1.000,00	1.000,00
2	Resma de papel bond A4	Resma	1	40,00	40,00
3	Lapiceros	Piezas	6	4,00	24,00
4	Carpetas con anillo	Piezas	5	32,00	160,00
5	Marcadores o resaltadores	Set	5	12,00	60,00
6	Tableros	Piezas	5	15,00	75,00
7	Cartuchos de tinta negro y color	Cartucho	2	80,00	160,00
8	Otros	Piezas			25,00
Total					1.544,00

Fuente: Investigación de mercado local.

Elaboración: Propia.

6.2.1.2 Costos de los EPP

Se analizaron los costos asociados a la adquisición de los equipos de protección personal para que los operarios puedan trabajar de manera segura durante el manejo y limpieza del sistema.

Tabla 28 *Costo de Equipos de protección personal EPP*

Nº	Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
1	Gafas de protección	Piezas	5	80,00	400,00
2	Bata de laboratorio	Piezas	5	155,00	775,00
3	Guantes de protección química	Piezas	5	56,00	280,00
4	Mascarilla o respirador	Piezas	1	30,00	30,00
5	Cofias	Caja	1	30,00	30,00
6	Guantes de Látex	Caja	1	40,00	40,00
Total					1.555,00

Fuente: Tienda de vestimenta de trabajo Laburo Seguro Potosí.

Elaboración: Propia.

6.2.1.3 Costo Mantenimiento inicial

Se tomó en cuenta todos los accesorios, piezas, insumos para la puesta en marcha del sistema y correcto funcionamiento inicial del sistema CIP. Esto incluye los componentes mecánicos, conexiones, válvulas, sellos, así como los insumos químicos para la limpieza y los complementarios requeridos para iniciar y mantener las operaciones.

La valoración de estos costos permite garantizar la disponibilidad de todos los elementos críticos, asegurando su funcionamiento seguro y eficiente.

Tabla 29*Costo Mantenimiento inicial*

Nº	Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
1	Válvula sanitaria mariposa	Pieza	2	180,00	360,00
2	Abrazaderas sanitarias	Pieza	6	50,00	300,00
3	Gomitas / Juntas sanitarias	Pieza	7	10,00	70,00
4	Aceite Lubricante	Litro	1	40,00	40,00
5	Grasa para rodamientos	Kg	0,5	40,00	20,00
6	Detergente	Litro	1	55,00	55,00
7	Esponjas	Unidad	8	15,00	120,00
8	Cepillos limpieza de tuberías	Unidad	4	20,00	80,00
9	Papel toalla	Unidad	2	10,00	20,00
10	Otros				100,00
Total					1.165,00

Fuente: Precios referenciales vía internet de Tienda de Válvulas de FFD y accesorios Cochabamba.

Elaboración: Propia.

6.2.1.4 Costo Insumos Químicos

Se analizaron los costos de los insumos químicos requeridos para la operación y limpieza del sistema, con el objetivo de asegurar que los procesos se lleven de manera eficiente y cumpliendo con los estándares de higiene.

Entre estos insumos se consideraron la soda cáustica y el ácido cítrico, los cuales son esenciales para mantener la limpieza adecuada de las superficies y tuberías, para garantizar la limpieza eficiente y segura conforme a los estándares de higiene durante las operaciones.

Tabla 30*Costo Insumos Químicos*

Nº	Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
1	Soda Cáustica	Kg	4	38,00	76,00
2	Ácido Cítrico	Kg	4	38,50	154,00
Total					230,00

Fuente: Tienda Laboratorio químico Castro SRL Potosí.

Elaboración: Propia.

6.2.1.5 Costo Mano de obra

Se analizó los costos asociados a la mano de obra, para el costo de la capacitación no se tomó el monto, debido a que la capacitación será llevada a cabo por el jefe de planta de la empresa, por lo que este costo ya viene incluido en su sueldo, pero se está tomando en cuenta el costo por los honorarios de un técnico.

Tabla 31*Costo Mano de obra*

Nº	Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
1	Mano de obra externo (Técnico)	Hora	6	333,00	2.000,00
Total					2.000,00

Fuente: Análisis propio.

Elaboración: Propia

6.2.1.6 Total Costo Inversión Inicial

De todos los costos analizados, en la siguiente tabla se muestra el total del costo de la inversión inicial más algunos costos adicionales.

Tabla 32*Costo de la inversión*

Nº	Ítem	Costos Total (Bs)
1	Costo Material y Papelería	1.544,00
2	Costo Equipos de Protección Personal	1.555,00
3	Costo Mantenimiento inicial	1.165,00
4	Costo Insumos Químicos	230,00
5	Costo Mano de obra	2.000,00
6	Energía eléctrica y agua	400,00
7	Señalización y rotulación de seguridad	300,00
8	Impresión de manuales técnicos	500,00
9	Transporte y logística	200,00
10	Permisos/licencias	300,00
11	Contingencias	450,00
Total		8.644,00

Fuente: Análisis propio.

Elaboración: Propia

El costo total de la inversión inicial nos da un costo de inversión total de 8.644,00 Bs.

