

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de automatización del procesamiento de embotellado de agua en  
la empresa Corporación Liñan SAC para aumentar la productividad**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Julexssy Esmith Cueva Chuquipoma**

**ASESOR**

**William Enrique Escribano Siesquen**

<https://orcid.org/0000-0003-3086-1170>

**Chiclayo, 2025**

**Propuesta de automatización del procesamiento de embotellado de  
agua en la empresa Corporación Liñan SAC para aumentar la  
productividad**

PRESENTADA POR

**Julexssy Esmith Cueva Chuquipoma**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Joselito Sanchez Pérez

PRESIDENTE

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

SECRETARIO

William Enrique Escribano Siesquen

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres Froibel y Ermelinda, quienes con su cariño, apoyo y sacrificio me han guiado y motivado en cada paso de mi desarrollo académico. A mis hermanos, Arturo y Kenyi, por su apoyo inquebrantable y por llenar mi vida de entusiasmo y motivación. Este logro es un triunfo para mi familia y el amor que compartimos.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por acompañarme siempre, dándome fortaleza y esperanza en cada momento. A mi asesor William Enrique Escribano Siesquen cuya orientación, paciencia y apoyo inquebrantable fueron fundamentales en la realización de este trabajo. A mis docentes quienes compartieron su conocimiento y experiencia, y me inspiraron a crecer intelectualmente. A la empresa Corporación Liñán S.A.C., por su valiosa colaboración y por ofrecerme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación. Mi sincero agradecimiento a la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo por su constante apoyo y guía a lo largo de esta etapa académica.

# Propuesta de automatización del procesamiento de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC para aumentar la productividad

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	1%
6	Carlos Calderon-Cordova, Victor Calderon, Cristian Maza, Karla Rodriguez, Jorge Samaniego, Cristian Ramirez. "Automation prototype applied to the process of packaging water drums of the VillonacoWater Plant",	<1%

## Índice

Resumen .....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Revisión de literatura .....	10
Materiales y métodos .....	18
Resultados y discusión .....	19
Conclusiones .....	32
Recomendaciones.....	33
Referencias .....	34
Anexos.....	40

## Resumen

Esta investigación se enfoca en el área de producción de la empresa Corporación Liñán S.A.C., dedicada al envasado y distribución de agua embotellada. En la etapa de llenado que es manualmente se presenta un gran desperdicio de agua donde el 14,55% del tanque de 1100 litros no se aprovecha adecuadamente, por lo que se presenta una baja productividad, dando un ingreso no percibido de S/12 823.

Se propuso la automatización del procesamiento de embotellado de agua en bidones de 20 litros consistente en la implementación de PLC, banda transportadora, motor de arrastre, sensor analógico, relé, contactor, y pulsor rojo y verde, se realizó el diseño 3D software AutoCAD, el plano esquemático y la programación del PLC S7-1200 en el software Cadesimu. La propuesta de mejora disminuyó el desperdicio de agua, logrando un 90% de rendimiento, permitiendo aumentar de 237 bidones a 399 bidones envasados por día, con un costo beneficio S/ 1,57, es decir de por cada sol invertido, se logró obtener 57 céntimos, recuperándose la inversión en 3 meses aproximadamente, concluyendo que la propuesta de automatización sí permitió el aumento de la productividad resultando exitoso y además viable económico y financieramente.

**Palabras clave:** Mejora del proceso productivo, productividad, automatización, embotelladora, PLC.

### **Abstract**

This research focuses on the production area of the company Corporación Liñán S.A.C., dedicated to the packaging and distribution of bottled water. In the filling stage, which is done manually, there is a great waste of water where 14.55% of the 1100-liter tank is not properly used, resulting in low productivity, giving an unearned income of S/12 823.

The automation of the water bottling process in 20-liter drums was proposed, consisting of the implementation of a PLC, conveyor belt, drag motor, analog sensor, relay, contactor, and red and green pulser. The 3D design was made with AutoCAD software, the schematic plan and the programming of the PLC S7-1200 in Cadesimu software. The improvement proposal reduced water waste, achieving a 90% yield, allowing to increase from 237 drums to 399 drums packaged per day, with a cost benefit of S/ 1.57, that is, for each sun invested, 57 cents were obtained, recovering the investment in approximately 3 months, concluding that the automation proposal did allow the increase in productivity, resulting successful and also economically and financially viable.

**Keywords:** Production process improvement, productivity, automation, bottling machine, PLC.

## Introducción

El agua constituye un recurso esencial para la existencia humana; no obstante, millones de personas en el mundo carecen de acceso a ella, debiendo esforzarse continuamente por obtener agua segura para el consumo y satisfacer sus necesidades básicas; [1] por otro lado, el consumo de agua natural es importante y necesaria puesto que, permite tener una piel más sana y limpia, aumenta la energía y mantiene la actividad, reduce el riesgo de infartos, previene y alivia dolores de cabeza, mejora la forma física, ordena la digestión y combate el estreñimiento, limpia el organismo e hidrata a quienes la disfrutan [2].

En ese contexto, una solución práctica, para poder acceder a este elemento, se da mediante la compra-venta de agua embotellada, las cual se pueden hallar en diversas presentaciones, por ejemplo, de medio litro, de litro, de 10 litros, de 20 litros, etc. Dicho esto, se tiene que, en los últimos años, el consumo de agua embotellada ha ido en constante aumento en todo el mundo. En el caso de China, los ingresos generados por el sector de agua embotellada alcanzaron los 53 337 000 dólares en 2020. De acuerdo con datos de Statista, se proyecta que este mercado experimente un crecimiento anual del 5,7 % [3].

En Europa, el mercado de agua embotellada se divide, entre otros factores, por regiones geográficas. Un grupo está conformado por Reino Unido, Francia y Alemania, y otro por Rusia, Italia, España y el resto de Europa. Alemania representa el mercado más grande, debido principalmente al aumento de la preocupación de los consumidores por la posible contaminación del agua del grifo y a la preferencia por la practicidad y portabilidad de las botellas [4].

En este contexto, México se posiciona como el principal consumidor de agua embotellada a nivel mundial, destacando el uso de bidones de 20 litros. Entre 2008 y 2018, su valor de mercado aumentó un 152 %, pasando de \$2 671 000 000 a \$6 734 000 000 dólares. Actualmente, el consumo anual de agua embotellada per cápita en este país, oscila entre 169 y 234 litros, por lo que los hogares gastan en promedio 135 pesos mensuales en agua [5], convirtiéndolo también, durante el 2017, en el mayor consumidor de agua embotellada en comparación de los países de América, con 17 litros per cápita.

En España, desde el 2020 hasta el 2021 (años de predominancia de COVID-19), se logró verificar que la automatización se convirtió en una necesidad para la industria; ya que, aquellas que contaban con procesos automatizados, estuvieron mejor preparadas para lograr enfrentar los efectos de la pandemia (falta de recursos humanos) y aumento de demanda de productos; entre ellos, el agua embotellada [6].

Asimismo, en el caso del Perú, el consumo per cápita anual de agua embotellada alcanzó los 21 litros. En el anexo 2 se presenta la visualización correspondiente a dicho consumo. Del 2014 al 2017, el consumo de agua embotellada (tanto agua potable como agua mineral) incrementó sostenidamente su participación en el mercado peruano. En 2017, el agua embotellada alcanzó una participación del 30 % dentro del total de bebidas no alcohólicas [6].

En ese sentido, dada la evidente creciente demanda del consumo de agua embotellada, las grandes empresas que lo producen, han optado por implementar nuevas tecnologías para aumentar su producción en masa, mejorando su productividad. Según el diario web del grupo Milenio, en la sección de ciencia y tecnología, Mariscal [8] se señala que la implementación de sistemas de automatización e integración industrial en las pequeñas y microempresas permitirá optimizar significativamente sus procesos productivos, incrementando su nivel de competitividad. No obstante, en la actualidad, muchas microempresas dedicadas a la producción de agua de mesa aún carecen de sistemas automatizados y tecnología avanzada. Por ello, la innovación, el desarrollo y la inversión tecnológica representan oportunidades clave para mejorar la competitividad, incrementar la productividad, garantizar la calidad del producto final, cumplir con las entregas y reducir los reprocesos [9].

En Perú, las grandes empresas han comenzado a virar hacia la automatización de sus empresas, ya que la globalización ha evidenciado que la competencia de los mercados a nivel mundial, entonces, la mejor manera y la más adecuada de realizarlo en las MYPES, es a través de la automatización, significando la mejora de su productividad, calidad y confiabilidad [10].

Ante la gran demanda de agua, se creó a la empresa Corporación Liñan SAC, dedicada al tratamiento y envasado de agua de mesa, cuyos principales consumidores son personas naturales y empresas, pues ella cuenta con políticas de seguridad y salud en el trabajo, así como políticas de calidad, convirtiéndola en una empresa seria para la venta y distribución de agua de mesa. También posee cuatro unidades móviles para la distribución en tiendas, bodegas, restaurantes, construcciones, lugares campestres, festividades y al consumidor directo. Desde el mes de enero hasta agosto del 2022, la empresa tiene una producción promedio mensual de 6 596 bidones de 20 litros. La precitada empresa, cuenta con un tanque de 1 100 litros donde está el agua ya procesada que llena 47 bidones de 20 litros desperdiciando 160 litros, ya que el llenado es realizado por un operario en forma manual, lo que representa el 14,55% de la cantidad de agua total. En condiciones óptimas la empresa debería tener un ingreso mensual promedio de S/39 000 sin embargo, debido al proceso manual, existe una pérdida que oscila en 24%, lo cual significa un ingreso no percibido

promedio de S/12 823.13, este inconveniente, no permite que la empresa tenga la productividad deseada.

Es por ello que, para aumentar la productividad, se atisbó la necesidad de que la precitada empresa cuente con un sistema de automatización en el proceso de embotellado de agua, por lo que, el primer paso es proponer un sistema de automatización para dicho proceso. La aplicación técnica se justifica ya que, debe cambiarse el modelo de trabajo manual por un sistema automatizado, ello luego de basarse en la observación de los problemas y sus causas aplicando el diagrama de Ishikawa, de tal manera que se logra subsanar el desperdicio de 14,55% de la totalidad de litros de agua, aumentando de esta manera la cantidad de bidones llenos, lo que permitirá aumentar la productividad de la empresa.

Por esta razón, se planteó la pregunta; ¿en qué medida un sistema de automatización para el proceso de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC permitirá aumentar su productividad?, a partir de la problemática planteada, se tuvo como objetivo general; proponer un sistema de automatización para el proceso de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC para aumentar productividad. Para ejecutar el objetivo principal se tomó en cuenta los siguientes objetivos específicos; diagnosticar el proceso de embotellado de agua de la empresa Corporación Liñan SAC, proponer un sistema de automatización del procesamiento de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC, y realizar la evaluación económica y financiera de la propuesta de un sistema automatizado en el embotellamiento de agua.

