

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

#### **1.1.1 Antecedentes Internacionales**

El proyecto desarrollado por (Torrejon, 2022) en la Universidad Nacional del Callao Perú, tuvo como objetivo general diseñar una planta industrial para la producción de agua mineral embotellada en la provincia de Islay, región Arequipa. Los objetivos específicos incluyeron la determinación del proceso productivo, el cálculo de requerimientos técnicos y económicos, y la evaluación financiera del proyecto.

En cuanto a la metodología, se siguió un enfoque cuantitativo, aplicando herramientas de ingeniería industrial como el diseño de planta, balances de materia, estudio de tiempos y movimientos, así como análisis de costos y presupuestos. Entre las herramientas utilizadas destacan diagramas de flujo de procesos, layout de planta, matriz de evaluación económica y análisis de rentabilidad.

Los resultados obtenidos mostraron la factibilidad del proyecto, estableciendo una capacidad de producción mensual de 4,000 litros de agua mineral embotellada, con una inversión inicial recuperable en un periodo de cinco años y una TIR (Tasa Interna de Retorno) favorable para los inversionistas. Se identificaron además factores críticos de éxito relacionados con la ubicación estratégica cerca de una fuente natural de agua y la implementación de maquinaria moderna.

Este trabajo aporta al proyecto presente al mostrar cómo un adecuado diseño de planta y un análisis técnico-económico completo permiten garantizar la eficiencia operativa y la viabilidad financiera de un sistema productivo. Las herramientas como los diagramas de flujo, el estudio de tiempos y movimientos, y los análisis financieros serán claves para estructurar de manera adecuada el rediseño de la línea de producción en la empresa Cascada del Sur.

### **1.1.2 Antecedentes Nacionales**

El trabajo de (Cayoja, 2019) desarrollado en la Universidad Mayor de San Andrés, propuso la creación de una empresa procesadora y comercializadora de agua de mesa denominada “La Vertiente”, ubicada en Palos Blancos, Bolivia. El objetivo principal fue diseñar un plan de negocios integral que cubriera los aspectos estratégicos, técnicos, financieros y legales de la creación de la empresa.

Se aplicó una metodología estructurada en seis fases que incluyeron: análisis estratégico (FODA), investigación de mercado mediante métodos cuantitativos y cualitativos, diseño del proceso productivo, estudio financiero, y desarrollo del marco legal y organizacional. Se usaron herramientas como pronósticos de venta, estrategias de marketing (publicidad radial y televisiva), estudio de costos unitarios y determinación del VAN y TIR.

Entre los resultados destacan la identificación de una demanda insatisfecha en la zona urbana de Palos Blancos, con potencial de expansión hacia Rurrenabaque. La propuesta incluyó la reutilización de botellones de 20 litros y la instalación de la planta cerca de la fuente de agua para reducir costos logísticos. El análisis financiero indicó rentabilidad positiva, y se definieron estructuras administrativas claras para su implementación.

Este plan de negocios será de gran utilidad como referencia para el rediseño de la línea de producción del presente proyecto, especialmente por su enfoque en el análisis del entorno, estrategias de posicionamiento de producto, estructura de costos y logística de abastecimiento desde la fuente. A pesar de tratarse de un emprendimiento nuevo, sus herramientas y estructura pueden ser adaptadas para optimizar procesos en una empresa ya establecida como Cascada del Sur.

(Mendoza, 2015) , en su proyecto presentado en la Universidad Mayor de San Andrés, realizó un análisis técnico y económico para la instalación de una planta purificadora y envasadora de agua en la zona sur de La Paz. El objetivo fue satisfacer la creciente

demanda de agua purificada en envases retornables, minimizando el impacto ambiental y garantizando la calidad del producto.

La metodología se basó en la recopilación de datos primarios mediante encuestas y observación directa, complementada con información secundaria de fuentes oficiales. Se aplicaron herramientas de análisis de mercado, estimación de la demanda, diseño del proceso productivo, análisis financiero y evaluación de impacto ambiental. Además, se realizaron simulaciones de producción y se estableció un layout para optimizar los espacios de trabajo.

Entre los resultados más relevantes se encontró una fuerte aceptación del producto en el mercado objetivo, una estimación de rentabilidad alta con bajo riesgo financiero y una reducción del uso de plásticos desechables mediante la implementación de envases retornables. Se propuso también una estrategia de distribución directa al consumidor para mejorar la fidelización.

Este proyecto es relevante para la propuesta actual ya que proporciona un ejemplo local de cómo establecer una línea de producción eficiente, con orientación hacia la sostenibilidad y reducción de residuos. Las herramientas de diseño del proceso, análisis de demanda, y evaluación de impacto pueden adaptarse directamente en el rediseño de la línea de agua de 5 litros en Cascada del Sur para optimizar su funcionamiento bajo criterios de eficiencia y responsabilidad ambiental.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA**

La planta embotelladora CASCADA DEL SUR, ubicada en la ciudad de Tarija, actualmente cuenta con 5 líneas de producción automatizadas para aguas y gaseosas. Sin embargo, la línea de producción de agua en envases de 5 litros desechables es manual y se enfrenta a desafíos importantes que impactan en la eficiencia y rentabilidad de los procesos, los problemas identificados incluyen:

**Línea desorganizada:** Debido a la demanda la empresa opto por crear la línea teniendo algunos defectos como; El proceso de embotellado, etiquetado, sellado y empaquetado

de aguas no está organizado de manera eficiente ya que no cuenta con una planificación previa adecuada, lo que ocasiona pérdidas de tiempo y recursos.

**Condiciones inadecuadas de ergonomía:** Se manifiestan a través de problemas como la manipulación manual inadecuada de las botellas con malas posturas, así como la distribución inadecuada de tareas, lo que resulta en una mayor fatiga, aumento del riesgo de lesiones laborales y pérdida de tiempo.

**Perdidas de materia prima:** La ausencia de procesos automatizados en el lavado de botellas conlleva a errores humanos, como la falta de atención por parte de los trabajadores lo que resulta en un desperdicio significativo de agua, que afecta la eficiencia y la rentabilidad del proceso.

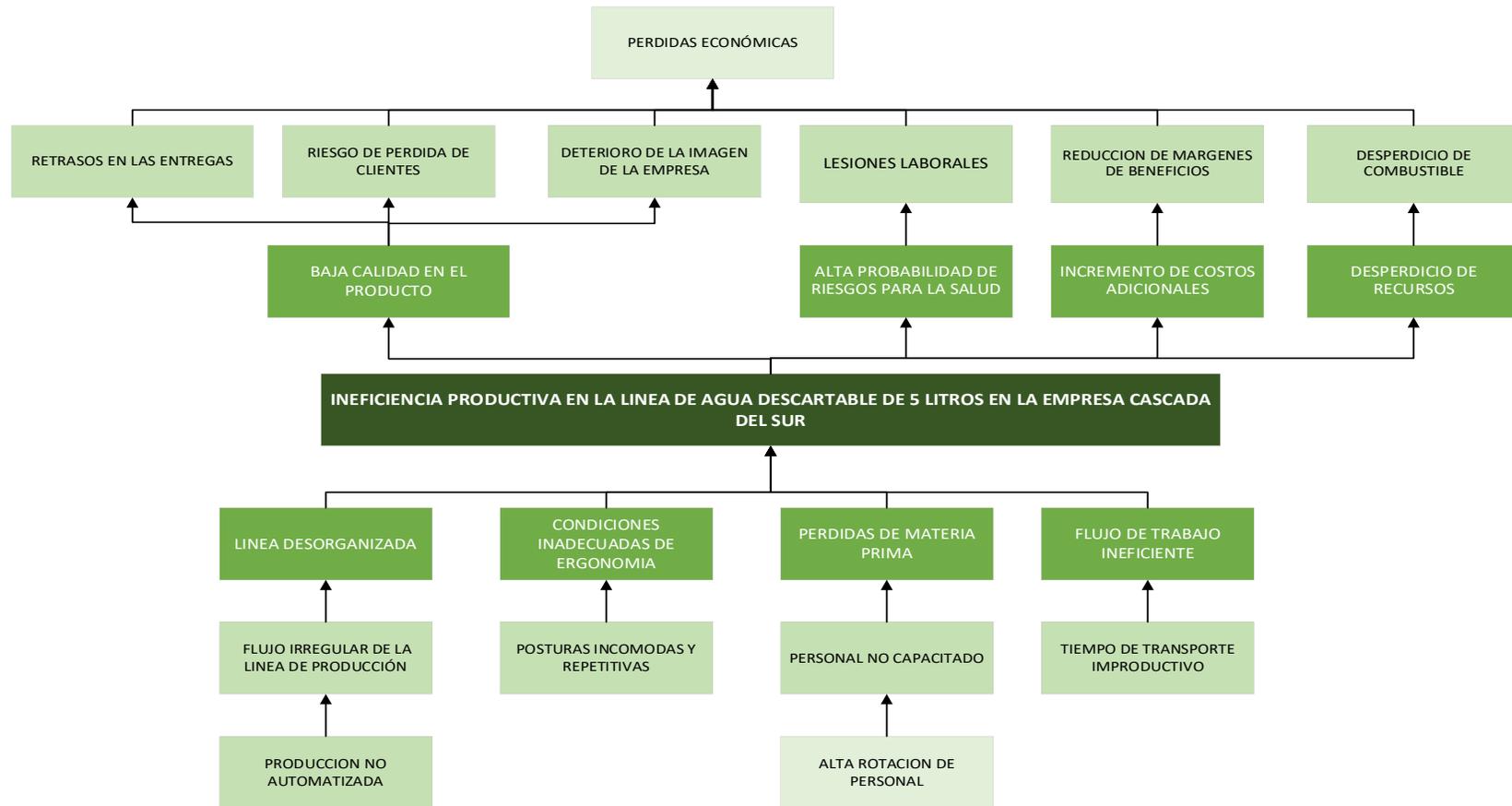
El incumplimiento de codificación previa de las tapas y la subutilización de los 5 trabajadores disponibles evidencian una ineficiencia general en la operación, lo que indica la necesidad de una mejor distribución de tareas y una mayor planificación previa.

La asignación de un mínimo de 2 personas para una producción baja resulta en una utilización ineficiente de los recursos humanos, a pesar de aumentar el número de personas a 5 cuando se necesita aumentar la producción, no se observa una mejora significativa en la eficiencia del proceso, ya que también existe una alta rotación del personal en las diferentes líneas por lo cual no tienen puestos fijos.

**Flujo de trabajo ineficiente:** La carencia de una secuencia lógica en la línea de producción conlleva a la necesidad de transportar los pallets entre diferentes etapas, lo que resulta en una pérdida de tiempo innecesaria.

### 1.2.1 Árbol de problemas

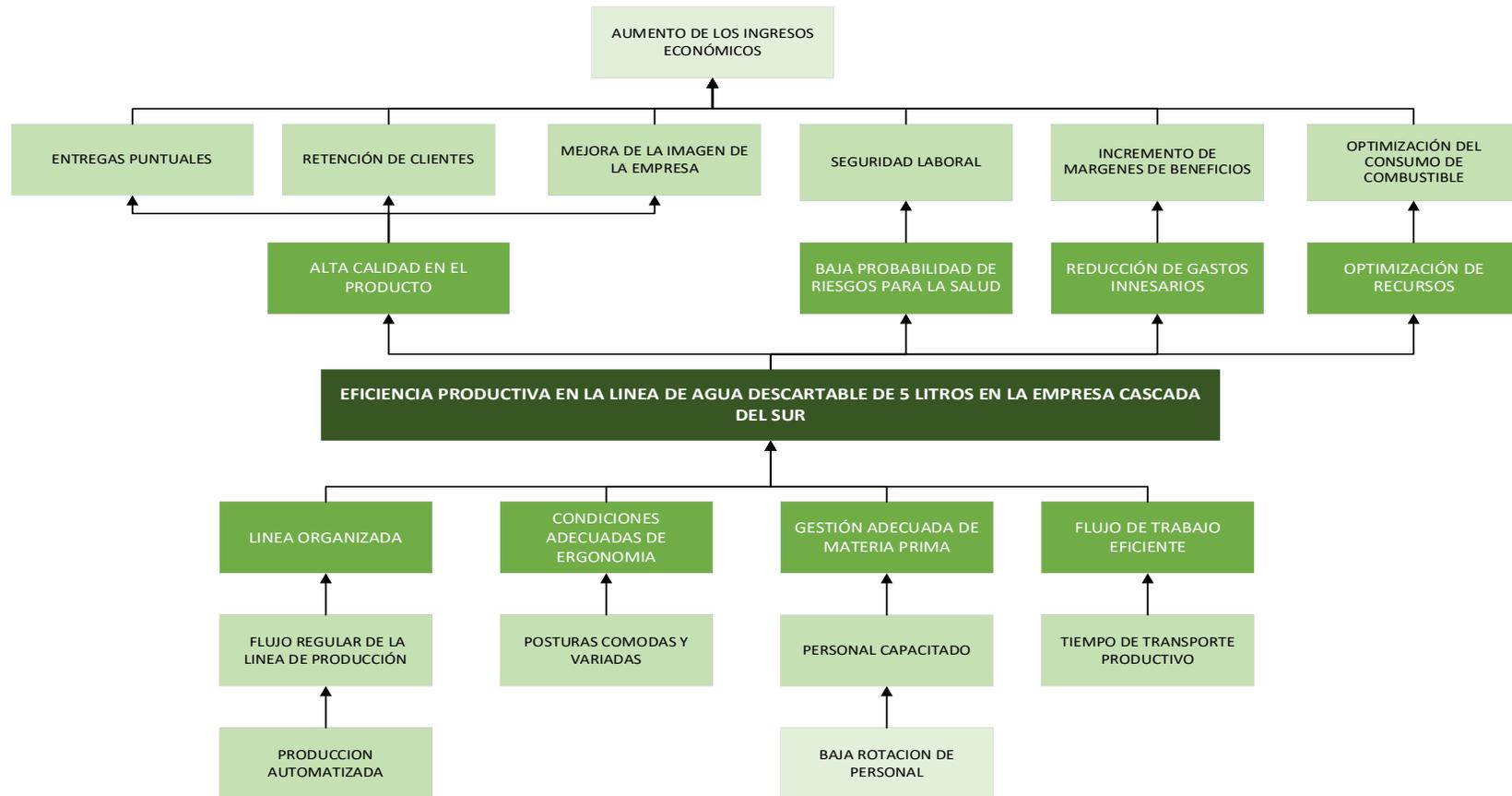
*Figura 1.1 Árbol de Problemas*



Fuente: Elaboración Propia (2024)

## 1.2.2 Árbol de soluciones

*Figura 1.2 Árbol de soluciones*



Fuente: Elaboración Propia (2024)

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo podría la planta embotelladora CASCADA DEL SUR mejorar la eficiencia operativa en su línea de producción de aguas descartables de 5 litros?

#### **1.3.1 Objetivos**

##### ***1.3.1.1 Objetivo general***

Proponer un rediseño de la línea de agua descartable de 5 litros en la planta embotelladora CASCADA DEL SUR a fin de mejorar la eficiencia operativa, mediante la implementación de cambios estructurales y organizativos que promuevan una mayor organización, uso eficiente del personal y reducción de desperdicios de agua.

##### ***1.3.1.2 Objetivos específicos***

- Identificar la situación actual de la empresa a fin de establecer los parámetros de cambio que deben aplicarse.
- Proponer nuevas tecnologías y equipos ergonómicos en la línea para reducir la carga física y minimizar el riesgo de lesiones laborales.
- Elaborar el lay-out optimizado para la aplicación de la propuesta.
- Elaborar los manuales de procedimientos respectivos para la operación por parte de los trabajadores.
- Realizar una evaluación económica integral del proyecto a través de indicadores clave como el análisis costo-eficiencia y el retorno sobre la inversión (ROI).

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

#### **1.4.1 Justificación económica**

La implementación de sistemas automatizados en la línea de producción de agua descartable de 5 litros reducirá significativamente los costos asociados a tiempos muertos, pérdidas de materia prima y lesiones laborales. Estos sistemas no solo incrementarán la eficiencia operativa, sino que también contribuirán a mejorar las condiciones ergonómicas en el lugar de trabajo.

Los sistemas automatizados eliminarán tareas repetitivas y físicamente exigentes, como el llenado manual y la manipulación de botellas, reduciendo la fatiga muscular y los riesgos de lesiones.

Además, la implementación de sistemas automatizados en la línea de producción de agua permite agilizar los procesos, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad de los productos embotellados. Esto se traduce en una mayor productividad de los empleados y en una optimización de los recursos disponibles, contribuyendo a una operación más eficiente y rentable.

#### **1.4.2 Justificación legal**

Implementar medidas ergonómicas en la línea de producción de agua puede ayudar a cumplir con las normativas y regulaciones laborales vigentes, tales como:

Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar (Decreto Ley N° 16998):  
Garantiza condiciones adecuadas de salud, higiene, seguridad y bienestar en el trabajo.

Estas medidas están diseñadas para proteger la salud y seguridad de los trabajadores, lo que a su vez puede evitar posibles sanciones legales y multas por incumplimiento de las leyes laborales en el sector de embotellado de agua.

Norma Boliviana NB 325002 "Bebidas analcohólicas": Establece las características y requisitos que debe cumplir el agua de mesa envasada con o sin gas destinada al consumo humano.

Al garantizar un entorno laboral adecuado en la línea de producción de agua, CASCADA DEL SUR puede reducir el riesgo de litigios laborales y mantener un clima laboral positivo entre los empleados. Estas medidas no solo benefician a la empresa en términos de cumplimiento normativo, sino que también protegen los derechos y la seguridad de los trabajadores, contribuyendo a un ambiente laboral más seguro y saludable.

### **1.4.3 Justificación académica**

En este proyecto, se aplicarán conceptos y herramientas desarrolladas durante la carrera para contribuir de manera específica a la empresa particularmente en áreas clave como ingeniería de métodos, diseño de líneas de producción, ergonomía y automatización de procesos. El enfoque de la investigación estará dirigido hacia un análisis detallado del flujo de trabajo con el fin de identificar áreas que puedan ser mejoradas. Se propondrán cambios significativos en el diseño físico y la distribución de la línea, además de la incorporación de tecnologías relevantes.

La implementación de procesos automatizados y la mejora de la ergonomía en las estaciones de trabajo son enfoques comunes en ingeniería industrial que buscan incrementar la eficiencia y reducir los desperdicios en la producción de agua en la empresa.

### **1.4.4 Justificación estratégica**

La capacidad de producción actual no es suficiente para satisfacer la demanda creciente. Esto se refleja en retrasos en los pedidos y niveles de inventario bajos.

La incapacidad para satisfacer la demanda actual está resultando en la pérdida de clientes y oportunidades de negocio, con un impacto negativo en los ingresos y la participación en el mercado.

La implementación del proyecto permitirá aumentar la capacidad de producción de envases de 5 litros, asegurando que la empresa pueda satisfacer completamente la demanda actual y futura.

Con la nueva línea de producción, se espera una reducción en los tiempos de ciclo, minimización de desperdicios y una mayor eficiencia en el uso de recursos, lo que resultará en una mejora general en la productividad.

La automatización y modernización de la línea de 5 litros también contribuirán a mantener o mejorar la calidad del producto, cumpliendo con las expectativas de los clientes y las normativas aplicables.

## **1.5 ALCANCE**

El proyecto abarca desde la recepción de envases hasta el almacenamiento final de los productos, excluyendo etapas previas como el tratamiento de aguas, se detallan las fases incluidas en el alcance:

### **Recepción de Envases:**

Inspección y control de calidad de los envases recibidos.

Almacenamiento temporal de los envases antes de su procesamiento.

### **Embotellado:**

Llenado de las botellas con el agua tratada.

Monitoreo y control de la precisión en el llenado para asegurar la cantidad exacta en cada envase.

### **Tapado:**

Colocación y sellado de las tapas en cada envase para garantizar la seguridad y preservación del contenido.

Verificación del sellado para cumplir con los estándares de calidad.

### **Codificado de Botella:**

Impresión o grabado de códigos en las botellas, incluyendo fechas de producción, lote, y cualquier otra información requerida para trazabilidad.

### **Empaquetado:**

Agrupación y embalaje de las botellas en paquetes adecuados para transporte y venta.

Etiquetado y preparación de los paquetes para su identificación y manejo.

### **Almacenado:**

Transporte de los paquetes finalizados al área de almacenamiento.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de grado corresponde a una investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo. La investigación aplicada se caracteriza por su orientación hacia la solución de problemas concretos en contextos reales, mediante la utilización de conocimientos teóricos y técnicos previamente desarrollados. Su finalidad es intervenir y generar mejoras en un sistema específico, en este caso, la línea de producción de agua descartable de 5 litros de la empresa Cascada del Sur (Roberto Hernández Sampieri, 2014).

Por su parte, el enfoque cuantitativo permite la recolección y análisis de datos numéricos para establecer patrones, correlaciones y resultados medibles que fundamenten la toma de decisiones. En este proyecto, se utilizaron técnicas cuantitativas como el estudio de tiempos y movimientos, análisis de productividad, balanceo de línea, proyección de la demanda y evaluación económica mediante indicadores como el VAN, TIR y ROI. Estas herramientas permiten cuantificar las ineficiencias actuales y evaluar objetivamente el impacto del rediseño propuesto.

Según (Roberto Hernández-Sampieri, 2018), el enfoque cuantitativo se basa en la medición precisa de variables, el uso de instrumentos estructurados y la validación empírica de hipótesis, lo cual se alinea con la metodología empleada en este trabajo, orientado a mejorar el desempeño productivo y la eficiencia operativa.

### **2.2 REINGENIERÍA DE PROCESOS**

(Beatriz Rodríguez Prieto, 2002) en su libro "La reingeniería de procesos como herramienta de mejora de la gestión: el caso del ayuntamiento de Gijón" nos dice que se puede afirmar que la reingeniería se articula en torno a dos elementos. Por un lado, la reingeniería diseña la organización desde cero con el objetivo de mejorar su eficiencia, centrándose en los procesos básicos de la misma y asignando, en la medida de lo posible, cada uno de ellos a un centro de responsabilidad. Es habitual que los

procesos estén repartidos entre varios departamentos, provocando conflictos e ineficiencia. Por otro lado, la reingeniería supone una tendencia hacia estructuras menos jerarquizadas, basadas en el enriquecimiento de los puestos de trabajo. En otras palabras, se rechaza la hiperespecialización, que se sustituye por el trabajo en grupo - responsable de un proceso- y por una mayor autonomía.

(F. Sáez Vacas, 2003) nos dice que las mejoras que implica la Reingeniería de Procesos deben ser espectaculares y no marginales o incrementales (propias de procesos de mejora o modificación leve). Debemos asociar el concepto de BPR (Business Process Reengineering) a saltos gigantescos en el rendimiento. Una compañía analizando sus resultados habituales puede llegar a intuir, al menos, si necesita o no emprender la Reingeniería de Procesos.

Según Hammer y Champy, existen tres tipos de compañía que emprenden la BPR. En primer lugar, se encuentran las empresas con graves problemas de subsistencia, aquellas en situaciones desesperadas donde pelagra la continuidad de la actividad económica. Estas compañías recurren a la Reingeniería porque no tienen más remedio que hacerlo.

En segundo lugar, aparecen las empresas que todavía no están en dificultades, pero cuyos sistemas administrativos permiten anticiparse a posibles crisis, de forma que se detectan con anticipación la aparición de problemas. A pesar de que por el momento los resultados puedan parecer satisfactorios. La misión de estas compañías es ejercer una Reingeniería de carácter preventivo, antes de que las cosas empiecen a ponerse mal.

Por último, el tercer tipo de empresas que deciden sumergirse en la BPR lo constituyen aquellas que se encuentran en óptimas condiciones. Este tipo de compañías ven la Reingeniería como una oportunidad para despegarse aún más de sus competidores; es decir, ven en la BPR una oportunidad para obtener una ventaja competitiva.

Una buena forma de distinguir los principales rasgos de cada uno de los tres tipos de compañías, en función de cómo afrontan la Reingeniería de Procesos es la siguiente:

las de la primera categoría son aquellas que se encuentran en situación desesperada, han chocado con una muralla y están heridas en el suelo. Las de la segunda categoría siguen corriendo a alta velocidad, pero la luz de sus faros les permite ver un obstáculo que se les viene encima de manera inminente. Aún están a tiempo de distinguir qué tipo de obstáculo se interpone en su camino y así tratar de esquivarlo a tiempo. Por último, las compañías de la tercera categoría salieron a pasear una tarde clara y despejada, sin ningún obstáculo a la vista y decidieron que hacía un día perfecto para levantar una muralla que impidiera el paso a los demás que intentasen seguir sus pasos.

Una parte esencial de la reingeniería es el análisis AS-IS (estado actual), que permite identificar las ineficiencias existentes y luego planificar un diseño TO-BE (estado futuro) que se alinee con los objetivos estratégicos de la empresa (F. Sáez Vacas, 2003). Este enfoque permitiría mejorar la eficiencia operativa de la línea de producción de agua descartable.

## **2.3 REDISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

(García-Sabater, 2020) La creación de herramientas (que amplían la capacidad de los sentidos y de los músculos) da lugar a máquinas que ciertamente exceden la capacidad del humano individual, pero el humano ha descubierto que, si se especializa en parte de la actividad, no tiene que aprender tanto, no tiene que acceder a todo. Basta con que aprenda a coordinarse con otros humanos y con las máquinas. Coordinarse sin embargo es más fácil de hacer que de decir. Dividir las tareas para especializarlas y coordinar el movimiento de materiales lleva en el extremo, a la construcción de líneas de producción que son más eficientes, aunque también más caras.

### **2.3.1 Tipos de línea de producción**

El modo más habitual de implementar el one piece flow, son las líneas de producción. En ellas las máquinas y recursos se ordenan según la secuencia de tareas y los productos pasan de una a otra de un modo directo (más o menos automatizado). Dejando de lado los procesos de tipo químico (con sus instalaciones en continuo) se puede distinguir, en función de los procesos que ejecutan entre líneas de montaje y líneas de fabricación.

### ***2.3.1.1 Líneas de montaje***

En las líneas de montaje los productos se realizan por la agregación de materiales, por ello se puede decir que los flujos de llegada de los materiales son muy relevantes. Además, en las líneas de Montaje, suele haber mano de obra cuando la línea está en marcha, realizando actividades al ritmo de las operaciones. La actividad fundamental durante el diseño de estas líneas es el denominado equilibrado de líneas y el diseño del puesto de trabajo.

### ***2.3.1.2 Líneas de fabricación***

En las líneas de fabricación (que pueden ser de mecanizado, de estampación, de soldadura, etc.) se produce una transformación sucesiva de los productos. La materia prima entra al principio de la línea y el producto avanza, siendo transformado, y el único flujo relevante (de existir) sería el de desalojo del material sobrante. El factor humano interviene mayormente cuando las máquinas se paran, pues son los técnicos de mantenimiento los que toman el control. En el diseño de las líneas de Fabricación es más relevante el diseño de los buffers y los elementos de manutención que pasan un producto de una estación a la siguiente.

### ***2.3.1.3 Líneas automáticas y manuales***

En función del modo según el que se mueve el producto entre estaciones se distingue entre líneas automáticas y manuales. En las manuales es el trabajador quien mueve el producto, mientras que en las automáticas hay algún tipo de mecanismos que mueve el producto de un sitio a otro. Estos mecanismos pueden ser cintas transportadoras, mesas de transferencia, AGVs... El producto puede ir sobre un soporte (o no) y en el caso de que vaya sobre soporte este puede ir (o no) anclado a la “cadena de montaje”.

**Tabla 2.1 Líneas automáticas y manuales**

<b>Tipo de Línea</b>	<b>Movimiento del Producto</b>	<b>Mecanismos Utilizados</b>	<b>Uso de Soporte</b>
<b>Manuales</b>	Por el trabajador	Ninguno (intervención directa humana)	Opcional
<b>Automáticas</b>	Por mecanismos automáticos	Cintas transportadoras, mesas de transferencia, AGVs, etc.	Opcional (el soporte puede estar anclado)

**Fuente:** Garcia-Sabater "Líneas de Producción" (2020)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 2.3.1.3.1 Alternativas de Automatización en Líneas de Producción

En el contexto del rediseño de líneas de producción, existen dos enfoques principales de automatización que pueden implementarse según los recursos y objetivos de la empresa:

#### a) **Automatización Parcial:**

Consiste en introducir equipos semiautomáticos en áreas específicas del proceso (ej: llenado, sellado), manteniendo operaciones manuales en actividades no críticas. Este enfoque reduce costos iniciales y permite una transición gradual hacia tecnologías avanzadas. Sin embargo, limita la capacidad de producción y requiere supervisión humana constante (Garcia-Sabater, 2020).

- **Implementación:**

-Incorporar una llenadora semiautomática en la etapa de embotellado para agilizar el proceso y reducir la dependencia de operarios en el llenado.

-Adquirir una selladora automática para el cierre de las botellas, eliminando el contacto manual y asegurando un sellado consistente y seguro.

-Utilizar un sistema de etiquetado automático que coloque las etiquetas de forma precisa y rápida.

- **Ventajas:**

-Menor costo inicial en comparación con una automatización completa.

-Reducción de errores humanos y aumento en la consistencia del producto final, especialmente en el envasado y etiquetado.

-**Mejoría en la productividad:** Se reducen los tiempos de procesamiento en las etapas semiautomatizadas, lo que permite un incremento en el volumen de producción.

- **Desventajas:**

-**Dependencia parcial del operador:** La automatización es parcial, por lo que sigue siendo necesario que los operarios trabajen en algunos pasos.

-**Limitación en la capacidad de producción:** Aunque se optimicen ciertas etapas, la velocidad general de la línea sigue estando limitada por las secciones que dependen de intervención manual.

-**Capacitación adicional:** El personal necesitará capacitación para operar los equipos semiautomáticos de manera eficiente.

## **b) Automatización Completa:**

Implica la integración de sistemas totalmente automatizados (ej: líneas de llenado hasta el embalaje), eliminando la intervención manual en todo el proceso. Aunque requiere una inversión elevada, maximiza la productividad, reduce errores y garantiza estandarización del producto. Es ideal para empresas con alta demanda y recursos técnicos suficientes (Jones, 2003)

- **Implementación:**

-Adquirir una línea de embotellado automática que llene las botellas en secuencia continua sin intervención manual.

-Incorporar una cerradora automática que selle cada botella de manera rápida y uniforme.

-Implementar una etiquetadora y empacadora automática que se encargue de etiquetar y embalar las botellas en paquetes para distribución.

- **Ventajas:**

**-Aumento significativo de la capacidad de producción:** Al eliminar casi toda la intervención manual, la línea puede operar a un ritmo más rápido y sostenido.

**-Reducción de los costos operativos:** Al reducir la dependencia de mano de obra directa, disminuyen los costos laborales y el riesgo de errores humanos.

**-Estandarización y control de calidad:** La automatización permite un proceso más uniforme, mejorando la consistencia del producto final y reduciendo desperdicios.

- **Desventajas:**

**-Alta inversión inicial:** La automatización completa requiere una inversión considerable en equipos especializados y tecnología.

**-Complejidad en el mantenimiento:** Los equipos automatizados suelen ser más complejos y costosos de mantener, y requerirán de personal capacitado o de servicio técnico especializado.

**-Resistencia al cambio:** La implementación de una línea completamente automatizada puede ser un reto para los empleados actuales, quienes podrían necesitar una capacitación extensiva.

#### ***2.3.1.4 Líneas paced***

En un sistema paced la línea o cadena de montaje como soporte es la que mantiene una velocidad constante en el movimiento del producto. En estas estaciones los trabajadores se desplazan con el producto para poder ejecutar las operaciones, y si la operación no se ejecuta el producto pasa a la siguiente estación (salvo que haya algún modo de parar la línea).

### ***2.3.1.5 Líneas unpaced***

En las líneas unpaced, el producto no avanza hasta que no se le da autorización para ello. En este tipo de líneas es relevante la posición en la que se colocan las estaciones con más carga de trabajo (absoluta o relativa). Poner las estaciones con mucha carga de trabajo al principio dejará el sistema libre, si la actitud (o la habilidad) de las personas es variable, poner al que tiende más a despistarse en el centro hará que el sistema sea más productivo, pues será presionado por el anterior y con margen para seguir empujando producto hacia adelante.

### ***2.3.1.6 Líneas monomodelo***

En función de la variedad de productos que se pueden fabricar en una línea se distingue entre líneas monomodelo, multimodelo y con mezcla de modelos.

Las líneas monomodelo sólo pueden fabricar un producto. La línea está diseñada de tal manera que cuando se cubre la demanda para ese producto se debe parar la máquina (salvo que se pueda reequilibrar para bajarle la velocidad).