6.3 Identificación de los beneficios

Con el proyecto propuesto de optimización se generarán una serie de beneficios que impactan directamente en la eficiencia y productividad de la planta.

Entre los principales beneficios se encuentran:

6.3.1 Beneficio en ahorro en mano de obra

La optimización del sistema de transporte con el uso del CIP, reduce el tiempo total del proceso del transporte de leche de 59,22 min a 19,9 min. Esta reducción de tiempo implica un ahorro en el costo de la mano de obra, permitiendo que los operarios puedan dedicar sus horas a otras tareas productivas.

El cálculo del beneficio se detalla en el **Anexo: 22** Cálculo del beneficio en ahorro en mano de obra.

6.3.2 Beneficio en ahorro por reducción de mermas

Otro beneficio esperado es reducir las mermas por derrame de leche durante el transporte manual, esta reducción de pérdidas genera un beneficio económico directo al aprovechar de manera más eficiente esta materia prima.

El cálculo del beneficio se detalla en el **Anexo: 23** Cálculo del beneficio en ahorro por reducción de mermas.

6.3.3 Beneficio por incremento productivo

Este beneficio se genera gracias a la reducción del tiempo de transporte de leche, esto permite a los operarios destinar más tiempo en la producción de los productos, lo que lleva a que exista un incremento en la capacidad de producción por lote.

El cálculo del incremento de los cuatro productos importantes de Lácteos Cayara se detallan en el **Anexo 24:** Cálculo del beneficio por incremento productivo.

En la siguiente tabla se observa una comparación de la productividad actual de los productos con el incremento productivo que se tendrían con el sistema CIP.

Tabla 33 *Tabla comparativo de la producción con el incremento productivo*

Producto	Producción actual (semana)	Producción con CIP (semana)	Incremento (unidades/sem)	% Mejora
Yogur	360 botellas	419 botellas	59	16,39%
Queso fresco	230 unidades	239 unidades	9	3,91%
Helado	26.640 unidades	31.548 unidades	4.908	18,42%
Nata	78 unidades	81 unidades	3	3,84%

Fuente: Análisis propio.

Elaboración: Propia.

6.3.4 Beneficio Total

El beneficio total estimado en relación al análisis hecho sobre el ahorro será de 13.597,71 Bs y el beneficio total en relación al incremento productivo será de 36.753,6 Bs. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 34 *Beneficio Total*

Beneficio Total en ahorro			
Nº	Ítem		Beneficio Total (Bs/año)
1	Ahorro en mano de obra		2.647,71
2	Reducción de mermas		10.950,00
Total			13.597,71
Beneficio Total en incremento productivo			
3	Incremento productivo	Botellas de yogur	9.204,00
		Unidades de queso	1.404,00
		Unidades de helados	25.521,60
		Unidades de nata	624,00
Total			36.753,6

Fuente: Análisis propio.

Elaboración: Propia.

6.4 Análisis Financiero

Realizado el análisis de los costos y beneficios del proyecto, se procede a realizar el análisis financiero mediante la determinación del Retorno de la Inversión ROI en ahorros y el incremento productivo.

6.4.1 Retorno sobre la Inversión (ROI) en ahorros

El retorno de la inversión es un indicador financiero que mide la rentabilidad del proyecto en relación con el monto invertido. Permite determinar cuánto beneficio neto se obtiene por cada unidad monetaria invertida, por lo que para este cálculo se considera los beneficios económicos generados el ahorro en mano de obra y mermas por derrame por la optimización del sistema de transporte, en comparación con los costos totales de la inversión, se tiene el siguiente cálculo:

$$ROI = \frac{\text{Beneficio Total} - \text{Inversión Total}}{\text{Inversión Total}} \times 100$$

$$ROI = \frac{13.597,71 - 8.644}{8.644} \times 100$$

$$ROI = 0,57 \times 100 = \mathbf{57\%}$$

El resultado del ROI fue de 0,57 lo que significa que por cada boliviano invertido se obtiene un beneficio adicional de 0,57 Bs. Este valor nos indica que la inversión realizada genera ganancias, demostrando así que el proyecto es rentable y viable.

6.4.2 Retorno sobre la Inversión (ROI) en incremento productivo

En cuanto al beneficio neto que se obtiene por cada unidad monetaria invertida, generados por el incremento de unidades adicionales de productos por la optimización del sistema de transporte, se tiene el siguiente cálculo:

$$ROI = \frac{36.753,6 - 8.644}{8.644} \times 100$$

$$ROI = 3,25 \times 100 = \mathbf{325\%}$$

El resultado del ROI fue de 3,25 lo que significa que por cada boliviano invertido se obtiene un beneficio adicional de 3,25 Bs. Este valor es alto debido al beneficio generado por el incremento en la producción de productos adicionales, lo que aumenta significativamente los ingresos sin requerir una inversión proporcionalmente mayor.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