La propuesta aportará de manera directa a la productividad de la empresa, al maximizar su producción, tornándola más; eficiente, confiable y de mayor calidad, asimismo, también beneficiará a las tiendas, bodegas, supermercados y a todo consumidor final como entidades públicas y privadas, además de los hogares, que se verían beneficiados con un producto de buena calidad, que garantizará evitar contraer enfermedades debido a la contaminación del agua.

### **Revisión de literatura**

El elemento más esencial en la vida del ser humano es el agua, definitivamente, el hecho de acceder al agua potable, garantiza inmunidad ante las diversas enfermedades, y permite satisfacer las necesidades humanas vitales, así como las actividades de la grandes y pequeñas industrias, que finalmente dependen del agua [11].

El agua se clasifica en tres tipos; el agua natural, aquella que no ha recibido ninguna modificación por el hombre; el agua mineral, que contiene minerales en diversos grados de

concentración, y el agua potable, la cual resulta ser apta para el consumo humano, es decir que tanto en el agua natural o mineral, se deben realizar un análisis para verificar si resulta ser o no apta, antes de ser consumido por el hombre [12].

Ahora bien, existen diversas maneras para consumir el agua, mediante la compra del servicio a domicilio de agua potable, compra de agua embotellada de diversas cantidades, por ejemplo, en presentaciones de 1/2, 1, 2, 10, 20 litros, etc., siendo lo más práctico el consumo de agua embotellada, que, dicho sea de paso, su demanda ha aumentado en estos últimos años. [13]. Respecto al proceso de envasado, se debe contar con el abastecimiento de agua purificada, y se debe realizar la limpieza de envases, para proceder a envasar, tapar y sellar, para posteriormente etiquetarlo y finalmente almacenarlo [14].

Para realizar el proceso de embotellado, existen numerosas maquinarias que se encargan de cada proceso descrito precedentemente, y en caso de no contar con alguna de las maquinarias, es posible efectuarlo manualmente; en ese sentido, las maquinarias más comunes, que se emplean en el proceso de embotellado son; posicionador de botellas, sistema de inserción de recipientes, equipo de colocación de bolsas con desecante, llenado electrónico, inserción de algodón, detección de metales, taponado y aplicación de par, sellado por inducción térmica, precintado, empaquetado, etiquetado (IFC/expedidores) y paletización. Cada uno de estos dispositivos realiza una función automatizada específica dentro de la línea de producción [15].

Todos estos equipos se vuelcan en proporcionar una mejora de la productividad de distintos tipos de empresas donde se emplean, en ese contexto, se podría decir que el empleo de dichos dispositivos electrónicos en su conjunto con la automatización, generarían un aumento de la productividad en las empresas.

En este sentido, la productividad puede definirse como la optimización de un proceso productivo, donde una empresa se considera productiva cuando logra generar una mayor cantidad de bienes o servicios utilizando una menor cantidad de recursos [16].

La automatización ha evolucionado más allá de su origen en la manufactura y ahora se extiende a diversas áreas como la atención médica, la seguridad, el transporte, la agricultura, la construcción, la energía y otros campos. La investigación en automatización se centra en la eficiencia, la productividad, la calidad y la fiabilidad, enfocándose en sistemas autónomos que operan en entornos estructurados durante largos períodos y en la definición explícita de dichos entornos [17].

El objetivo de la automatización es liberar al ser humano de procesos repetitivos y sin requerimientos mentales significativos. En aquellas labores que demandan una secuencia específica de operaciones, determinados dispositivos pueden sustituir la intervención humana

con mayor eficiencia, garantizando una producción uniforme y una planificación óptima. Para utilizar eficazmente los elementos neumáticos en la automatización industrial, es necesario comprender su estructura y funcionamiento, así como familiarizarse con normas y conceptos, y tener la capacidad de diseñar y montar automatismos simples, medianos y avanzados con sus correspondientes controles [18].

El diseño de un sistema automatizado se compone de dos secciones principales: la parte operativa y la parte de control o mando. La parte operativa está conformada por dispositivos, máquinas o subprocesos que ejecutan funciones específicas de producción, tales como máquinas herramienta para mecanizado o subprocesos de destilación y fundición. La parte de control o mando, sin importar su tipo de tecnología electrónica, neumática o hidráulica se encarga de coordinar las operaciones de la parte operativa, asegurando su funcionamiento bajo control [19].

Los PLC tienen una amplia gama de usos en la industria y en la operación de maquinarias. Estos sistemas están concebidos para procesar múltiples señales de entrada y salida, operar en amplios rangos de temperatura, ser resistentes al ruido eléctrico y soportar vibraciones e impactos. Los programas encargados de controlar el funcionamiento de las máquinas generalmente se almacenan en baterías, copias de seguridad o memorias internas. Un PLC constituye un ejemplo de sistema en tiempo real, en el cual las salidas deben generarse en respuesta a las entradas dentro de un período de tiempo determinado [20].

Esta parte del trabajo de investigación consistió en la revisión y análisis de varias fuentes escritas de artículos y tesis relacionados con el trabajo en estudio, para lograr ejecutar los objetivos trazados.

Por un lado, se tiene que Calderón. [21], en su investigación “*Automation prototype applied to the process of packaging water drums of the Villonaco Water Plant*”, el prototipo del sistema automatizado se ensambla físicamente con el fin de supervisar sus variables de entrada y salida. Se realizaron experimentos que consistieron, entre otras pruebas, en llenar al menos diez veces un balde de cinco litros sin utilizar bomba de agua, permitiendo que el líquido cayera únicamente por gravedad. Al mismo tiempo, se registró el volumen de agua obtenido en cada llenado con el fin de caracterizar las variaciones producidas al modificar la presión. Esta característica ayuda al sistema a adaptarse automáticamente. Los resultados de volumen obtenidos aumentan significativamente en comparación con las mediciones tomadas al llenar el tanque. También se puede ver una representación gráfica de los datos obtenidos del proceso de llenado de diez baldes de 5 litros. La primera medición se realizó con el nivel de agua por encima del mínimo, obteniéndose un volumen de 2,95 litros, mientras que las

mediciones 8, 9 y 10 se efectuaron con el depósito en su nivel máximo, registrándose en cada caso 4,9 litros. Estos resultados indican que, sin el uso de la bomba de agua, el volumen del tanque se ve significativamente afectado. Dado que existe una diferencia de 2 litros entre las mediciones inicial y final, el volumen de llenado se determina en función de la presión del agua de salida.

Asimismo, Md. Liton A. et. al., [22], en su investigación “*Automatic Bottle Filling System Using PLC Based Controller*”, tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico de un sistema de embotellado, así como, su diseño y fabricación, empleando para dicho fin, una bomba de CC, con un tanque para controlar el flujo de agua. La problemática se centra en optimizar la productividad de la pequeña empresa, específicamente en el proceso de embotellado de agua. La metodología empleada para el logro de su objetivo, el operador inicia el proceso activando el botón INICIO. A medida que la cinta transportadora avanza, la botella llega al sensor de proximidad 1, donde se detiene y se implementa el proceso de llenado. A medida que se completa el proceso de llenado, el transportador comienza nuevamente y cuando el sensor de proximidad 2 detecta, la botella se detiene y se implementa el proceso de taponado. A medida que se completa el proceso de taponado, el transportador comienza nuevamente y cuando el sensor de proximidad 3 detecta, la botella se detiene y se implementa el proceso de etiquetado.

Del mismo modo, Kiangala [23] en su investigación, “*High tech automated bottling process for small to medium scale enterprises using PLC, Scada and Basic Industry 4.0 Concepts*”, tiene como objetivo, efectuar el diagnóstico de pequeñas empresas para emplear tecnología PLC, SCADA y e Industria básica 4.0 Concep, para mejorar el software y hardware de automatización del proceso del agua y reemplazar maquinarias que generan gran costo de mantenimiento y elevan el costo de producción innecesariamente. La problemática se presenta dado que las empresas analizadas poseen actualmente hardware que requiere de gran capacidad logística para su mantenimiento preventivo y correctivo, ello genera a la vez gastos elevados incidiendo en el costo de producción, la idea es reemplazarlos por maquinarias de automatización de bajo costo y mejor productividad puesto que generaría un mejor rendimiento y alta productividad. El diseño de esemétodo comenzó con la recopilación de datos de valores importantes en la producción de un pequeño proveedor de bebidas. Esto se hizo con el fin de conocer su comportamiento, determinar una posible correlación entre estos datos y encontrar una manera de mejorar la producción en función de esa relación. Los datos recolectados fueron: la cantidad diaria de bebida vendida al público en un período de 21 días y la temperatura promedio correspondiente durante esos días. Las temperaturas diarias se

recogieron mediante un pequeño sensor de temperatura analógico. Como se utilizó un PLC Siemens S7-1200 para operar la planta de bebidas, todos los datos recopilados se guardaron directamente en la base de datos del PLC y se exportaron como un archivo csv en la aplicación del servidor web del PLC. El sensor de temperatura también se conectó como entrada analógica del PLC, lo que facilita el registro de la temperatura. Debido a la posible inexactitud que surge en la medición analógica, se registraron diariamente tres conjuntos de temperatura,  $\delta(t_1)$ ,  $\delta(t_2)$  y  $\delta(t_3)$ , a las tres horas del día,  $t_1=09:00$ ,  $t_2=13:00$ ,  $t_3=17:00$ , y solo se calculó su promedio en el PLC, mediante la Ecuación (3.0) y se guardó en la base de datos como temperatura del día.

Por otro lado, Calderón C. et. al, en su investigación [24] "*Prototipo de automatización aplicado al proceso de envasado de bidones de agua de la Planta Villonaco Water*", El prototipo del sistema automatizado se ensambla físicamente con el objetivo de supervisar sus variables de entrada y salida. Se realizaron experimentos que incluyeron llenar un balde de cinco litros al menos diez veces, sin utilizar bomba de agua, permitiendo que el líquido descendiera únicamente por acción de la gravedad. Simultáneamente, se registró el volumen de agua obtenido en cada llenado con el fin de analizar las variaciones producidas al modificar la presión. Esta característica ayuda al sistema a adaptarse automáticamente. Los resultados de volumen obtenidos aumentan significativamente en comparación con las mediciones tomadas al llenar el tanque. Además, se presenta una representación gráfica de los datos obtenidos durante el llenado de diez baldes de cinco litros. La primera medición se realizó con el nivel de agua por encima del mínimo, obteniéndose un volumen de 2,95 litros, mientras que las mediciones 8, 9 y 10 se llevaron a cabo con el depósito en su nivel máximo, registrándose 4,9 litros en cada caso. Estos resultados muestran que, si no se utiliza la bomba de agua, el volumen del nivel del tanque se verá muy afectado. Como hay una diferencia de 2 litros entre las mediciones inicial y final, la cantidad de agua de llenado se mide en función de la presión del agua de salida.