### ***2.3.1.7 Líneas multimodelo***

Las líneas multimodelo permiten transformar varios tipos de producto. Pero no de manera consecutiva. La preparación de la línea consistirá en cambiar las estaciones para adaptarlas al nuevo producto. Cambiar de un modelo a otro es una operación complicada que se puede realizar básicamente de dos maneras: a. dejando que el lote se finalice para comenzar a fabricar el siguiente o b. descargando la línea completamente del material a medio elaborar y dejarlo preparado para el siguiente lote.

### ***2.3.1.8 Líneas con mezcla de modelos***

Las líneas con mezcla de modelos eliminan el tiempo de setup, o lo reducen tanto que lo incorporan en el tiempo de ciclo de la tarea. De este modo se puede alcanzar el concepto de one piece flow. Los productos continúan siendo homogéneos pero la línea admite que haya variantes durante el proceso y la cantidad de las mismas que se puede fabricar puede variar. Es un hecho que es muy difícil hacer que todas las tareas sean

multimodelo, así que es muy posible que algunas estaciones sean específicas para algunos productos.

### **2.3.1.9 Longitud de una línea**

La longitud de una línea puede obligar a que en el diseño definitivo se doble sobre sí misma en una o varias ocasiones sin perder la característica de ser una línea. Un tipo particular de línea son las que tienen una distribución en U.

### **2.3.1.10 Líneas en U**

En las líneas en U el punto final se acerca al punto inicial. Por dos razones distintas que llevan a distribuir las operaciones de manera diferente. Si es una línea de fabricación es habitual que el soporte sobre el que se mueve el producto haya que devolverlo a la estación principal. En ese caso una línea en U cerrada tendrá a los trabajadores (en el caso de necesitarlos) mayormente por la parte exterior (de otro modo están encerrados). Si es una línea de montaje el motivo por el que se cierran sobre sí mismas puede ser para flexibilizar el equilibrado e incluso permitir que un único trabajador pueda hacer toda la operación (volviendo al principio en cuanto acaba). En ese caso (línea de montaje) el suministro de materiales se debe hacer por fuera, y por tanto los trabajadores están por dentro.

**Figura 2.1 Líneas en U**



**Fuente:** Sismic Interim & Lean Managent (2018)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 2.3.2 Diseño de líneas de fabricación

En una línea de fabricación las máquinas se disponen de tal modo que se facilita el flujo continuo de los productos entre máquinas consecutivas. Los productos pueden ser discretos como una carrocería o “continuos” como el agua que se embotella. Entre ambos extremos (cajas de cartón, latas de Coca-Cola, platos de paella, cigüeñales para el motor, techos de coche, baldas para estantería...) se encontrarán tantos tipos de líneas de fabricación casi como tipos de productos.

Se puede decir que el diseño de una línea de fabricación tiene 5 etapas básicas en el diseño.

**Tabla 2.2 Diseño de líneas de fabricación**

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Definición de máquinas</b>	Identificar y seleccionar las máquinas necesarias para realizar las operaciones específicas del producto.
<b>Sistemas de transferencia</b>	Establecer el tipo de sistema para el movimiento eficiente de productos entre las máquinas (cintas transportadoras, robots, etc.).
<b>Buffer necesario</b>	Determinar la capacidad de almacenamiento temporal entre procesos para asegurar fluidez y reducir tiempos muertos.
<b>Acceso para mantenimiento y suministro</b>	Planificar el acceso adecuado para el mantenimiento, suministro de materiales y evacuación de desechos.
<b>Diseño del Layout</b>	Crear un diseño del arreglo físico de las máquinas y sistemas en la planta para optimizar el flujo de trabajo y la eficiencia operativa.

**Fuente:** Garcia-Sabater “Líneas de Producción” (2020)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### **2.3.3 Definir las máquinas que se van a utilizar**

Las máquinas que se van a utilizar (pesadoras, plegadoras, envasadora, etc.) dependen extraordinariamente del proceso. Las diferentes tecnologías que las empresas proveedoras suministran incluyen tiempos de ciclo (con mayor o menor variabilidad), tiempos de setup (con mayor o menor intervención de trabajadores), disponibilidad (averías y mantenimientos programados, con requerimiento de mano de obra on-site u online).

La calidad del producto, la fiabilidad de la máquina, la versatilidad en el cambio de producto, el soporte del vendedor ante problemas son algunos de los criterios que, junto con el precio, la financiación y los costes operativos deben ser tenido en cuenta.

En el diseño de algunas líneas de fabricación es habitual comenzar con un sistema poco automatizado mientras se comprueba que el producto va a tener la demanda prevista y que las máquinas principales serán capaces de dar los resultados previstos. En esos casos las tareas las hacen inicialmente operarios que saben que su destino es ser sustituidos por máquinas en un proceso que se suele denominar “industrialización”. Con la industrialización se van sustituyendo manos por manipuladores y ojos por sensores una vez el producto y el proceso han sido validados.

### **2.3.4 Diseño de líneas de montaje**

En una línea las máquinas y los trabajadores se disponen de tal modo que se facilita el flujo continuo de los productos entre estaciones consecutivas. Aunque cada línea de montaje es diferente, todas se caracterizan porque el flujo de materiales que llegan a la línea de montaje es tan importante, como está misma.

Además, la mayor parte de las líneas de montaje. De este modo se puede decir que el diseño de una línea de producción tiene 5 etapas básicos:

**Tabla 2.3 Diseño de líneas de montaje**

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
<b>Movimiento del producto</b>	Determinar cómo se trasladará el producto de una estación a otra (manualmente, cintas transportadoras, etc.).
<b>Asignación de tareas</b>	Definir las tareas específicas que se realizarán en cada estación de trabajo.
<b>Suministro y evacuación de materiales</b>	Establecer cómo se proporcionarán los materiales a las estaciones y cómo se manejarán los desechos.
<b>Diseño de estaciones</b>	Planificar la configuración física de cada estación para maximizar la eficiencia y la ergonomía para los operarios.
<b>Diseño del layout completo</b>	Crear un diseño del arreglo físico de todas las estaciones y sistemas en la planta para optimizar el flujo de trabajo y la eficiencia operativa.

**Fuente:** Garcia-Sabater "Líneas de Producción" (2020)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

## **2.4 LEAN MANUFACTURING**

Según (Jones, 2003) Lean Manufacturing es una filosofía de producción que se enfoca en la eliminación de desperdicios y la mejora continua con el objetivo de generar más valor utilizando menos recursos. Esta metodología se basa en principios como la producción ajustada la estandarización de procesos y la participación activa de los trabajadores en la mejora continua.

En el contexto de este proyecto, se adopta su principio fundamental de optimizar los recursos y reducir actividades que no agregan valor, como los tiempos de espera y el transporte innecesario. Esto se alinea con la reorganización del flujo de trabajo propuesto en el rediseño de la línea de producción.

## 2.5 DIFERENCIAS ENTRE REINGENIERÍA Y REDISEÑO

Según (Cárdenas, 2020) muchas veces se confunden los conceptos de "reingeniería" y "rediseño", se emplean como sinónimos, pero no lo son. Reingeniería de procesos significa quebrar con paradigmas antiguos, procedimientos obsoletos y orientarse fundamentalmente hacia la creación de valor para el cliente, al pensar en reestructurar la nueva forma de organizar el trabajo.

Los principales aspectos de la reingeniería de procesos son:

- Orientación a la satisfacción del cliente (tiempos de respuesta, calidad de productos y servicios, costos).
- Reconsideración fundamental de la organización del trabajo (actividades, flujos y responsabilidades).
- Considerar las capacidades de TI para mejorar la eficiencia de los procesos.

El rediseño establece los cambios que deberán efectuarse en la situación actual y detallada cómo se ejecutarán los nuevos procesos. Es la fase más importante, ya que se definirán las nuevas formas de operar y su desempeño. Los ámbitos en los que influye el rediseño son:

- Estructural: Cambio en el proceso mismo (cambian las operaciones, se eliminan duplicidades, etc.).
- Productividad: Análisis de ciclo y costeo de actividades.
- Responsabilidades: Se modifica la asignación de responsabilidad (personal, centralizar o descentralizar responsabilidades, etc.).
- Integración: Mejorar el grado de integración entre la capa de la estrategia, operacional (procesos) y tecnología (producción).
- Incorporación de tecnología: Automatización de procesos, aplicación de tecnologías móviles, integración de sistemas, etc.

**Tabla 2.4 Características que diferencian los modelos**

Características	Reingeniería	Rediseño
<b>Enfoque</b>	Proceso nuevo	Reestructuración
<b>Punto de partida</b>	Proceso existente	Proceso existente
<b>Objetivo del cambio</b>	Cambio radical, satisfacción del cliente	Rediseño de una parte del proceso
<b>Tipo de cambio</b>	Radical	Estructural
<b>Periodicidad del cambio</b>	Descontinuado	Intervalos intermedios
<b>Organización del cambio</b>	Proyecto	Proyecto o grupo de trabajo
<b>Impulsor del cambio</b>	Directorio	Dueño de proceso
<b>Impacto del cambio</b>	Transversal	Proceso, subproceso
	Cultural	Cultural
	Procesal	Procesal
	Estructural	Estructural
<b>Riesgo</b>	Alto	Medio

**Fuente:** Cárdenas Cynthia "Diferencia entre diseño y reingeniería" (2020)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

## 2.6 INGENIERÍA DE MÉTODOS

(Acero, 2016) "Ingeniería de métodos movimientos y tiempos" Sé ocupa de la integración del ser humano en el proceso de producción de artículos o servicios. La tarea consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o prestar servicios y en decidir cómo puede una persona desempeñar efectivamente las tareas que se le asignen.

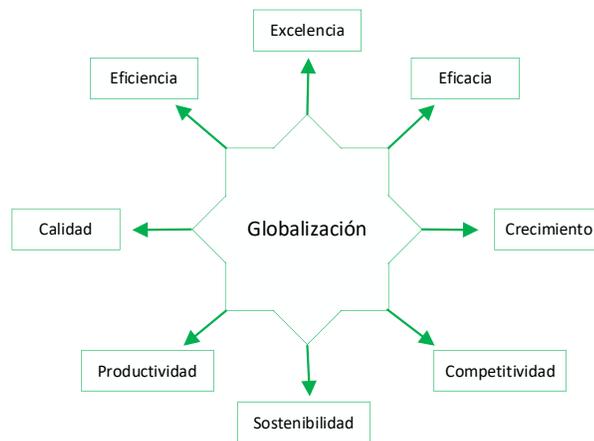
La importancia de la ingeniería de métodos radica en el desempeño efectivo del personal en cualquier tarea, ya que el costo de contratar, capacitar y entrenar a una

persona es cada vez más alto. Es evidente que el ser humano es y será, por mucho tiempo, una parte importantísima del proceso de producción en cualquier tipo de planta; pero también es cierto que su óptimo aprovechamiento dependerá del grado de utilización de su inteligencia, de su potencial de ingenio y creatividad.

### 2.6.1 Visión histórica de ingeniería de método

(Acero, 2016) en su libro "Ingeniería de métodos movimientos y tiempos" nos dice que, para competir efectiva, eficaz, eficiente y productivamente, el profesional deberá construirse un perfil que responda a las exigencias del presente milenio. El escenario en el cual competirán las naciones, las empresas y los profesionales, sugiere un mundo globalizado en busca de:

**Figura 2.2 Globalización**



**Fuente:** Libro Ingeniería de métodos movimientos y tiempos (2016)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 2.6.2 Tipos de diagramas de Procesos

Existen diferentes tipos de diagramas de procesos según sus características específicas y el nivel de detalla de representación.

**Figura 2.3 Tipos de diagramas de representación de los procesos**



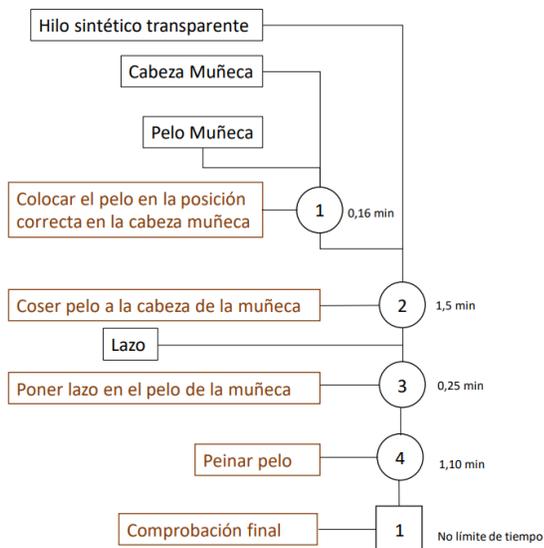
**Fuente:** Diagramación de Procesos de Sanchis Gisbert, Raquel (2020)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 2.6.2.1 *Cursograma Sinóptico*

Diagrama que representa las principales operaciones e inspecciones del proceso. Permite realizar una primera aproximación al método de trabajo, en otras palabras, permite registrar rápidamente y de manera superficial la totalidad del proceso antes del estudio detallado, registrando cómo se suceden las principales operaciones e inspecciones, pero sin tener en cuenta dónde, ni quién las realiza.

**Figura 2.4 Cursograma sinóptico**



**Fuente:** Diagramación de Procesos de Sanchis Gisbert, Raquel (2020)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 2.6.2.2 *Cursograma Analítico*

Diagrama que representa todas las acciones (operación, transporte, inspección, espera y almacenaje) que tienen lugar en el desarrollo de un trabajo, mostrando, de este modo, la trayectoria de un producto e incluyendo los tiempos requeridos para cada acción y las distancias recorridas. Este diagrama presenta un nivel de detalle superior al sinóptico ya que registra mayor cantidad de información, que luego podrá ser utilizada para mejorar el proceso. Los tipos de cursograma analíticos existentes son:

- 1) Del operario, sigue la trayectoria de una persona, es decir registra todos los flujos de movimiento de una persona.
- 2) De material, movimiento y secuencia de la manipulación de los materiales.
- 3) De equipo, movimiento del uso del equipo mientras se está utilizando para desarrollar alguna actividad.

**Figura 2.5 Cursograma Analítico**

Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					
				○	□	○	⇨	▽	
Recepción de la materia prima	100 kg	10,5		●					
Inspección de documentación y de la materia prima		5			●				
Introducción de la información de recepción en el sistema informático		2		●					
Transporte al almacén de materia prima		12,2	10					●	
Almacenamiento de la materia prima		6							●
Preparación de la composición de materiales para la orden de fabricación	75 kg	25		●					
Transporte de los materiales para la orden de fabricación		5,3	4,5					●	
Espera de la fabricación de la orden en la línea de producción		180						●	
Montaje del producto final de la orden de fabricación		75		●					
Embalaje del producto final		64		●					
Transporte del producto final al muelle de carga para expedición		9,6	8						●

**Fuente:** Diagramación de Procesos de Sanchis Gisbert, Raquel (2020)

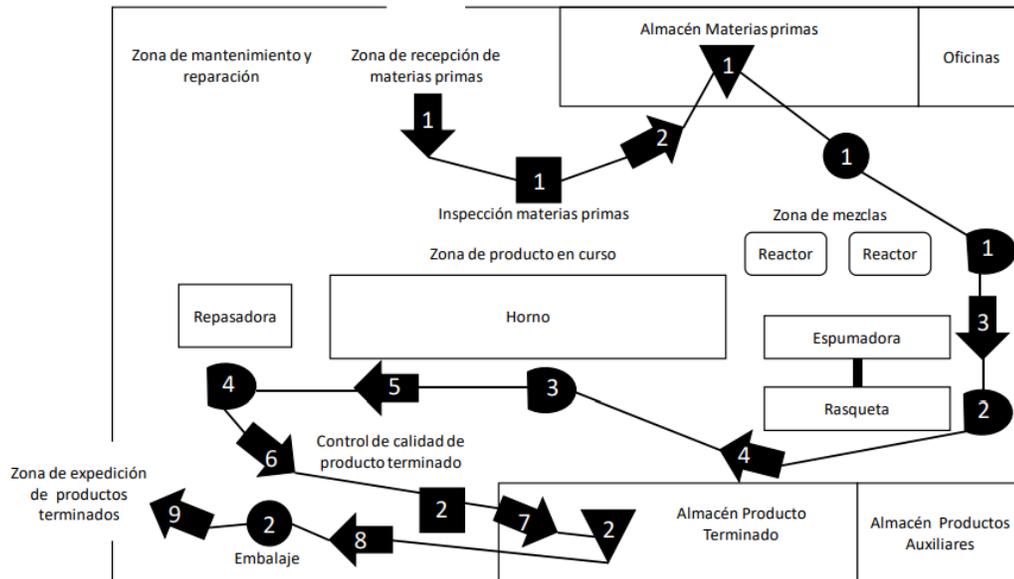
**Elaboración:** Diagramación de Procesos de Sanchis Gisbert, Raquel (2020)

### 2.6.2.3 *Diagrama de Recorrido*

Plano bidimensional o tridimensional de la planta industrial o del área de trabajo donde se representan los desplazamientos de los trabajadores, materias primas, productos terminados, productos semielaborados, de materiales, en general, o de máquinas y/o

equipos a través de los símbolos de la Tabla, para mostrar las operaciones que se realizan en las diferentes áreas de trabajo.

**Figura 2.6 Diagrama de Recorrido**



**Fuente:** Diagramación de Procesos de Sanchis Gisbert, Raquel (2020)

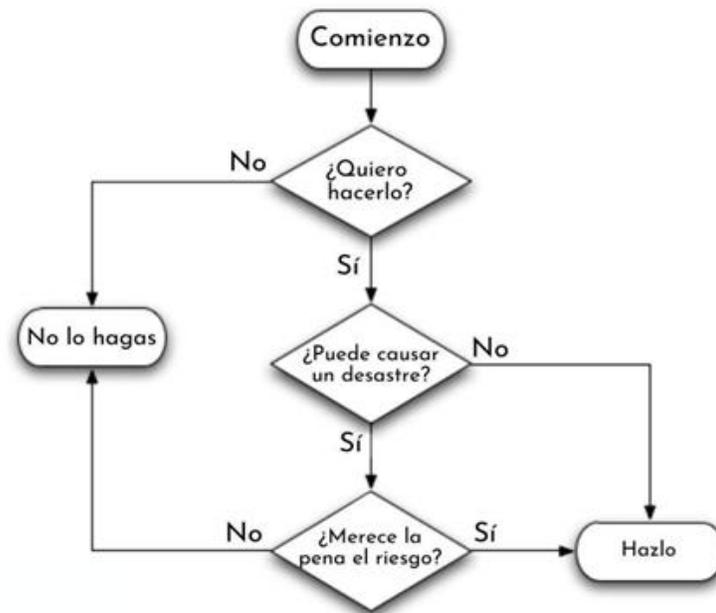
**Elaboración:** Diagramación de Procesos de Sanchis Gisbert, Raquel (2020)

### 2.6.3 Diagrama de Flujo

Es un plano del área de trabajo donde se indica la trayectoria seguida por el objeto o actividad que se estudia, acompañado de los símbolos de análisis de procesos de la ASME, colocados sobre el plano, para indicar lo que sucede al objeto o actividad a su paso por el proceso.

Este diagrama es particularmente útil porque proporciona una vista global compacta y general de un proceso en existencia o propuesto. Es un auxiliar valioso en el trabajo de distribución de la planta. Su elaboración familiariza rápida y efectivamente al ingeniero con el proceso completo y el lugar donde se desarrolla cada actividad.

**Figura 2.7** Ejemplo de diagrama de flujo



**Fuente:** Gabriela González Licenciada en Letras de la UCAB (2022)

**Elaboración:** Gabriela González Licenciada en Letras de la UCAB (2022)

#### 2.6.4 Diagrama de Gantt

La gráfica Gantt es un instrumento efectivo de planificación y programación para operaciones de producción que impliquen un mínimo de interrelaciones. Consta de una gráfica de doble entrada donde las filas representan máquinas, personas, departamentos o cualesquiera recursos que sea necesario para cumplir una tarea. Las columnas definen los periodos en horas, días, semanas o meses.

**Figura 2.8 Ejemplo de diagrama de Gantt**



**Fuente:** Edraw A Wondershare company (2020)

**Elaboración:** Edraw A Wondershare company (2020)

Se dibuja una línea horizontal sobre la cual se muestran los pedidos u órdenes programadas para su proceso en el recurso correspondiente. Una segunda línea, que representa el progreso en comparación con el programa, se dibuja a medida que se avanza.

## 2.7 PRODUCTIVIDAD

Según (Roberto Carro Paz, 2018) la productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). Es decir:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

Este concepto es fundamental en la economía y la gestión empresarial, ya que una alta productividad puede conducir a una ventaja competitiva en el mercado. Para mejorar la productividad, las empresas pueden adoptar diversas estrategias, como la optimización de procesos, la capacitación del personal, la inversión en tecnología y la mejora en la gestión de la cadena de suministro.

## **2.8 BALANCE DE MATERIA**

Los balances de materia y energía son una forma de contabilizar las entradas y salidas de materiales de un proceso o de una parte de éste y pueden ser aplicados a aquellos procesos en donde las propiedades de las materias primas tienden a variar, con la finalidad de obtener productos estandarizados que sirvan para cubrir las necesidades de la sociedad. En la industria de alimentos estos balances energía constituyen una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de nuevos productos, para el control de la materia prima, y para realizar los cálculos para la producción final.

Los balances de materia son la base fundamental para el diseño de los procesos, debido a que así se determinan tanto las cantidades de materia prima requeridas como los productos procesados u obtenidos, en cada una de las etapas u operaciones individuales de los procesos.

## **2.9 EVALUACIÓN FINANCIERA**

Según (Brealey, 2020) la evaluación financiera es un proceso sistemático que analiza la viabilidad económica de un proyecto mediante el estudio de sus flujos de caja, costos, ingresos y riesgos asociados. Su objetivo es determinar si la inversión generará rendimientos suficientes para justificar los recursos comprometidos, considerando el valor temporal del dinero y las expectativas de los inversionistas.

### **2.9.1 Valor Actual Neto (VAN)**

El Valor Actual Neto (VAN) es una métrica financiera que calcula la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros generados por un proyecto y la inversión inicial requerida. Se fundamenta en el principio del valor temporal del dinero, que

postula que un boliviano recibido hoy tiene mayor valor que uno recibido en el futuro, debido a su capacidad de generar rendimientos.

**Formula:**

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - \text{Inversión inicial}$$

**Componentes:**

$FCF_t$ =Flujo de caja libre en el período t, que incluye ingresos operativos, menos costos, impuestos y cambios en el capital de trabajo.

r= Tasa de descuento, que refleja el costo de oportunidad del capital y el riesgo del proyecto.

n=Horizonte temporal del proyecto.

**2.9.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que iguala a cero el VAN de un proyecto. Representa la rentabilidad porcentual anualizada que el proyecto genera sobre la inversión inicial.

**Formula:**

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1-TIR)^t} - \text{Inversión inicial}$$

**Métodos de Cálculo:**

Iteración Numérica: Se prueba con distintas tasas hasta alcanzar  $VAN=0$

Software Financiero: Herramientas como Excel usan algoritmos (ejemplo: Newton-Raphson) para aproximar la TIR.

**2.9.3 Retorno sobre la Inversión (ROI)**

El Retorno sobre la Inversión (ROI) es un ratio que expresa el beneficio neto generado en relación con el capital invertido, expresado como porcentaje.

**Formula:**

$$ROI = \left( \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Inversión Inicial}} \right) * 100$$

Beneficio Neto: Ingresos totales menos costos operativos, depreciación e impuestos.

#### **2.9.4 Relación Beneficio-Costo (RBC)**

La Relación Beneficio-Costo (RBC) compara el valor presente de los beneficios económicos de un proyecto con el valor presente de sus costos totales.

**Formula:**

$$RBC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{\text{Beneficios}_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{\text{Costos}_t}{(1+r)^t}}$$

Beneficios: Incluyen ingresos directos, ahorros operativos y externalidades positivas (ejemplo: reducción de desperdicios).

Costos: Inversión inicial, gastos operativos y externalidades negativas.

### **2.10 MODELOS DE PRONÓSTICO PARA SERIES TEMPORALES**

Según (Athanasopoulos, 2018) Los modelos de pronóstico son herramientas estadísticas esenciales para predecir comportamientos futuros en procesos industriales, especialmente en contextos de demanda variable. Entre estos, el modelo SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) destaca por su capacidad para capturar patrones estacionales, tendencias y componentes aleatorios en series temporales.

#### **2.10.1 MODELO SARIMA**

El modelo SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) es una variante del modelo ARIMA que incorpora componentes estacionales, permitiendo un análisis más preciso cuando los datos presentan patrones de estacionalidad. En lugar de solo capturar tendencias generales y patrones de ruido aleatorio, SARIMA puede modelar fluctuaciones periódicas, como las que ocurren en ciclos mensuales o anuales.

Este modelo es especialmente útil para industrias como la embotelladora, donde los niveles de demanda pueden variar con las estaciones del año.

## 2.11 ERGONOMÍA

(Belloví, 2008) en su libro "Ergonomía" nos dice que globalmente, se puede definir la ergonomía como el conjunto de técnicas cuyo objetivo es la adecuación entre el trabajo y la persona. Se quiere destacar de esta definición que la ergonomía es multidisciplinar, es decir, requiere la aplicación de distintas ciencias con el fin de conseguir su finalidad: la correcta acomodación entre el puesto de trabajo y su entorno y las características de la persona.

Los principales objetivos de la ergonomía son básicamente los siguientes:

- Seleccionar la tecnología más adecuada al personal disponible.
- Controlar el entorno del puesto de trabajo.
- Detectar los riesgos de fatiga física y mental.
- Analizar los puestos de trabajo para definir los objetivos de la formación.
- Optimizar la interrelación de las personas disponibles y la tecnología utilizada.
- Favorecer el interés de los trabajadores por la tarea y por el ambiente de trabajo.

## 2.12 MÉTODO REBA

El **REBA (Rapid Entire Body Assessment)** es un método desarrollado por Sue Hignett y Lynn McAtamney en el Hospital de Nottingham, Reino Unido, en el año 2000. Sirve para una evaluación postural que permite estimar el riesgo de padecer desórdenes musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Se utiliza para analizar posturas forzadas habituales en el trabajo.

REBA analiza las posturas del tronco (posición, inclinación, torsión), cuello, piernas, brazos y antebrazos, actividad muscular (si hay esfuerzo o movimiento repetitivo), carga o fuerza aplicada y tipo de acción (estática o dinámica). (Sue Hignett, 2000)

### 2.12.1 ¿Cómo se calcula el puntaje REBA?

Se utiliza una hoja de puntuación que combina valores de postura de las **extremidades superiores** (Grupo A) y las **extremidades inferiores y tronco** (Grupo B). Luego se ajustan con factores como:

- Carga o fuerza
- Tipo de agarre o sujeción
- Esfuerzo repetitivo
- Tipo de actividad

Cada una de estas condiciones suma puntos al resultado total. El puntaje final es un número del **1 al 15**, donde:

**Tabla 2.5 Puntaje REBA**

Puntaje Final	Nivel de Riesgo	Acción Recomendada
<b>1</b>	Insignificante	No se requiere acción
<b>2-3</b>	Bajo	Posible acción necesaria
<b>4-7</b>	Medio	Acción necesaria
<b>8-10</b>	Alto	Acción urgente necesaria
<b>11-15</b>	Muy alto	Acción inmediata requerida

**Fuente:** (Sue Hignett, 2000) *REBA - Rapid Entire Body Assessment*. Applied Ergonomics

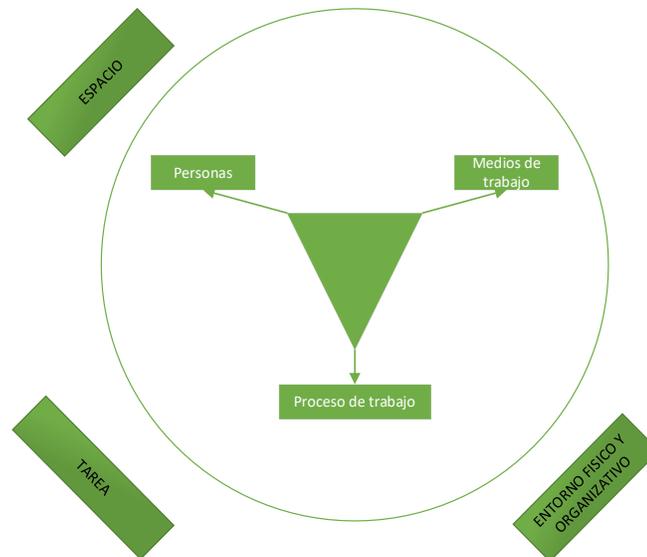
**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 2.13 SISTEMA PERSONA-MÁQUINA

Definen el sistema persona-máquina como el conjunto formado por la persona y su puesto de trabajo, la unidad dentro de la que se establece una relación mutua entre ambos elementos. El objeto de la ergonomía es la actividad concreta de la persona (grupo de personas) que utiliza las máquinas (medios técnicos), mientras el objeto de investigación es el sistema “persona (grupo de personas) - máquina (medios técnicos)-medios”. La optimización de estos sistemas requiere un enfoque integral.

La persona, la máquina y el ambiente forman un complejo funcional en el que el papel rector corresponde a la persona. Se trata de hacer un diseño del conjunto de los elementos, teniendo en cuenta las características/capacidades físicas y mentales de las personas en interacción con el ambiente.

**Figura 2.9 Sistema de trabajo**



**Fuente:** Ergonomía de Bestratén Belloví, Manuel (2008)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

## 2.14 MARCO REFERENCIAL

### 2.14.1 El agua

(VÁZQUEZ, 2020) El agua es un elemento imprescindible para la vida, que se describe con solo tres palabras: incolora, inodora e insípida. Existen muchos tipos de agua, que coinciden en cuanto a su transparencia, pero no tanto en las otras premisas. Y además esconden mucho más, ya que contienen diversos elementos, sobre todo minerales, que dependen de su procedencia entre otras cosas.

### **2.14.2 Agua de grifo**

El agua del grifo es la que llega a todos los hogares, en gran parte del mundo, pero no todo, a través de conductos. No suele tener una sola procedencia, y como es distinta en cada lugar, tampoco todas tienen la misma calidad, componentes ni sabor.

Lo que sí está, o debería estarlo, garantizado es que son aguas seguras para beber y demás usos cotidianos. Existe una rigurosa reglamentación sobre el agua suministrada y deben someterse a análisis frecuentes para comprobar que no tienen residuos no deseados, bacterias, restos contaminantes y otras impurezas.

### **2.14.3 Aguas duras, aguas blandas**

Las aguas duras son las que tienen muchos minerales que se deben filtrar en el medio natural a través de depósitos de piedra calcárea. Esta se compone de carbonatos de calcio y magnesio, bicarbonato y sulfatos.

Por el contrario, las blandas son las que se han filtrado a través de granito o gres, que son pobres en esos minerales. Estas, que llegan normalmente de las montañas, se consideran mejores para la salud y tienen mejor sabor.

### **2.14.4 Agua mineral**

Se utiliza solo para beber, o para cocinar en muchos casos, y se vende embotellada en envases de distinto tamaño. Se comercializan tantos tipos y marcas.

Se clasifican las aguas basándose en sus características físicas y químicas, parámetros geológicos e hidrológicos, descripción de las zonas de procedencia, la naturaleza del terreno, el contenido de minerales, entre otros.

### **2.14.5 Tipos de aguas según los minerales**

#### ***2.14.5.1 Alcalinas***

Tienen un pH más elevado de lo habitual. Se cree que contribuye a neutralizar el exceso de ácidos del organismo, que retrasan el envejecimiento e incluso son preventivas del cáncer. Pero no hay pruebas científicas que lo avalen. Lo que parece que sí hacen es

reducir la acidez gástrica, algo que según cómo puede resultar contraproducente porque reduciría la capacidad de los ácidos para combatir bacterias dañinas.

#### ***2.14.5.2 Bicarbonatadas***

Son frías y alcalinas, con pocos minerales y con propiedades diuréticas. Diversos estudios han demostrado los efectos positivos de estas aguas en el aparato digestivo. Ayudan a neutralizar la producción de ácidos, aumentan el pH del interior de los intestinos, aceleran el vaciado gástrico y estimulan las hormonas digestivas. Se recomiendan también para controlar el colesterol y prevenir dolencias cardiovasculares.

#### ***2.14.5.3 Calcáreas***

El calcio es su componente más destacado. Es sabido que ese mineral es necesario para los huesos, pero también tiene efectos positivos en los sistemas nervioso, muscular y sanguíneo. Es un ion positivo que puede asociarse con distintos iones negativos, que le proporcionan virtudes específicas. Los principales son el bicarbonato y el sulfato. Diversos trabajos científicos destacan su potencial papel en mantener un entorno alcalino y en la mejora del equilibrio de ácidos en el organismo. Uno de ellos destaca el importante papel que tienen esas aguas en la mineralización de los huesos, especialmente necesaria en mujeres menopáusicas.