7 Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Los resultados obtenidos a partir del análisis técnico, permiten concluir que el método manual de transporte de leche presenta importantes limitaciones operativas, evidenciadas en tiempos excesivos, recorridos repetitivos, esfuerzo físico del personal, riesgos por derrames del producto y la variabilidad en la calidad del proceso. Estas deficiencias demuestran que dicho método no es adecuado para garantizar eficiencia, control y seguridad en la operación, resaltando la necesidad de adoptar soluciones tecnológicas como el sistema CIP para asegurar un proceso más óptimo y productivo.
- Se concluye que la optimización del sistema de transporte de leche actual con la puesta en marcha del sistema CIP en Lácteos Cayara de la ciudad de Potosí, evidencia una mejora significativa en la eficiencia operativa, al reducir el tiempo de transporte de leche de 59,2 a 19,9 minutos, que representa una reducción del 66,39 %, esto no solo agiliza los procesos productivos, también permite aumentar la capacidad de producción diaria, optimizar los recursos humanos y reducir las pérdidas por derrames de leche.
- El análisis y evaluación realizado del sistema de tuberías CIP, en cuanto a sus elementos y su situación actual, permitió identificar deficiencias técnicas y oportunidades de mejora en el flujo de transporte de leche, evidenciando de esta manera que su puesta en marcha traerá beneficios óptimos a la planta de Lácteos Cayara de la ciudad de Potosí.
- Los hallazgos obtenidos mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos, como los cursogramas analíticos y diagramas lograron identificar tareas repetitivas, movimientos innecesarios y tiempos improductivos dentro del proceso de transporte de leche manual en las cuatro líneas de producción, lo que facilitó rediseñar los flujos de trabajo bajo un enfoque técnico,

permitiendo establecer estándares de operación más precisos y contribuir a un entorno de trabajo más ordenado y eficiente.

- La elaboración de los manuales técnicos propuestos para el funcionamiento y limpieza del sistema CIP, garantizan la uniformidad de los procedimientos y la reducción de errores humanos, también el desarrollo de los instructivos de mantenimiento preventivo contribuye a disminuir los paros no programados, prolongar su vida útil y reducir los costos asociados a reparaciones correctivas. Asimismo, la elaboración del material de capacitación para el uso y mantenimiento del sistema CIP, organizado en dos módulos, contribuyen como una herramienta clave para fortalecer las competencias técnicas y de seguridad laboral del personal, facilitando la adaptación al cambio tecnológico y promoviendo una cultura de mejora continua.
- Se establecieron indicadores de desempeño para monitorear la eficiencia, productividad y calidad del transporte de leche, permitiendo evaluar de manera objetiva los resultados esperados y orientar las acciones de mejora continua.
- Los resultados financieros del ROI del proyecto reflejan un retorno positivo de la inversión inicial, sustentado primeramente en los beneficios por la reducción de costos por la mano de obra y el ahorro en pérdidas por derrames de leche, dándonos un retorno favorable del 57%. Asimismo, el beneficio por el aumento de la productividad adicional, dándonos un retorno del 325%.
- Se concluye que la empresa Lácteos Cayara de la ciudad de Potosí fortalece su posición en el sector lácteo al optimizar sus procesos internos, incorporar equipos innovadores y contribuir al desarrollo económico de la región potosina, consolidándose como una empresa competitiva y con potencial de crecimiento gracias a su compromiso con la calidad y su imagen ante clientes, proveedores y autoridades.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda que la empresa Lácteos Cayara adopte formalmente los manuales técnicos desarrollados, asegurando su aplicación en las operaciones diarias. Esto permitirá mantener la uniformidad de las actividades, reducir el margen de error humano y garantizar la inocuidad de los productos.
- Se sugiere establecer un programa recurrente en la capacitación técnica dirigido a todo el personal operativo, con énfasis en el manejo del sistema CIP. Este programa permitirá reforzar los conocimientos adquiridos, consolidar habilidades en su uso y mantenimiento y asegurar que el personal continúe actualizándose y mejorando.
- Se recomienda incorporar el análisis económico como herramienta central para la toma de decisiones y orientar a futuras inversiones, ya que este permite identificar los beneficios asociados a la reducción de los costos operativos, la mejora de la seguridad y el bienestar del personal, además de sustentar técnicamente las mejoras propuestas.
- Dado los resultados obtenidos con la optimización del sistema CIP, se sugiere aplicar metodologías similares de análisis y mejora continua en otros procesos productivos de la empresa, como en los procesos de envasado, refrigeración y almacenamiento, consolidando de esta manera una mayor eficiencia industrial.
- Se recomienda fomentar dentro de la empresa una cultura orientada a la innovación, la calidad y mejora permanente en donde los trabajadores se sientan parte activa del proceso de cambio, contribuyendo con propuestas e ideas.
- Se recomienda realizar auditorías internas trimestrales del sistema CIP para verificar el cumplimiento de los procedimientos en operación, limpieza y mantenimiento, identificado desviaciones y oportunidades de mejora.
- Se recomienda implementar un sistema de gestión documental que permita controlar las versiones de los manuales, instructivos y procedimientos operativos, garantizando que el personal siempre utilice la información actualizada.