Asimismo, Maradey [25] en su investigación "*Diseño de un sistema automático de embotellado y sellado de botellas para jugos de 250 mm<sup>3</sup>*", Se plantea la problemática de la ausencia de un sistema automatizado para el embotellado y sellado de botellas de 250 mm<sup>3</sup> en pequeñas y medianas empresas del sector de alimentos en Venezuela. Este problema se traduce en altos costos de producción y baja eficiencia. El objetivo de este estudio consistió en diseñar un sistema automatizado de embotellado y sellado de botellas de 250 mm<sup>3</sup> para jugos, que sea eficiente, económico y de fácil manejo. Para lograr este objetivo, se utilizó una metodología de diseño que incluyó la identificación de los requerimientos del sistema, el

diseño conceptual, el diseño detallado y la fabricación del prototipo. Los resultados obtenidos mostraron que el sistema diseñado es capaz de embotellar y sellar 480 botellas por hora con una tasa de error del 0,5%. Asimismo, el costo del sistema es aproximadamente un 60 % inferior al de los equipos disponibles en el mercado, y se comprobó que su operación y mantenimiento resultan sencillos. En conclusión, el sistema automático de embotellado y sellado de botellas de 250 mm<sup>3</sup> desarrollado en este estudio representa una solución eficiente, económica y de fácil manejo para pequeñas y medianas empresas del sector alimentario en Venezuela. El sistema posee la capacidad de incrementar la eficiencia y disminuir los costos de producción, contribuyendo así a fortalecer la competitividad de estas empresas en el mercado.

Así también, Perpiñán [26] en su investigación "*Sistema automatizado para el llenado de botellas en presentación de 20 litros de agua mineral*", aborda la problemática de la falta de eficiencia y precisión en el proceso de llenado de botellas de agua mineral de 20 litros en una empresa productora de bebidas. El objetivo de este estudio consistió en diseñar e implementar un sistema automatizado capaz de llenar las botellas con mayor precisión y eficiencia, minimizando el desperdicio de agua. Se calculó el tiempo requerido para la actividad de embotellamiento considerando la inspección de 384 botellas, la cual es de 1 minuto, en esta área trabajan tres operarios que realizan el etiquetado de manera simultánea, por lo que se calculó el tiempo requerido para las 384 botellas, obteniéndose 128 minutos por operario, al tiempo calculado de 128 minutos se le aplicó el factor de rendimiento, obteniéndose un tiempo ajustado de 160 minutos, derivado de la relación inversamente proporcional entre el índice de rendimiento y el tiempo considerado. El tiempo estimado fue de 2,7 horas, equivalentes a los 160 minutos requeridos para el etiquetado de las 384 botellas analizadas. Un aspecto a considerar es considerar una jornada laboral de 7 horas, ya que el etiquetado se completará en 2,7 horas, dejando un tiempo de trabajo restante de 4,3 horas por día, que se utiliza para otras actividades posteriores, que incluyen: embalaje, embalaje, envío, etc. Qué actividades no entran en conflicto con el tema de investigación.

Aunado a lo precedentemente escrito, Cando V. y Guerra C. en su investigación [27] "*Automatización del proceso de embotellado de galones de agua en la planta purificadora de agua Santa Isabel Romero*", tiene como objetivo principal automatizar el proceso de embotellado de galones de agua en la planta purificadora de agua Santa Isabel, ubicada en la ciudad de Loja, Ecuador. La problemática tratada en esta tesis se centra en la ausencia de automatización en el proceso de embotellado, lo cual provoca una disminución de la eficiencia productiva y un incremento de los costos operativos. Además, se presentan

problemas de calidad del producto final debido a errores humanos y fallos en los procesos manuales. La metodología de esta investigación incluyó la recopilación de datos mediante entrevistas y observaciones directas en la planta, el diseño de un sistema de automatización basado en sensores y controladores lógicos programables (PLC), su posterior implementación y la evaluación de los resultados obtenidos. Los resultados de la investigación indican una mejora significativa en la eficiencia del proceso de embotellado, con un aumento del 70% en la velocidad de producción y una disminución del 50%, en los costos operativos, durante 7 horas de producción, obteniendo un aumento de productividad de 95%. Además, se logró mejorar la calidad del producto final, reduciendo los errores humanos y los fallos en los procesos manuales. En conclusión, se resalta la relevancia de la automatización en los procesos productivos como medio para incrementar la eficiencia y disminuir los costos operativos.

Por otro lado, Zar Kyi et. al., [28], en la investigación “*PLC Based Automatic Bottle Filling and Capping System*”, tiene como objetivo principal diseñar, desarrollar y monitorear el llenado y tapado de botellas con PLC, con la finalidad de otorgar muchos beneficios, como economizar energía, y abaratar los costos operativos. La problemática se aborda puesto que, durante el proceso de llenado de agua, se realizaba el desperdicio de esta, pero se tiene el propósito de economizar todo el proceso de embotellado, para ello plantea una evaluación económica para implementar un sistema de automatizado y mejorar el rendimiento de las máquinas y la productividad. Las botellas se mantienen en posición en sus respectivos soportes que están fijados al transportador en el lado de entrada. Se utilizan sensores inductivos para detectar la presencia de botellas en el soporte. Dependiendo de la salida de los sensores se lleva a cabo la operación de llenado y taponado. Se da un retraso de tiempo para establecer el estado de las botellas. Si la botella 1 está presente, el bit de estado correspondiente en el PLC se establece en 1; de lo contrario, se establece en 0. Las salidas de estos sensores se envían al PLC y, dependiendo de esta salida, se lleva a cabo el proceso de llenado y taponado de las botellas. Por lo tanto, si las n botellas están presentes en el lado de entrada, entonces el sensor proporciona la salida correspondiente al PLC, que a su vez enciende las bombas correspondientes para que se lleve a cabo la operación de llenado. Si una botella en particular no está presente, las bombas correspondientes permanecen apagadas. Los resultados revelan que después de la evaluación económica de la propuesta se pudo corroborar que el costo beneficio es el adecuado para poder implementarse, y al ejecutarlo, le empresa aumentó su productividad de 120 a 180 botellas de litros/hora. Como conclusión se utilizó un sistema transportador para mover objetos de un lugar a otro de manera eficaz, con la

finalidad de reducir la pérdida de tiempo y esfuerzo resultando muy útil en el proceso de embalaje, asimismo la previa evaluación económica, sirvió para aplicar la implementación con mayor confianza.

Asimismo, M. Nandagopal et. al. [29], en su investigación "*Automatic Bottle Filling and Capping Machine*", tiene como objetivo principal mejorar el proceso de llenado de botellas en la empresa. La problemática se presenta debido a que el proceso de llenado manual que se lleva a cabo actualmente en la empresa es muy lento y poco eficiente, lo que genera altos costos de producción y pérdidas de tiempo, por lo que el autor realizó una evaluación económica financiera. La metodología empleada en la implementación del sistema automático de llenado de botellas incluyó el análisis de los procesos existentes, la identificación de los componentes requeridos, la programación y ensamblaje del sistema, y finalmente la ejecución de pruebas para verificar su efectividad. Los resultados mostraron que, tras la implementación del sistema automático de llenado de botellas, la producción se incrementó de 100 a 120 botellas por hora, reflejando una mejora notable en la eficiencia del proceso y una reducción de los costos de producción. Las conclusiones del estudio señalan que la implementación del sistema automático de llenado de botellas en la empresa Spring Water fue exitosa, logrando una mejora notable en el proceso productivo. Se sugiere la adopción del sistema en otras empresas de características similares, con el fin de optimizar la eficiencia de sus procesos productivos, así como la realización de una evaluación económica y financiera.

Así también Medina L. y Saldaña M. en su investigación [30] "*Propuesta de implementación de un sistema automatizado para aumentar la productividad en la línea final de una empresa pisquera*", su objetivo es incrementar la productividad de la empresa mediante la implementación de un sistema automatizado en la línea final, realizando además una evaluación económica y financiera. La metodología utilizada fue la investigación descriptiva y exploratoria, donde se realizó una revisión bibliográfica sobre la automatización en la industria pisquera y se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa en cuestión. Asimismo, se realizó una encuesta con el propósito de conocer la percepción de los trabajadores respecto a la implementación del sistema automatizado. Los resultados indicaron que la implementación del sistema automatizado podría incrementar la productividad en un 9%, disminuir el tiempo de producción en un 50% y mejorar la calidad del producto final. Además, se estimó que la inversión requerida se recuperaría en un plazo de 18 meses. En conclusión, la realización de la evaluación económica financiera y la implementación del sistema automatizado propuesto en la tesis permitiría mejorar la productividad, reducir costos

y mejorar la calidad del producto final de la precitada empresa. Además, se recomienda que se realice un estudio detallado de factibilidad antes de la implementación del sistema.

### **Materiales y métodos**

El presente trabajo posee las características de una investigación de tipo descriptiva y aplicada, siendo descriptiva [31], puesto que se encarga de analizar las variables y describir una propuesta de mejora en la línea de embotellado, para dicho fin se tomó en cuenta las hojas de datos, entrevistas aplicadas y empleó la observación directa del proceso productivo. Asimismo, es aplicada [32], debido a que se empleó diversos conocimientos con aplicación directa a los problemas del sector productivo, para hallar la solución más eficiente. Por otro lado, respecto al diseño de investigación utilizada, es no experimental [33], ya que la tesis planteada no buscó manipular deliberadamente ninguna variable para el logro de sus objetivos.

Ahora bien, para el desarrollo del primer objetivo, diagnosticar el proceso de embotellado de agua de la empresa Corporación Liñan SAC, a fin de identificar los problemas existentes en el departamento de producción, así como conocer la situación real y actual de la precitada empresa respecto a su producción y distribución, primero se realizó la descripción del proceso productivo en cada una de las etapas, utilizando como base a Md. Liton A. et. al. [21], enfatizando en el proceso de agua de mesa desde su recepción hasta su almacenamiento, verificando que el principal problema se halla durante el embotellado empleando para ello el diagrama de Ishikawa [34], y la clasificación de Pareto [35] en las causas detectadas, así como se aplicó en puesto que al tratarse de un proceso manual, no permite maximizar la producción, derramando agua que podría servir para incrementar la producción, provocando a la empresa, grandes cantidades de pérdidas económicas, para dicho fin se emplearon gráficas porcentuales y tablas donde se detalla la cantidad de producción en litros, bidones llenados, y las mermas producidas por falta de revisión y mal almacenamiento, como se realizó en la investigación de Kiangala S. et. al. [23].