#### ***2.14.5.4 Cloradas***

El cloro es el elemento predominante, y sus cationes (iones de carga positiva) son sodio, calcio y magnesio. No existen demasiados estudios sobre sus virtudes, pero parece que actúan sobre las funciones del intestino, porque estimulan la secreción de agua y electrolitos. Están indicadas en enfermedades del sistema gastrointestinal.

#### ***2.14.5.5 Ferruginosas***

Existen dos tipos, las que contienen bicarbonato y las que tienen sulfato. Estas últimas son muy concentradas, ricas en arsénico y con un pH muy bajo. Las bicarbonatadas tienen el pH alto y poco arsénico y destacan sus propiedades hemopoéticas, es decir,

en la formación, desarrollo y madurez de las células sanguíneas. Por eso están indicadas para quienes padecen anemia por falta de hierro, y, especialmente, las embarazadas.

#### **2.14.5.6 Fluoradas**

Son aguas adecuadas **para los niños**, porque reducen el decaimiento y promueven la mineralización ósea. Pero no es conveniente consumirlas en exceso porque se cree que podrían tener efectos **carcinógenos**. Aunque los estudios realizados hasta el momento con animales no dan como resultado una asociación directa entre el flúor y el riesgo de padecer cáncer. También puede tener efectos tóxicos, como fluorosis dental y ósea (que los deteriora), por lo que está limitada por normativa la exposición a ese mineral.

#### **2.14.5.7 Magnésicas**

Se recomiendan para patologías ginecológicas, como el síndrome premenstrual, el climaterio y la osteoporosis postmenstrual. Combinado con sulfato, el magnesio actúa sobre el sistema digestivo, estimula los movimientos intestinales y combate el estreñimiento. Las aguas que además de magnesio contienen calcio, sulfato, bicarbonato y sodio tienen una actividad terapéutica indicada en los desórdenes funcionales del tracto biliar. Estudios realizados indican que los europeos, especialmente escandinavos, que toman aguas con altos niveles de magnesio presenta menor riesgo de mortalidad por enfermedades coronarias.

### **2.14.6 Norma Boliviana NB 325002 "Bebidas analcohólicas – Agua de mesa - Requisitos"**

Según (IBNORCA, 2004) esta norma establece las características y requisitos que debe cumplir el agua de mesa envasada con o sin gas destinada al consumo humano.

#### **2.14.6.1 Requisitos**

Entre los tratamientos permitidos se incluye la separación de los constituyentes inestables, como por ejemplo los compuestos que contienen hierro, manganeso, azufre o arsénico, por decantación,

Las instalaciones destinadas a la producción de agua de mesa deben es deben estar de acuerdo a lo establecido en la NB 855.

Se permite la filtración, desionización, filtración por membrana y/o cualquier otro tratamiento autorizado por la Autoridad Competente.

Para garantizar la calidad microbiológica del producto se permite la ozonización, tratamiento térmico, rayos ultravioletas y/o cualquier otro tratamiento autorizado por el organismo oficial competente.

#### **2.14.6.2 Características organolépticas**

Olor: Inodora

Sabor: Insípida

Color: Incolora

#### **2.14.6.3 Requisitos físico – químicos**

El agua de agua de mesa no carbonatada debe tener un pH de 6,5 a 9,0 y cumplir con los requisitos máximos permisibles establecidos en la tabla 2-6.

El agua de mesa carbonatada debe contener como mínimo 1,7 volúmenes de gas carbónico (CO<sub>2</sub>).

Además, para que un agua de mesa carbonatada o no pueda ser comercializada como tal debe cumplir las siguientes especificaciones:

**Tabla 2.6 Requisitos físico - químicos**

Sustancia	Límite máximo (mg/l)
<b>Cobre</b>	1
<b>Manganeso</b>	0,05
<b>Plata Ag<sup>+</sup></b>	0,1
<b>Aluminio Al<sup>+3</sup></b>	0,2
<b>Zinc</b>	5
<b>Benceno</b>	0,005
<b>Trihalometanos totales THM</b>	0,10
<b>Arsénico</b>	0,01
<b>Bario</b>	0,7
<b>Cadmio</b>	0,003
<b>Cromo</b>	0,05
<b>Plomo</b>	0,01

Sustancia	Límite máximo (mg/l)
Mercurio	0,001
Selenio	0,01
Fluoruro, como F <sup>-</sup>	1,5
Nitratos, como nitratos	50
Nitritos, como nitritos	0,02
Cianuro, CN <sup>-</sup>	0,05
Sulfatos	250
Sólidos totales disueltos	500
Cloruros	250
Hierro	0,3
Cloro libre <sup>1)</sup>	1
Turbidez	5 NTU

Fuente: Ibnorca "Norma Boliviana NB 325002" (2004)

Elaboración: Elaboración propia (2024)

#### 2.14.6.4 Requisitos microbiológicos

El agua de mesa debe estar exenta de microorganismos patógenos y cumplir con los requisitos de la tabla 2-7.

*Tabla 2.7 Requisitos microbiológicos*

Parámetros	Límite	Técnica
Aeróbios mesófilos	20 UFC/ml	Recuento en placa
Coliformes totales	0 UFC/100 ml	Recuento en placa
	< 3 NMP/ml	Número más probable
Pseudomona aeruginosa	< 1,0 x 10 <sup>0</sup> UFC/ml	Recuento en placa
	Ausencia	Membrana filtrante
Streptococcus fecales	< 1,0 x 10 <sup>0</sup> UFC/ml	Recuento en placa
	Ausencia	Membrana filtrante
Anaerobios sulfito reductores	< 1,0 x 10 <sup>0</sup> UFC/ml	Recuento en placa
	Ausencia	Membrana filtrante

Fuente: Ibnorca "Norma Boliviana NB 325002" (2004)

Elaboración: Elaboración propia (2024)

#### 2.14.6.5 Requisitos del CO<sup>2</sup>

El CO<sub>2</sub> debe cumplir con las siguientes características organolépticas

Olor: Característico

Sabor: Característico

Apariencia: Característico

El dióxido de carbono debe tener una pureza mayor al 99,9 % y no debe exceder los valores de la tabla 2-8.

**Tabla 2.8 Requisitos para el CO<sub>2</sub>**

Parámetro	Límite
Sulfuro de carbonilo (COS)	0,2 ppm
Dióxido de azufre (SO <sup>2</sup> )	1 ppm
Sulfuro de hidrógeno (H <sup>2</sup> S)	0,1 ppm
Humedad (H <sup>2</sup> O)	20 ppm
Monóxido de carbono (CO)	10 ppm
Acetaldehído	0,2 ppm
Amoniaco (NH <sup>3</sup> )	2,5 ppm
Dióxido de nitrógeno NO <sup>2</sup>	2,5 ppm

**Fuente:** Icnorca "Norma Boliviana NB 325002" (2004)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

#### **2.14.6.6 Envasado**

El agua de mesa puede envasarse en botellas de vidrio, de plástico y envases de hojalata, acero inoxidable o de aluminio y en cualquier otro recipiente aprobado por la autoridad competente y deben cumplir con las normas Bolivianas vigentes.

Los envases deben estar limpios y libres de cualquier material extraño.

Todos los envases deben ser sometidos a procesos adecuados de limpieza y desinfección.

Además, debe cumplir siguientes requisitos microbiológicos de la tabla 2-9.

**Tabla 2.9 Requisitos microbiológicos de los envases**

Parámetro	Límite	Técnica
<b>Aeróbios mesófilos</b>	< 50 UFC/envase	Recuento en placa / filtración por membrana

**Fuente:** Icnorca "Norma Boliviana NB 325002" (2004)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

#### **2.14.6.7 Tapas roscas**

Las tapas rosca deben cumplir con la NB 995.

Las tapas rosca aplicadas deben cumplir con los requisitos de la siguiente tabla:

**Tabla 2.10 Requisitos de las tapas coronas aplicadas**

Parámetro	N · m	lb · in
<b>Torque de remoción</b>	0,56 – 2,14	5 – 19
N · m = Newton por metro		
lb · in = libra por pulgada		

**Fuente:** Icnorca "Norma Boliviana NB 325002" (2004)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

#### **2.14.6.8 Tapas corona**

Las tapas corona aplicadas deben cumplir con el ensayo de pasa o no pasa

Calibres:

Pasa = 28,83 mm

No pasa = 28,58 mm

#### **2.14.6.9 Etiquetado**

Además de lo establecido como información obligatoria en la Norma Boliviana NB 314001, se aplicará las disposiciones siguientes:

La denominación del agua será; "Agua de mesa" o "Agua de mesa con gas" o "Agua de mesa carbonatada".

En la etiqueta y publicidad del agua de mesa envasada no debe incluirse marca, imagen o símbolo figurativo que sugiera acción terapéutica y específica.

## **2.15 TÉRMINOS Y DEFINICIONES PARA EL PROYECTO**

Para garantizar una comprensión clara de los procesos y términos empleados en este proyecto, se establecen las siguientes definiciones técnicas:

**Recepción de Envases:** Proceso inicial donde se inspeccionan y verifican los envases recibidos para garantizar que cumplen con los estándares de calidad establecidos.

**Embotellado:** Llenado de los envases con agua tratada, utilizando equipos que aseguren precisión en la cantidad y calidad del producto.

**Tapado:** Proceso de sellado hermético de los envases mediante tapas de seguridad que garantizan la integridad del contenido.

**Codificado de Botellas:** Impresión o grabado de información esencial en cada envase, como fecha de producción, número de lote y fecha de caducidad, para garantizar la trazabilidad del producto.

**Empaquetado:** Agrupación y embalaje de los envases en unidades de transporte que faciliten su manejo, almacenamiento y distribución.

**Envasado:** Proceso de acondicionamiento final en el cual los envases son preparados para su distribución al mercado.

**CAPÍTULO III**  
**DIAGNOSTICO DE LA**  
**SITUACIÓN ACTUAL**

### **3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

#### **3.1 Antecedentes de la empresa**

En el año 1965, en la ciudad de La Paz, se crea Embotelladora “LA CASCADA” a través del impulso del Señor José Ezzidin Eid Montaña y su Señora esposa Angelina Torchio de Eid.

En el año 1966 se concedió a Embotelladora “LA CASCADA” la licencia para la explotación de aguas termales de Viscachani, contando con una moderna planta instalada en dicha localidad. En la actualidad Agua Mineral Viscachani es un producto líder en el mercado nacional.

Tiene una sucursal en la ciudad de Cochabamba planta de embotellado que se inauguró en el año 1980. En el año 1982 se inauguró oficialmente otra planta de LA CASCADA en la ciudad del El Alto.

No obstante, en el año 1978 se inaugura oficialmente la planta embotelladora en la ciudad de Tarija, iniciando la extensión de la marca al sur del país, CASCADA del Sur S.A., es una empresa perteneciente al Grupo Industrial La CASCADA, que como toda sociedad anónima cuenta con un Directorio de Socios y Accionistas y la Gerencia General. Actualmente se ubica en la avenida Héroes del Chaco esquina Helecto Diaz - Zona Morros Blancos.

CASCADA Tarija resalta por ser una empresa humana, por consolidarse como una comunidad, esto por el gran apoyo que brindan diariamente al deporte tarijeño, a la cultura, al arte y a resaltar todo aspecto de Tarija como departamento.

El medio ambiente también es parte de las bases fundamentales de CASCADA ya que sus envases plásticos tienen un 30 por ciento de material reciclado, esto bajo el contexto de mantener un medio ambiente limpio y además incentivar a la población a reciclar. Además, resaltar que CASCADA fue la pionera en el tratamiento de aguas, incluso cuando ese término no era para nada conocido en el contexto social.

Actualmente el departamento de Tarija consta de dos plantas, una en Cercado y otra en el municipio de Villa Montes, mientras que los municipios de Yacuiba, Bermejo y Camiri son grandes distribuidoras ya que CASCADA DEL SUR S.A se encarga de todo lo que es Tarija, Cochabamba, Sucre, Potosí.

CASCADA DEL SUR S.A., es una empresa que siempre ha puesto al alcance de la población bebidas refrescantes con la mayor calidad y el mejor servicio a través de una completa red de distribución, siendo sus productos netamente bolivianos con estándares internacionales de calidad y tecnología y es en este punto donde se centra sus mayores retos, mantener su calidad con tecnología y maquinaria de punta.

El grupo empresarial CASCADA DEL SUR S.A., ha experimentado un importante crecimiento en el mercado de las bebidas refrescantes, consolidándose entre las primeras del mercado. De esta forma se ha realizado importantes inversiones en tecnología de punta. Durante estos años forjaron una imagen de reconocida seriedad y responsabilidad, en la que se ha destacado la importancia de operar con la máxima eficiencia y eficacia, buscando mejoras e innovaciones tecnológicas que vayan en beneficio de sus clientes. En este proceso, adaptó su actividad para atender mejor al mercado boliviano altamente diverso en el territorio para así poder satisfacer los hábitos y preferencias de todos los bolivianos.

### **3.2 Ubicación de la empresa**

“LA CASCADA DEL SUR” está ubicado entre avenida Héroes del Chaco y Electo Diaz, Barrio Aeropuerto TARIJA-BOLIVIA la presente empresa se puede verificar mediante el medio geográfico y el link.

**Figura 3.1 Ubicación de la empresa**



**Fuente:** <https://maps.app.goo.gl/57YkyhcbAKSCWmWr9> (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 3.3 Datos comerciales

**Tabla 3.1 Ficha técnica**

<b>Nombre jurídico de la empresa</b>	<b>CASCADA DEL SUR S.A.</b>
<b>Datos impositivos</b>	NIT: 01024731022
<b>Registro de Senasag</b>	09-01-03-01-0001
<b>Ubicación</b>	<b>Google maps:</b> <a href="https://maps.app.goo.gl/57YkyhcbAKSCWmWr9">https://maps.app.goo.gl/57YkyhcbAKSCWmWr9</a> <b>Página de Facebook:</b> <a href="https://www.facebook.com/cascadadelsur.s.a/">https://www.facebook.com/cascadadelsur.s.a/</a>

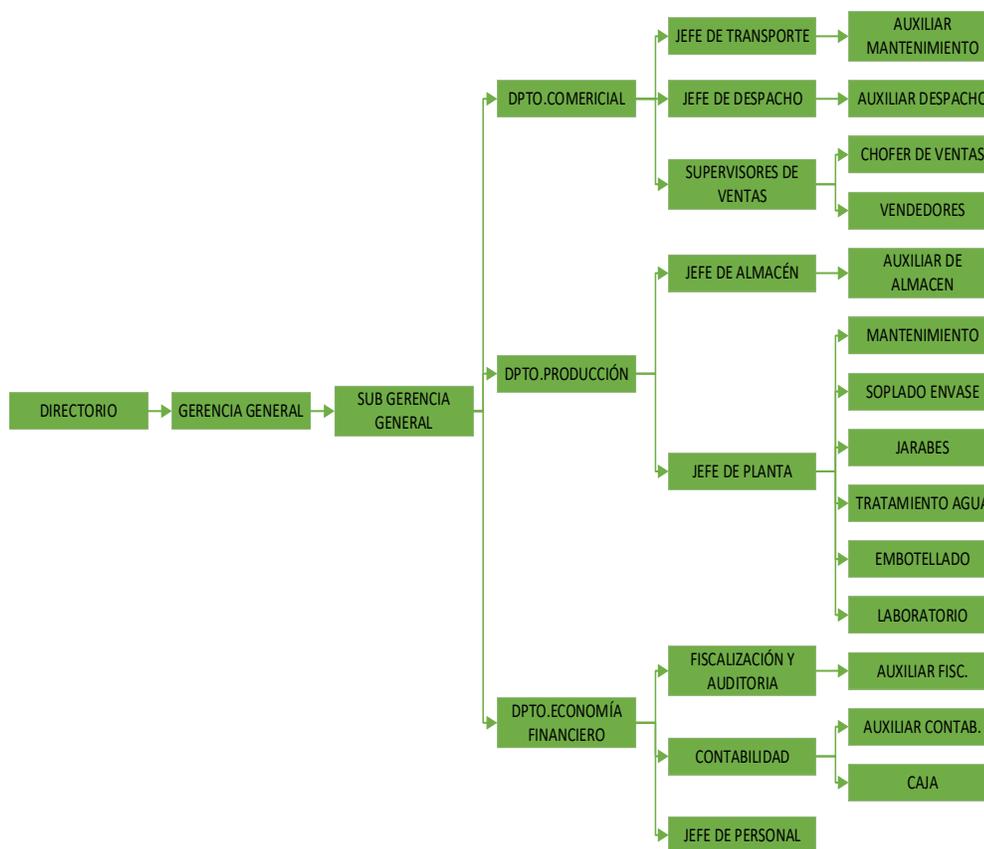


**Fuente:** Gerencia administrativa CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 3.4 Estructura organizacional

*Figura 3.2 Organigrama de la empresa*



**Fuente:** Gerencia administrativa CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

En la Figura 3.2, se presenta el organigrama de Cascada del Sur, donde se muestra gráficamente la estructura jerárquica de la empresa. El organigrama detalla los diferentes niveles de dirección y las líneas de reporte entre los distintos departamentos. A través de este gráfico se puede observar la relación entre los diversos actores clave de la empresa.

### 3.4.1 Personal directo e indirecto y cantidad de trabajadores por área de trabajo

*Tabla 3.2 Personal directo*

Área	Puesto	Nº de trabajadores
<b>Producción</b>	Operadores de maquinaria de embotellado.	7
	Técnicos de mantenimiento de equipos.	2
	Obreros	60
<b>Control de Calidad</b>	Inspectores de calidad.	1
	Químicos o biólogos para análisis de laboratorio.	3
<b>Ventas</b>	Gerente de Ventas	1
	Supervisores	5
<b>Logística y Almacenamiento</b>	Personal de almacén.	2
	Operarios de montacargas.	5
<b>Administración y Finanzas</b>	Gerentes administrativos.	3
	Contadores y analistas financieros.	4
	Personal de recursos humanos.	15

**Fuente:** CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

**Tabla 3.3 Personal indirecto**

Área	Puesto	Nº de trabajadores
<b>Servicios Generales</b>	Personal de limpieza.	2
	Seguridad y vigilancia.	5
	Recepcionistas.	1
<b>Tecnología de la Información (TI):</b>	Especialistas en sistemas y redes.	1
	Soporte técnico.	1
<b>Consultoría Externa</b>	Consultores especializados en áreas específicas.	3
	Audidores externos.	5

**Fuente:** CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

### 3.5 Productos que brinda

Cascada del Sur ofrece una amplia gama de productos embotellados diseñados para satisfacer diversas necesidades del mercado. Su portafolio incluye aguas en distintas presentaciones, desde botellas retornables hasta descartables, así como una línea de gaseosas y jugos en diferentes tamaños y sabores. Cada producto ha sido desarrollado bajo estrictos estándares de calidad para garantizar la satisfacción del consumidor.

A continuación, en la Tabla 3.4, se presentan los productos disponibles con sus características principales, incluyendo capacidad, tipo de envase y presentación.

**Tabla 3.4 Productos de CASCADA DEL SUR**

<b>Aguas:</b>		
<b>Botellón</b>	Capacidad 20 litros, envase de plástico reforzado, libre de Sodio Libre de Durezas Liviana y cómoda, retornable.	
<b>Agua con gas</b>	Agua con gas, capacidad 620 ml, envase de vidrio, retornable.	
<b>Agua de 5 litros descartable</b>	Capacidad 5 litros, envase plástico, Botella ergonómica.	
<b>Agua de 2 litros descartable</b>	Capacidad 2 litros, envase plástico, Botella ergonómica.	
<b>Agua de 600 ml descartable</b>	Capacidad 600 ml, envase plástico, Botella ergonómica.	
<b>Agua Sachet 400 ml</b>	Capacidad 400 ml, envase bolsa hermética descartable.	

<b>Gaseosas:</b>		
<b>"Super Cascada"</b>	Capacidad 1250 cc, envase de vidrio retornable, en diferentes sabores: Pett cola, Piña, Naranja, Fresa, Guaraná, Papaya, Pomelo.	
<b>"Popular"</b>	Capacidad 620 cc, envase de vidrio retornable, en diferentes sabores: Pett cola, Piña, Naranja, Fresa, Guaraná, Papaya, Pomelo, Lima limón	
<b>"Chapaquita"</b>	Capacidad 215 cc, envase de vidrio retornable, en diferentes sabores: Pett cola, Piña, Naranja, Fresa, Guaraná, Papaya, Lima limón.	
<b>Pett 3 litros</b>	Capacidad 3 lts, envase plástico, en diferentes sabores: Pett cola, Piña, Naranja, Fresa, Guaraná, Papaya, Pomelo.	
<b>Pett 2 litros</b>	Capacidad 2 lts, envase plástico, en diferentes sabores: Pett cola, Piña, Naranja, Fresa, Guaraná, Papaya, Pomelo.	
<b>Pett media</b>	Capacidad 500 ml, envase plástico, en diferentes sabores: Pett cola, Piña, Naranja, Fresa, Guaraná, Papaya, Pomelo.	

<b>Ginger Ale</b>	Capacidad 2 lts, envase plástico, bebida gaseosa a base de hierbas.	
<b>Jugos:</b>		
<b>Jumbo</b>	Capacidad 2,5 litros, envase plástico no retornable. Con pulpa de fruta y bajo en calorías, en diferentes sabores: Citrus, Red, Fuzion y Durazno	

**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

En la Tabla 3.4, se muestra el catálogo de productos de Cascada del Sur, detallando las distintas presentaciones que ofrece la empresa. La tabla incluye información relevante como el volumen de los envases, el material utilizado en su fabricación, y las características específicas de cada presentación.

### 3.6 Descripción de la materia prima e insumos utilizados

*Tabla 3.5 Materia prima e Insumos utilizados*

<b>Materia Prima</b>	
	<b>Descripción</b>
<b>Agua</b>	El agua desempeña un papel vital en numerosos procesos biológicos y ecológicos. Es necesaria para la supervivencia de los seres vivos, ya que participa en la regulación de la temperatura corporal, la digestión, el transporte de nutrientes y la eliminación de desechos.  El agua se trata por medio de una combinación de floculación, supercloración y reducción de alcalinidad.
<b>Insumos utilizados</b>	
	<b>Descripción</b>
<b>Gas carbónico</b>	El gas carbónico se utiliza para carbonatar las bebidas gaseosas y darles su característica efervescencia.

<b>Insumos utilizados</b>	
	<b>Descripción</b>
<b>Jarabe terminado</b>	El jarabe terminado es el ingrediente que le da sabor y dulzura a las bebidas gaseosas. Puede haber diferentes sabores de jarabe para producir distintos tipos de bebidas.
<b>Ácido cítrico</b>	Se utiliza como regulador de acidez en las bebidas gaseosas.
<b>Conservantes</b>	Algunas bebidas gaseosas pueden contener conservantes para prolongar su vida útil.
<b>Envases</b>	Los envases como las botellas, son necesarios para envasar y comercializar las bebidas gaseosas.
<b>Agua purificada</b>	El agua purificada es esencial para la producción de aguas embotelladas. Se somete a procesos de filtración y purificación para garantizar su calidad.
<b>Etiquetas y tapas</b>	Las etiquetas y tapas son elementos importantes para identificar y sellar las diferentes botellas.

**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

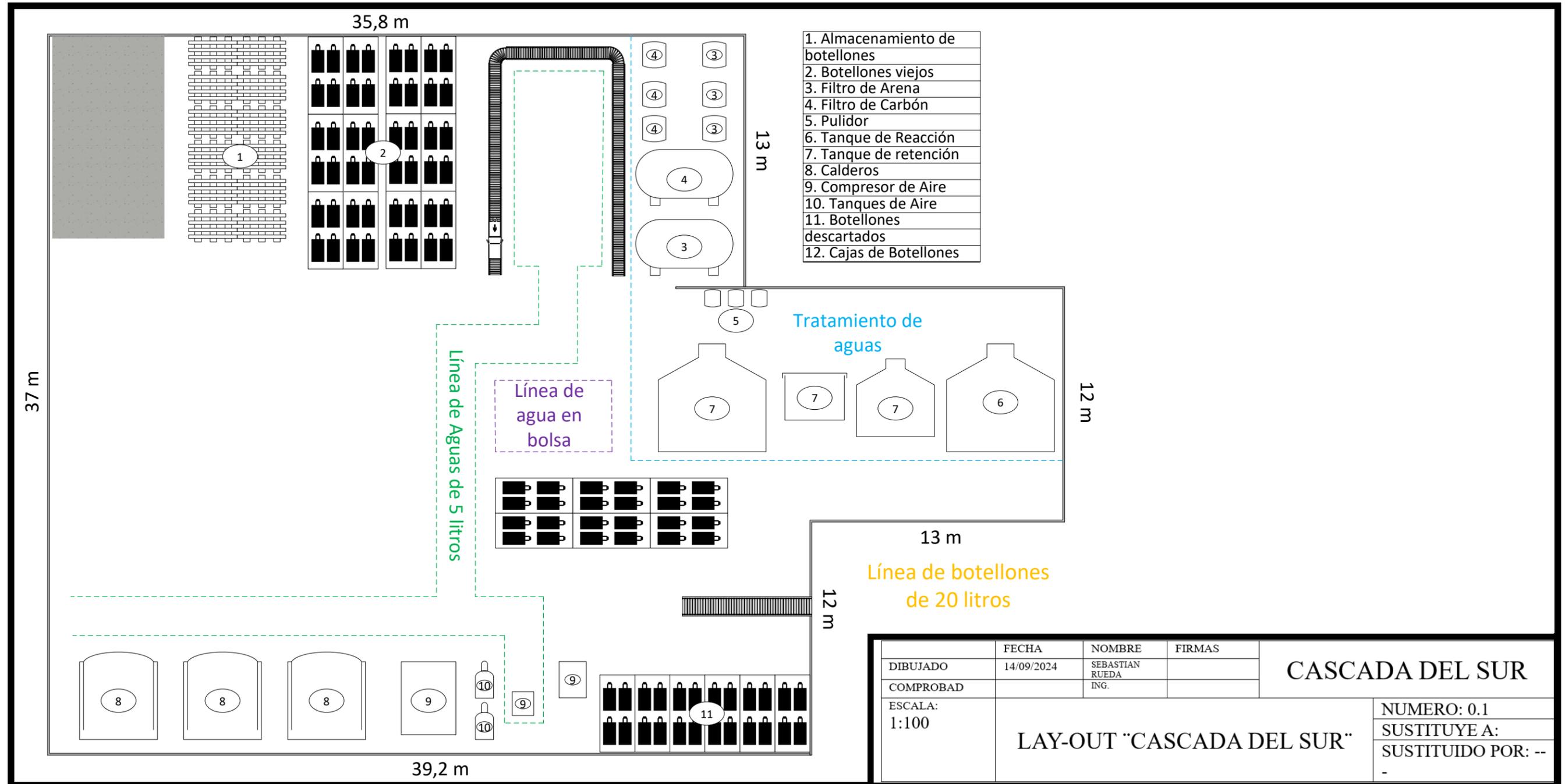
**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La selección adecuada de la materia prima y los insumos es esencial para garantizar la calidad del producto final. Cada elemento juega un rol específico en el proceso productivo, desde el agua purificada, que es la base de las bebidas, hasta los envases, etiquetas y conservantes, que aseguran la seguridad, durabilidad y presentación del producto. La correcta gestión de estos insumos no solo impacta en la eficiencia operativa, sino también en la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado.

Es importante resaltar que todos los insumos utilizados en el proceso cumplen con normativas locales e internacionales, como la Norma Boliviana NB 325002 "Bebidas analcohólicas – Agua de mesa -Requisitos", garantizando que el producto final sea seguro y de alta calidad. Este cumplimiento refleja el compromiso de la empresa con la salud del consumidor y las buenas prácticas de manufactura.

3.7 Distribución en planta

Figura 3.3 Lay – Out actual de la planta



Fuente: Elaboración Propia (2024)

La figura 3.3 muestra la distribución actual de la planta, en donde se detalla las diferentes zonas como el tratamiento de aguas o las áreas en donde se encuentran las líneas de agua de 5 litros, la línea de agua en bolsa y la línea de botellones de 20 litros. Las largas distancias entre estaciones dificultan la coordinación y aumentan los tiempos improductivos (como se puede observar en la Figura 3.9 Diagrama de hilos del proceso productivo pág. 59). La elaboración de este layout es crucial para proponer un diseño que optimice los flujos y aproveche mejor el espacio disponible.

### **3.8 Descripción del proceso de producción de aguas de 5 litros**

#### **Captación del agua**

El agua que se utiliza en la planta de producción se obtiene de un pozo de 270 m. ubicado debajo de la unidad productiva, el agua se extrae mediante un sistema de bombas centrífugas y son llevadas a una piscina tapada con 100 metros cúbicos de capacidad.

Desde la piscina se distribuye el agua a dos líneas: Una que va a la planta y es utilizada en la limpieza general, lavado de botella, torres de enfriamiento, intercambiador de calor, etc. y la otra línea utilizada como materia prima para el proceso de obtención de gaseosa, y en laboratorio.

#### **Proceso de tratamiento del agua:**

El sistema de tratamiento del agua es por floculación que puede resolver la mayor parte de los problemas del agua, excepto el alto contenido de sales (cloruros, sulfatos, etc.).

El método consiste en una combinación de floculación, super-cloración y reducción de alcalinidad con dos horas de retención, seguido de filtración por arena, purificación por carbón y pulido final.

Las sustancias insolubles formadas al reducir la alcalinidad y las partículas de suciedad en suspensión son capturadas por los flóculos formándose elementos de mayor tamaño y densidad suficiente como para asentarse lentamente en el lecho del reactor. Los barros formados son eliminados por purga.

**Control de calidad**

Una vez tratada, el agua se somete a pruebas rigurosas de laboratorio para verificar que cumple con los estándares sanitarios y de seguridad. Los controles incluyen el análisis microbiológico, químico y físico del agua.

**Llenado y Envasado:**

El agua de 5 litros pasa por un proceso de llenado manual, donde se introduce en botellas de plástico y se sellan herméticamente.

**Etiquetado, Codificación y Empaquetado:**

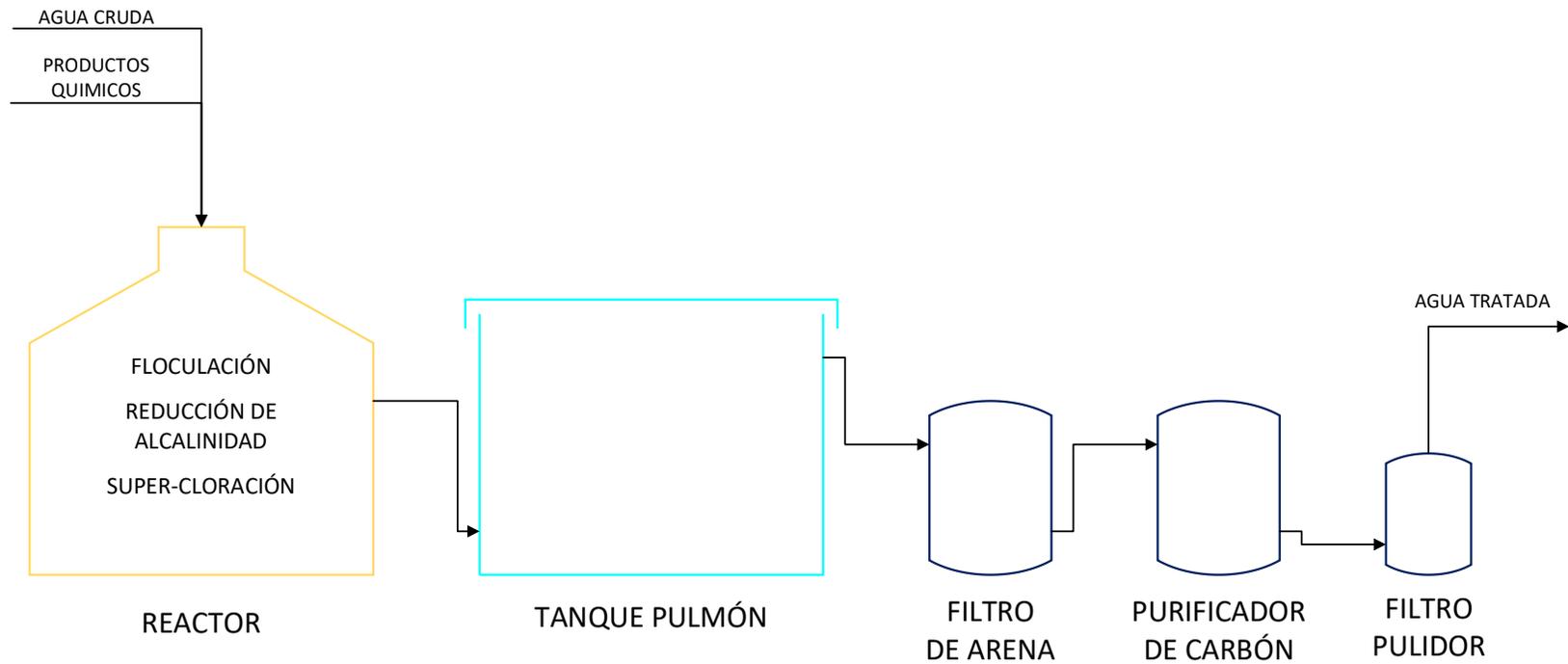
Las botellas son etiquetadas con información como la fecha de producción, fecha de caducidad, ingredientes, datos nutricionales y se empaquetan listos para su distribución.