Con respecto al segundo objetivo, para realizar la propuesta de un sistema de automatización del procesamiento de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC, luego de la identificación del problema mediante el diagnóstico, se procedió con descripción de la propuesta de automatización, eligiendo el que resultó con el mejor costo, soporte económico y la que mejor se adaptó a las condiciones y características de la empresa, de la manera como se encuentra descrito en Maradey J [25]. Posteriormente, se realizó la descripción del Diagrama del proceso y del flujo de automatización propuesto y se desarrolló

empleando un dispositivo PLC [36] para el control registro y monitoreo del proceso de llenado de agua, con el que se deberá programar el tiempo de llenado para evitar derramar líquido. Asimismo, se utilizó el software Autocad [26], con el que se efectuó el diseño de la planta de procesamiento con el funcionamiento del dispositivo PLC para el llenado de botellas de agua. Finalmente se procedió a realizar la verificación de dicha implementación, a través de indicadores y apoyándose en el estudio de casos similares, con la finalidad de corroborar su efectividad, para lo cual se consideró como guía a Cando V. y Guerra C. [27].

Por último, para lograr el tercer objetivo correspondiente a la evaluación económica y financiera de la propuesta de un sistema automatizado en el embotellamiento de agua, se empleó el método analítico [32] mediante un presupuesto de costos de implementación de un sistema de automatización en la empresa con el fin de determinar el costo-beneficio, comando como base a Medina L. y Saldaña M. [30] y la tasa de retorno que obtendría la precitada empresa, al implementar la propuesta del trabajo de investigación, obteniendo la información de los costos que demandará la adquisición de maquinarias, equipos, mano de obra de instalación, así como la capacitación al personal para el funcionamiento de la automatización del procesamiento de agua, determinado el monto de inversión empleado recursos bibliográficos, obteniendo el cálculo del punto de equilibrio y los indicadores de VAR y TIR junto con el periodo de recuperación de la inversión.

## **Resultados y discusión**

### *Diagnosticar el proceso de embotellado de agua de la empresa Corporación Liñan SAC*

La “Corporación Liñan S.A.C”, se encuentra ubicada en el Distrito de Monsefú, y cuenta con más de 8 años en el mercado, es una empresa que se encarga del tratamiento y envasado de agua potable, cuya producción se basa en la venta de bidones de 20 litros. Su misión es fortalecer la presencia de la marca en nuevos mercados y segmentos, cumpliendo con las expectativas de los clientes mediante el desarrollo de productos innovadores de calidad, respaldados por un equipo de trabajo creativo y comprometido. Su visión es consolidarse como la empresa líder en el mercado regional, reconocida por la calidad de sus productos y un servicio de distribución diferenciado.

Asimismo, mediante el diagrama Ishikawa, se logró identificar las causas de la baja productividad, conforme se aprecia en el anexo 4. Se realizó un diagrama de operaciones (anexo 5 y 6), donde se puede observar que el cuello de botella se encuentra en el proceso de llenado se identificó a los 180,10 segundos equivalente a 3 minutos.

La productividad de mano de obra disminuye significativamente a medida que transcurren las horas de trabajo debido a la saturación del operario. El 07/09/2022 se documentó la producción total durante la etapa de llenado, alcanzando 237 bidones de 20 litros. Además, se especificó el volumen de producción por hora y el número de trabajadores implicados en el proceso productivo. Esta reducción en la productividad se respalda visualmente en el anexo 4 y la tabla 1. En el anexo 7 se detalla la actividad que realiza cada operario.

$$Productividad\ MO = \frac{Producción}{N^{\circ}\ de\ operarios}$$

Fuente: Diplomatura en lean manufacturing [37]

**Tabla 1: Cálculo de productividad de mano de obra**

Tiempo de llenado	Cantidad producida (bidones de 20 l)	Horas hombres trabajadas	Nº de operarios	Productividad de mano de obra (bidones/HH)
8:00 am – 9:00 am	28	1	1	28
9:00 am – 10:00 am	27	1	1	27
10:00 am – 11:00 am	28	1	1	28
11:00 am – 12:00 pm	27	1	1	27
12:00 pm- 1:00 pm	27	1	1	27
2:00 pm – 3:00 pm	26	1	1	26
3:00 pm – 4:00 pm	25	1	1	25
4:00 pm – 5:00 pm	25	1	1	25
5:00 pm – 6:00 pm	24	1	1	24
<b>Producción total</b>	<b>237</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>26</b>

Fuente: Corporación Liñan SAC

En la Tabla 2 se presenta que se planificó producir 10500 bidones de 20 litros anualmente, pero no se lograron producir 25847 bidones de 20 litros debido a la baja productividad en la etapa de llenado.

**Tabla 2: Producción de agua de mesa durante el año 2022**

Mes	Producción programada (bidones 20 l)	Producción realizada (bidones 20 l)	Producción no realizada (bidones 20 l)
<b>Enero</b>	10 000	8 753	1 247
<b>Febrero</b>	10 000	7 634	2 366
<b>Marzo</b>	10 000	8 562	1 438
<b>Abril</b>	8 000	6 260	1 740
<b>Mayo</b>	8 000	6 003	1 997
<b>Junio</b>	8 000	5 339	2 661
<b>Julio</b>	8 000	5 312	2 688
<b>Agosto</b>	8 000	5 738	2 262
<b>Setiembre</b>	8 000	5 891	2 109
<b>Octubre</b>	9 000	5 989	3 011

<b>Noviembre</b>	9 000	6 203	2 797
<b>Diciembre</b>	9 000	7 469	1 531
<b>Total</b>	<b>105 000</b>	<b>79 153</b>	<b>25 847</b>

Fuente: Corporación Liñan SAC

Es importante evaluar el rendimiento de producción en función a un periodo de tiempo, y en este caso, se calculará mensualmente. El rendimiento se expresa en porcentaje y refleja si se ha cumplido la producción programada en su totalidad. Por lo cual se tomará el promedio mensual programado que es de 8750 bidones de 20 litros y el promedio mensual producido es de 6596 bidones de 20 litros.

$$\text{Rendimiento de producción \%} = \frac{\text{Producción realizada}}{\text{Producción programada}} \times 100$$

Fuente: Diplomatura en lean manufacturing [37]

$$\text{Rendimiento de producción \%} = \frac{6596 \text{ bidones}}{8750 \text{ bidones}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento de producción \%} = 75,38\%$$

El rendimiento de producción se situó por debajo del 100%, indicando que no se alcanzó la meta planificada para el día. Esto resultó en una producción no realizada equivalente al 24,62%. La falta de cumplimiento se originó en la escasa productividad durante la etapa de llenado, causada por diversos factores como la sobrecarga laboral en el operario y la ineficacia del sistema manual de la máquina de llenado.

El precio de venta de los bidones de agua de 20 litros es de S/ 10 por unidad, entre 3 a 9 bidones de agua de 20 litros es de S/6.5, mayor a 10 bidones el precio es de S/5.50 y el costo del bidón vacío el precio es de S/10.

**Tabla 3: Ventas de bidones de agua de 20 litros durante el año 2022**

Mes	Ventas mensuales (bidones 20 l)	Ventas mensuales (S/)	Ventas no realizadas (bidones 20 l)	Ventas no realizadas (S/)
<b>Enero</b>	8753	S/ 52 384,00	1247	S/ 7 533,50
<b>Febrero</b>	7634	S/ 45 729,50	2366	S/ 13 122,50
<b>Marzo</b>	8562	S/ 50 448,50	1438	S/ 8 598,50
<b>Abril</b>	6260	S/ 37 666,50	1740	S/ 10 476,50
<b>Mayo</b>	6003	S/ 36 701,50	1997	S/ 11 983,00
<b>Junio</b>	5339	S/ 32 735,00	2661	S/ 15 833,00
<b>Julio</b>	5312	S/ 31 667,00	2688	S/ 16 367,50
<b>Agosto</b>	5738	S/ 34 394,50	2262	S/ 13 096,00
<b>Setiembre</b>	5891	S/ 35 600,50	2109	S/ 12 555,50

<b>Octubre</b>	5989	S/ 35 950,00	3011	S/ 18 350,00
<b>Noviembre</b>	6203	S/ 37 465,00	2797	S/ 16 816,50
<b>Diciembre</b>	7469	S/ 39 367,50	1531	S/ 9 145,00
<b>Total</b>	79153	S/ 470 109,50	25847	S/ 153 877,50

Fuente: Corporación Liñan SAC

Siendo así, en condiciones óptimas la empresa debería tener un ingreso mensual promedio de S/ 39 157.79; sin embargo, debido al proceso manual, existe una pérdida que oscila en el 24%, lo cual significa un ingreso no percibido de S/ 12 823.13, limitando a que la empresa tenga la productividad deseada, conforme se aprecian en las tablas del 1 al 3 y en los anexos 8 y 9.

Otro factor relevante a considerar es la proporción entre la cantidad de bidones de 20 litros producidos y el número de máquinas utilizadas en la fase de llenado. En esta etapa, la producción se lleva a cabo mediante el funcionamiento de una máquina que dispone de dos conductos para realizar el llenado de bidones. Se sabe que su producción es de 237 bidones de 20 litros al día.

$$Productividad_{máquina} = \frac{\text{Volumen de salidas}}{\text{Entrada de máquina}}$$

Fuente: Dokumen [38]

$$Productividad_{máquina} = \frac{237 \text{ bidones de } 20 \text{ l}}{2 \text{ conductos de la máquina}}$$

$$Productividad_{máquina} = 118 \text{ bidones de } 20 \text{ l}$$

La productividad de la máquina, se produce 118 bidones de 20 litros con la operación de una máquina de llenado. Luego de verificar las tablas y figuras, se tiene que la empresa, cuenta con un tanque de 1100 litros donde solo se envasa 47 bidones de 20 litros y se haciendo un total de 940 litros de agua utilizada, desperdiciando 160 litros equivalentes a 8 bidones sin envasar, puesto que debería llenar 55 bidones. Lo representar un 14.5% de desperdicio de agua.

$$Productividad_{tanque} = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de Mp}} \times 100$$

Fuente: Diplomatura en lean manufacturing [37]

$$Productividad_{tanque} = \frac{940 \text{ litros}}{1100 \text{ litros}} \times 100$$

$$Productividad_{tanque} = 85,5\%$$

**Tabla 4: Comparación de entre la producción actual y la requerida de la empresa en semana, días y horas**

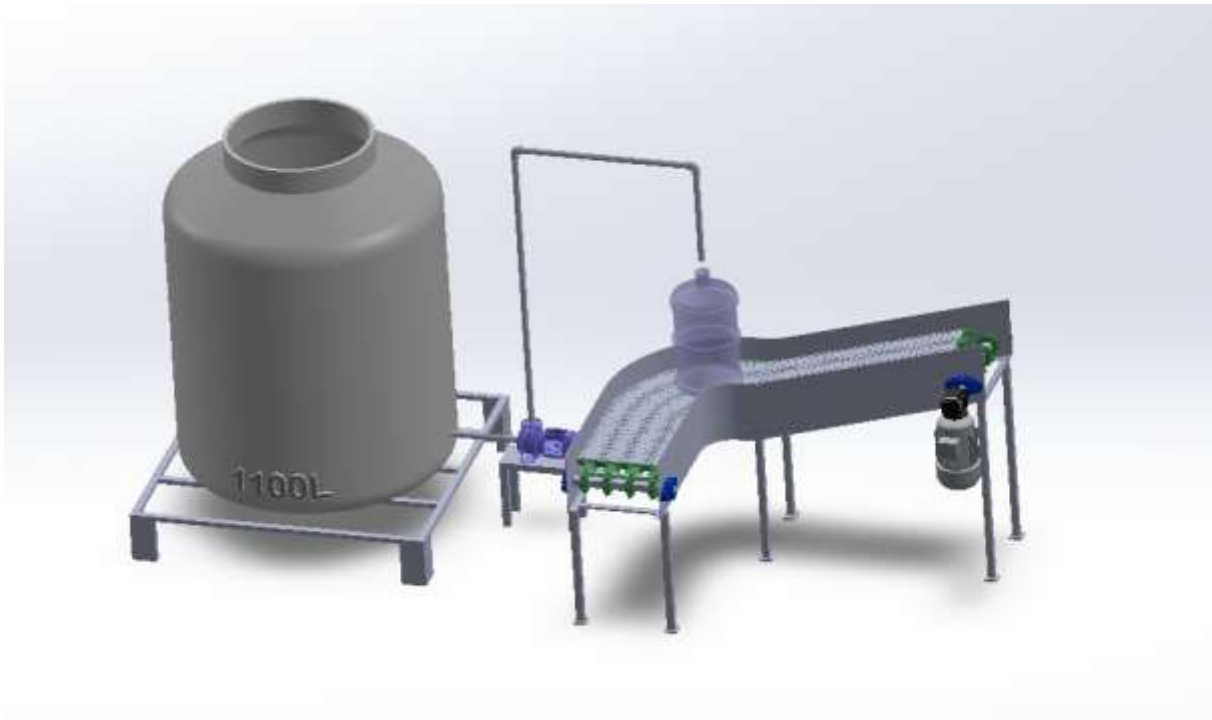
Mes	Producción realiza (bidones de 20 l)			Producción programada (bidones de 20 l)		
	Semana	Día	Hora	Semana	Día	Hora
<b>Enero</b>	2188	364	40	2500	416	52
<b>Febrero</b>	1908	318	35	2500	416	52
<b>Marzo</b>	2140	356	39	2500	416	52
<b>Abril</b>	1565	260	28	2000	333	41
<b>Mayo</b>	1500	250	27	2000	333	41
<b>Junio</b>	1334	222	24	2000	333	41
<b>Julio</b>	1328	221	24	2000	333	41
<b>Agosto</b>	1434	239	26	2000	333	41
<b>Setiembre</b>	1472	245	27	2250	375	46
<b>Octubre</b>	1497	249	27	2250	375	46
<b>Noviembre</b>	1550	258	28	2250	375	46
<b>Diciembre</b>	1867	311	34	2250	375	46

**Fuente: Elaboración propia**

Luego del diagnóstico, este problema afecta negativamente de manera directa en la producción de la empresa. Por ello entre las alternativas de solución que se han planteado para mejorar la productividad fue diseñar la implementación y el control del sistema automatizado de llenado de botellas, para que el precitado proceso, se efectúe de manera precisa, evitando el desperdicio de agua.

*Proponer un sistema de automatización del procesamiento de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC*

El sistema de automatización se usará para el control, registro y monitoreo del proceso de llenado de agua, y previa calibración y programación, estará a cargo de la velocidad en la que se realizará el llenado de agua con precisión sin rebalsarse, para ello se debe emplear dispositivos PLC, existiendo dos tipos, el compacto, es un PLC que consiste en una unidad única que no necesita módulos adicionales de entradas, salidas ni fuente de alimentación, mientras que el sistema modular, como su nombre lo indica, está formado por un conjunto de elementos independientes [37].



**Figura 1: Diseño 3D de la propuesta**

**Fuente: Elaboración propia**

Por ello, mediante la propuesta de un sistema de automatización en el proceso de embotellado de agua se pretenderá disminuir el desperdicio excesivo del agua, reducir los tiempos de ocio para aumentar la producción. Para este objetivo se requiere cubrir la automatización del proceso de llenado automático, el diseño de la banda transportadora con el motor de arrastre y con sensores para evitar derramar líquido, el PLC para su programación del funcionamiento de la faja y sensores, registro y el motor de arrastre. Su objetivo es mitigar los efectos negativos provocados por las deficiencias del método manual, la falta de máquinas automatizadas en el llenado de líquido y la baja tasa de producción.

Se determinó mediante una comparación de modelos tipos de PLC (anexo 12), donde se estableció que los parámetros técnicos que el PLC utilizará será el S7 – 1200 que son las que se adaptan al tipo de trabajo a realizar, sus cualidades económicas y a las características de la empresa Liñan SAC, que, gracias al sensor de llenado, de acuerdo a la capacidad de 20 litros de cada bidón, evitará que se produzca el desperdicio de líquido, con una excelente precisión. La tabla de control se diseña considerando las cargas del sistema y los componentes del control de automatización, tales como el pulsador de paro de emergencia, pulsador de puesta en marcha, temporizador, relé, contactor y sensor, tal como se detalla en los anexos 13 a 22.

Por otro lado, se debió emplear una faja transportadora, existiendo 4 tipos de ellas, descritas en el anexo 18, y luego de efectuar la comparación y verificar el rendimiento, se eligió utilizar una faja transportadora de rodillo, porque se ha encontrado que se puede tener menores tiempos de ocio, cuando se utiliza este tipo de faja transportadora, al emplear la ecuación desarrollada, [22] donde se obtuvo una necesidad de 0,672 HP, por lo que, dicha faja transportadora se apoyará en un motor de arrastre de barras 6P-IE3-MSE132S de IE3 CEMER, que se encargará de impulsar la faja para efectuar el recorrido de los bidones durante su embotellado; y a los resultados obtenidos en la aplicación de la precitada ecuación de potencia de accionamiento de la banda transportadora (anexo 20).

Este modelo de automatización, se eligió al resultar tener un bajo costo de inversión, con un bajo costo de soporte técnico y mantenimiento, y puesto que fue la que mejor se adaptó a las condiciones y características de la empresa; para una mejor apreciación, se elaboró el diseño de la planta de procesamiento con el funcionamiento del dispositivo PLC para el llenado de botellas de agua, el cual requería una potencia de 0,672 HP de 60 Hz, que luego de calcular las revoluciones por minuto, dio como resultado 1000 rpm (anexo 21).

Y dado los requerimientos para mover la faja transportadora, se optó por usar el Motor de arrastre de barras 6P-IE3-MSE132S de IE3 CEMER para mover la faja transportadora.

En el anexo 24 se muestra el nuevo cursograma, donde se tiene un tiempo en el cuello de botella de 90,05 segundos en la etapa de llenado.

La productividad de la mano de obra se incrementa y la producción total se mantiene estable durante la etapa de llenado, alcanzando un volumen de 320 unidades de 20 litros. Además, en la tabla 5 se especifica el volumen de producción por hora y el número de trabajadores que participan en el proceso productivo.

**Tabla 5: Nuevo cálculo de productividad de mano de obra**

Tiempo de llenado	Cantidad producida (bidones de 20 l)	Horas hombres trabajadas	Nº de operarios	Productividad de mano de obra (bidones/HH)
8:00 am – 9:00 am	36	1	1	36
9:00 am – 10:00 am	36	1	1	36
10:00 am – 11:00 am	36	1	1	36
11:00 am – 12:00 pm	36	1	1	36
12:00 pm- 1:00 pm	36	1	1	36
2:00 pm – 3:00 pm	36	1	1	36
3:00 pm – 4:00 pm	36	1	1	36
4:00 pm – 5:00 pm	36	1	1	36
5:00 pm – 6:00 pm	36	1	1	36

<b>Productividad total</b>	320	9	1	36
----------------------------	-----	---	---	----

**Fuente: Elaboración propia**

Con estos resultados, se evidencia una mejora y un aumento positivo en la productividad de mano de obra, como se confirma de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento de producción \%} = \frac{8320 \text{ bidones}}{8750 \text{ bidones}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento de producción \%} = 95\%$$

$$\text{Productividad}_{\text{máquina}} = \frac{320 \text{ bidones de } 20 \text{ l}}{1 \text{ conductos de la máquina}}$$

$$\text{Productividad}_{\text{máquina}} = 320 \text{ bidones de } 20 \text{ l/día}$$

$$\text{Productividad}_{\text{tanque}} = \frac{1040 \text{ litros}}{1100 \text{ litros}} \times 100$$

$$\text{Productividad}_{\text{tanque}} = 94,5\%$$

En ese sentido, luego de aplicar el procedimiento de automatización referido en los párrafos precedentes, y asumiendo una eficiencia del 90%, de acuerdo a lo aplicado Perpiñán A. [26], donde se empleó el PLC S7 – 1200, de 237 bidones de agua por día que se obtenía cuando se realizaba manualmente, se pasaría a obtener 83 bidones adicionales por día, es decir un total de 320 bidones de agua por día y un desperdicio de agua de 5,5%, dada su precisión para el llenado mediante el sensor.

Ahora bien, para la elección de la propuesta de automatización del procesamiento de embotellado de agua en la empresa Corporación Liñan SAC, en este artículo, se optó por replicar lo realizado en el artículo de Perpiñán A. [26], en su investigación “Sistema automatizado para el llenado de botellas en presentación de 20 litros de agua mineral”, donde diseñó un sistema automatizado empleando un PLC S7 - 1200, que permitió llenar los bidones con mayor precisión y rapidez, mejorando notoriamente su eficiencia y reduciendo el desperdicio de agua, donde, teóricamente al 95% de rendimiento, permitió aumentar la producción de 236 bidones de agua por día a 320 bidones de agua por día, es decir obtuvo el mismo porcentaje de eficiencia que en nuestra investigación.