**Almacenamiento y Distribución:**

Las aguas de 5 litros envasadas se almacenan en un lugar específico antes de ser distribuidas a los puntos de venta.

### 3.9 Diagrama de proceso del tratamiento de aguas

*Figura 3.4 Diagrama de proceso del tratamiento de aguas*



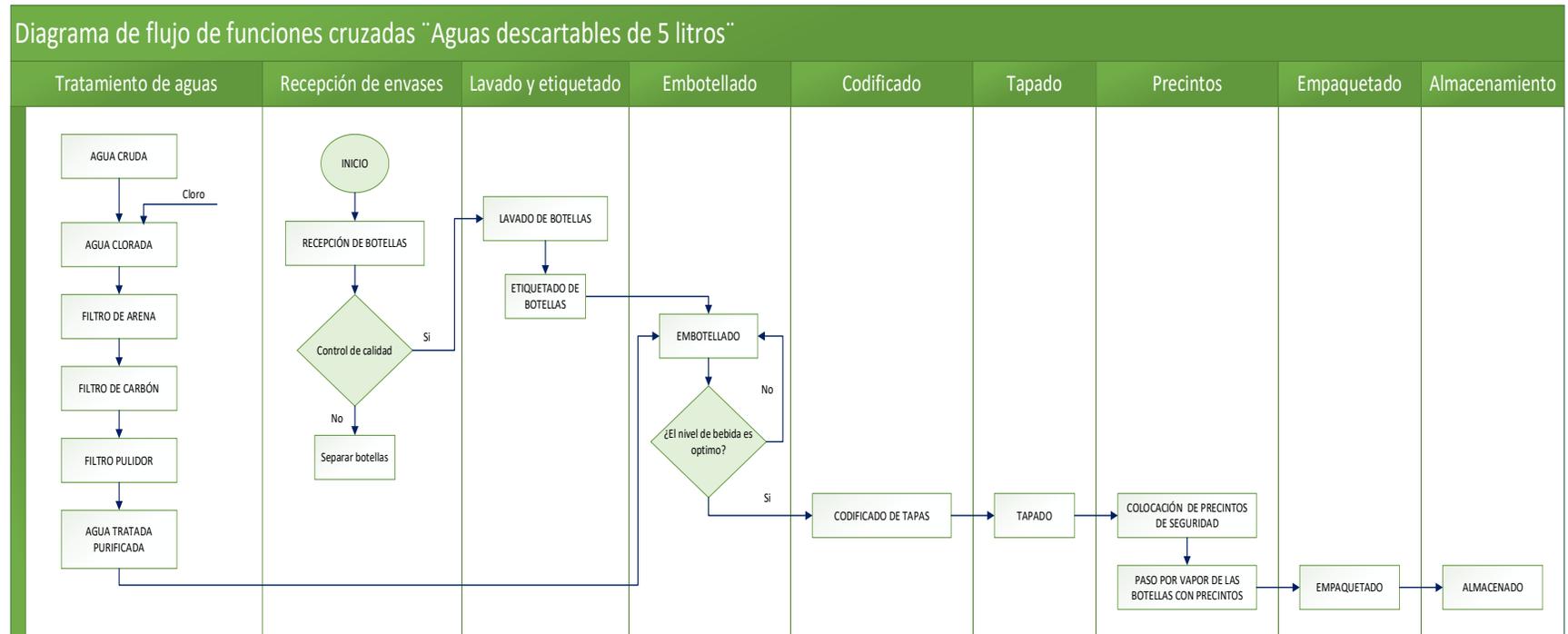
**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La figura 3.4 detalla el proceso actual de tratamiento del agua en la planta, que incluye etapas críticas como la floculación, reducción de alcalinidad y la super-cloración. Estas fases aseguran que el agua cumpla con los estándares de calidad físico-químicos y microbiológicos establecidos en la norma NB 325002 antes de ser embotellada. Cada etapa está diseñada para eliminar impurezas, microorganismos y elementos no deseados, garantizando un producto final seguro para el consumo humano. Este proceso representa una de las fortalezas de la planta, ya que asegura la pureza del agua.

### 3.10 Flujograma del proceso productivo del agua descartable de 5 litros

*Figura 3.5 Flujograma del proceso productivo del agua descartable de 5 litros*



**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La figura 3.4 muestra el flujograma del proceso productivo de agua descartable de 5 litros, desde la captación y purificación del agua hasta el almacenamiento del producto final. El diagrama detalla las etapas de filtración, embotellado, tapado, codificación, empaquetado y almacenamiento, proporcionando una visión clara del proceso completo de producción y distribución del agua purificada.

Se destaca las conexiones entre las actividades principales, pero también evidencia la falta de integración y sincronización entre estas. La ausencia de mecanismos automatizados y el uso intensivo de tareas manuales incrementan los tiempos de espera entre etapas y reducen la capacidad de respuesta de la línea frente a demandas variables.

### **3.11 Riesgos laborales**

En el proceso de producción de aguas descartables en la planta, se identifican diversos riesgos laborales que impactan en la salud y seguridad de los trabajadores. Estos riesgos derivan principalmente de las siguientes condiciones:

#### **3.11.1 Manipulación Manual Inadecuada**

La manipulación de botellas y otros elementos de forma manual incrementa el riesgo de lesiones físicas, como esguinces y fatiga muscular, debido a las posturas repetitivas y la falta de equipos ergonómicos.

#### **3.11.2 Deficiencias Ergonómicas**

La organización actual de la línea presenta estaciones de trabajo con poca adaptabilidad a la postura natural del cuerpo, lo que contribuye a la incomodidad prolongada y el potencial de lesiones por movimientos repetitivos.

#### **3.11.3 Falta de Automatización**

La operación manual de actividades como el embotellado, etiquetado y empaquetado exige una carga física considerable para los trabajadores. La ausencia de maquinaria automatizada limita la eficiencia y aumenta la probabilidad de incidentes por fatiga y errores humanos.

### 3.11.4 Capacitación Insuficiente

La rotación de personal y la falta de formación específica para los diferentes puestos de la línea impiden una adecuada familiarización con los procedimientos, lo que incrementa la exposición a riesgos laborales.

Estos factores generan un entorno de trabajo que, además de impactar en la productividad, incrementa la probabilidad de accidentes laborales y enfermedades ocupacionales. La mitigación de estos riesgos será esencial para promover un ambiente de trabajo seguro y eficiente en la planta.

### 3.12 Descripción de maquinaria y equipos

*Tabla 3.6 Maquinaria y equipos*

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
<p><b>ENVOLVEDORAS PAC 70</b></p>		<p>Este equipo a partir de dos bobinas de film de material termocontraíble, dispuesta en la parte superior e inferior; genera una envoltura tubular en forma automática sobre el producto para su posterior pasaje al túnel de termocontracción donde el material se contrae formando un paquete sólido y compacto con aberturas laterales.</p>
<p><b>TRANSPORTADOR A CADENA PLANA</b></p>		<p>Transportador para usos generales, movimiento y acumulación de cajas, bandejas, etc...</p>



NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
<b>COMPRESORES</b>		<p>Son máquinas que aspiran el aire ambiente, a presión atmosférica, y lo comprimen hasta lograr una presión superior.</p>
<b>FILTROS DE ARENA</b>		<p>Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena.</p>
<b>FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO</b>		<p>Se utilizan principalmente para eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua.</p>

**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

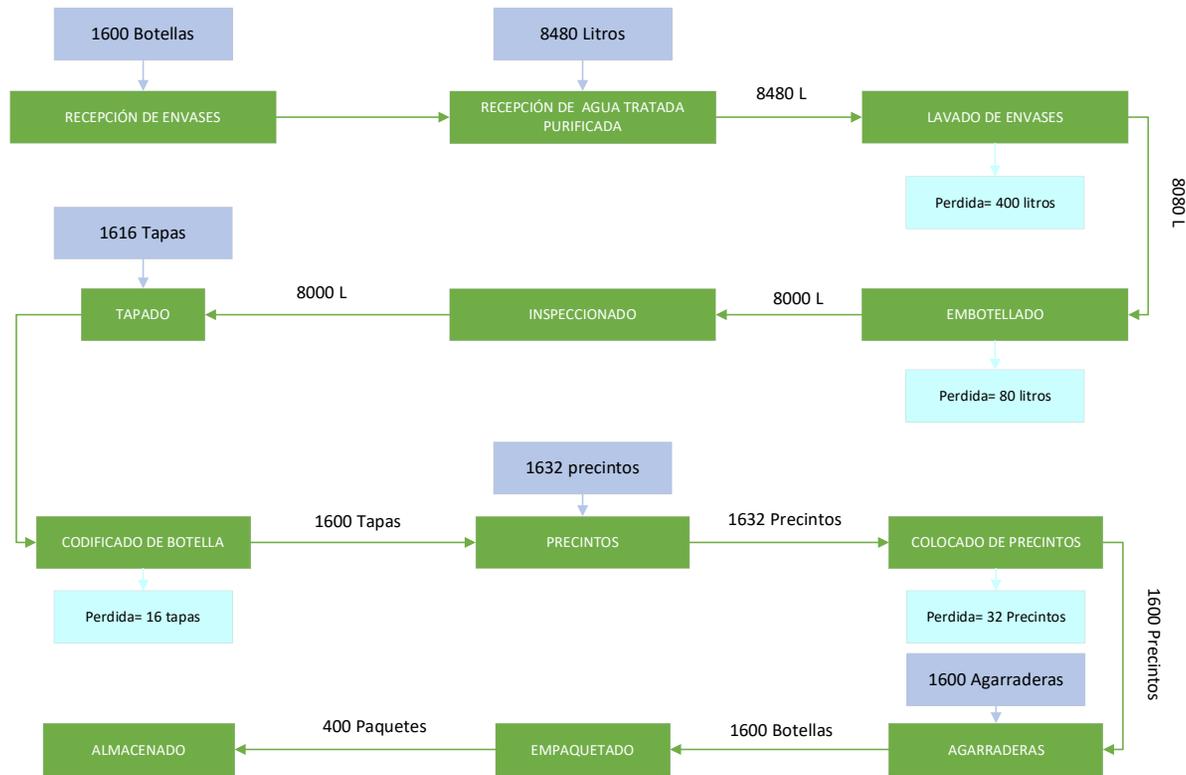
**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La tabla 3.6 presenta un listado detallado de la maquinaria y equipos utilizados actualmente en la línea de producción de agua descartable de 5 litros. Incluye equipos básicos como bombas de agua, selladoras manuales, y etiquetadoras.

### 3.13 Balance de materia

Se realizará para la elaboración de 400 paquetes (contienen 4 botellas) de agua descartable de 5 litros.

**Figura 3.6 Balance de materia del proceso de elaboración de aguas descartables de 5 litros**



**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

3.14 Cursograma analítico del proceso

Figura 3.7 Cursograma analítico del proceso productivo actual



Fuente: Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

Elaboración: Elaboración propia (2024)

El cursograma analítico presentado detalla de manera gráfica y secuencial las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos involucrados en el proceso de embotellado de agua de 5 litros. Esta herramienta visual permite identificar y analizar cada etapa del proceso, desde la recepción de las botellas hasta el almacenamiento del producto terminado.

### 3.14.1 Resumen de actividades del Cursograma analítico del proceso

*Tabla 3.7 Tabla resumen de actividades*

Tipo de Actividad	Cantidad	Tiempo Total (min)	Distancia Total (m)
<b>Operación</b>	10	2,75	-
<b>Transporte</b>	8	2,5	87,5
<b>Inspección</b>	3	0,43	-
<b>Espera</b>	4	30	-
<b>Almacenaje</b>	1	-	-
<b>Total</b>	26	35,7	87,5

**Fuente:** Cursograma analítico del proceso (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

#### **Descripción de los totales obtenidos:**

El proceso actual consta de 26 actividades, distribuidas en 10 operaciones, 8 transportes, 3 inspecciones, 4 esperas y 1 almacenaje.

Las operaciones representan el 38% del total de actividades, lo que evidencia una alta intervención manual en etapas clave como el llenado y sellado.

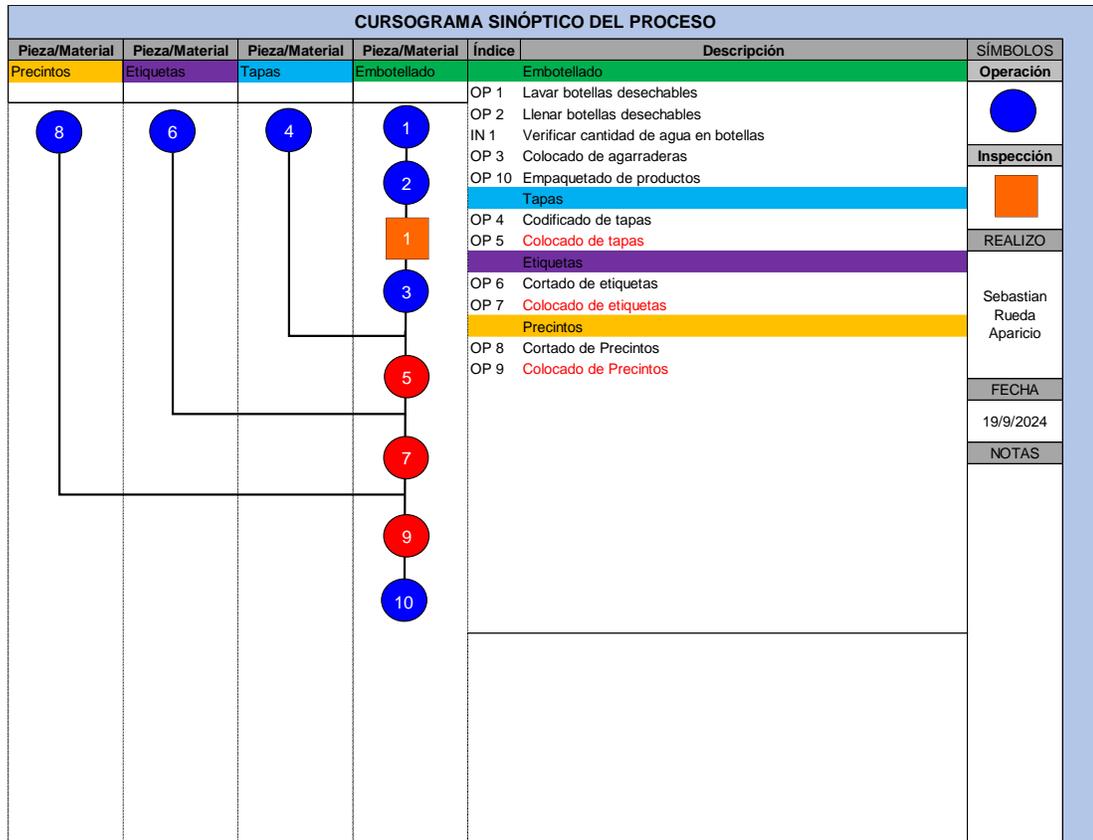
Los transportes (8 actividades) implican un recorrido total de 87,5 metros, generando tiempos improductivos y riesgo de daños en los envases.

Las esperas (4 actividades) suman 30 minutos, asociadas principalmente a la falta de sincronización entre etapas.

Este análisis confirma que el proceso actual es ineficiente debido a la excesiva manipulación manual, desplazamientos innecesarios y tiempos muertos, justificando la necesidad del rediseño propuesto.

### 3.15 Cursograma del proceso

*Figura 3.8 Cursograma sinóptico del proceso productivo actual*



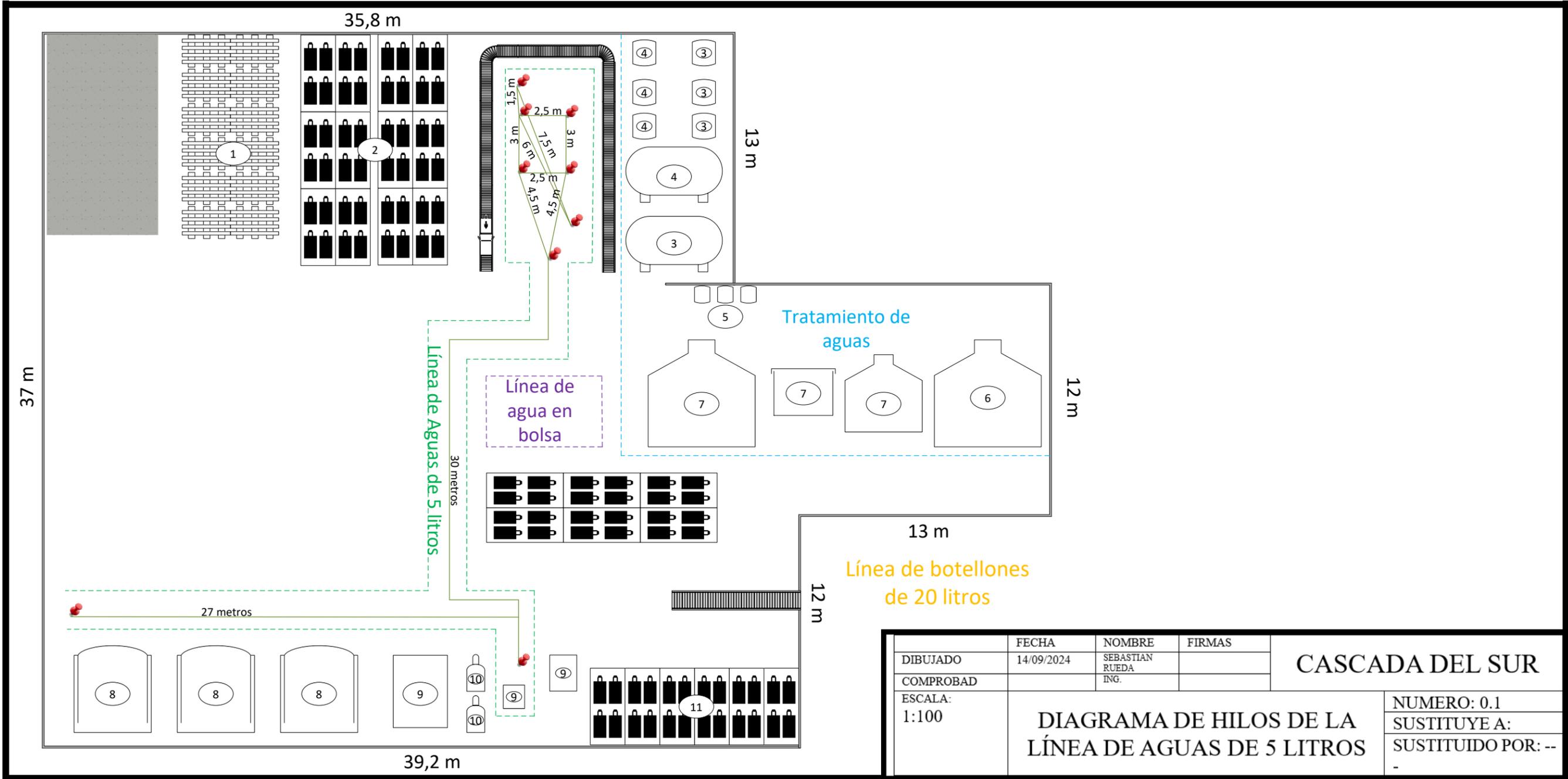
**Fuente:** Área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

El cursograma sinóptico que se presenta es una representación visual simplificada del proceso de embotellado de agua. A diferencia del cursograma analítico, este diagrama se enfoca en mostrar la secuencia general de las operaciones y las relaciones entre los diferentes materiales involucrados.

3.16 Diagrama de hilos

Figura 3.9 Diagrama de hilos del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia (2024)

El Diagrama de Hilos es una herramienta gráfica que representa los desplazamientos de materiales, productos y trabajadores dentro de la planta. Este análisis permite identificar los trayectos, redundancias y posibles áreas de mejora en el flujo del proceso productivo de la línea de agua descartable de 5 litros en la planta de Cascada del Sur.

Los hilos de la figura 3.9 muestra trayectorias irregulares y extensas entre las diferentes estaciones de trabajo (embotellado, sellado, etiquetado, empaquetado y almacenamiento). Esto genera un alto tiempo de transporte interno.

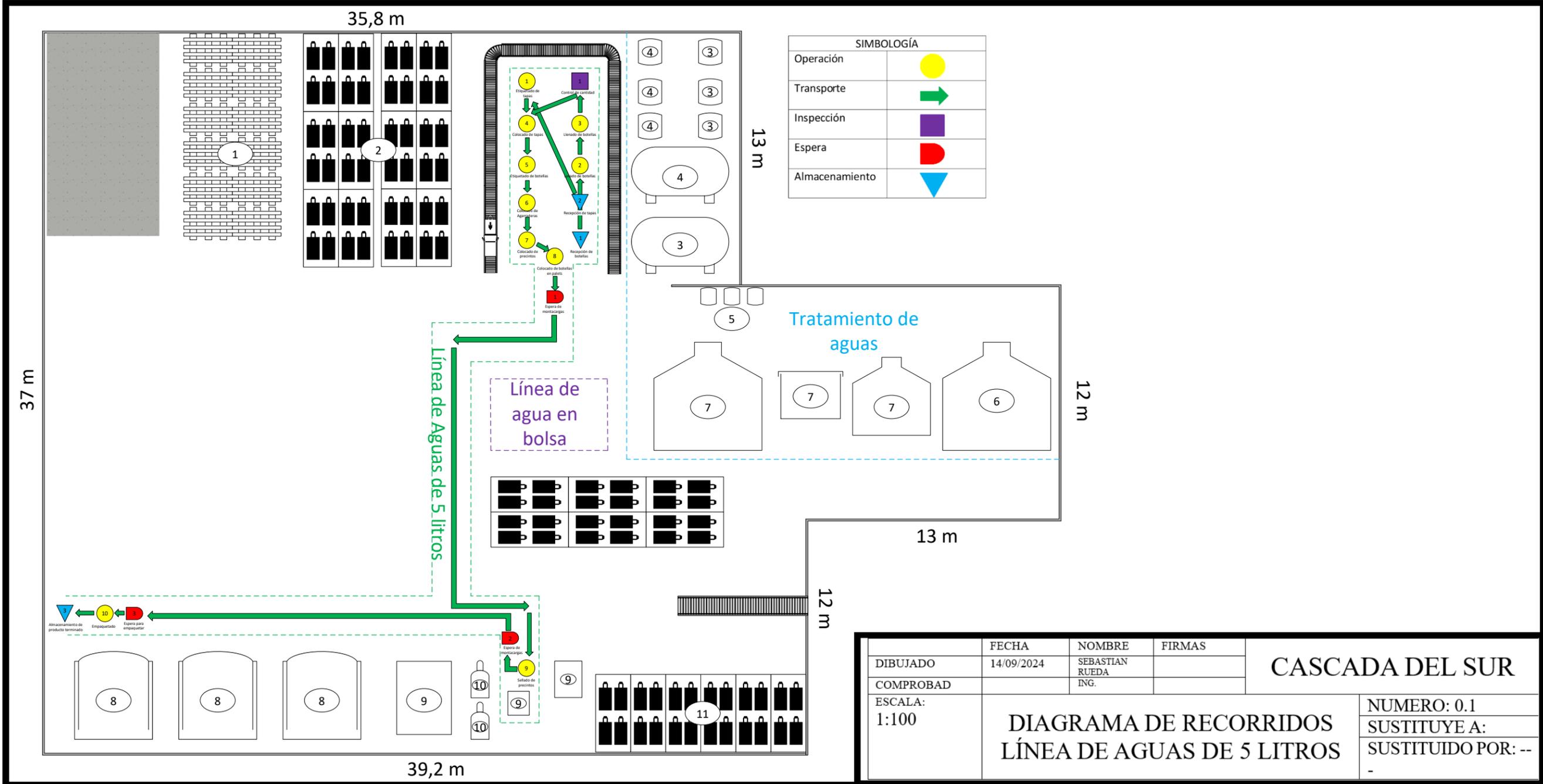
Las distancias recorridas entre etapas no están minimizadas, lo que implica un esfuerzo físico adicional para los trabajadores y un desperdicio de tiempo.

No hay una secuencia lógica ni una conexión directa entre las etapas del proceso. Esto obliga a realizar múltiples movimientos de ida y vuelta.

Los desplazamientos adicionales generan costos en tiempo, desgaste físico y recursos, afectando la rentabilidad de la línea de producción.

3.17 Diagrama de recorrido

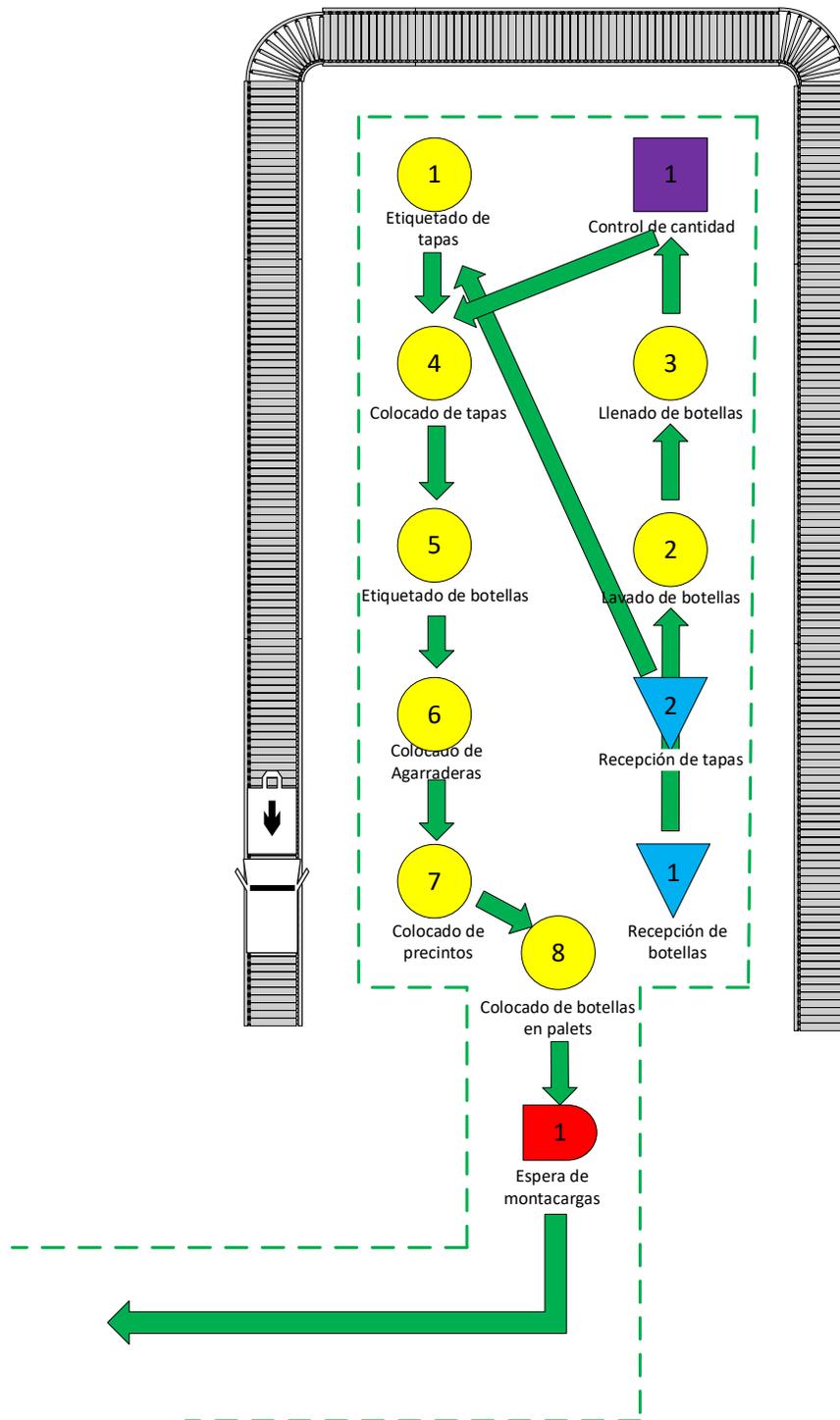
Figura 3.10 Diagrama de recorridos del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia (2024)

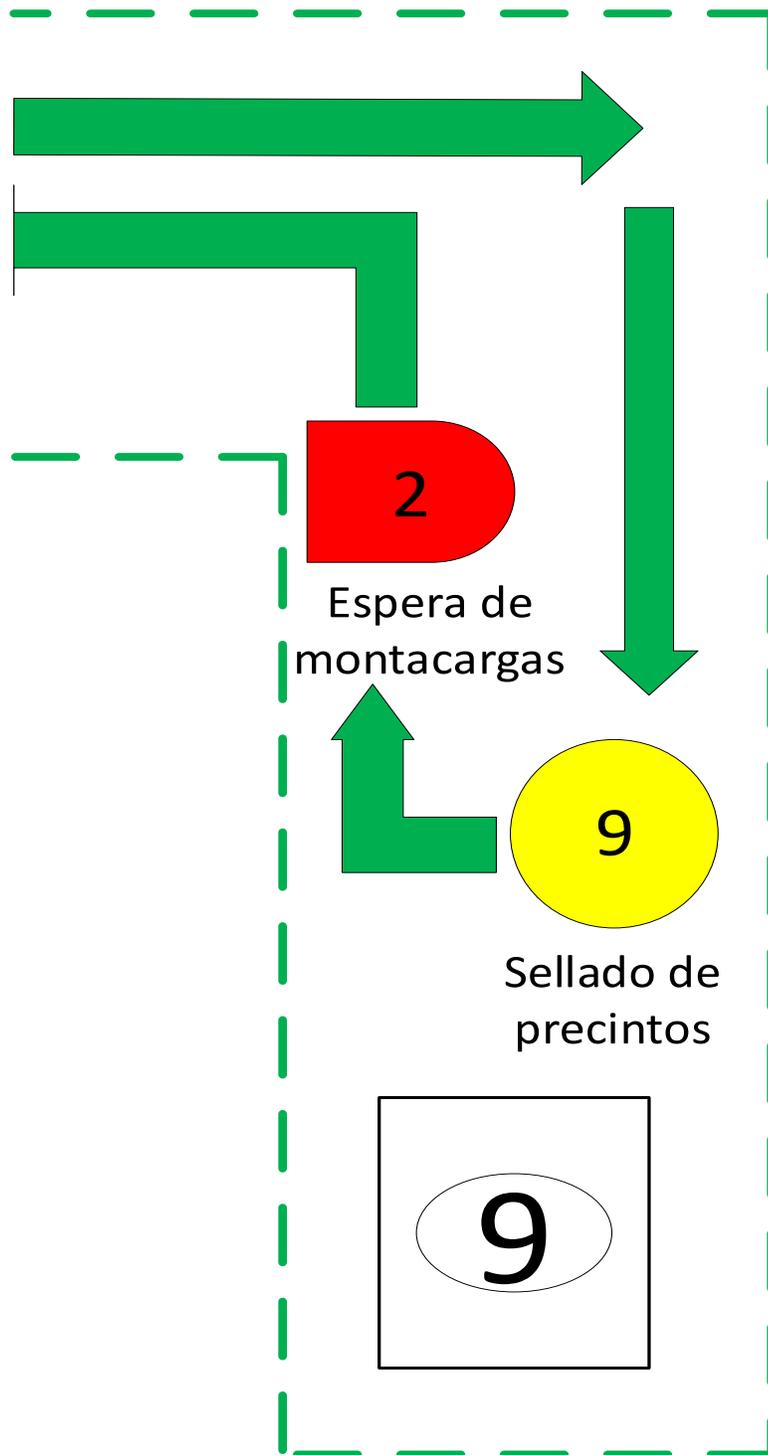
Debido a que no se puede apreciar bien el diagrama se lo dividirá por secciones.

**Figura 3.11 Diagrama de recorridos sección 1**



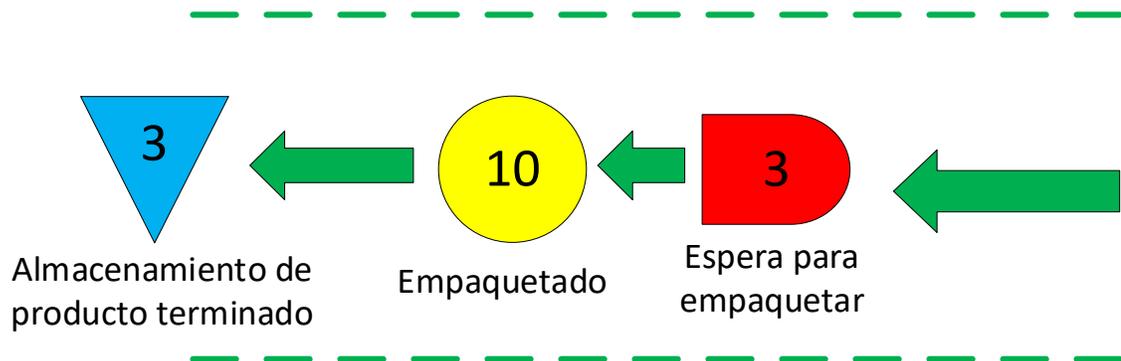
**Fuente:** Elaboración propia (2024)

*Figura 3.12 Diagrama de recorridos sección 2*



**Fuente:** Elaboración propia (2024)

**Figura 3.13 Diagrama de recorridos sección 3**



**Fuente:** Elaboración propia (2024)

La figura 3.10 muestra el recorrido actual de la línea de aguas de 5 litros con unas deficiencias que provocan acumulación de trabajo en ciertas etapas y tiempos muertos en otras, lo que afecta la productividad general. Además, la disposición dificulta el transporte interno, con recorridos cruzados que incrementan el riesgo de accidentes y errores.

Los recorridos actuales son largos y complejos debido a la falta de proximidad entre las estaciones de trabajo, existen múltiples movimientos hacia adelante y hacia atrás entre las áreas de embotellado, etiquetado, sellado, empaquetado y almacenamiento.

Los trayectos cruzan frecuentemente zonas comunes, lo que provoca conflictos entre trabajadores y equipos en movimiento, especialmente durante picos de producción, esto también incrementa el riesgo de accidentes laborales y demoras en el proceso.

Algunas áreas de la planta no se están utilizando de manera eficiente, mientras que otras están sobrecargadas, generando puntos críticos de congestión, no se observa un diseño lógico de flujo, lo que resulta en un transporte repetitivo y pérdida de tiempo entre etapas.

La figura 3.12 visualiza los movimientos realizados dentro de una sección crítica de la planta. Resalta trayectorias innecesarias de trabajadores y materiales debido a la falta de secuencia lógica en las operaciones. Las líneas irregulares en el recorrido muestran puntos donde se pierden tiempo y recursos, destacando la necesidad de

reorganizar los flujos de trabajo para reducir distancias y optimizar el tiempo de transporte entre estaciones.

### 3.17.1 Análisis técnico de los resultados numéricos

Distancia total recorrida: El proceso actual implica un recorrido total de 87,5 metros entre las diferentes estaciones de trabajo (embotellado, etiquetado, sellado, empaquetado y almacenamiento).

Tiempo de transporte: El tiempo promedio dedicado al transporte de materiales y productos entre estaciones es de 12,5 minutos, lo que representa aproximadamente el 12,4% del tiempo total del proceso (100,5 minutos).

Trayectorias redundantes: Se identificaron tres cruces principales en el flujo de trabajo, donde los materiales y productos se trasladan en direcciones opuestas, generando congestión y aumentando el riesgo de colisiones o daños.

Desplazamientos innecesarios: El recorrido más largo se registra entre la estación de embotellado y la de empaquetado, con una distancia de 25 metros, lo que contribuye significativamente a los tiempos improductivos.

### 3.18 Demanda actual

La producción de este producto se encuentra detallada en la siguiente tabla, que refleja los datos correspondientes a los tres últimos años de producción 2022, 2023 y 2024 en la línea de producción de agua de 5 litros (Anexo 1).

**Tabla 3.8 Datos históricos en la línea de agua de 5 litros gestión 2022-2024**

Año	Mes	Litros	Paquetes
2022	Enero	15.500	775
2022	Febrero	11.700	585
2022	Marzo	9.880	494
2022	Abril	10.200	510
2022	Mayo	8.500	425
2022	Junio	10.700	535
2022	Julio	13.000	650
2022	Agosto	11.400	570
2022	Septiembre	9.700	485

Año	Mes	Litros	Paquetes
2022	Octubre	10.100	505
2022	Noviembre	13.140	657
2022	Diciembre	14.900	745
2023	Enero	19.560	978
2023	Febrero	16.100	805
2023	Marzo	14.400	720
2023	Abril	12.500	625
2023	Mayo	11.000	550
2023	Junio	10.300	515
2023	Julio	10.880	544
2023	Agosto	10.420	521
2023	Septiembre	11.560	578
2023	Octubre	13.240	662
2023	Noviembre	16.140	807
2023	Diciembre	14.650	733
2024	Enero	21.158	1.058
2024	Febrero	17.720	886
2024	Marzo	15.180	759
2024	Abril	16.820	841
2024	Mayo	13.540	677
2024	Junio	20.265	1.013
<b>Total</b>		404.153	20.208

**Fuente:** Datos del área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

Durante la gestión 2022, se observa un pico de producción en los meses de enero, julio y diciembre, alcanzando valores máximos de 15.500, 13.000 y 14.900 litros respectivamente, lo cual sugiere una respuesta a la mayor demanda en períodos de verano y fin de año.

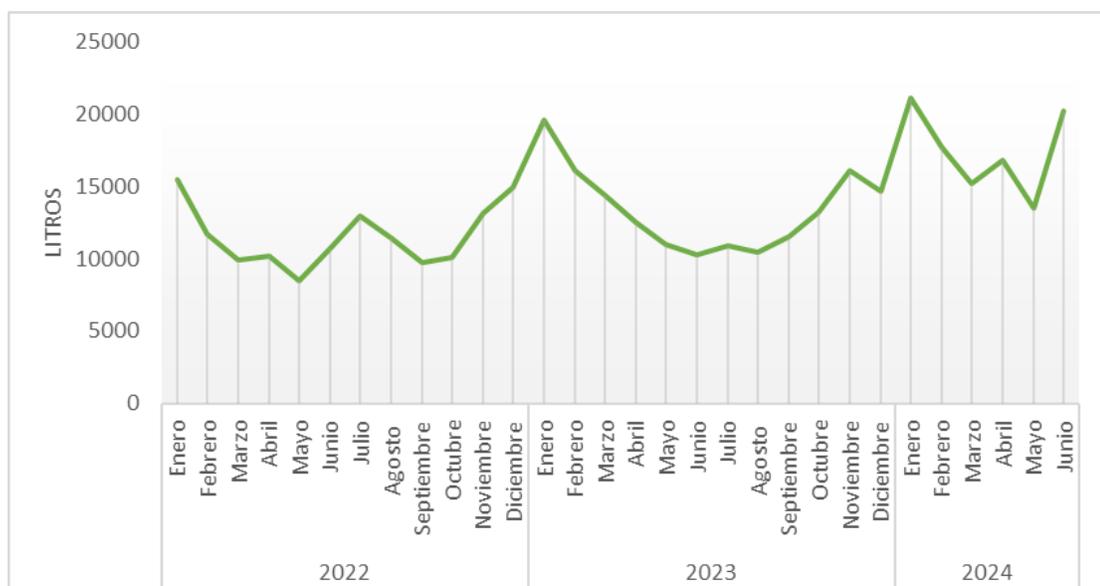
Durante la gestión 2023, se observan fluctuaciones en la producción que podrían reflejar cambios en la demanda o en la capacidad operativa de la empresa. Los meses de enero y noviembre destacan por los mayores volúmenes de producción, con 19.560 y 16.140 litros respectivamente, mientras que los meses de menor producción fueron mayo y julio, con valores de 11.000 y 10.880 litros.

Durante la gestión 2024 se observa una variabilidad considerable en la producción de agua embotellada. Los meses de enero y junio presentan los picos más altos de producción, con 21.158 y 20.265 litros respectivamente. Por otro lado, el mes de marzo registra el volumen más bajo, con 15.180 litros.

Estos datos son fundamentales para analizar el desempeño de la línea de producción, identificar patrones de producción mensual y evaluar la capacidad de la planta para satisfacer la demanda.

La siguiente figura 3.14 presenta la producción mensual en unidades de agua descartable de 5 litros.

**Figura 3.14 Producción mensual en Litros de agua descartable de 5 litros**



**Fuente:** Datos del área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

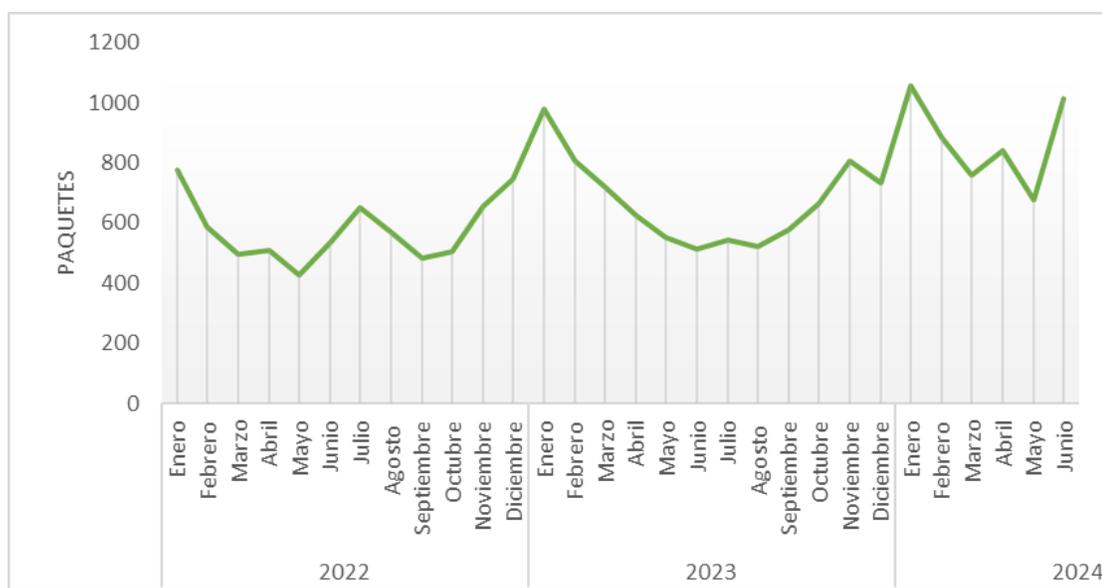
El gráfico muestra una clara estacionalidad en la producción de agua embotellada, con un aumento significativo en los meses de enero de cada año, coincidiendo con las altas temperaturas y un mayor consumo durante el verano. Además, se observa un pico pronunciado en junio de 2024, probablemente debido a las festividades de ese mes y un aumento en la demanda.

Se observa una tendencia de aumento en la producción a lo largo del tiempo. Aunque hay fluctuaciones, la línea de producción ha mostrado picos más altos en meses recientes en comparación con los primeros meses de 2022.

Hay meses en los que la producción disminuye notablemente, como en mayo de cada año, posiblemente debido a factores estacionales o interrupciones en la producción.

La siguiente figura 3.15 presenta la producción mensual en paquetes de agua descartable de 5 litros.

**Figura 3.15 Producción mensual en paquetes de agua descartable de 5 litros**



**Fuente:** Datos del área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

Como podemos observar en la gráfica, la producción de paquetes de agua descartable de 5 litros ha experimentado una variabilidad considerable a lo largo del período analizado. Se aprecia una clara estacionalidad, con picos de producción durante los meses más cálidos del año y disminuciones durante los meses más fríos. Estos patrones estacionales pueden estar relacionados con el aumento del consumo de agua durante el verano y la disminución durante el invierno.

### **3.19 CUANTIFICACIÓN DE PERDIDAS**

Se observan pérdidas en varias etapas del proceso, principalmente en las operaciones de lavado, tapado, codificado y colocación de precintos.

#### **3.19.1 Cálculo de las Pérdidas**

El cálculo de las pérdidas se hace a base de 400 paquetes (contienen 4 botellas de agua descartable de 5 litros).

##### **Pérdidas en el Lavado de Envases:**

Pérdida: 400 litros

Porcentaje de pérdida respecto al agua tratada:  $(400 \text{ litros} / 8480 \text{ litros}) * 100\% \approx 4,72\%$

##### **Pérdidas en el Embotellado:**

Pérdida: 80 litros

Porcentaje de pérdida respecto al agua embotellada:  $(80 \text{ litros} / 8000 \text{ litros}) * 100\% = 1\%$

##### **Pérdidas en el Codificado de Botellas:**

Pérdida: 16 tapas

Porcentaje de pérdida respecto a las tapas iniciales:  $(16 \text{ tapas} / 1616 \text{ tapas}) * 100\% \approx 0,99\%$

##### **Pérdidas en la Colocación de Precintos:**

Pérdida: 32 precintos

Porcentaje de pérdida respecto a los precintos iniciales:  $(32 \text{ precintos} / 1632 \text{ precintos}) * 100\% \approx 1,96\%$

**Tabla 3.9 Resumen de Pérdidas**

Etapa del Proceso	Tipo de Pérdida	Cantidad	Porcentaje de Pérdida
Lavado	Agua	400 litros	4,72%
Embotellado	Producto final	80 litros	1%
Codificado	Tapas	16 tapas	0,99%
Colocación de Precintos	Precintos	32 precintos	1,96%

**Fuente:** Datos del área de producción CASCADA DEL SUR (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La pérdida del 4,72% de agua en el lavado es considerable y el proceso no es del todo eficiente.

### 3.20 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD GLOBAL

Se realiza una evaluación comparativa de la productividad en la planta de producción de agua descartable de 5 litros de la empresa Cascada del Sur, consolidando los resultados obtenidos mediante diversas herramientas de análisis. El objetivo es generar un indicador integral de desempeño que permita comparar las condiciones actuales de la línea de producción con las condiciones proyectadas tras la implementación del rediseño propuesto.

#### 3.20.1 Productividad global por lote

El cálculo de la productividad se hace a base de 980 paquetes (contienen 4 botellas de agua descartable de 5 litros).

Litros producidos=19.600 Lts

MP. Entrante= 20.776 Lts

$$\pi = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{MP. entrante}} \times 100\%$$

$$\pi = \frac{19.600 \text{ Lts}}{20.776 \text{ Lts}} \times 100\%$$

$$\pi = 94,33\%$$

**3.20.2 Productividad referente a tiempos**

$$\pi = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{Tiempo de producción}}$$

$$\pi = \frac{19.600 \text{ Lts}}{14 \text{ días}}$$

$$\pi = 1.400 \frac{\text{Litros}}{\text{día}}$$

**3.20.3 Productividad referente a perdidas**

$$\pi = \frac{\text{Litros perdidos}}{\text{MP. entrante}} \times 100\%$$

$$\pi = \frac{1.176 \text{ Lts}}{20.776 \text{ Lts}} \times 100\%$$

$$\pi = 5,67\%$$

**3.20.4 Productividad referente a distancias**

$$\pi = \frac{\text{Distancia total}}{\text{N}^\circ \text{ de actividades}}$$

$$\pi = \frac{88 \text{ metros}}{26 \text{ actividades}}$$

$$\pi = 3,38 \frac{\text{metros}}{\text{actividad}}$$

**3.20.5 Productividad referente a la mano de obra**

$$\pi = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{Tiempo de producción} \times \text{n}^\circ \text{ de operadores}}$$

$$\pi = \frac{19.600 \text{ litros}}{14 \text{ días} \times 5 \text{ hombres}}$$

$$\pi = 280 \frac{\text{litros}}{\text{día}} \times \text{operador}$$

### 3.21 DIAGNÓSTICO ERGONÓMICO

Para identificar las falencias ergonómicas en la línea de envasado de agua descartable de 5 litros en la empresa Cascada del Sur, se aplicó el método REBA (Rapid Entire Body Assessment), un sistema reconocido para analizar posturas de trabajo que involucran riesgo ergonómico en tareas repetitivas, movimientos forzados o posturas incómodas. Este método evalúa el cuerpo completo, considerando las posiciones del tronco, cuello, piernas y brazos, además del tipo de carga y la actividad muscular.

#### **Observaciones realizadas**

Durante la evaluación se identificaron varias posturas y condiciones ergonómicas adversas, especialmente en los siguientes puestos:

- **Operario de llenado:** El trabajador permanece de pie durante toda la jornada laboral, realizando movimientos repetitivos del brazo para posicionar y retirar botellas.
- **Operario de etiquetado:** Debe manipular de forma continua los envases, agacharse y realizar giros de torso debido a la mala disposición del equipo y materiales.
- **Carga y descarga de botellas:** Se realiza manualmente, generando flexión de espalda y esfuerzo físico sin ayuda mecánica.

#### **Resultados del método REBA**

Se aplicó el método REBA a los puestos descritos (metodología aplicada en el anexo 3), obteniendo los siguientes puntajes:

**Tabla 3.10 Evaluación REBA de los puestos de trabajo en la línea de producción**

Puesto Evaluado	Puntaje REBA	Nivel de riesgo	Acción requerida
<b>Operario de llenado</b>	7	Alto	Acción necesaria con urgencia
<b>Operario de etiquetado</b>	9	Alto	Acción necesaria
<b>Carga y descarga manual</b>	9	Muy alto	Acción inmediata requerida

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

**Mejoras:**

- Rediseño del layout de trabajo para minimizar movimientos innecesarios y giros de torso.
- Rotación de tareas para evitar que un mismo trabajador esté expuesto a una postura forzada durante toda la jornada.

Estas mejoras contribuirán no solo a reducir los riesgos ergonómicos, sino también a aumentar la productividad y reducir las ausencias laborales por fatiga o lesiones musculoesqueléticas.

**CAPÍTULO IV**  
**ESPECIFICACIÓN Y**  
**DISEÑO DEL EQUIPO**

## 4 ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO

En esta etapa del proyecto, nos enfocaremos en la especificación y diseño del equipo, asegurando que cumpla con todos los estándares de calidad y seguridad.

### 4.1 Propuestas de diseño del equipo

Para seleccionar la alternativa óptima de rediseño, se evaluaron las opciones de automatización parcial y automatización completa (detalladas en el Capítulo 2, Sección 2.2.1.3.1) mediante una matriz de decisiones multicriterio. Los criterios de evaluación incluyeron: costo inicial, aumento de capacidad productiva, retorno de inversión (ROI) y facilidad de implementación.

### 4.2 Evaluación Comparativa de las Alternativas

Una vez que se definieron las alternativas, se las evaluara mediante una matriz de decisiones. Esta matriz permitirá comparar las opciones usando criterios como costo, capacidad de aumento de producción, facilidad de implementación y retorno de inversión.

**Costo inicial:** La automatización parcial será la opción más económica, con la automatización completa siendo la más costosa.

**Aumento de capacidad:** La automatización completa ofrece el mayor incremento en capacidad, mientras que la automatización parcial ofrece uno menor.

**Retorno de inversión:** Considera el impacto de cada opción en la productividad. La automatización parcial o completa puede tener un mejor retorno si se logra satisfacer más demanda en menos tiempo.

**Facilidad de implementación:** La automatización parcial es menos disruptiva, mientras que la automatización completa requiere una adaptación más larga.

En la tabla 4.1 se asignará una puntuación para cada alternativa en cada criterio de 1 a 5, donde 5 es la mejor calificación y 1 la peor. Finalmente, se ponderará cada criterio

para calcular una puntuación total, lo que ayudará a identificar la mejor opción (detalles metodológicos en Anexo 4).

**Tabla 4.1 Matriz de Decisiones para el Rediseño de la Línea de Producción**

Criterio	%	Automatización Parcial		Automatización Completa	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Costo Inicial	33%	4	1,32	2	0,66
Aumento de Capacidad de Producción	25%	3	0,75	5	1,25
Retorno de Inversión	25%	4	1	4	1
Facilidad de Implementación	17%	4	0,68	2	0,34
<b>Total</b>			<b>3,75</b>		<b>3,25</b>

**Fuente:** Alternativas de Automatización (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La tabla 4.1 compara dos alternativas principales de rediseño de la línea, automatización parcial y automatización completa. Los criterios de evaluación incluyen costos de implementación, impacto en la productividad, tiempo de ejecución, y retorno sobre la inversión. La automatización parcial ofrece mejoras inmediatas a un menor costo, pero con limitaciones en su capacidad de respuesta frente a una creciente demanda. En cambio, la automatización completa representa una inversión mayor, pero garantiza un aumento significativo en la eficiencia y la reducción de pérdidas, además de ser una solución sostenible a largo plazo. La matriz permitió seleccionar la opción óptima con base en los objetivos del proyecto.

### 4.3 Selección de la Alternativa Óptima

Tras realizar una evaluación comparativa de las alternativas propuestas, se ha seleccionado la Alternativa 1: Automatización Parcial como la opción más adecuada para mejorar la línea de producción de agua descartable de 5 litros.

Para determinar la mejor opción, se aplicó un cuestionario estructurado al encargado de producción de la planta, cuyos criterios de evaluación están detallados en el Anexo

4. Este cuestionario consideró aspectos como inversión inicial, facilidad de implementación, mantenimiento, capacitación requerida, flexibilidad y retorno económico esperado.

Con base en los resultados del cuestionario, la alternativa seleccionada fue la Automatización Parcial, debido a que ofrece un equilibrio entre costos, mejoras operativas, adaptabilidad al entorno actual y facilidad de mantenimiento.

Esta decisión se basa en una serie de factores que favorecen tanto la viabilidad de implementación como el balance entre inversión y retorno esperado. A continuación, se exponen las principales razones para la elección de esta alternativa.

**Costo Inicial Moderado:** La automatización parcial implica una inversión menor en comparación con una automatización completa, lo cual permite mejorar ciertos puntos críticos de la línea de producción sin comprometer un capital excesivo. Esto hace que la Alternativa 1 sea más accesible y viable financieramente para la empresa.

**Aumento en la Capacidad de Producción:** Al automatizar etapas clave, como el envasado y el etiquetado, se reduce la intervención manual y se incrementa la capacidad productiva en estas fases. Esto contribuye a satisfacer la demanda proyectada de manera más eficiente sin una transformación total de la línea de producción.

**Impacto en la Productividad y la Calidad:** La automatización de procesos específicos no solo optimiza el flujo de trabajo, sino que también disminuye el margen de error humano, lo que resulta en un producto final más uniforme y de alta calidad. Esto contribuye a la satisfacción del cliente y al fortalecimiento de la imagen de la marca.

**Flexibilidad y Facilidad de Implementación:** La automatización parcial permite realizar mejoras significativas sin una interrupción prolongada de las operaciones, ya que las etapas que requieren intervención humana pueden ser ajustadas de manera gradual. Asimismo, los operarios actuales pueden ser capacitados para manejar los equipos semiautomáticos, facilitando la transición sin necesidad de un cambio drástico en la plantilla.

**Retorno de Inversión Acelerado:** La inversión en equipos semiautomáticos tiene un retorno de inversión atractivo debido a la reducción en los tiempos de producción y el incremento en el volumen de unidades procesadas. Esto permite una recuperación de la inversión en un plazo relativamente corto, lo cual es favorable para la sostenibilidad económica de la empresa.

**Viabilidad Técnica:** La automatización parcial permite usar la infraestructura actual de la planta permitiendo la incorporación de equipos semiautomáticos sin modificaciones estructurales significativas, en cambio en la automatización completa, aunque factible, requiere una reconfiguración total del layout de planta, una inversión considerable en sistemas de control y sensores, y capacitación especializada.

#### **4.4 Pronóstico de la demanda Futura**

##### **4.4.1 Método de pronóstico utilizado**

Para proyectar la demanda futura de agua descartable de 5 litros, se aplicó el modelo SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average), cuyos fundamentos teóricos se detallan en el Capítulo 2 (Sección 2.6.1). La elección de este modelo se basó en que, comparado con otros modelos, SARIMA proporciona mayor exactitud en datos con estacionalidad, lo que permite anticipar los requerimientos de materia prima y optimizar la producción en cada fase.

##### **4.4.2 Proyección de la demanda**

A continuación, se presenta una tabla con la proyección de demanda mensual en litros y paquetes de agua embotellada (contienen 4 botellas de agua descartable de 5 litros) para los años 2025 y 2026. Esta tabla se basa en los resultados obtenidos mediante el análisis SARIMA (Anexo 2), con el objetivo de brindar una guía detallada sobre las cantidades de producción estimadas por mes.

**Tabla 4.2 Proyección de la demanda**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Litros</b>	<b>Paquetes</b>
2024	Julio	18.507,60	925
2024	Agosto	18.807,56	940
2024	Septiembre	19.569,17	978
2024	Octubre	21.071,59	1.054
2024	Noviembre	23.531,54	1.177
2024	Diciembre	22.263,47	1.113
2025	Enero	27.827,35	1.391
2025	Febrero	24.887,68	1.244
2025	Marzo	22.715,23	1.136
2025	Abril	24.117,86	1.206
2025	Mayo	21.312,71	1.066
2025	Junio	27.064,09	1.353
2025	Julio	25.561,11	1.278
2025	Agosto	25.817,65	1.291
2025	Septiembre	26.469,00	1.323
2025	Octubre	27.753,90	1.388
2025	Noviembre	29.857,71	1.493
2025	Diciembre	28.773,23	1.439
2026	Enero	33.531,59	1.677
2026	Febrero	31.017,52	1.551
2026	Marzo	29.159,59	1.458
2026	Abril	30.359,14	1.518
2026	Mayo	27.960,11	1.398
2026	Junio	32.878,83	1.643
2026	Julio	31.593,89	1.580
2026	Agosto	31.812,85	1.591
2026	Septiembre	32.369,89	1.618
2026	Octubre	33.468,78	1.673
2026	Noviembre	35.268,00	1.763
2026	Diciembre	34.340,53	1.717
<b>Total</b>		<b>695.917,81</b>	<b>34.766</b>

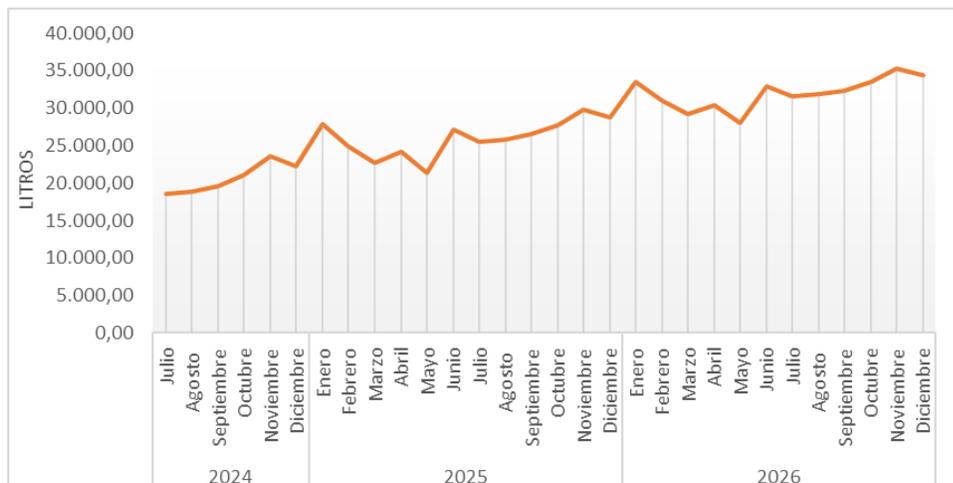
**Fuente:** Datos de las tablas 3.7, 3.8 y 3.9 en el programa Crystal ball (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

A través del modelo SARIMA, se ha determinado una tendencia creciente en la demanda de agua embotellada en envases de 5 litros. Se proyecta que la demanda aumentará de forma sostenida en los próximos años, respondiendo tanto al crecimiento de la población como a las condiciones climáticas que influyen en el consumo. Este

pronóstico permite prever los recursos necesarios y ajustar la capacidad de producción para satisfacer la demanda proyectada.

**Figura 4.1** *Proyección mensual en litros de agua descartable de 5 litros*

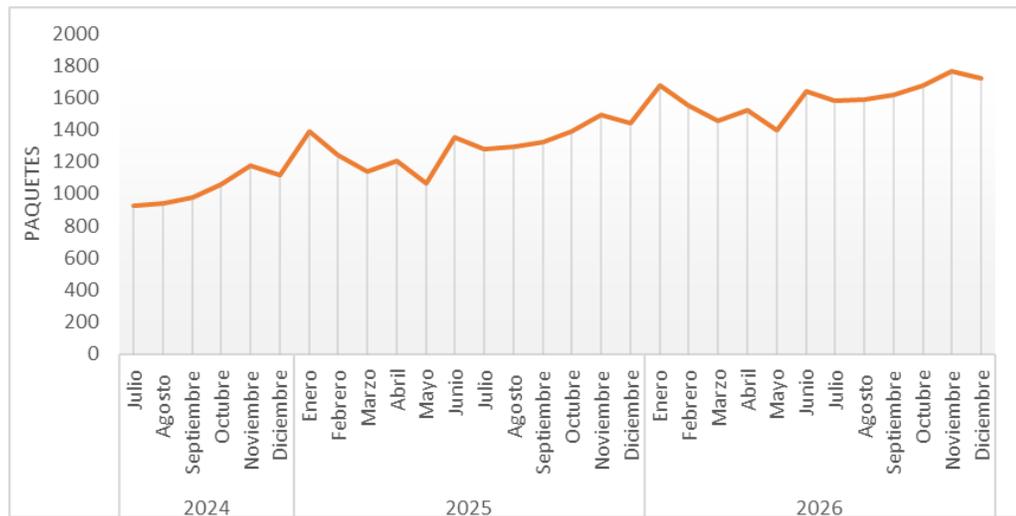


**Fuente:** Datos de la tabla 4.2 (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La figura 4.1 muestra la proyección de la demanda mensual en litros para los próximos años. Basado en datos históricos y tendencias del mercado, se prevé un crecimiento constante debido al aumento en el consumo de agua envasada y la preferencia por envases de mayor capacidad. El gráfico destaca la necesidad de dimensionar la línea de producción para cubrir este incremento, evitando cuellos de botella que puedan limitar la capacidad de respuesta ante picos de demanda.

**Figura 4.2 Proyección mensual en paquetes de agua descartable de 5 litros**



**Fuente:** Datos de la tabla 4.2 (2024)

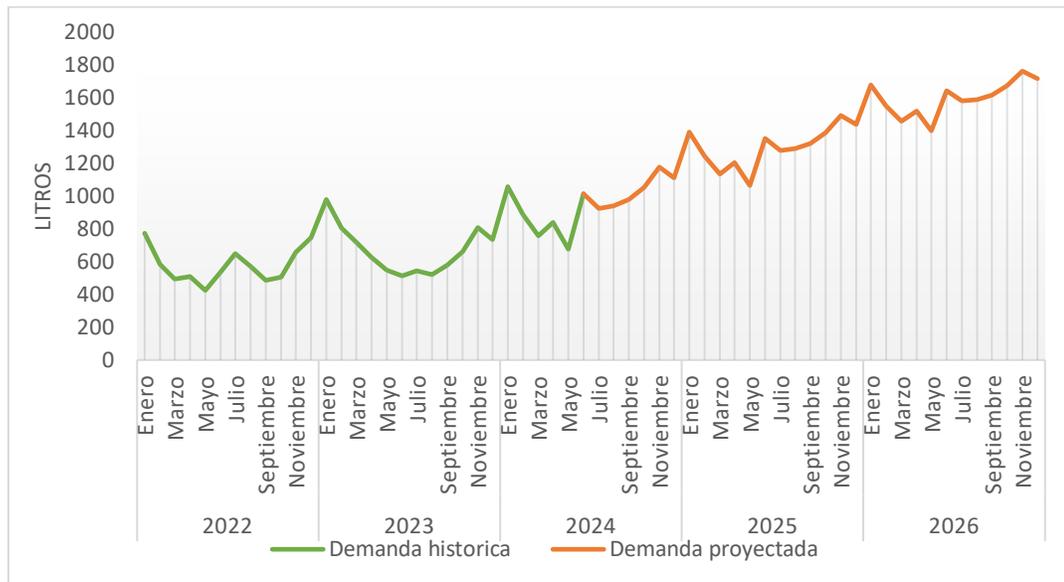
**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La figura 4.2 complementa la figura anterior, pero enfocado en la cantidad de paquetes necesarios para satisfacer la demanda proyectada. La relación entre litros y paquetes refleja la estrategia de empaquetado actual de la empresa. El análisis de esta proyección fue esencial para determinar las especificaciones de los equipos propuestos, como el transportador y el empaquetador, asegurando que puedan manejar el volumen previsto.

#### 4.4.3 Comparación de las demandas

Este apartado examina la demanda histórica en comparación con la demanda proyectada, evaluando tendencias y patrones que permitan identificar discrepancias y oportunidades para la planificación futura.