Realizar la evaluación económica y financiera de la propuesta de un sistema automatizado en el embotellamiento de agua.

Para esta última parte de la investigación, y como último objetivo, se obtuvo un incremento en la productividad respecto al llenado preciso de agua en los bidones, por ello, la empresa Liñan SAC, requiere de su aplicación sin dejar de lado el bajo costo que implica su inversión, significando un incremento total de S/ 21 033,00 soles de ganancia neta en el periodo de un año, como se aprecia en los resultados descritos a continuación.

- Beneficio de la propuesta

Se observa que luego de aumenta la productividad del embotellado de agua, anteriormente en la empresa se producía un promedio de 237 bidones por día, con la propuesta de nuestra investigación se lograron producir 320 bidones por día, se pudo apreciar también, el aumento de producción de bidones de agua, evitando el desperdicio de agua, en ese sentido, el beneficio económico global por venta, solo por la implementación de automatización es de S/ 9 965,8 soles mensuales, obteniendo un incremento total de S/ 21 033,00 soles de ganancia neta en el periodo de un año. En el anexo 24, se muestra los datos a tomar para la evaluación económica y el cálculo de la inversión en el anexo 25.

**Tabla 6: Resumen de Beneficios de las propuestas**

Resumen de Beneficios de las propuestas		Beneficio Mensual
<b>PROPUESTA</b>	Propuesta de automatización del procesamiento de embotellado de agua	<b>S/9 965,80</b>
<b>TOTAL</b>		<b>S/9 965,80</b>

**Fuente: Elaboración propia**

- Costo de la Propuesta

Para determinar el costo de la propuesta se consideraron los gastos administrativos y los costos de la propuesta, como se aprecia en las tablas 7 y 8, dando como resultado la suma de S/ 6 700 soles mensuales, además de ello, el costo por la adquisición de las maquinarias para la automatización dio como resultado la suma de S/ 3 949,72, con una depreciación de S/ 328,40 soles mensuales.

**Tabla 7: Resumen de Costos de Propuestas**

Resumen de Costos de Propuestas		INVERSIÓN	COSTO MENSUAL	DEPRECIACIÓN
<b>PROPUESTA</b>	Propuesta de automatización del procesamiento de embotellado de agua	S/3 949,72	S/2 600,00	S/328,40
<b>TOTAL</b>		S/ 3 949,72	S/2 600,00	S/328,40

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8: Gastos administrativos y ventas**

Descripción	Und	Cantidad total	Gasto unitario (S/.)	Gasto total (mensual) (S/.)
Laptop	pago mensual	1	S/1 950,00	S/1 950,00
Agua Potable	pago mensual	1	S/950,00	S/950,00
Energía Eléctrica	pago mensual	1	S/1 200,00	S/1 200,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/4 100,00</b>

Fuente: Elaboración propia

- Flujo de Caja de la propuesta.

Así también, se verifica el flujo de caja; en el que se detallan los ingresos y egresos de dinero durante el periodo de 12 meses proyectados, de la empresa, aplicando la propuesta de mejora detallada en todos los párrafos precedentes, para dicho propósito, se hallan el VAN de ingreso y el VAN de egreso, contando con una tasa referencial del 18%, teniendo como resultado que, por cada 1 sol invertido, se logra obtener S/0,57. Asimismo, el Valor Neto Actual es de S/ 13 357,52 soles, cuyo valor representa las utilidades de los 12 meses proyectados en el mes cero, es decir en un valor actual, conforme se aprecian a continuación, desde la Tabla 8 hasta la Tabla 11.

**Tabla 9: Estado de resultados**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Ingresos</b>		S/9 965,80	S/10 464,09	S/10 987,29	S/11 536,66	S/12 113,49	S/12 719,17	S/13 355,13	S/14 022,88	S/14 724,03	S/15 460,23	S/16 233,24	S/17 044,90
<b>costos operativos</b>		S/2 600,00	S/2 730,00	S/2 866,50	S/3 009,83	S/3 160,32	S/3 318,33	S/3 484,25	S/3 658,46	S/3 841,38	S/4 033,45	S/4 235,13	S/4 446,88
<b>Depreciación</b>		S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40	S/328,40
<b>GAV</b>		S/4 100,00	S/4 305,00	S/4 520,25	S/4 746,26	S/4 983,58	S/5 232,75	S/5 494,39	S/5 769,11	S/6 057,57	S/6 360,45	S/6 678,47	S/7 012,39
<b>utilidad antes de impuestos</b>		<b>S/2 937,40</b>	<b>S/3 100,69</b>	<b>S/3 272,14</b>	<b>S/3 452,17</b>	<b>S/3 641,20</b>	<b>S/3 839,68</b>	<b>S/4 048,08</b>	<b>S/4 266,91</b>	<b>S/4 496,67</b>	<b>S/4 737,93</b>	<b>S/4 991,24</b>	<b>S/5 257,23</b>
<b>Impuestos (1,0%)</b>		S/293,74	S/310,07	S/327,21	S/345,22	S/364,12	S/383,97	S/404,81	S/426,69	S/449,67	S/473,79	S/499,12	S/525,72
<b>utilidad después de impuestos</b>		<b>S/2 643,66</b>	<b>S/2 790,62</b>	<b>S/2 944,93</b>	<b>S/3 106,95</b>	<b>S/3 277,08</b>	<b>S/3 455,71</b>	<b>S/3 643,28</b>	<b>S/3 840,22</b>	<b>S/4 047,01</b>	<b>S/4 264,13</b>	<b>S/4 492,12</b>	<b>S/4 731,50</b>
<b>Inversión</b>	<b>S/ 3837,72</b>	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 10: FNE**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>FNE</b>	<b>-S/3 837,72</b>	<b>S/2 972,06</b>	<b>S/3 119,02</b>	<b>S/3 273,33</b>	<b>S/3 435,35</b>	<b>S/3 605,48</b>	<b>S/3 784,11</b>	<b>S/3 971,68</b>	<b>S/4 168,62</b>	<b>S/4 375,41</b>	<b>S/4 592,53</b>	<b>S/4 820,52</b>	<b>S/5 059,90</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 11: VAN y TIR**

<b>VAN</b>	<b>S/ 13 357,52</b>
<b>TIR</b>	<b>82,29%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 12: VAN ingresos y egreso**

<b>VAN Ingresos</b>	<b>S/57 768,94</b>
<b>VAN Egresos</b>	<b>S/36 735,98</b>
<b>B/C</b>	<b>1,57</b>

**Fuente: Elaboración propia**

- Tiempo de recuperación

Para el lograr determinar el tiempo de recuperación de la propuesta, se debe colocar los datos FCE que se obtuvieron en la operacionalización del flujo de caja, posteriormente, se obtiene el acumulado del FCE y para finalizar, se concluye con una ecuación calculando el tiempo de recuperación; en ese sentido, la inversión efectuada en este proyecto se podrá recuperar en 3 meses, conforme se aprecia a continuación

### **Discusión**

Al respecto, un problema similar fue abordada en la investigación *Automated water bottle filling system*, en donde Faimeed [21], pudo diagnosticar que la principal problemática ante la baja productividad, se hallaba en el proceso de embotellado del agua, puesto que para dicho proceso empleaba un sistema manual, eligiendo cada botella, posicionándola en el grifo, presionando el sistema de llenado y posteriormente, retirando el envase lleno, sin embargo, durante dicho acto el agua se derramaba, dicho análisis, resultó útil para determinar la tarea exacta donde se debió mejorar el proceso de llenado.

En ese sentido, dado que el problema se ha centrado en determinar el cuello de botella, verificando que se da en el llenado de agua manual de las botellas y al encontrar coincidencia y similitud entre los resultados del diagnóstico realizado en la investigación de Faimeed A. et. al. [21] y los resultados del diagnóstico efectuado en presente investigación, se procedió emular la solución, con una propuesta de automatización para el proceso de embotellado de agua.

Así también Md. Liton A. et. al., [22] en su primer objetivo específico efectuó el diagnóstico del sistema de embotellado, con la finalidad de mejorar la productividad, dado que todo sus procesos se efectuaban de manera manual, al igual que en la presente investigación, determinó que el mayor tiempo de demora se daba durante el embotellado, apreciando que en estos tipos de empresas, es común establecer el cuello de botella, en la fase del llenado de líquido en bidones, como se da en la investigación.

Por otro lado, en la investigación realizada por Medina L. y Saldaña M. [30] contó con cuatro módulos; el de control, el de llenado, entapado y el de transporte, y fue capaz de mejorar la velocidad de embotellado en un 95% de rendimiento, representando una mejora significativa en comparación con el llenado manual, entapado y obtuvo la reducción de desperdicio de agua a únicamente 5%, verificándose que la mejora productividad obtenida en la investigación de Medina L y Saldaña M. en comparación a la obtenida encuentra

investigación del 92%, se da por la incorporación de la automatización del llenado, sin embargo en ambos se aprecia el aumento de productividad de manera significativa.

Así también en la investigación de Cando V. y Guerra C. [27] empleó la automatización del proceso de embotellado de galones de agua en la planta purificadora de agua Santa Isabel Romero, y que consistió en un PLC más faja transportadora y motor de arrastre para el proceso de embotellado de líquido, logró obtener un aumento de productividad de 95%, permitiéndole reducir también tiempo de ocio, es decir, obtuvo un aumento de productividad similar al obtenido en nuestro trabajo de investigación con una variación del 5%, suponemos que en atención al menor horas de producción que dedica la empresa, dedicándole 7 horas.

Con los resultados verificados en los párrafos precedentes, se logra apreciar que el beneficio costo obtenido de aplicarse la propuesta de automatización en la empresa Liñan SAC, es de cada 1 sol invertido, se logra obtener 57 céntimos de beneficio, similar al beneficio costo obtenido por Medina L. y Saldaña M. [30] quien obtuvo como resultado que por cada sol invertido generaría un beneficio de 55 céntimos.

Así también se aprecia que en la investigación de Cando V. y Guerra C. [27], se ha obtenido un costo beneficio consistente en por cada dólar invertido, se generaría un beneficio de 1 dólar con 70 centavos, la cual es muy similar en relación con el costo beneficio que se obtendría con la aplicación de la automatización en la empresa Liñan SAC.