**Figura 4.3** Demanda histórica y demanda proyectada en litros

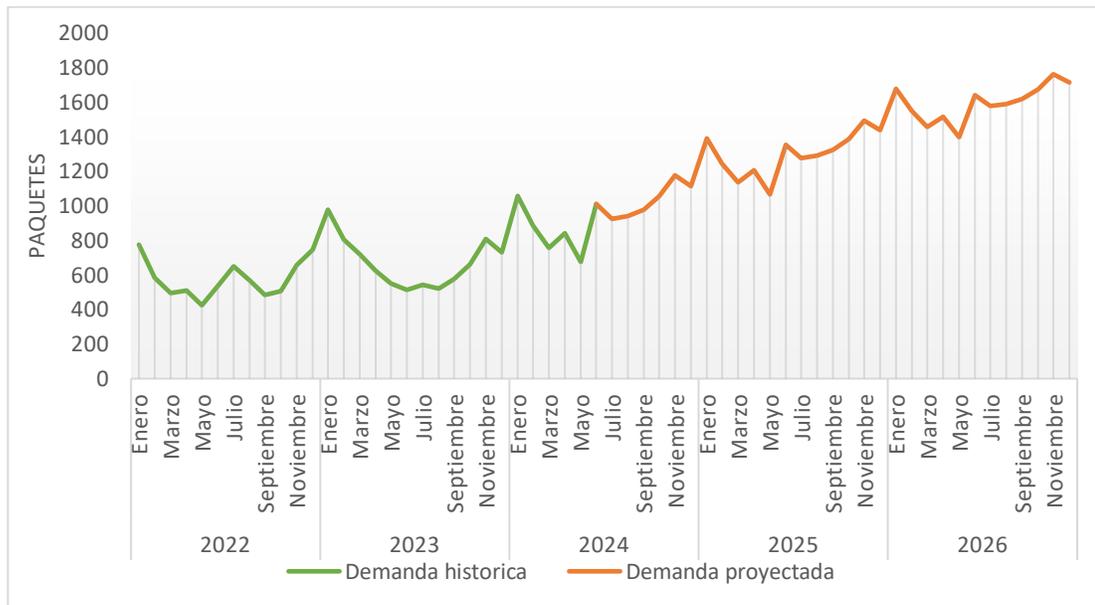


**Fuente:** Datos de las figuras 3.13 y 4.1 (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

La figura 4.3 compara la demanda histórica de los últimos tres años con la demanda proyectada a futuro. La tendencia ascendente evidencia un crecimiento sostenido del mercado, pero también resalta las limitaciones de la capacidad actual de la línea de producción manual para atender este crecimiento. La automatización de la línea es una respuesta directa a este desafío, garantizando que la empresa pueda mantener su participación de mercado y aprovechar oportunidades de expansión.

**Figura 4.4 Demanda histórica y demanda proyectada en paquetes**



**Fuente:** Datos de las figuras 3.14 y 4.2 (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

Similar a la figura 4.3, esta figura presenta la comparación de la demanda histórica y proyectada, pero en términos de paquetes. Permite visualizar cómo la estrategia de empaquetado puede evolucionar para responder a las demandas futuras. La optimización del proceso de empaquetado, mediante la incorporación de equipos automatizados, será clave para manejar eficientemente el volumen creciente sin comprometer la calidad ni los tiempos de entrega.

#### **4.5 Capacidad Productiva vs. Demanda Proyectada**

(Valores basados en 14 días laborales/mes y 8 horas/turno)

Para la demanda proyectada se utilizó el promedio de 1.600 paquetes (contienen 4 botellas de agua descartable de 5 litros) por mes (tabla 4.2).

**Tabla 4.3 Comparación de Capacidad Productiva y Determinación de Capacidad Ociosa**

<b>Indicador</b>	<b>Capacidad Actual</b>	<b>Capacidad Proyectada (con rediseño)</b>	<b>Demanda Proyectada (2026)</b>	<b>Capacidad Ociosa (2026)</b>
<b>Producción Diaria</b>	70 paquetes/día	150 paquetes/día	115 paquetes/día	35 paquetes/día
<b>Producción Mensual</b>	980 paquetes/mes	2100 paquetes/mes	1.600 paquetes/mes	490 paquetes/mes
<b>Litros Diarios</b>	1.484 L/día	3.030 L/día	2323 L/día	707 L/día
<b>Horas Requeridas/Día</b>	8 horas	1,5 horas	-	-

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

#### **Cálculos Clave:**

Demanda Proyectada Diaria (2026):  $\frac{1.600 \text{ paquetes/mes}}{14 \text{ días}} = 115 \text{ paquetes/día}$

Capacidad Ociosa (2026): 150 paquetes/día – 115 paquetes/día = 35 paquetes/día

#### **Análisis Técnico de la Capacidad Ociosa**

La capacidad de 150 paquetes/día (3.030 L/día) fue dimensionada para:

Permitir operar en un solo turno (1.5 horas) en lugar de ocho, reduciendo costos de mano de obra y energía.

Disponer de ventanas de tiempo para mantenimiento sin afectar la producción.

Mantener márgenes de seguridad ante fallos técnicos o paradas no programadas.

#### **4.6 Selección de los equipos necesarios**

En base a la tabla de proyección de demanda para 2025 y 2026, el volumen esperado de producción para cada mes varía, alcanzando picos de hasta 33.531,59 litros en enero de 2026. Esto sugiere la necesidad de una línea de llenado que soporte al menos 1.677

unidades (paquetes de 5 litros) mensuales para satisfacer los requerimientos sin acumulación de inventario.

La adquisición de una línea de llenado automatizada con una capacidad de entre 400 y 600 botellas por hora (2.000 y 3.000 litros) permite cubrir esta demanda, calculando que, en jornadas de 2 horas diarias y 14 días, se podría alcanzar una producción mensual aproximada de hasta 36.000 litros o 1.800 paquetes, suficiente para los meses de mayor demanda.

La línea actual de producción muestra pérdidas significativas por día en varias etapas: 70,01 litros en el lavado (4,72%), 14,84 litros en el embotellado (1%), 0,7 tapas en el codificado (0,99%), y 1,38 precintos en la colocación de precintos (1,96%). Con una línea de llenado automatizada, la precisión y el control de volumen en cada etapa podrían reducir estas pérdidas en un 50% o más, incrementando la eficiencia global.

#### **4.6.1 Llenadora de botellas**

La línea de llenado de botellas es un elemento fundamental en el proceso de producción de agua descartable, ya que constituye una etapa crucial que afecta la eficiencia y la capacidad productiva de toda la planta. Actualmente, esta etapa presenta limitaciones que provocan cuellos de botella y ralentizan el flujo de trabajo.

La adquisición de una nueva línea de llenado automatizada representa un paso significativo hacia la optimización del proceso productivo de la empresa. Esta inversión estratégica permitirá aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad del producto final.

*Figura 4.5 Llenadora de botellas*



**Fuente:** Rybo (<https://rybomachine.com/automatic-linear-mineral-water-filling-machine-for-2l-10l/>)

Esta máquina de 5 y 10 litros combina las tres funciones de lavado, llenado y tapado en una sola línea de montaje, la línea de llenado automatizada propuesta ofrece una serie de ventajas, entre las cuales destacan:

- **Mayor capacidad de producción:** La línea permitirá aumentar significativamente el volumen de producción de botellas de 5 litros, satisfaciendo así la creciente demanda del mercado.
- **Precisión en el llenado:** Ofrece una precisión de llenado del 99%, asegurando que cada botella contenga la cantidad exacta de producto, lo que reduce el desperdicio y garantiza la satisfacción del cliente.
- **Automatización completa:** Al ser una máquina automática, reduce la necesidad de intervención manual, incrementando la eficiencia operativa y disminuyendo la posibilidad de errores humanos.

#### 4.6.2 Transportador de Cadena Plana

La incorporación de un transportador de cadena plana en la línea de producción es crucial para optimizar el flujo de botellas entre las etapas de llenado y empaquetado.

Actualmente, el proceso de transporte presenta ineficiencias debido a los traslados manuales, tras una exhaustiva evaluación de diversas opciones de transportadores, se ha seleccionado el modelo de transportador de cadena plana de Shandong wanang new materials technology co. Ltd

***Figura 4.6 Transportador de Cadena Plana***



**Fuente:** Shandong wanang new materials technology co. Ltd  
(<https://sdwanang.en.alibaba.com>)

El transportador a cadena plana ofrece las siguientes ventajas:

- **Adaptabilidad:** El diseño modular del transportador permite una fácil adaptación a las dimensiones y requerimientos específicos de la línea de producción, facilitando su integración en el proceso existente.
- **Durabilidad:** Los materiales de construcción del transportador, como el acero inoxidable, garantizan una larga vida útil y resistencia a la corrosión, lo cual es esencial en entornos industriales con alta humedad y contacto con productos alimenticios.
- **Capacidad de carga:** La capacidad de carga del transportador es suficiente para soportar el peso de las botellas, asegurando un transporte fluido y seguro.
- **Mantenimiento sencillo:** El diseño del transportador facilita las tareas de limpieza y mantenimiento, reduciendo los tiempos de parada y los costos operativos.

### 4.6.3 Túnel de Termoencogido para precintos de seguridad

El túnel termoencogido encoge las bandas de seguridad a prueba de manipulaciones de forma rápida, uniforme y sencilla. El túnel se ajusta a una amplia gama de contenedores e incluye un transportador de superficie plana de acero inoxidable de velocidad y altura ajustable, que también asegura que las botellas tengan una presentación profesional, fortaleciendo la imagen de la marca en el mercado.

*Figura 4.7 Túnel de Termoencogido para precintos de seguridad*



**Fuente:** Easypacktech ([https://es.easypacktech.com/bottle-neck-shrinking-machine\\_p38.html](https://es.easypacktech.com/bottle-neck-shrinking-machine_p38.html))

Esta máquina, diseñada específicamente para el retractilado del cuello de botellas, ofrece una solución innovadora para mejorar la presentación y la seguridad del producto en su etapa final de producción. Entre sus ventajas clave destacan:

- **Calidad consistente del retractilado:** La máquina utiliza tecnología de aire caliente para garantizar un sellado uniforme y preciso del cuello de las botellas, mejorando su resistencia y presentación.
- **Compatibilidad versátil:** Es adecuada para botellas de 3 a 10 litros, lo que la hace ideal para líneas de producción con diferentes tamaños de envases.
- **Ahorro energético:** Gracias a su diseño optimizado, esta máquina reduce significativamente el consumo energético comparado con otros modelos.

#### 4.6.4 Envolvedora

Con el objetivo de optimizar los procesos de embalaje y mantener la coherencia en las líneas de producción, se consideró la experiencia positiva con equipos de Packers Vitz en otras áreas de la planta, así como las características técnicas específicas de la PAC 70, como su alta velocidad de envoltura y su capacidad para manejar diferentes tipos de film, se decidió adquirir este equipo. Esta elección garantiza la integración sin problemas con la maquinaria existente y contribuye a alcanzar los objetivos de eficiencia y calidad en el embalaje.

Este equipo a partir de dos bobinas de film de material termocontraíble, dispuesta en la parte superior e inferior; genera una envoltura tubular en forma automática sobre el producto para su posterior pasaje al túnel de termocontracción, donde el material se contrae formando un paquete sólido y compacto con aberturas laterales.

*Figura 4.8 Envolvedora Pac 70*



**Fuente:** Packers Vitz ( <https://www.packersvitz.com.ar> )

La envolvedora automática PAC 70 de Packers Vitz ofrece múltiples ventajas para optimizar el proceso de embalaje:

- **Automatización del proceso:** El ingreso automático de productos permite envolverlos con polietileno termocontraíble sin intervención humana,

incrementando la velocidad de producción y manteniendo altos estándares de higiene.

- **Versatilidad:** Diseñada para manejar diversos tamaños y formas de productos, la PAC 70 se adapta a diferentes necesidades de embalaje, ofreciendo flexibilidad en la línea de producción.
- **Seguridad:** La automatización reduce la manipulación manual, minimizando el riesgo de lesiones laborales y mejorando las condiciones de trabajo para el personal.

#### 4.6.5 Horno de termocontracción

Para complementar todos los nuevos equipos se optó por el equipo HT 74 DE HTC la marca Packers Vitz, que es el adecuado para la confección de envolturas de productos, asegurando un empaquetado eficiente y seguro.

Este equipo a partir de sistemas de recirculación de aire caliente, genera una terminación de la envoltura de polietileno en forma automática sobre el producto, donde el material (polietileno termocontraíble) se contrae formando un paquete sólido y compacto con aberturas laterales.

*Figura 4.9 Horno de termocontracción*



**Fuente:** Packers Vitz ( <https://www.packersvitz.com.ar> )

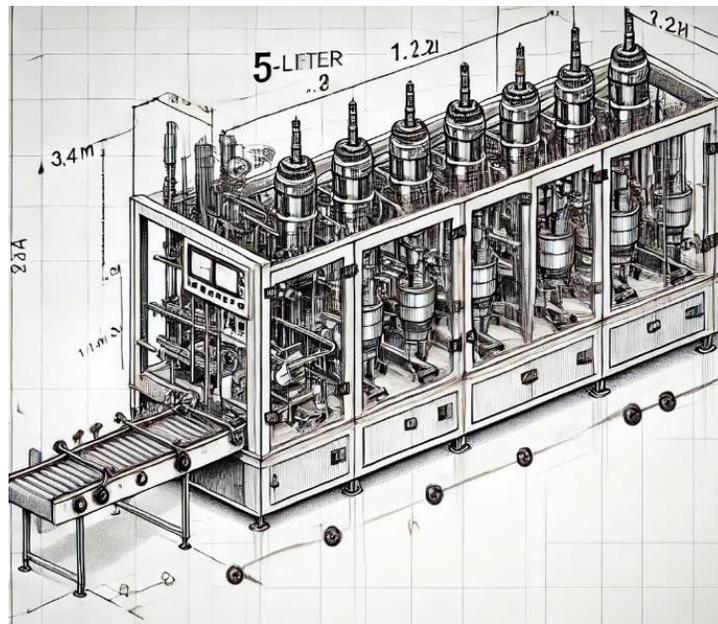
El túnel de termocontracción HT 74 DE HTC de Packers Vitz ofrece varias ventajas para optimizar el proceso de embalaje:

- **Enfriadores y rampa de salida:** Los enfriadores de salida y la rampa facilitan la manipulación de los productos al finalizar el proceso, mejorando la eficiencia operativa.
- **Control de velocidad del transportador:** El transportador de malla metálica cuenta con un variador de frecuencia que permite ajustar la velocidad según las necesidades de producción, asegurando una termocontracción uniforme.
- **Energía eficiente:** Equipos como el HT 74 DE están diseñados para optimizar el consumo energético mediante sistemas de apagado automático y recirculación de aire.

#### 4.7 Diseño y dimensionamiento de los equipos

##### 4.7.1 Diseño y dimensionamiento de la Llenadora de botellas

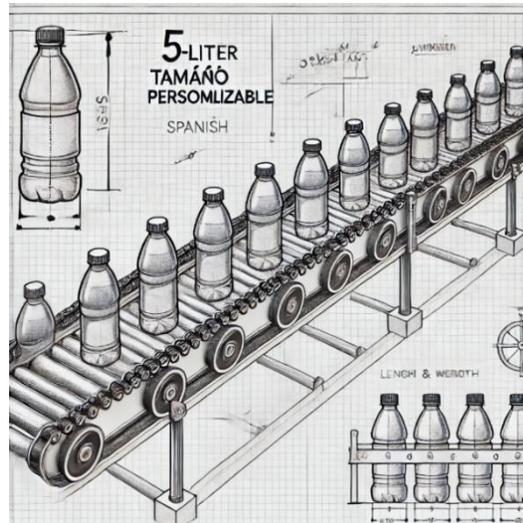
*Figura 4.10 Diseño y dimensionamiento de Llenadora de botellas*



**Fuente:** Rybo (<https://rybomachine.com/automatic-linear-mineral-water-filling-machine-for-2l-10l/>)

#### 4.7.2 Diseño y dimensionamiento del Transportador de Cadena Plana

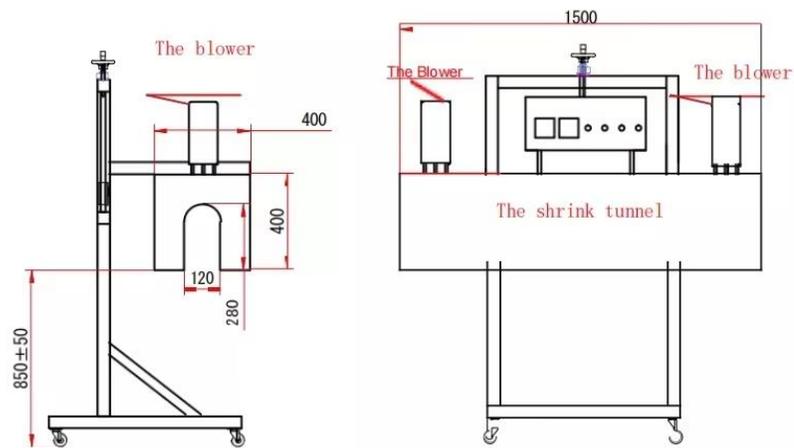
*Figura 4.11 Diseño y dimensionamiento de Transportador de cadena plana*



Fuente: Shandong wanang new materials technology co. Ltd  
(<https://sdwanang.en.alibaba.com>)

#### 4.7.3 Diseño y dimensionamiento del Túnel de Termoencogido para precintos de seguridad

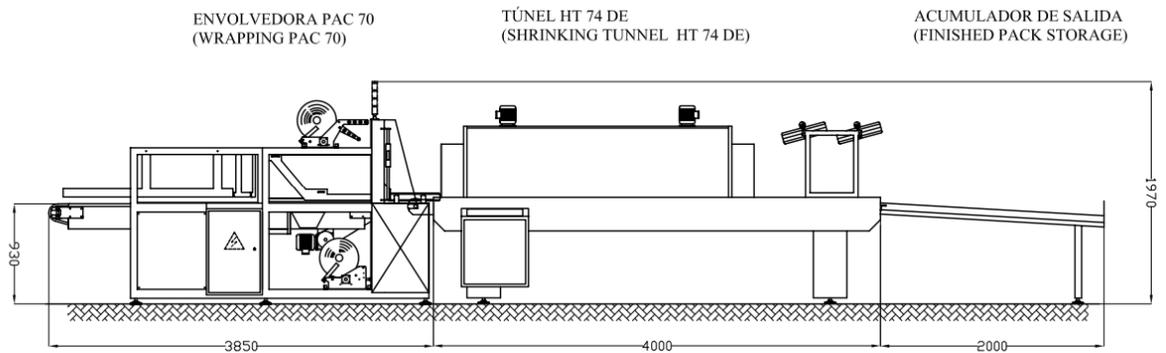
*Figura 4.12 Diseño y dimensionamiento de Túnel de Termoencogido*



Fuente: Easypacktech ([https://es.easypacktech.com/bottle-neck-shrinking-machine\\_p38.html](https://es.easypacktech.com/bottle-neck-shrinking-machine_p38.html))

#### 4.7.4 Diseño y dimensionamiento de la Envolvedora

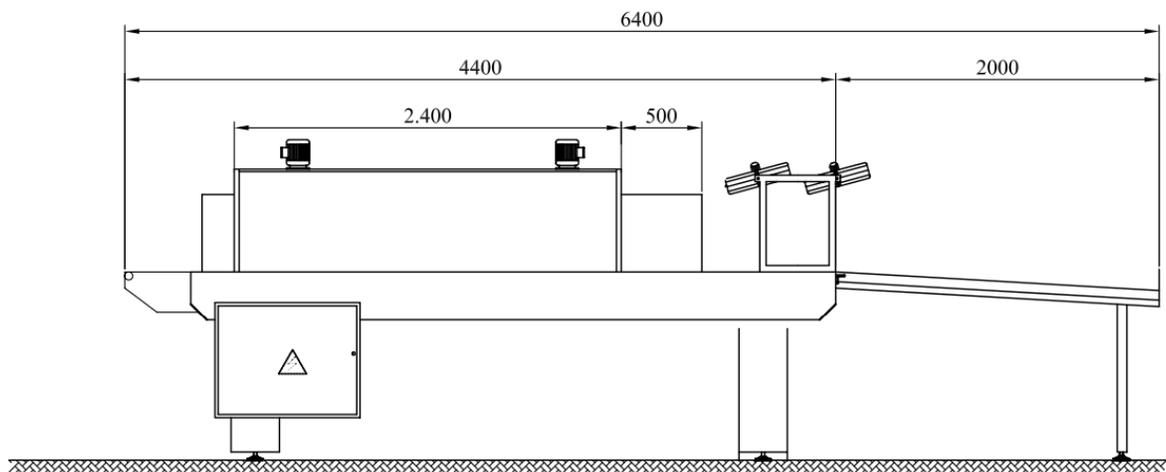
*Figura 4.13 Diseño y dimensionamiento de Envolvedora*



Fuente: Packers Vitz ( <https://www.packersvitz.com.ar> )

#### 4.7.5 Diseño y dimensionamiento del Horno de termocontracción

*Figura 4.14 Diseño y dimensionamiento de Horno de termocontracción*



Fuente: Packers Vitz ( <https://www.packersvitz.com.ar> )

## 4.8 Especificación de los equipos

### 4.8.1 Especificación de la Llenadora de botellas

*Tabla 4.4 Características técnicas de Llenadora de botellas*

Modelo	LGF4-4-1
<b>Capacidad (5L)</b>	400 -600BPH
<b>Cabezales de llenado</b>	4 pcs
<b>Botella adecuada</b>	3 ~10L
<b>Compresor de aire</b>	0.4 ~0.6 Mpa
<b>Tipo de llenado</b>	Presión normal
<b>Tipo de agua</b>	Agua potable / Agua mineral / Agua pura
<b>Poder total</b>	2,5kw
<b>Dimensiones generales</b>	3,4*1,2*2m

**Fuente:** Rybo (<https://rybomachine.com/automatic-linear-mineral-water-filling-machine-for-2l-10l/>)

### 4.8.2 Especificación del Transportador de Cadena Plana

*Tabla 4.5 Características técnicas del transportador*

Modelo	MX-LBSSJ
<b>Material de la cadena</b>	Acero inoxidable
<b>Ancho de la banda</b>	Tamaño personalizado
<b>Longitud total</b>	Tamaño personalizado
<b>Energía (HP)</b>	400W
<b>Peso (KG)</b>	200 kg
<b>Voltaje</b>	110/220/380V
<b>Característica del material</b>	Resistente al calor

**Fuente:** Shandong wanang new materials technology co. Ltd (<https://sdwanang.en.alibaba.com>) (2024)

#### 4.8.3 Especificación del Túnel del Termoencogido para precintos de seguridad

*Tabla 4.6 Características técnicas de Túnel de Termoencogido*

Modelo	EPS-02
Eje de velocidad de la correa	Los 5-30m / min.
Diámetro máximo de botella	100 mm
Altura de la botella	50-400 mm ajustable
Suministro de energía	3.500w, 220v / monofásico
Dimensión	1,5 * 0,46 * 1,435 m

Fuente: Easypacktech ([https://es.easypacktech.com/bottle-neck-shrinking-machine\\_p38.html](https://es.easypacktech.com/bottle-neck-shrinking-machine_p38.html))

#### 4.8.4 Especificación de la Envolvedora

*Tabla 4.7 Características técnicas de la envolvedora*

Modelo	PAC 70
Sistema de sellado	Mediante barra caliente autolimpiante.
Velocidad de producción	30 pack/minuto máx. - pista simple
Dimensiones	3.850 x 1.400 x 1.970 mm.
Peso	850 kg.
Aire	6 bar
Consumo	1,2 lt. / ciclo
Polietileno	Polietileno termocontraible (baja densidad – monocapa).

Fuente: Packers Vitz ( <https://www.packersvitz.com.ar> )

#### 4.8.5 Especificación del Horno de termocontracción

*Tabla 4.8 Características técnicas del Horno de termocontracción*

Modelo	HT 74 DE
Sistema de sellado	Mediante recirculación de aire caliente.
Velocidad de producción	Velocidad del equipo envolvedor pac
Dimensiones	6.400 X 1.300 X 2.000 mm.
Peso	1.010 Kg.
Tensión de trabajo	De acuerdo con requerimientos del cliente.
Polietileno	Polietileno termocontraible (baja densidad – monocapa).

Fuente: Packers Vitz ( <https://www.packersvitz.com.ar> )

## 4.9 Controles a realizar

La implementación del rediseño de la línea de producción requiere la instauración de controles sistemáticos que garanticen el cumplimiento de los objetivos establecidos. Estos controles se clasifican en las siguientes categorías:

### 4.9.1 Controles de eficiencia operativa

**Control de tiempos de ciclo:** Supervisar el tiempo requerido en cada etapa del proceso productivo (Lavado, llenado y tapado, etiquetado, precintado y empaquetado) para identificar posibles cuellos de botella.

**Seguimiento de indicadores de productividad:** Implementar indicadores como eficiencia general del equipo (OEE), rendimiento diario y porcentaje de cumplimiento de la producción planificada.

**Verificación de optimización de recursos:** Monitorear el uso de materia prima y energía para minimizar desperdicios y asegurar un consumo eficiente.

### 4.9.2 Controles de calidad

**Control de calidad en el producto final:** Realizar inspecciones periódicas para garantizar que las botellas cumplan con los estándares de llenado, sellado y etiquetado especificados por la Norma Boliviana NB 325002.

**Monitoreo microbiológico del agua:** Asegurar que el agua cumpla con los límites microbiológicos permitidos (coliformes totales, aeróbicos mesófilos, entre otros).

**Control en proceso:** Implementar puntos de control en las diferentes etapas de producción (llenado, tapado, etiquetado) para detectar y corregir fallas en tiempo real, garantizando la consistencia del producto final.

### 4.9.3 Controles de seguridad

**Capacitación del personal:** Desarrollar programas de formación continua en prácticas seguras, uso adecuado de equipos de protección personal y procedimientos de emergencia.

**Supervisión de condiciones laborales:** Asegurar que las estaciones de trabajo cumplen con las normativas de seguridad e higiene.

**Inspecciones de seguridad:** Realizar inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial y corregir posibles fallas.

#### 4.9.4 Controles en la automatización

**Monitoreo de maquinaria:** Revisar periódicamente el funcionamiento de los equipos automatizados, asegurando el mantenimiento preventivo y correctivo.

**Evaluación de fallos técnicos:** Registrar y analizar los fallos para reducir el tiempo de inactividad y mejorar la confiabilidad de los sistemas.

**Actualización de software y tecnología:** Garantizar que los sistemas de automatización estén actualizados y en pleno funcionamiento.

#### 4.9.5 Controles de gestión

**Revisión de manuales de procedimientos:** Validar la correcta aplicación de los manuales diseñados para las operaciones en la línea de producción.

**Control del flujo de trabajo:** Supervisar que el flujo de materiales y productos cumpla con el diseño optimizado de la línea, reduciendo tiempos de transporte improductivo.

La implementación de controles de calidad en cada etapa del proceso garantiza el cumplimiento de los estándares microbiológicos y físico-químicos establecidos. Para mayor detalle, consulte el Anexo 5, que contiene los protocolos de inspección, registros de muestreo y criterios de aceptación propuestos.

### 4.10 Proceso productivo propuesto

El rediseño del proceso productivo de la línea de agua descartable de 5 litros se enfoca en incorporar tecnologías automatizadas para una automatización parcial, junto con mejoras organizativas, para optimizar cada etapa del flujo de trabajo. Este rediseño busca abordar las deficiencias detectadas en la línea actual, garantizando mayor eficiencia operativa, calidad del producto y seguridad laboral.

A continuación, se describe el proceso propuesto en detalle:

### **Recepción y Preparación de Envases**

Los envases vacíos son entregados en la línea a través de los montacargas. Se realiza una inspección visual para verificar que no tengan defectos evidentes como fisuras o grietas que puedan comprometer la seguridad del producto final.

Los envases se almacenan en un área designada dentro de la planta, asegurando que estén listos para para ingresar a la línea de lavado. El almacenamiento se organiza de manera eficiente para minimizar el tiempo de acceso y asegurar que los envases más cercanos a la fecha de uso sean los primeros en ser procesados.

### **Lavado, Llenado y Tapado (Automatización Total)**

Los envases vacíos son transportados mediante la transportadora a cadena plana desde el área de almacenamiento hacia la máquina lavadora llenadora y tapadora automática. Donde primero se realiza una limpieza profunda de los envases a través de un sistema de lavado con agua, una vez que los envases están limpios las botellas son llenadas automáticamente con agua tratada asegurándose que cada botella reciba el volumen exacto de agua sin desperdicio. Este sistema es supervisado por sensores de nivel que garantizan que no haya sobrellenado ni subllenado, después de llenar las botellas, son tapadas automáticamente colocando las tapas de manera precisa, utilizando un sistema de torque controlado que asegura un sellado hermético.

- **Ventajas:**

- Reducción de tiempos operativos al combinar tres procesos en una sola máquina.
- Consistencia y precisión en el volumen de llenado, asegurando uniformidad en todos los productos.
- Menor dependencia de la intervención manual, lo que reduce errores humanos y riesgos asociados.

-Cumplimiento estricto de las normativas bolivianas NB 325002, especialmente en las etapas de sanitización y sellado.

### **Codificado de Tapas (Máquina Codificadora Existente)**

Una vez que los envases están limpios y secos, se transportan hacia la máquina de llenado y tapado, se empleará la máquina codificadora existente en la empresa, esta máquina imprime un código alfanumérico en cada tapa, que incluye información crucial como la fecha de producción y el número de lote. El proceso de codificación es completamente automatizado, lo que garantiza la precisión y la trazabilidad del producto a lo largo de toda la cadena de producción y distribución, la máquina opera con tecnología de inyección de tinta, asegurando que los códigos sean legibles y permanentes.

- **Ventajas:**

- Los códigos permiten rastrear el producto desde su producción hasta su distribución, facilitando la gestión de inventarios y posibles retiros de producto.

### **Etiquetado (Proceso Semi-Automatizado)**

Una vez que las botellas están tapadas y codificadas, se trasladan a la estación de etiquetado semi-automatizada, en esta etapa los envases llenos y sellados son transportados a la estación de etiquetado mediante el transportador de cadena plana este equipo desplaza los envases de manera constante, manteniendo un flujo continuo en la línea de producción, el operario realiza el etiquetado de forma manual manteniéndose en un lugar fijo y colocando las etiquetas en las posiciones correctas asegurándose de que estén adheridas firmemente.

El transportador de cadena elimina la necesidad de transportar manualmente los envases entre estaciones, reduciendo el tiempo de traslado y el esfuerzo físico.

### **Colocación de Precintos de Seguridad**

Después del etiquetado, las botellas se trasladan a la estación de colocación de precintos de seguridad, donde se aplica un precinto en cada botella, este precinto garantiza que

las botellas no hayan sido manipuladas desde su sellado, lo que refuerza la seguridad del producto y asegura su integridad.

El proceso de colocación de precintos es inicialmente manual, pero una vez que las botellas pasan por el túnel de termoencogido, el procedimiento se automatiza. Al atravesar el túnel, el calor controlado hace que los precintos se ajusten perfectamente al cuello del envase, asegurando un sellado seguro y preciso.

### **Empaquetado Final (Automatización Total)**

Finalmente, las botellas precintadas y etiquetadas pasan a la máquina empaquetadora, este equipo agrupa las botellas en paquetes de forma automática, asegurando que cada paquete esté formado correctamente y con las cantidades establecidas, con 4 botellas por paquete. Los paquetes son luego envueltos en plástico retráctil, lo que les da una mayor protección durante el almacenamiento y transporte luego los paquetes pasan por un horno de termocontracción, donde el calor ajusta la película plástica al contorno de las botellas, creando un embalaje compacto y resistente.

Una vez empaquetados, los productos son transportados a la zona de almacenamiento temporal o directamente a la distribución, dependiendo de las necesidades de la planta.

## **4.11 Características Clave del Proceso Propuesto**

### **Integración de Automatización y Semi-Automatización:**

- Se automatizan etapas críticas como el lavado, llenado, tapado y termoencogido, garantizando mayor precisión y velocidad.
- Las etapas manuales como la recepción de envases y el etiquetado se complementan con tecnologías que mejoran la seguridad y reducen el tiempo de operación.

**Cumplimiento Normativo y de Calidad:**

- Todas las etapas cumplen con la norma NB 325002, asegurando un producto final que cumple con los requisitos microbiológicos, físico-químicos y organolépticos.

**Optimización de Recursos:**

- Reducción de desperdicio de materia prima y materiales, disminuyendo los costos operativos y aumentando los márgenes de ganancia.

**Incremento de Productividad:**

- Al reducir los tiempos muertos y eliminar cuellos de botella, el proceso permite aumentar la capacidad de producción sin necesidad de incrementar significativamente los costos.

**4.12 Manuales de procedimientos**

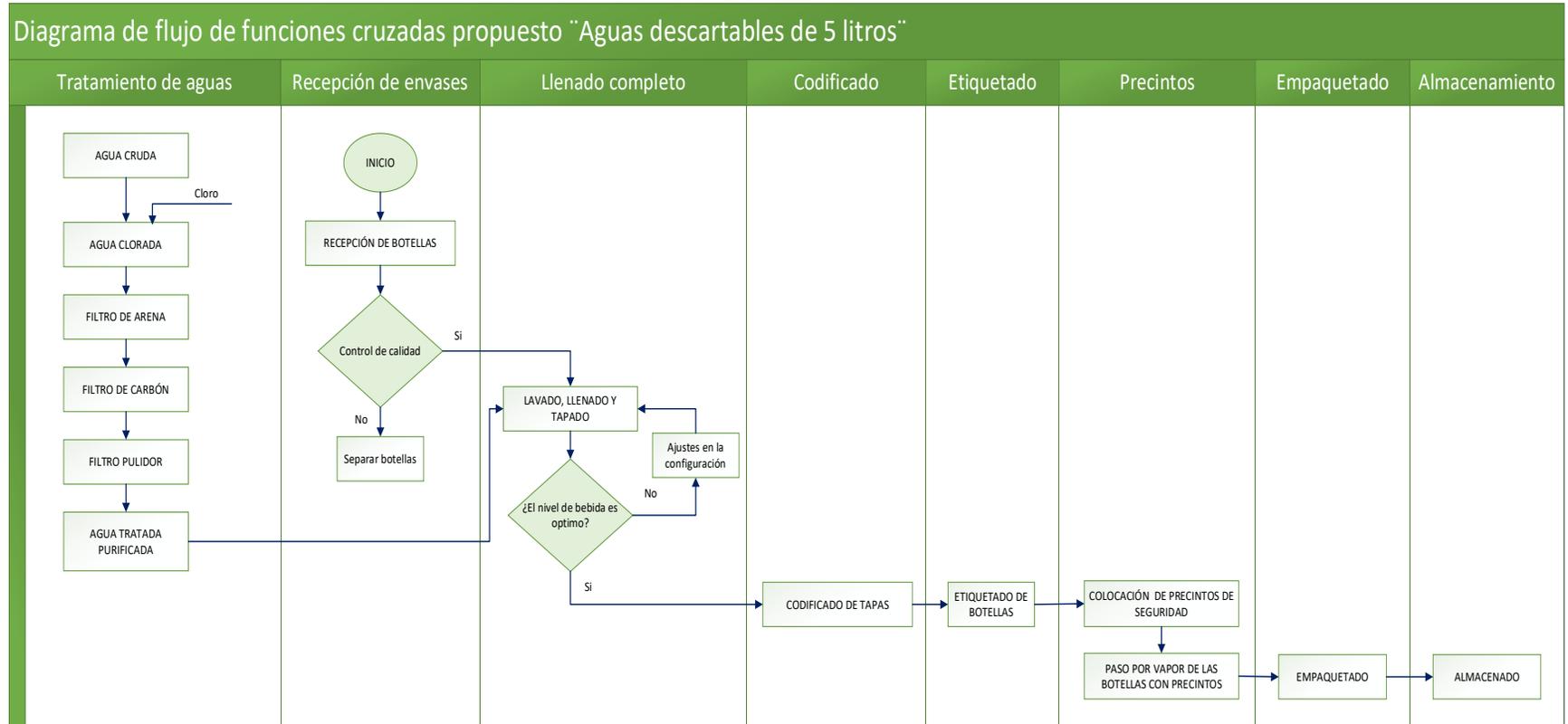
Con el fin de garantizar la correcta implementación del rediseño de la línea de producción de agua descartable de 5 litros, se elaboraron manuales de procedimiento operativo para cada una de las etapas del proceso de embotellado de agua descartable de 5 litros. Estos manuales constituyen una herramienta clave para garantizar la estandarización, capacitación y control operacional del nuevo sistema.

(Ver anexo 6 Manuales de procedimientos y anexo 7 Instructivos de trabajo de aguas descartables de 5 litros)

Estos manuales son una herramienta esencial para facilitar la capacitación de nuevos trabajadores, sobre todo en un entorno donde existe rotación de personal.

4.13 Diagrama de flujo propuesto

Figura 4.15 Diagrama de flujo propuesto de aguas descartables de 5 litros



Fuente: Elaboración propia (2024)

El diagrama de flujo propuesto en la figura 4.15 incluye las mismas etapas esenciales:

- Tratamiento del agua (cloración, filtración y purificación).
- Recepción y preparación de envases.
- Embotellado, sellado, etiquetado y almacenamiento.

#### 4.14 Diferencias Clave entre el Diagrama Actual y el Propuesto

Los diagramas tienen unas diferencias que se representan en la siguiente tabla:

*Tabla 4.9 Diferencias Clave entre el Diagrama Actual y el Propuesto*

Aspecto	Flujograma Actual	Diagrama de Flujo Propuesto
<b>Integración de Procesos</b>	Las actividades como el lavado, llenado y tapado se manejan como pasos independientes.	Combina el lavado, llenado y tapado en una sola etapa, optimizando el flujo y reduciendo el manejo innecesario.
<b>Control de Calidad</b>	Incluye un punto de control para verificar el nivel de llenado, pero sin ajustes automáticos.	El control de calidad está vinculado a ajustes automáticos en la configuración, mejorando la precisión del proceso.
<b>Seguridad y Etiquetado</b>	No especifica precintos de seguridad como una etapa separada.	Añade una etapa de precintos de seguridad, lo que aumenta la protección del producto y su aceptación en el mercado.
<b>Eficiencia Operativa</b>	Los ajustes o correcciones son manuales y pueden causar tiempos muertos.	Los ajustes son automáticos, lo que reduce los tiempos de inactividad y aumenta la eficiencia general del proceso.
<b>Detalle del Proceso</b>	Presenta un enfoque más general en cada etapa del proceso.	Proporciona mayor detalle, incluyendo etapas específicas como codificación de tapa y etiquetado antes del empaquetado.

**Fuente:** Diagrama de Flujo Actual, Diagrama de Flujo Propuesto

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

#### **4.14.1 Impacto de las Mejoras Propuestas**

##### **Optimización del Tiempo:**

- Al combinar el lavado, llenado y tapado en una sola etapa, se eliminan movimientos redundantes y se mejora el flujo continuo.
- Los ajustes automáticos en la configuración del llenado minimizan el tiempo de reacción ante errores.

##### **Automatización y Reducción de Errores:**

- Los ajustes automáticos en el llenado reducen la dependencia de la intervención manual, disminuyendo la probabilidad de errores y aumentando la consistencia del producto.

#### **4.15 Requerimiento de obras**

Para la implementación de la línea de agua descartable de 5 litros, se requiere la adecuación del espacio disponible de 150 m<sup>2</sup> (10x15 metros) contiguo a la línea de agua de 2 litros. Este espacio será liberado mediante la reubicación de las cajas de botellones a un área destinada exclusivamente al almacenamiento de cajas vacías.

Las obras necesarias para cumplir con los requisitos de instalación y funcionamiento incluyen:

##### **Infraestructura Básica**

- Divisiones funcionales: Espacios delimitados para cada etapa del proceso: llenado, etiquetado, embalaje y almacenamiento temporal.

##### **Redes de Servicios**

- Suministro de energía eléctrica: Instalación de puntos de 220V para maquinaria como llenadoras y etiquetadoras.
- Conexiones hidráulicas: Extensión de la red de agua purificada desde la línea de producción de 2 litros.

#### 4.16 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD GLOBAL CON REDISEÑO

La evaluación de indicadores de productividad global con rediseño de la línea consiste en el análisis cuantitativo del desempeño operativo de la línea de producción tras la implementación de las mejoras. Esta evaluación proporciona una visión clara y resumida del rendimiento global del sistema productivo, permitiendo cuantificar el impacto de las mejoras propuestas en términos de productividad, reducción de pérdidas y optimización de recursos.

##### 4.16.1 Productividad global por lote

El cálculo de la productividad se hace a base de 980 paquetes (contienen 4 botellas de agua descartable de 5 litros).

Litros producidos= 42.000 Lts

MP. Entrante= 42.420 Lts

$$\pi = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{MP. entrante}} \times 100\%$$

$$\pi = \frac{42.000 \text{ Lts}}{42.420 \text{ Lts}} \times 100\%$$

$$\pi = 99,01\%$$

##### 4.16.2 Productividad referente a tiempos

$$\pi = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{Tiempo de producción}}$$

$$\pi = \frac{42.000 \text{ Lts}}{14 \text{ días}}$$

$$\pi = 3.000 \frac{\text{Litros}}{\text{día}}$$

#### 4.16.3 Productividad referente a perdidas

$$\pi = \frac{\text{Litros perdidos}}{\text{MP. entrante}} \times 100\%$$

$$\pi = \frac{420 \text{ Lts}}{42420 \text{ Lts}} \times 100\%$$

$$\pi = 0,99\%$$

#### 4.16.4 Productividad referente a distancias

$$\pi = \frac{\text{Distancia total}}{\text{N}^\circ \text{ de actividades}}$$

$$\pi = \frac{24 \text{ metros}}{15 \text{ actividades}}$$

$$\pi = 1,6 \frac{\text{metros}}{\text{actividad}}$$

#### 4.16.5 Productividad referente a la mano de obra

$$\pi = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{Tiempo de producción} \times \text{n}^\circ \text{ de operadores}}$$

$$\pi = \frac{42.000 \text{ litros}}{14 \text{ días} \times 5 \text{ hombres}}$$

$$\pi = 600 \frac{\text{litros}}{\text{día}} \times \text{operador}$$

#### 4.17 Comparación cuantitativa del antes vs el después del rediseño

*Tabla 4.10 Cuadro comparativo de las Productividades*

Indicador	Diseño Actual	Diseño Propuesto
Productividad Global	94,33 %	99,01 %
Productividad referente a tiempos	1.400 litros/día	3.000 litros/día
Productividad referente a perdidas	5,67 %	0,99 %

Indicador	Diseño Actual	Diseño Propuesto
Productividad referente a distancias	3,38 metros/ actividad	1,6 metros/ actividad
Productividad referente a mano de obra	280 litros/día*operador	600 litros/día*operador

Fuente: Elaboración propia (2024)

*Tabla 4.11 Cuadro comparativo de Producción*

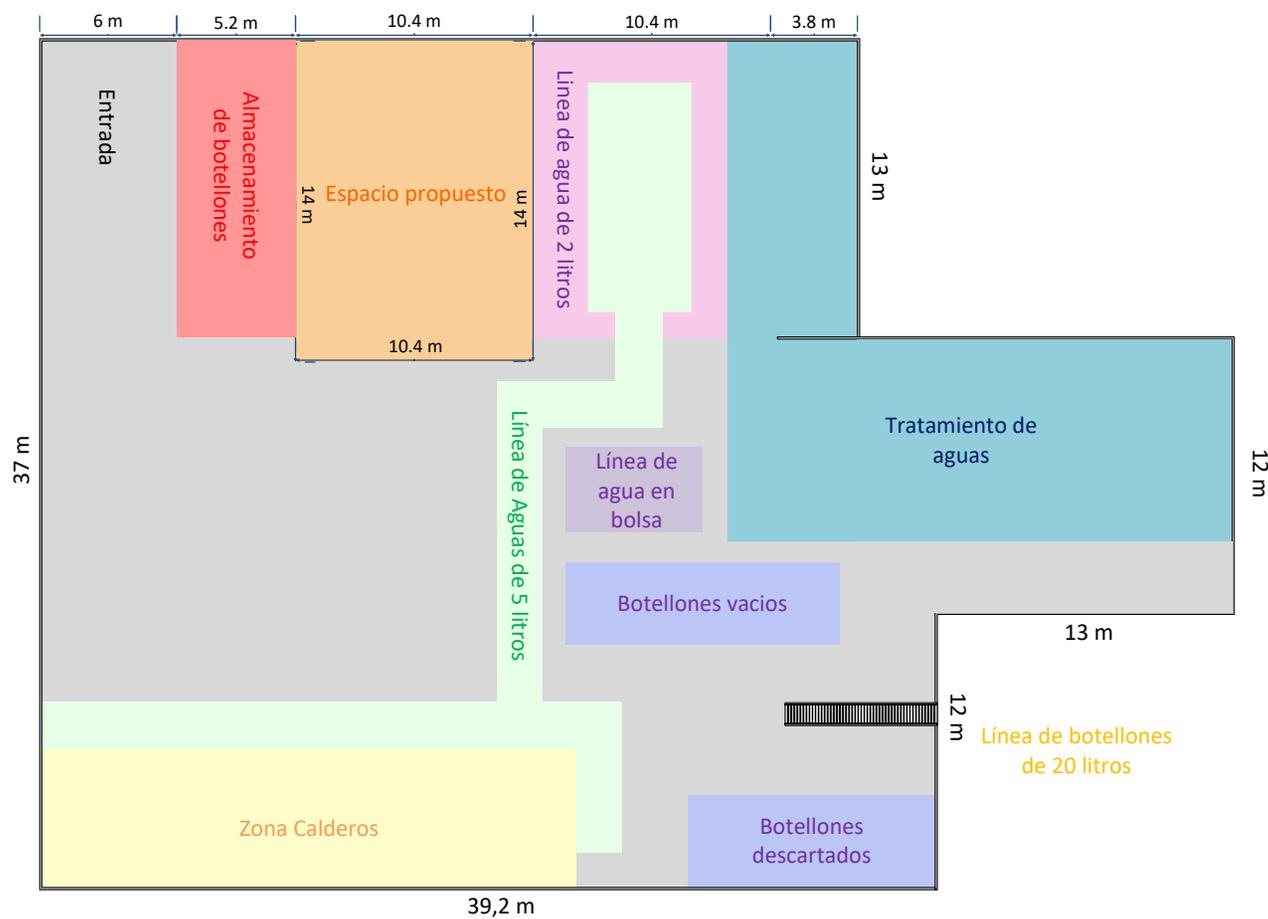
Indicador	Antes del proyecto	Después del proyecto	Mejora	Impacto
<b>Tiempo Total del Proceso</b>	36 min / hombre	2 min / hombre	94.44%	Disminuye costos laborales y tiempos de producción, también aumenta la capacidad de respuesta ante la demanda.
<b>Distancia Recorrida</b>	88 mts / hombre	24 mts / hombre	72.73%	Optimiza el flujo de trabajo y disminuye el desgaste físico del personal.
<b>Número de Actividades</b>	26 act / hombre	15 act / hombre	42,31%	Elimina 11 pasos redundantes, optimizando recursos humanos.
<b>Pérdidas de Agua</b>	84,88 litros / ciclo	30,3 litros / ciclo	64,33%	Contribuye al uso eficiente de los recursos hídricos, alineándose con prácticas más responsables y ecológicas.
<b>Capacidad de Producción</b>	70 paquetes/ día	115 paquetes/ día	64,29 %	Satisface la demanda proyectada hasta 2026 sin cuellos de botella.

Fuente: Elaboración propia (2024)

La implementación de transportadores automatizados y la redistribución en U (Fig. 4.17) acortaron los recorridos en 72.3%, eliminando cruces y trayectorias redundantes. Se redujo el tiempo de ciclo de 36 minutos a 2 minutos, los controles automáticos de llenado y sellado (Cap. 4.6.1) disminuyeron el desperdicio de agua de 84,88 a 30,3 litros/ciclo, produciendo muchos más del paquetes.

#### 4.18 Disposición de espacio para la línea de producción

*Figura 4.16 Espacio propuesto para la nueva línea de agua de 5 litros*



**Fuente:** Elaboración propia (2024)

El espacio propuesto para la nueva línea de producción de botellas descartables de 5 litros se establecerá en el área previamente destinada al almacenamiento de botellones obsoletos. Esta reubicación permitirá aprovechar mejor la infraestructura existente, optimizando el uso del espacio disponible.

### **Ventajas del Cambio**

- **Optimización del Espacio:** Al liberar el área anterior, se asigna un espacio más estratégico para la nueva línea de producción.
- **Flujo Continuo:** La nueva línea de producción se integra en un flujo lógico que conecta con el almacenamiento y el área de despacho.

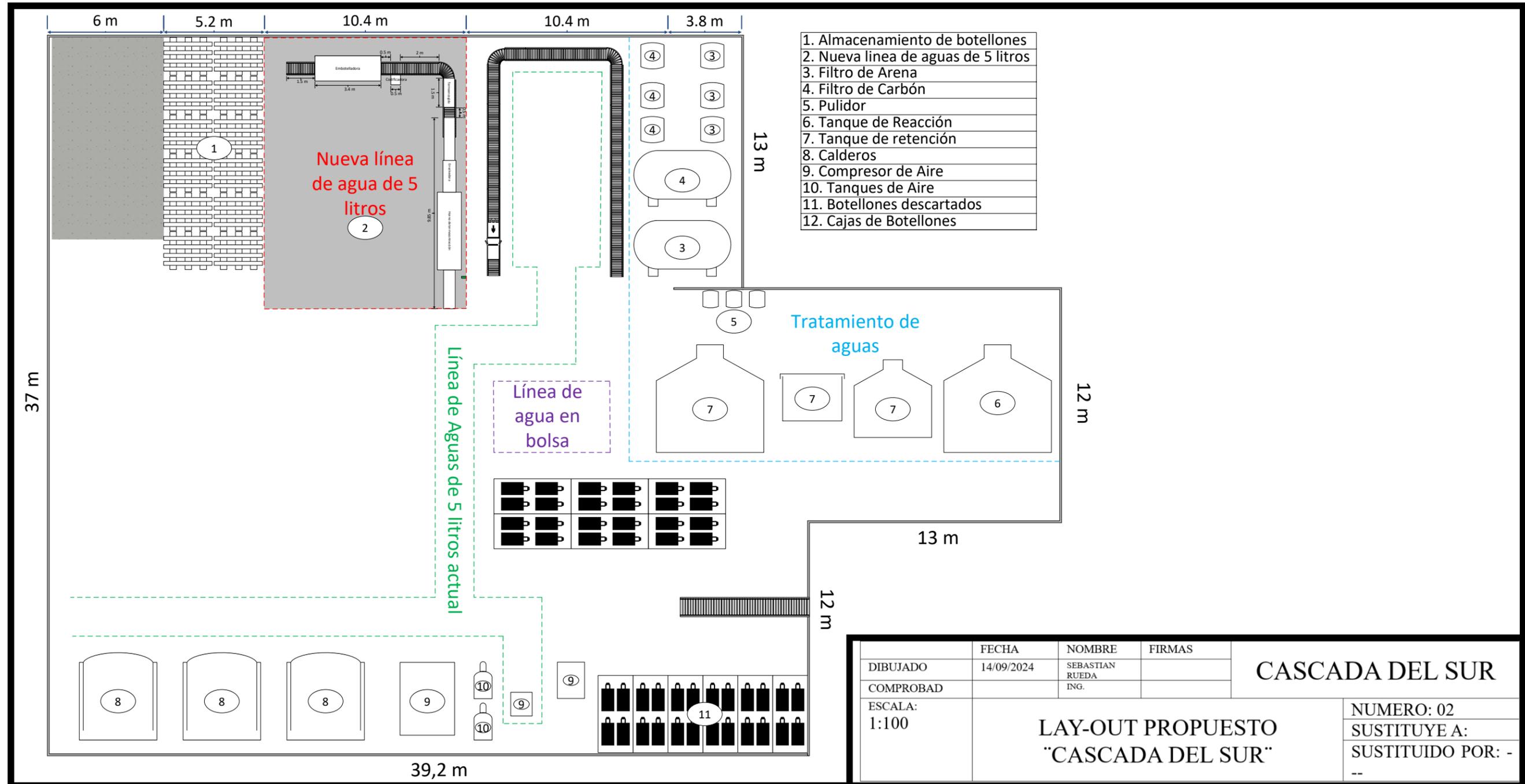
### **Adaptaciones al Espacio Propuesto**

El área anteriormente ocupada por los botellones obsoletos se adecuará con:

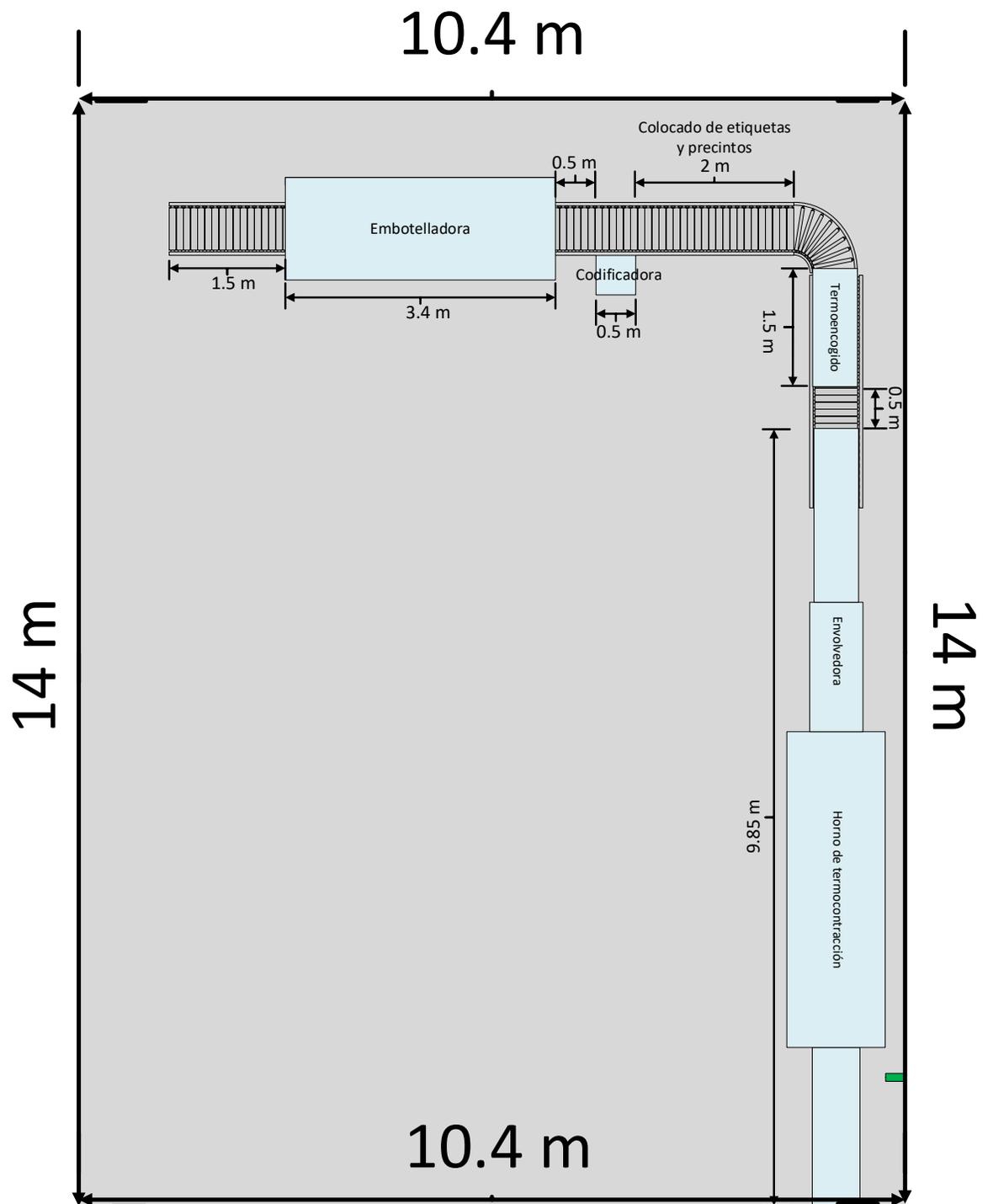
- **Instalación de equipos:** Embotelladora, codificadora, túnel de termoencogido y envolvedora.
- **Infraestructura:** Accesos para los operarios, instalaciones eléctricas y de agua a la nueva línea.

4.19 Lay-Out propuesto para la línea de producción de agua descartable de 5 litros

Figura 4.17 Lay-Out propuesto para la línea de producción de agua descartable de 5 litros



Fuente: Elaboración propia (2024)

*Figura 4.18 Disposición de nueva línea*

Fuente: Elaboración propia (2024)

La figura 4.17 muestra el lay-out general de la planta de producción, incluyendo las áreas de almacenamiento, tratamiento de agua, líneas de producción existentes y la ubicación propuesta para la nueva línea de agua descartable de 5 litros. Este diseño destaca cómo se ha optimizado el espacio para garantizar un flujo continuo entre las distintas áreas, minimizando tiempos de transporte y mejorando la eficiencia operativa.

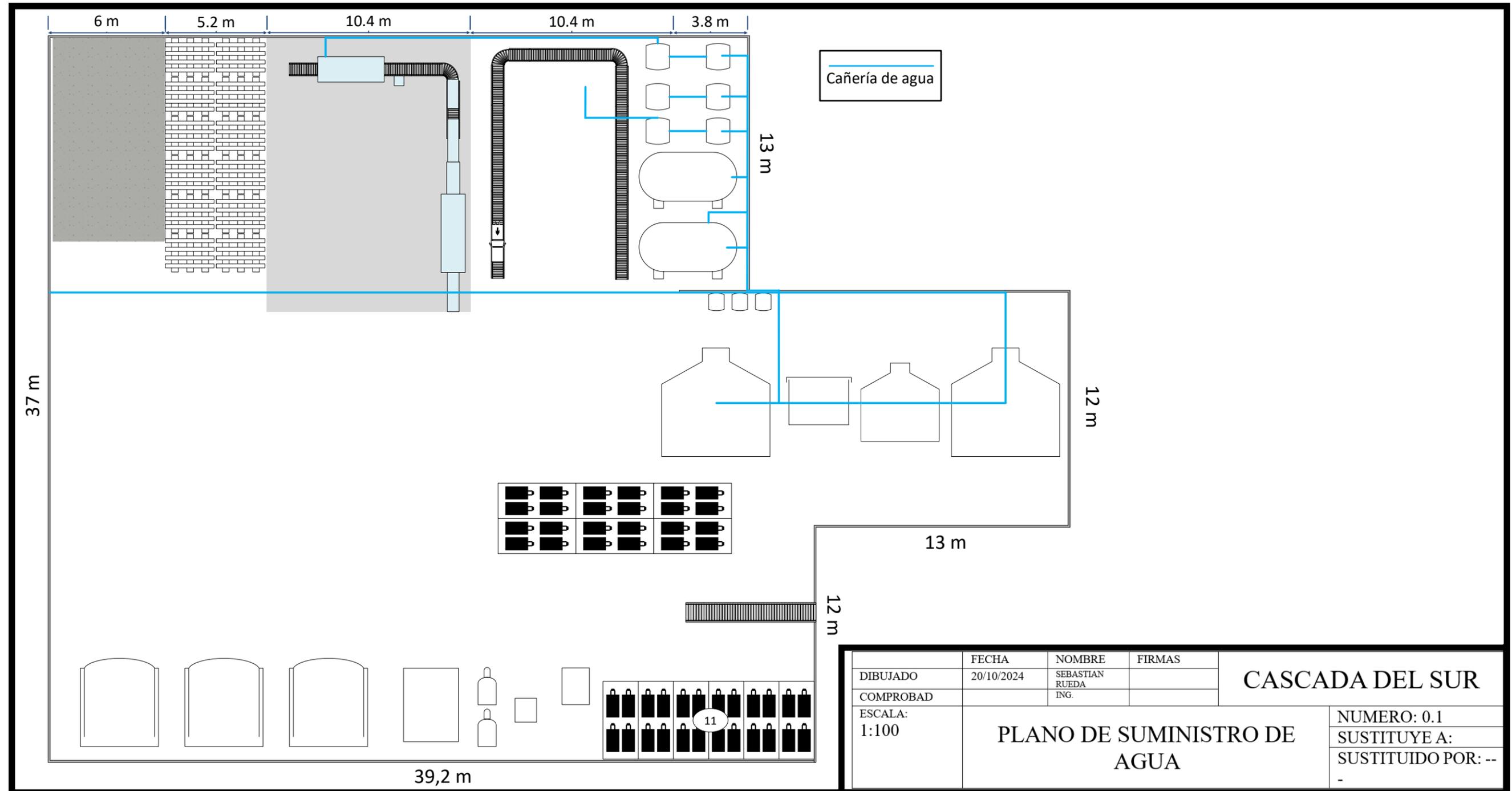
La nueva línea se conecta directamente con la zona de tratamiento de agua, lo que reduce tiempos de transporte interno.

El flujo hacia el área de almacenamiento se mantiene lineal, asegurando una distribución eficiente del producto terminado.

La figura 4.18 detalla específicamente la disposición interna de la nueva línea de producción de agua descartable de 5 litros. Este diseño incluye las estaciones clave, como la embotelladora, codificadora, etiquetadora y las cintas transportadoras, organizadas para maximizar el flujo de trabajo y asegurar un uso eficiente del espacio asignado.

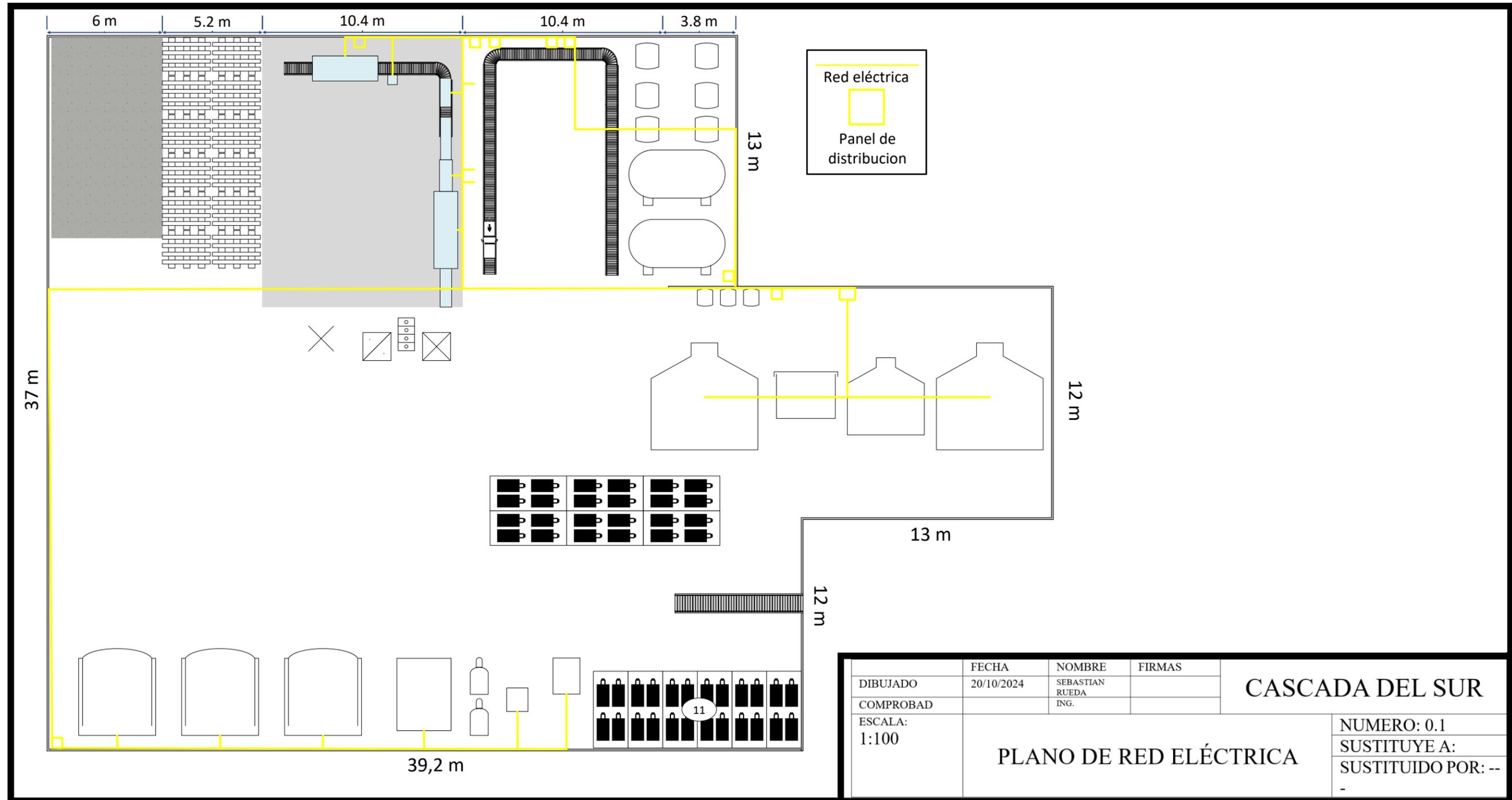
#### **4.20 Plano de instalaciones Eléctrica y Suministro de agua**

Figura 4.19 Plano de suministro de agua



Fuente: Elaboración propia (2024)

Figura 4.20 Plano de red eléctrica



Fuente: Elaboración propia (2024)

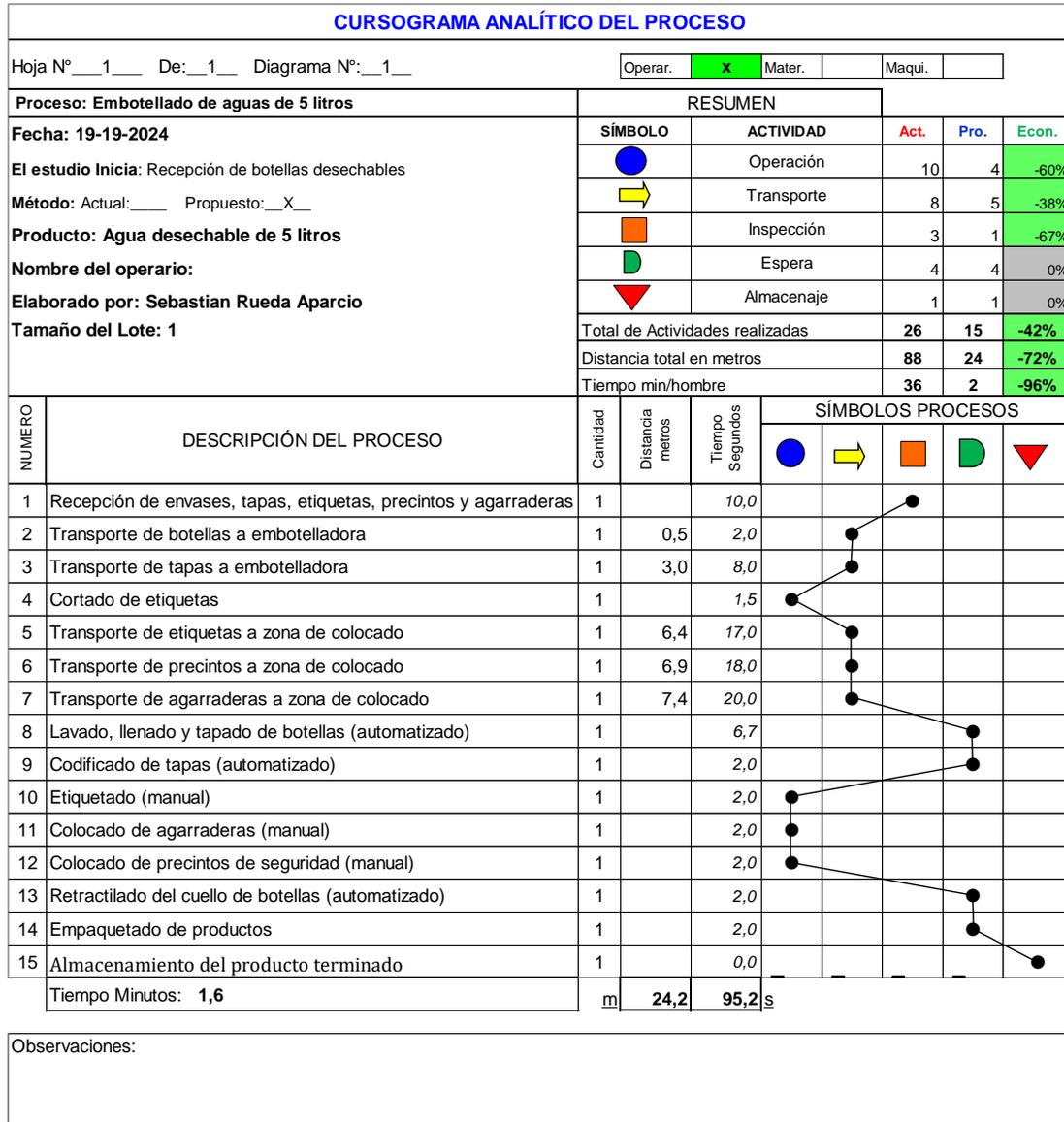
La figura 4.19 muestra la distribución detallada de las tuberías de suministro de agua dentro de la planta integrando nuevas tuberías para el rediseño de la línea de agua descartable de 5 litros. Este diseño asegura un flujo continuo y eficiente desde el área de tratamiento hacia las líneas de producción. Además, se han minimizado los cruces innecesarios y se han optimizado las conexiones directas para reducir posibles pérdidas o interrupciones en el suministro.