## **Conclusiones**

En el proceso de embotellado en la empresa Corporación Liñan S.A.C, se observó que, al contar con un tanque de 1100 litros de agua procesada, ésta solamente logra llenar 47 bidones de 20 litros, por lo que existe un desperdicio de 160 litros, ello debido a que este proceso es efectuado por un operario manual, no existiendo precisión en dicho proceso, representando el 14,55% de la cantidad de agua total, en ese sentido se logró apreciar que en condiciones óptimas, la empresa debería tener un ingreso mensual promedio de S/ 39 000 sin embargo, existe una pérdida que oscila en 24% lo cual significa un ingreso no percibido que varía entre S/ 12 823, limitando que la empresa tenga la productividad acorde a los objetivos trazados por la empresa.

Se propuso incorporar un sistema de automatización de procesamiento de embotellado de agua en la empresa Corporativa Liñan SAC, el cual consiste en el diseño de una faja transportadora de rodillo, la cual será impulsada por un motor de arrastre de barras 6P-IE3-

MSE132S de IE3 CEMER, asimismo, para lograr el procesamiento sistemático automático, se utilizará un dispositivo PLC S7 – 1200, conectado a un pulsador de puesta en marcha, temporalizar, relé, un contactor y el pulsador de paro de emergencia, todo este mecanismo va a permitir la disminución del uso excesivo de agua, así como, reducir drásticamente los tiempos de ocio, obteniendo con ello, teóricamente en un 90% de rendimiento y el aumento de la producción, con 83 bidones de agua por día adicionalmente a lo que ya se producía, generando un total de 320 bidones de agua por día, con tan solo un desperdicio de 5,5% de agua y con una eficiencia de casi al doble, comparado con la producción efectuada antes del diseño automatizado.

Finalmente, el beneficio que se obtiene mediante la propuesta es de S/ 9 965.80 soles mensuales. Al evaluar económicamente y financieramente la propuesta de implementar un sistema automatizado en el embotellamiento de agua, se determinó que por cada 1 sol invertido se obtendría un retorno de S/ 1,57. La inversión del proyecto es de S/ 3 949,72 soles, monto que será recuperado en 3 meses aproximadamente.

### **Recomendaciones**

Se recomienda integrar un sistema SCADA que permita visualizar, registrar y controlar el proceso en tiempo real desde una interfaz gráfica. Esto facilitaría la detección inmediata de fallas, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo el tiempo de respuesta ante imprevistos.

Para asegurar el rendimiento sostenido del sistema automatizado, se sugiere establecer un programa de capacitación periódica en mantenimiento preventivo del PLC, sensores, y banda transportadora. Esto reducirá el riesgo de paradas no planificadas y alargará la vida útil de los equipos.

Utilizar los datos recolectados por el sistema automatizado para prever fallos y programar mantenimientos antes de que ocurran interrupciones. Esto reduciría el tiempo de inactividad y los costos de reparación.

## Referencias

- [1] O. d. l. N. Unidas, «Agua Fuente de Vida 2015 - 2020,» *Un Water*, p. 5, 2020.
- [2] C. Tancara Castillo, «El agua de mesa, un negocio de Bs 6.948 millones al año,» *Inversión*, pp. 6-7, 10 marzo 2019.
- [3] GMA, «El mercado del agua embotellada en China es super rentable,» Agencia de marketing y publicidad en China, 23 setiembre 2020. [En línea]. Available: [https://es.marketingtochina.com/el-mercado-del-agua-embotellada-en-china-es-super-rentable/#:~:text=El%20consumo%20de%20agua%20embotellada,\(CAGR%202020%2D2025\)..](https://es.marketingtochina.com/el-mercado-del-agua-embotellada-en-china-es-super-rentable/#:~:text=El%20consumo%20de%20agua%20embotellada,(CAGR%202020%2D2025)..) [Último acceso: 20 octubre 2022].
- [4] Mordor Intelligence., «Mercado de agua embotellada de europa: crecimiento endencias, impacto de COVID 19 y pronósticos 2023 - 2028,» 10 Abril 2023. [En línea]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/europe-bottled-water-market>. [Último acceso: 27 04 2023].
- [5] V. Vázquez-García, «Género, desastres ambientales y consumo de agua embotellada. El caso de la cuenca del río Sonora,» *Región y sociedad*, vol. 33, 2021.
- [6] Y. Motosman, «Presente y futuro de la automatización y robótica en España,» *InfoPLC*, 11 01 2021.
- [7] PerúRetail, «Consumo de agua embotellada crece más que las gaseosas en los últimos 3 años,» PerúRetail, 16 abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.peru-retail.com/consumo-agua-embotellada-gaseosas/#:~:text=El%20consumo%20de%20agua%20embotellada,de%20las%20bebidas%20sin%20alcohol..> [Último acceso: 15 setiembre 2022].
- [8] Milenio, «Automatización industrial integral de maquinaria para la mejora de la productividad,» Milenio, 24 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/ciencia-tecnologia/automatizacion-industrial-integral-maquinaria-mejora-productividad>. [Último acceso: 21 setiembre 2022].
- [9] SNI, «Sistema automatizo en la producción de agua de mesa,» Sociedad Nacional de Industrias, 2018. [En línea]. [Último acceso: 19 setiembre 2022].
- [10] «Automatización y robótica en el Perú.,» *Canal TI*, 17 02 2020.

- [11] Ministerio de Ambiente (MINAM), «Portal del Ministerio de Ambiente,» 20 Septiembre 2022. [En línea]. Available: [https://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo1/agua/m1\\_Agua\\_A1L1\\_Importancia\\_del\\_Agua.pdf](https://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo1/agua/m1_Agua_A1L1_Importancia_del_Agua.pdf). [Último acceso: 27 04 2023].
- [12] Hdoso Magazine, «Agua natural, mineral y potable ¿Cuáles son las diferencias?,» *Caldaria*, 14 septiembre 2021.
- [13] Iagua Magazine 43, «Agua Embotellada,» *Connecting Water People*, 2022.
- [14] J. Martinez, «Proceso de Embotellamiento de agua,» 18 septiembre 2020.
- [15] KD Pharma Group, «Tecnologías de embotellado,» *Creating Health Solution*, 2022.
- [16] R. Carro Paz y D. Gonzáles Gomes, Administración de las operaciones, Argentina: Universidad Nacional del Mar de La Plata, 2020.
- [17] K. Goldberg, «What Is Automation?,» *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2012.
- [18] G. Guitiérrez Corona, A. De La Mora Gálvez, E. Galván Morales y R. Cárdenas Rodríguez, Automatización, Guadalajara, 2019.
- [19] E. García Moreno, «Autolarización de Porcesos Industriales,» Byprint Percom, sl, España, 1999.
- [20] Universidad Nacional de la Plata, «Electricidad,» Escuela universitaria de oficios UNLP, 2022.
- [21] A. Faimeed, A. Gajanan, A. Atish, B. Somnath y B. Vishal, «Automated Water bottle filling system,» *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2022.
- [22] M. L. Ahmed, S. Kundu y M. Rafiquzzaman, «Automatic Bottle Filling System Using PLC Based Controller (Sistema automático de llenado de botellas con controlador basado en PLC.,» *Journals of Advancement in Machines*, 2019.
- [23] K. S. Kiangala, «High tech automated bottling process for small to medium scale enterprises using PLC, Scada and Basic Industry 4.0 Concepts,» *Educación Primaria en línea*, 2018.
- [24] C. Calderón Córdova, V. Calderón, C. Maza, K. Rodríguez, J. Samaniego y C. Ramírez, «Prototipo de automatización aplicado al proceso de envasado de bidones de

- agua de la Planta Villonaco Water,» *13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pp. 1-7, Junio 2018.
- [25] J. G. Maradey Lázaro, A. D. Rincón Quintero, J. A. Caballero Moreno, G. A. Castellanos Gómez y C. L. Sandoval Rodriguez, «Diseño de un sistema automático de embotellado y sellado de botellas para jugos de 250 mm<sup>3</sup>,» *Instituto Politécnico Nacional*, vol. 26, n° 1, pp. 1-12, 2022.
- [26] P. Abdul, «Sistema automatizado para el llenado de botellas en presentación de 20 litros de agua mineral,» *REDIELUZ*, vol. 10, n° 2, pp. 136-147, 2020.
- [27] V. T. Cando Inguilán y C. W. Guerra Romero, Artists, *Automatización del proceso de embotellado de galones de agua en la planta purificadora de agua Santa Isabel*. [Art]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2019.
- [28] Z. Kyi Win y T. Tin Nwe, «PLC Based Automatic Bottle Filling and Capping System,» 2019.
- [29] M. Nandagopal y M. Ragul, «Automatic Bottle Filling and Capping Machine,» 2021.
- [30] J. L. Medina Lima y M. F. Saldaña Camacho, *Propuesta de implementación de un sistema automatizado para aumentar la productividad en la línea final de una empresa pisquera*, Lima, 2021.
- [31] E. E. Gallardo Echenique, *Metodología de la Investigación: Manual autoinformativo interactivo.*, Huancayo: Universidad Continental, 2018.
- [32] J. . L. Arias Gonzáles, J. Holgado Tisoc , T. L. Tafur Pittman y M. J. Vasquez Pauca, *Metodología de la Investigación*, Puno: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2022.
- [33] A. Sánchez Huarcaya, D. Revilla Figueroa, M. Alayza Degola, L. Sime Poma, L. M. Trelles de Peña y R. Tafur Puente, *Los métodos de investigación para la elaboración de las tesis de maestría.*, Lima: Pontifice Universidad Católica del Perú, 2020.
- [34] E. Romero Bermúdez y J. Díaz Camacho, «El uso del diagrama causa-efecto o Ishikawa en el análisis de casos,» *Revista latinoamericana de estudios educativos.*, 2019.
- [35] M. A. Pacheco Mejía, «El diagrama de pareto rediseñado,» 2018.
- [36] J. E. Mellado Aceitón, «EL IOT-PLC: Una nueva generación de controladores lógicos programables para la industria 4.0,» 2020.