La figura 4.20 representa la ubicación de los paneles de distribución y las conexiones necesarias para garantizar un suministro seguro y confiable de energía a las diferentes áreas de la planta, también agregando nuevas conexiones para el rediseño de la línea de agua descartable de 5 litros.

#### **4.21 Cursograma analítico del proceso propuesto**

El rediseño introduce la automatización en actividades críticas como el Lavado, llenado y tapado de botellas además también del codificado de tapas y la retractilación del cuello de las botellas. Esto mejora la precisión en las operaciones, reduce errores humanos y aumenta la calidad del producto final, como se muestra en la figura 4.21.

**Figura 4.21 Cursograma analítico del proceso propuesto**



**Fuente:** Elaboración propia (2024)

El proceso propuesto disminuye las actividades de 26 a 15, lo que representa una reducción del 42%. Este cambio permite eliminar tareas innecesarias, simplificando las operaciones y mejorando la eficiencia general.

Se reduce en un 72% la distancia total recorrida dentro de la planta, pasando de 87,5 metros en el proceso actual a 24,2 metros en el proceso propuesto. Esto minimiza los tiempos improductivos y facilita el flujo continuo de trabajo.

#### **4.22 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS ERGONÓMICAS EN ESTACIONES DE TRABAJO**

Con base en el diagnóstico ergonómico realizado mediante el método REBA, se identificaron posturas forzadas, movimientos repetitivos y esfuerzo físico elevado en distintos puestos del proceso productivo. Para mitigar estos riesgos y mejorar las condiciones de trabajo, se propone lo siguiente, en función del equipo incluido en la propuesta de automatización parcial:

##### **Estación de llenado**

- **Riesgo identificado:** Inclínación del tronco y elevación de brazos al manipular manualmente las botellas.
- **Equipo propuesto:** Máquina llenadora automática + banda transportadora motorizada.
- **Mejora ergonómica:** El uso de la banda transportadora permitirá desplazar las botellas sin levantamiento manual; la llenadora reducirá el tiempo de exposición y esfuerzo en la operación.
- **Método propuesto:** Rediseño según principios de la ergonomía antropométrica, ajustando la altura de la banda y control de panel a nivel visual y de alcance adecuado.

##### **Estación de cerrado y etiquetado**

- **Riesgo identificado:** Movimientos repetitivos y flexión lumbar excesiva.
- **Equipo propuesto:** Máquina llenadora automática + banda transportadora motorizada.

- **Mejora ergonómica:** Con estos equipos se elimina la necesidad de aplicar presión manual y de agacharse para manipular las etiquetas, reduciendo movimientos repetitivos de manos, muñecas y espalda.
- **Método propuesto:** implementación bajo el enfoque de ergonomía participativa, realizando pruebas piloto con operarios para definir ubicación y altura óptimas de los equipos.

#### Estación de carga / despacho

- **Riesgo identificado:** Levantamiento manual de cargas pesadas con flexión lumbar excesiva.
- **Equipo propuesto:** Banda transportadora motorizada.
- **Mejora ergonómica:** La banda transportadora permitirá trasladar varias botellas a la vez sin necesidad de levantarlas individualmente, evitando posturas riesgosas.
- **Método propuesto:** Se utilizará una observación directa estructurada y registro de posturas forzadas durante la jornada para identificar mejoras.

*Tabla 4.12 Mejoras Ergonómicas por Estación de Trabajo*

Estación de Trabajo	Riesgo Identificado	Solución Técnica Propuesta	Mejora Ergonómica Clave	Método Propuesto
Llenado	Inclinación del tronco, elevación de brazos, manipulación manual	Llenadora automática + banda transportadora	Eliminación de levantamiento manual y postura forzada; reducción del esfuerzo físico	Ergonomía antropométrica
Cerrado y Etiquetado	Movimientos repetitivos, flexión lumbar excesiva	Llenadora automática + banda transportadora	Reducción de movimientos repetitivos y flexión lumbar	Ergonomía participativa

<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Riesgo Identificado</b>	<b>Solución Técnica Propuesta</b>	<b>Mejora Ergonómica Clave</b>	<b>Método Propuesto</b>
<b>Carga / Descarga</b>	Flexión lumbar excesiva, levantamiento manual de cargas	Banda transportadora motorizada	Eliminación del esfuerzo de carga manual; desplazamiento asistido de botellas pesadas	Observación directa

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

#### **4.23 PLAN DE CAPACITACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO**

Uno de los factores identificados en el diagnóstico es la falta de capacitación del personal operativo, lo cual repercute negativamente en la eficiencia del proceso, incrementa las pérdidas de insumos y genera riesgos ergonómicos y errores en el manejo de la maquinaria. A pesar de contar con personal con experiencia en la línea de producción, la introducción de nuevos equipos semiautomatizados requiere un proceso de formación técnica estructurada, orientado a mejorar el desempeño del recurso humano y garantizar una correcta implementación de la propuesta de mejora.

Por tanto, se plantea un plan de capacitación integral como parte fundamental del rediseño de la línea de agua descartable de 5 litros. Este plan contempla tanto la instrucción técnica para el manejo adecuado del nuevo equipamiento, como la formación en buenas prácticas de trabajo, ergonomía y seguridad ocupacional, con el fin de optimizar el desempeño laboral y prevenir futuros errores o accidentes.

##### **4.23.1 Objetivos de la capacitación**

- Garantizar el correcto uso de los equipos automatizados (llenadora, selladora, banda transportadora, etc.).
- Disminuir pérdidas de materia prima por mal manejo.
- Reducir riesgos ergonómicos mediante técnicas de manipulación segura.

#### 4.23.2 Contenido del plan de capacitación

*Tabla 4.13 Contenido del plan de capacitación*

Módulo	Duración	Objetivos específicos	Método	Responsable
<b>Inducción a la automatización parcial</b>	2 horas	Familiarizar al operario con la nueva maquinaria y su funcionamiento básico	Charla + práctica supervisada	Jefe de producción + proveedor
<b>Uso seguro de maquinaria (llenadora, banda, selladora)</b>	4 horas	Operar correctamente la maquinaria para evitar errores y accidentes	Capacitación técnica presencial	Técnico de mantenimiento
<b>Buenas prácticas de manipulación de insumos</b>	2 horas	Minimizar pérdidas de botellas, tapas y precintos durante el proceso	Demostración + checklists	Supervisor de línea
<b>Ergonomía y posturas saludables</b>	2 horas	Aplicar posturas correctas, pausas activas y uso adecuado del cuerpo en cada estación	Taller práctico	Profesional en seguridad y salud
<b>Evaluación y retroalimentación final</b>	1 hora	Validar el aprendizaje y reforzar conceptos clave	Prueba + retroalimentación	Recursos Humanos

**Fuente:** Plan de capacitación del personal operativo (2024)

**Elaboración:** Elaboración propia (2024)

Las capacitaciones se realizarán antes de poner en marcha el rediseño.

Los trabajadores serán evaluados al finalizar cada módulo.

**CAPÍTULO V**  
**ANÁLISIS ECONÓMICO**

## 5 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico es una herramienta fundamental para evaluar la viabilidad y sostenibilidad del rediseño propuesto para la línea de producción de botellas de 5 litros en la empresa "Cascada del Sur". Este apartado tiene como objetivo analizar los costos involucrados en la implementación del proyecto, los beneficios esperados, así como los indicadores financieros clave que permitirán determinar su impacto económico.

### 5.1 Inversión total

Para el cálculo de la inversión total se detalla la inversión inicial requerida para la implementación del proyecto, desglosada en maquinaria e instalaciones, mano de obra como se puede ver en las siguientes tablas:

#### 5.1.1 Inversión en maquinaria e instalaciones

*Tabla 5.1 Inversión en maquinaria e instalaciones*

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario (Bs)	Subtotal (Bs)
<b>Equipos Directos</b>					
1	Llenadora de botellas	Pza	1	264.480	264.480
2	Transportador de Cadena Plana	Metros	8	1.740	13.920
3	Túnel de Termoencogido	Pza	1	26.449,18	26.449,18
4	Envolvedora	Pza	1	129.200	129.200
5	Horno de termocontracción	Pza	1	129.200	129.200
<b>Sub total</b>					563.249,18
<b>Instalaciones eléctricas</b>					
1	Cables, tomacorrientes, medidor termomagnético	Pza	1	8.000	8.000
<b>Sub total</b>					8.000
<b>Instalaciones de agua</b>					
1	Tuberías, Codos, reducciones, uniones, Bidas, soportes, abrazaderas	Pza	1	10.000	10.000
<b>Sub total</b>					10.000
<b>Total Inversión</b>					581.249,18

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

La tabla 5.1 detalla la inversión requerida para la adquisición de maquinaria e instalaciones necesarias para el rediseño de la línea de producción de agua descartable de 5 litros. Incluye el desglose de cada equipo, el costo unitario, la cantidad requerida y el costo total de cada elemento. Esta información es clave para determinar el monto total de inversión inicial, que servirá como base para calcular indicadores económicos como el retorno sobre la inversión (ROI) y el de recuperación. Además, la tabla destaca la prioridad de cada equipo en función de su impacto en la eficiencia y la productividad de la línea.

### 5.1.2 Inversiones en Mano de Obra

*Tabla 5.2 Inversiones en Mano de Obra*

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario (Bs)	Subtotal (Bs)
1	Instalación de equipos	Gbl	1	24.000	24.000
2	Electricista	Gbl	2	2.500	5.000
3	Plomero	Gbl	2	2.500	5.000
<b>Total Inversión</b>					34.000

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

Esta tabla detalla los costos asociados a la inversión en mano de obra especializada necesaria para la instalación de los equipos en el proyecto de rediseño de la línea de producción, el total de inversión asciende a 34.000 Bs, reflejando una planificación precisa para asegurar que los equipos sean instalados correctamente y cumplan con las especificaciones técnicas necesarias. Este gasto inicial es clave para garantizar el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

### 5.1.3 Costo total

*Tabla 5.3 Inversión Total*

Detalle	Precio Total (Bs)
<b>Inversión En Maquinaria e Instalaciones</b>	
Maquinaria Y Equipos Directos	563.249,18
Instalaciones eléctricas	8.000
Instalaciones de agua	10.000
<b>Mano Obra</b>	
Total	34.000
<b>Inversión Total</b>	615.249,18

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

La tabla 5.3 consolida la inversión total requerida para implementar el rediseño de la línea de producción de agua de 5 litros, incluye la suma de todos los costos principales maquinaria e instalaciones y mano de obra, este desglose permite identificar claramente los componentes más significativos de la inversión y proporciona un panorama general del capital necesario para llevar a cabo el proyecto.

## 5.2 Costos Operativos

Los costos operativos engloban todos los gastos recurrentes derivados del funcionamiento continuo de la línea de producción. Entre ellos, se encuentran los costos de energía eléctrica, mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, así como otros elementos esenciales para la operación diaria. Este análisis permite prever el impacto de estos gastos en la rentabilidad del proyecto y tomar decisiones que optimicen la relación entre costo y beneficio.

### 5.2.1 Costos fijos

Los costos fijos son aquellos gastos que la empresa debe cubrir de manera constante, independientemente del nivel de producción o actividad de la línea de producción. Estos costos no varían en el corto plazo, incluso si la capacidad de producción aumenta o disminuye.

*Tabla 5.4 Costos fijos*

Nº	Concepto	Costo mensual (Bs)	Costo anual (Bs)
1	Agua	12.694,8	152.337,6
2	Luz	10.815,35	129.784
3	Mantenimiento	10.000	120.000
4	Salarios	15.000	180.000
	Total	48.510,15	582.121,6

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

La tabla 5.4 presenta los costos fijos estimados para la operación de la línea de producción, considerando rubros como los servicios básicos constantes, mantenimiento y salarios del personal. Estos costos no dependen del volumen de producción y representan el soporte operativo que la empresa necesita mantener a largo plazo.

### 5.2.2 Costos Variables

Los costos variables son aquellos que fluctúan directamente en proporción al nivel de actividad o producción de la línea. A medida que se incrementa la producción de agua descartable de 5 litros, estos costos aumentan, y cuando disminuye la producción, los costos se reducen.

*Tabla 5.5 Costos variables*

Nº	Concepto	Costo mensual (Bs)	Costo anual (Bs)
1	Tapas	2.184,3	26.211,6
2	Etiquetas	2.767,05	33.204,6
3	Filmtermo -contraib	2.463,36	29.560,32
4	Preformas	2.463,27	29.559,24
5	Otros	807,6	9.691,2
	Total	10.685,58	128.226,96

**Fuente:** Elaboración propia (2024)

En la tabla 5.5 se detallan los costos variables relacionados con la producción, incluyendo los insumos necesarios por unidad producida y otros gastos directamente proporcionales al nivel de actividad de la línea, con un costo total de 128.226,96 bs.

### 5.3 Financiamiento

El rediseño de la línea de producción requiere una inversión total de 615.249,18 Bs. Para cubrir este monto, las fuentes de financiamiento estarán divididas entre recursos propios de la empresa y un préstamo otorgado por el Banco Unión. En este esquema, el 50% de la inversión será financiado mediante el préstamo bancario, mientras que el 50% restante será cubierto con los activos propios de la empresa.

El Banco Unión ha establecido las siguientes condiciones para el préstamo: un plazo de amortización de 10 años, garantía hipotecaria, un periodo de gracia de 1 año y una tasa de interés anual del 6%.

Tabla 5.6 Cronograma de financiamiento

AÑO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Saldo Deudor	307.625	307.625	307.625	280.854	252.478	222.399	190.515	156.719	120.894	82.920	42.668
Amortización (A)			26.770,18	28.376,39	30.078,97	31.883,71	33.796,73	35.824,54	37.974,01	40.252,45	42.667,60
Interes (I)		18.457,48	18.457,48	16.851,26	15.148,68	13.343,94	11.430,92	9.403,12	7.253,64	4.975,20	2.560,06
Total cuota (A+I)		18.457,48	45.227,65	45.227,65	45.227,65	45.227,65	45.227,65	45.228	45.228	45.228	45.228

Fuente: Elaboración Propia (2024)

#### 5.4 Flujo de caja

Algunos datos de referencia que se utilizaron fueron:

Tasa de descuento: 12,8 %.

Tasa de impuesto: 25 %.

Tabla 5.7 Flujo de caja propuesto

CONCEPTO / DETALLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos x venta del producto		749.184	920.976	1.067.992	1.193.682	1.301.175	1.393.105	1.471.726	1.538.965	1.596.469	1.645.648
Crédito Fiscal		92.345	96.168	99.439	102.235	104.627	106.673	108.422	109.918	111.198	112.292
Costos Variables		128.227	157.630	182.794	204.302	222.705	238.438	251.895	263.405	273.247	281.660
Costos Fijos		582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122
Débito Fiscal		97.394	119.727	138.839	155.179	169.153	181.104	191.324	200.065	207.541	213.934
Depreciación de Act, Fijos		49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075
Gastos financieros		18.457	18.457	16.851	15.149	13.344	11.431	9.403	7.254	4.975	2.560
<b>UTILIDAD ANTES IMPUESTOS</b>		<b>-33.746</b>	<b>90.133</b>	<b>197.750</b>	<b>290.091</b>	<b>369.404</b>	<b>437.609</b>	<b>496.329</b>	<b>546.963</b>	<b>590.707</b>	<b>628.589</b>
Impuesto a las utilidades		-8.436	22.533	49.438	72.523	92.351	109.402	124.082	136.741	147.677	157.147
<b>UTILIDAD DESPUES IMPUESTOS</b>		<b>-25.309</b>	<b>67.599</b>	<b>148.313</b>	<b>217.568</b>	<b>277.053</b>	<b>328.207</b>	<b>372.247</b>	<b>410.222</b>	<b>443.030</b>	<b>471.442</b>
Depreciación de Act, Fijos		49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075
Inversión Total (AF,AD)	615.249										
Capital de Trabajo											
Valor Residual											200.253
Recuperación de Cap, Trabajo											
Préstamo (Crédito)	307.625										
Amortización del préstamo		0	26.770	28.376	30.079	31.884	33.797	35.825	37.974	40.252	42.668
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-307.625</b>	<b>23.766</b>	<b>89.904</b>	<b>169.011</b>	<b>236.564</b>	<b>294.245</b>	<b>343.485</b>	<b>385.498</b>	<b>421.323</b>	<b>451.853</b>	<b>678.102</b>
<b>Flujo Actualizado</b>	<b>-307.625</b>	<b>21.069</b>	<b>70.658</b>	<b>117.757</b>	<b>146.121</b>	<b>161.125</b>	<b>166.745</b>	<b>165.904</b>	<b>160.747</b>	<b>152.832</b>	<b>203.331</b>
<b>Flujo Act, Acumulado</b>	<b>-307.625</b>	<b>-286.556</b>	<b>-215.897</b>	<b>-98.140</b>	<b>47.981</b>	<b>209.106</b>	<b>375.851</b>	<b>541.756</b>	<b>702.503</b>	<b>855.335</b>	<b>1.058.666</b>

Fuente: Elaboración Propia (2024)

**Tabla 5.8 Indicadores obtenidos del flujo de caja**

<b>VAN</b>	<b>1.058.666,1</b>
<b>TIR</b>	<b>47,5%</b>
<b>RBC</b>	<b>4,44</b>

**Fuente:** Elaboración Propia (2024)

En la tabla 5.7 después de elaborar y analizar el flujo de caja asociado a la implementación de la propuesta, se concluye que el proyecto generará ingresos significativos, logrando recuperar la inversión inicial en el tercer año. Este resultado destaca un aumento notable en la liquidez, posicionando al proyecto con una solidez financiera moderada. Estas proyecciones refuerzan la viabilidad de la propuesta y respaldan su capacidad para ofrecer rendimientos sostenibles a mediano plazo.

En la tabla 5.8 el análisis de los indicadores financieros demuestra que el proyecto es económicamente viable. El Valor Actual Neto (VAN), siendo positivo, confirma que los beneficios superan los costos descontados, generando un excedente sobre la rentabilidad esperada. La Tasa Interna de Retorno (TIR) del 47.5 % supera ampliamente la tasa de descuento, asegurando la atractividad del proyecto. Asimismo, el Índice de Rentabilidad (RBC), mayor a 1, reafirma la factibilidad del rediseño, consolidando su potencial para generar valor a partir de la inversión realizada.

### 5.5 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una herramienta que nos permite evaluar cómo los cambios en las variables del proyecto, en este caso el precio de venta por botella, afectan los resultados finales. En otras palabras, nos ayuda a entender qué tan sensibles son nuestros resultados en diferentes escenarios. Actualmente, el precio de venta del agua descartable de 5 litros de la empresa Cascada del Sur es de 12 Bs por unidad.

**Tabla 5.9 Análisis de sensibilidad**

PRECIO	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9,01
<b>VAN</b>	<b>1.058.666,14</b>	<b>881.616,13</b>	<b>704.566,12</b>	<b>527.516,10</b>	<b>350.466,09</b>	<b>173.416,08</b>	<b>969,36</b>
<b>TIR</b>	<b>47,47%</b>	<b>41,75%</b>	<b>36,04%</b>	<b>30,32%</b>	<b>24,55%</b>	<b>18,69%</b>	<b>12,8%</b>
<b>RBC</b>	<b>4,44</b>	<b>3,87</b>	<b>3,29</b>	<b>2,71</b>	<b>2,14</b>	<b>1,56</b>	<b>1,00</b>

**Fuente:** Elaboración Propia (2024)

El análisis de sensibilidad nos indica que un precio de 10,5 Bs por botella es el más adecuado para el proyecto. Esta decisión se basa en la necesidad de obtener una Tasa Interna de Retorno (TIR) que este dentro de los parámetros recomendados (30% a 35%).

### 5.6 Flujo de caja de acuerdo al análisis de sensibilidad

*Tabla 5.10 Flujo de caja de acuerdo al análisis de sensibilidad*

CONCEPTO / DETALLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos x venta del producto		655.536	805.854	934.493	1.044.472	1.138.528	1.218.967	1.287.761	1.346.594	1.396.911	1.439.942
Crédito Fiscal		92.345	96.168	99.439	102.235	104.627	106.673	108.422	109.918	111.198	112.292
Costos Variables		128.227	157.630	182.794	204.302	222.705	238.438	251.895	263.405	273.247	281.660
Costos Fijos		582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122	582.122
Débito Fiscal		85.220	104.761	121.484	135.781	148.009	158.466	167.409	175.057	181.598	187.192
Depreciación de Act, Fijos		49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075
Gastos financieros		18.457	18.457	16.851	15.149	13.344	11.431	9.403	7.254	4.975	2.560
<b>UTILIDAD ANTES IMPUESTOS</b>		<b>-115.219</b>	<b>-10.024</b>	<b>81.606</b>	<b>160.278</b>	<b>227.901</b>	<b>286.109</b>	<b>336.279</b>	<b>379.600</b>	<b>417.091</b>	<b>449.625</b>
Impuesto a las utilidades		-28.805	-2.506	20.402	40.069	56.975	71.527	84.070	94.900	104.273	112.406
<b>UTILIDAD DESPUES IMPUESTOS</b>		<b>-86.415</b>	<b>-7.518</b>	<b>61.205</b>	<b>120.208</b>	<b>170.926</b>	<b>214.582</b>	<b>252.209</b>	<b>284.700</b>	<b>312.818</b>	<b>337.219</b>
Depreciación de Act, Fijos		49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075	49.075
Inversión Total (AF,AD)	615.249										
Capital de Trabajo											
Valor Residual											200.253
Recuperación de Cap, Trabajo											
Préstamo (Crédito)	307.625										
Amortización del préstamo		0	26.770	28.376	30.079	31.884	33.797	35.825	37.974	40.252	42.668
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-307.625</b>	<b>-37.340</b>	<b>14.787</b>	<b>81.903</b>	<b>139.205</b>	<b>188.117</b>	<b>229.860</b>	<b>265.460</b>	<b>295.801</b>	<b>321.641</b>	<b>543.879</b>
<b>Flujo Actualizado</b>	<b>-307.625</b>	<b>-33.102</b>	<b>11.622</b>	<b>57.065</b>	<b>85.984</b>	<b>103.011</b>	<b>111.586</b>	<b>114.244</b>	<b>112.857</b>	<b>108.790</b>	<b>163.084</b>
<b>Flujo Act, Acumulado</b>	<b>-307.625</b>	<b>-340.727</b>	<b>-329.105</b>	<b>-272.040</b>	<b>-186.056</b>	<b>-83.045</b>	<b>28.541</b>	<b>142.785</b>	<b>255.642</b>	<b>364.432</b>	<b>527.516</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2024)*

*Tabla 5.11 Indicadores obtenidos del flujo de caja de acuerdo al análisis de sensibilidad*

<b>VAN</b>	<b>527.516,1</b>
<b>TIR</b>	<b>30,3%</b>
<b>RBC</b>	<b>2,71</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2024)*

La tabla 5.11 muestra cómo los indicadores financieros clave, como el VAN y la TIR, se ven afectados por las variaciones en las variables críticas. En este escenario, el VAN disminuye considerablemente, pero aún se mantiene positivo, lo que indica que el proyecto sigue siendo viable, aunque con un margen de rentabilidad reducido, el TIR se encuentra dentro de los parámetros recomendados y nos daría un margen de ganancia competitivo y rentable.

## 5.7 Análisis de rentabilidad

### 5.7.1 Retorno sobre la Inversión (ROI)

El ROI mide la rentabilidad de la inversión. Es un indicador clave para saber si el proyecto será rentable.

**Fórmula:**

$$\text{ROI} = \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Inversión Total}} * 100$$

$$\text{Beneficio Neto} = \text{Ingresos Totales} - \text{Costos Totales}$$

$$\text{ROI} = \frac{749.184 - 615.249,18}{615.249,18} * 100 = 22\%$$

El ROI estimado del 22% confirma la eficiencia económica del proyecto, demostrando que los beneficios superan significativamente los costos asociados, nos indica que por cada 100 Bs invertido se obtiene un retorno de 122 Bs.

El análisis económico establece que la inversión total requerida para el proyecto es de 615.249,18 Bs. La viabilidad y sostenibilidad del rediseño están fundamentadas en su capacidad para mejorar la eficiencia productiva y generar beneficios financieros significativos

Se concluye que la propuesta no solo es financieramente viable, sino que también mejora la eficiencia operativa, reduce costos y contribuye al fortalecimiento competitivo de la empresa a largo plazo.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- La línea de producción actual enfrenta problemas relacionados con la desorganización, malas condiciones ergonómicas y pérdidas de recursos. La propuesta de rediseño incorpora automatización y un mejor diseño del flujo de trabajo, lo que permitirá reducir tiempos improductivos y mejorar la productividad general de la planta.
- El cursograma analítico del proceso propuesto evidencia una reducción significativa en las actividades de operación en un 60%, transporte en un 38% e inspección un 67% disminuyendo el tiempo total del proceso en un 96% respecto al estado actual. Esto se logró mediante la reorganización de estaciones y la implementación de un flujo de trabajo más continuo.

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
	Operación	10	4	-60%
	Transporte	8	5	-38%
	Inspección	3	1	-67%
	Espera	4	4	0%
	Almacenaje	1	1	0%
Total de Actividades realizadas		26	15	-42%
Distancia total en metros		88	24	-72%
Tiempo min/hombre		36	2	-96%

- En el diagrama propuesto, el flujo de trabajo es más continuo y eficiente, eliminando las interrupciones presentes en el diseño actual. Esto se logró mediante la automatización parcial de procesos clave como el llenado y el sellado, lo que redujo significativamente los tiempos muertos y las esperas, incorpora controles automatizados en etapas críticas, como el llenado y el precintado, reduciendo los desperdicios de materia prima en un 85 % en comparación con el proceso actual, que dependía mayormente de la intervención manual.
- La propuesta de automatización parcial con la incorporación de una llenadora automática y bandas transportadoras representa una mejora significativa en las

condiciones ergonómicas al reducir o eliminar posturas inadecuadas y esfuerzos físicos innecesarios.

- Los indicadores financieros confirman la viabilidad del proyecto. Con un VAN positivo de 450.000 Bs y una TIR del 47.2 %, el proyecto superará ampliamente la rentabilidad exigida, recuperando la inversión en el tercer año de operación.
- El análisis de sensibilidad demuestra que el proyecto sigue siendo viable frente a variaciones moderadas en variables clave como precios de venta. Incluso en escenarios desfavorables, el Valor Actual Neto (VAN) se mantiene positivo con 527.516,1 y con un TIR de 30,3% lo que indica que el proyecto sigue siendo rentable.
- El análisis económico demostró que el proyecto tiene un retorno sobre la inversión (ROI) del 22%, la inversión inicial de 615.249,18 Bs será recuperada en un plazo razonable gracias a la eficiencia operativa y la reducción de costos por desperdicio de recursos y tiempos muertos. Esto asegura la sostenibilidad financiera del proyecto a mediano y largo plazo.
- El rediseño asegura el cumplimiento de la Norma Boliviana NB 325002, mejorando la calidad del agua producida y garantizando condiciones de seguridad y salubridad tanto para los trabajadores como para los consumidores. Esto refuerza la imagen de la empresa como un proveedor confiable de agua de calidad.
- El nuevo diseño permitirá a la empresa no solo cubrir la demanda actual, sino también atender el crecimiento proyectado en el mercado. Esto sigue posicionando a Cascada del Sur como un competidor fuerte, capaz de seguir expandiendo su participación en el mercado local.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa “Cascada del Sur” considerar esta propuesta de rediseño, ya que es una buena opción para obtener un mayor rendimiento en la empresa

- Se recomienda implementar los cambios de manera escalonada para minimizar interrupciones en la producción actual. Esto permitirá ajustar las operaciones según se detecten posibles desafíos y garantizar una transición fluida hacia el nuevo diseño.
- Es fundamental invertir en la formación del personal para garantizar un manejo adecuado de los nuevos equipos automatizados y la adopción de las mejores prácticas en ergonomía y calidad. La capacitación continua ayudará a mantener altos niveles de eficiencia y reducirá los errores operativos.
- Antes de implementar el rediseño, validar que los equipos propuestos, como la llenadora de botellas y el túnel de termoencogido, sean compatibles con las especificaciones técnicas de los envases actuales y con las condiciones operativas de la planta.
- Se recomienda establecer un plan de mantenimiento integral para todos los equipos y maquinarias de la línea de producción rediseñada.
- Establecer pausas activas y rotación de tareas para evitar la exposición prolongada a posturas estáticas o repetitivas, especialmente en turnos largos.
- Aplicar los manuales de procedimiento operativos (Anexo 6), para asegurar la estandarización de las actividades en cada etapa del proceso, lo que permitirá reducir errores, tiempos de adaptación del personal y asegurar el cumplimiento de estándares de calidad.
- En la parte final de los anexos se encuentra una guía de manuales de procedimientos y funciones que puede servir de base para el equipo de trabajo que lleve a cabo la implementación de la propuesta.