- [37] J. Mejía Nieto, «Diplomatura de Lean Manufacturing,» SCRIBD, 06 mayo 2013. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/139831408/Indicadores-de-Productividad-y-Calidad>. [Último acceso: 04 noviembre 2023].
- [38] J. R. Ochoa Cuartas, «Medición de Productividad del Valor Agregado: El primer paso hacia la competitividad,» [En línea]. Available: <https://dokumen.tips/documents/medicin-de-productividad-del-valor-agregado-el-primer-productividad-del.html?page=57>. [Último acceso: 04 noviembre 2023].
- [39] Opertek, «Opertek,» Opertek, 01 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.opertek.com/blog/que-es-un-plc/#:~:text=Existen%20dos%20formatos%20de%20PLC,un%20grupo%20de%20elementos%20separados..> [Último acceso: 10 09 2023].
- [40] SNI, «Elaboración de agua embotellada,» 2017. [En línea]. [Último acceso: 15 setiembre 2022].
- [41] «PLC LOGO 12/24RCE, 12/24VDC. 8DI (4AI DE 0-10V)/ 4DO RELE (10A.», AUTOMAQ CORPORATION S.A.C, 26 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://automaq.pe/producto/5877/plc-logo-1224rce-1224vdc-8di-4ai-de-0-10v-4do-rele-10a>. [Último acceso: 20 junio 2023].
- [42] GRUPO COINP SAC, «Simatic S7-1200,» GRUPO COINP, 17 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://s3.amazonaws.com/store.grupocoinp.com/odoo/f9ebda294395ec925a7a90f415c6b952ba5fd590>. [Último acceso: 20 junio 2023].
- [43] GRUPO COINP SAC, «Simatic S7-1200, E/S Dig. Sm 1223, 8 Di / 8 Do, 8 Di Dc 24 V,» GRUPO COINP, 26 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://s3.amazonaws.com/store.grupocoinp.com/odoo/7df5d1d28d18cff791cb91524804c40a101b16f1>. [Último acceso: 20 junio 2023].
- [44] SIEMENS, «Pulsador verde,» SIEMENS, 26 enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.electricalautomationnetwork.com/es/siemens/3su1150-0ab40-1ba0-3su11500ab401ba0-siemens-pulsador-22mm-redondo-metal-brillante-verde-boton-rasante>. [Último acceso: 20 setiembre 2023].
- [45] Facogem Industrial S.R.L., «PULSADOR RASANTE 1NC ROJO,» Facogem Industrial S.R.L., [En línea]. Available: <https://ventas.facogemi.com.pe/collections/accesorios-harmony-xb4-xb5->

- xal/products/pulsador-cuerpo-metalico-no-luminoso-rasante-rojo-parada-nc. [Último acceso: 20 setiembre 2023].
- [46] Rockwell Automation, «Sensores ultrasónicos de salida analógica o discreta,» Allen Bradley, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/sensors-and-switches/presence-sensors/ultrasonic-sensors/873p-analog-or-discrete-output.html>. [Último acceso: 24 junio 2023].
- [47] RHONA, «Sensor capacitivo PNP,» RHONA, [En línea]. Available: <https://rhona.pe/producto/12/sensor-capacitivo.html>. [Último acceso: 04 noviembre 2023].
- [48] SUPROELEC, «Relés tripolares de protección térmica TeSys D y Accesorio,» SUPROELEC, 01 abril 2020. [En línea]. Available: <https://suproelec.com/wp-content/uploads/2021/03/RELES-DE-SOBRECARGA-SCHNEIDER.pdf>. [Último acceso: 24 junio 2023].
- [49] Schneider, «Relé de Sobrecarga Térmica,» FCM Solutions, [En línea]. Available: <https://www.fcmsolutionsperu.com/products/lrd12>. [Último acceso: 24 junio 2023].
- [50] WEG, «W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz,» WEG, enero 2017. [En línea]. Available: [https://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6863/mod\\_resource/content/1/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf](https://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6863/mod_resource/content/1/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf). [Último acceso: 26 junio 2023].
- [51] Alibaba, «Contactor,» Alibaba, [En línea]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/New-Original-Electrical-Contactor-A40-30\\_1600230634996.html?spm=a2700.galleryofferlist.p\\_offer.d\\_image.39c63ad4c5dKY8&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/New-Original-Electrical-Contactor-A40-30_1600230634996.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_image.39c63ad4c5dKY8&s=p). [Último acceso: 20 setiembre 2023].
- [52] SDI, «Tipos de bandas transportadoras,» SDI, 2022. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/tipos-de-bandas-transportadoras/>. [Último acceso: 20 setiembre 2023].
- [53] Rotrans, «Rodillos,» Rotrans, [En línea]. Available: <https://www.rottranssa.com/rodillos-rottrans.pdf>. [Último acceso: 26 junio 2023].
- [54] E. Dunlop, Conveyor belt technique, 2016.
- [55] B. Maldonado Quispe , «Calculo , selección y simulación de accionamiento de motor

- eléctrico - banda transportadora industrial,» Universidad Nacional San Agustín , Arequipa, 2018.
- [56] Alibaba, «Transportador de rodillos móvil de 10M accionado por cinta transportadora,» Alibaba, [En línea]. Available: [https://spanish.alibaba.com/p-detail/10M-1600949191659.html?spm=a2700.pccps\\_detail.0.0.78be13a0yVVnja&s=p](https://spanish.alibaba.com/p-detail/10M-1600949191659.html?spm=a2700.pccps_detail.0.0.78be13a0yVVnja&s=p). [Último acceso: 04 noviembre 2023].
- [57] ElectroPro, «Electroválvula de 1/2' N/C 12VDC,» ElectroPro, [En línea]. Available: [https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product\\_id=464](https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=464). [Último acceso: 04 noviembre 2023].
- [58] SEVINGER, «Motores trifásicos,» SEVINGER, 2022. [En línea]. Available: <https://www.servingersas.com/producto/motores-trifasicos-w12-multimontaje-carcasa-en-aluminio-uso-general/>. [Último acceso: 20 setiembre 2023].
- [59] G. Kanawaty, Introducción al estudio del trabajo, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 1996.

## Anexos

## Anexo 1: Carta de aceptación para el desarrollo del proyecto de tesis



## CARTA DE ACEPTACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE TESIS

Monsefú, 22 de octubre de 2022

Mgtr. Ing. Marcos Baca López

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad Católica Santo Toriblo de Mogrovejo

De mi especial consideración:


Por medio de la presente, la empresa **CORPORACION LIÑAN S.A.C.**,  
con RUC: 20608517686

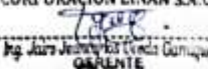
Yo Jairo Uceda Garnique, representante legal de **CORPORACION LIÑAN S.A.C.** ante usted me  
presento y expongo:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted , con la finalidad de hacer de  
su conocimiento que la estudiante **Julexssy Esmith Cueva Chuquipoma** con DNI: 76261732,  
estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la **Universidad Católica Santo Toriblo de  
Mogrovejo**, ha sido aceptada para que realice su proyecto de tesis; para ello se le brindara la  
información que requiere durante el periodo que sea necesario para que concluya  
satisfactoriamente su investigación, de igual forma, se autoriza el uso de la información  
necesaria para el desarrollo de tesis, confiando que dicha información se tomara con medidas  
de precaución evitando tener algún tipo de inconveniente posterior.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

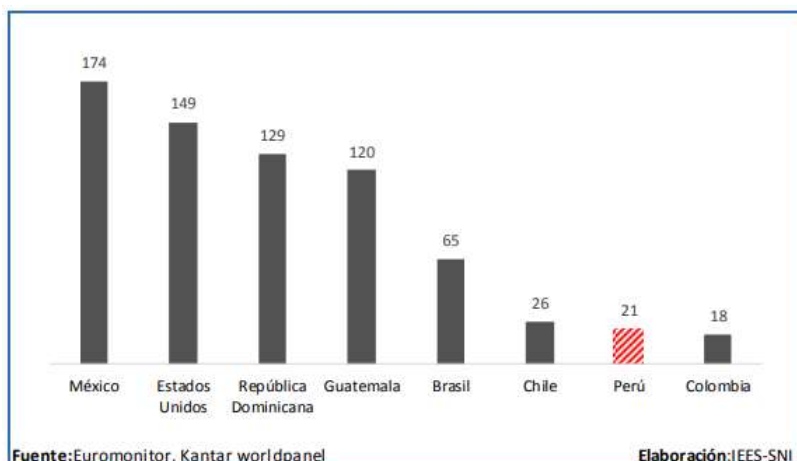
Atentamente,

  
**JAIRO UCEDA GARNIQUE**  
 GERENTE GENERAL  
 MONSEFÚ

**CORPORACION LIÑAN S.A.C.**  
  
 Jg. Jairo Uceda Garnique  
 GERENTE

Nro. Ref Predio Rustico el Toro (Costado de fabrica Napolis)  
 Celular: 960 333 207  
 Email: elianplastic@gmail.com  
 Monsefú – Chiclayo – Lambayeque

## Anexo 2: Consumo anual per cápita de agua embotellada



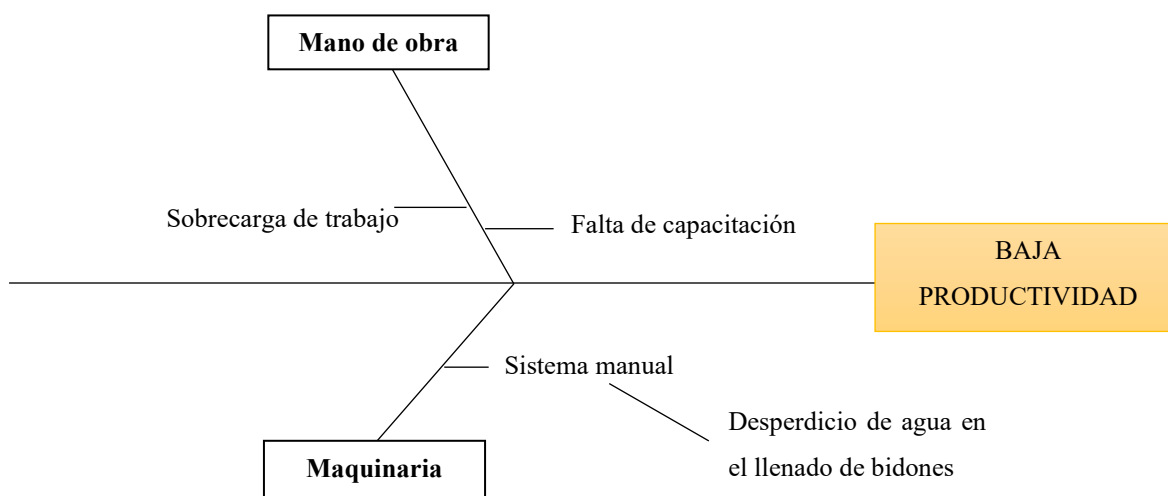
Fuente: SNI, 2017 [40]

## Anexo 3: Datos de la empresa

<b>Nombre</b>	Corporación Liñan S.A.C
<b>RUC</b>	20608517686
<b>CIU</b>	1554 - Elaboración de Bebidas no Alcohólicas; Producción De Aguas Minerales.
<b>Actividad económica</b>	Otras actividades de venta al por menor no realizadas en comercios, puestos de venta o mercados.
<b>Dirección</b>	Nro. Ref. Predio Rustico el Toro (Costado de fabrica Napolis)
<b>Ubicación</b>	Monsefú - Chiclayo - Lambayeque

Fuente: Corporación Liñan SAC

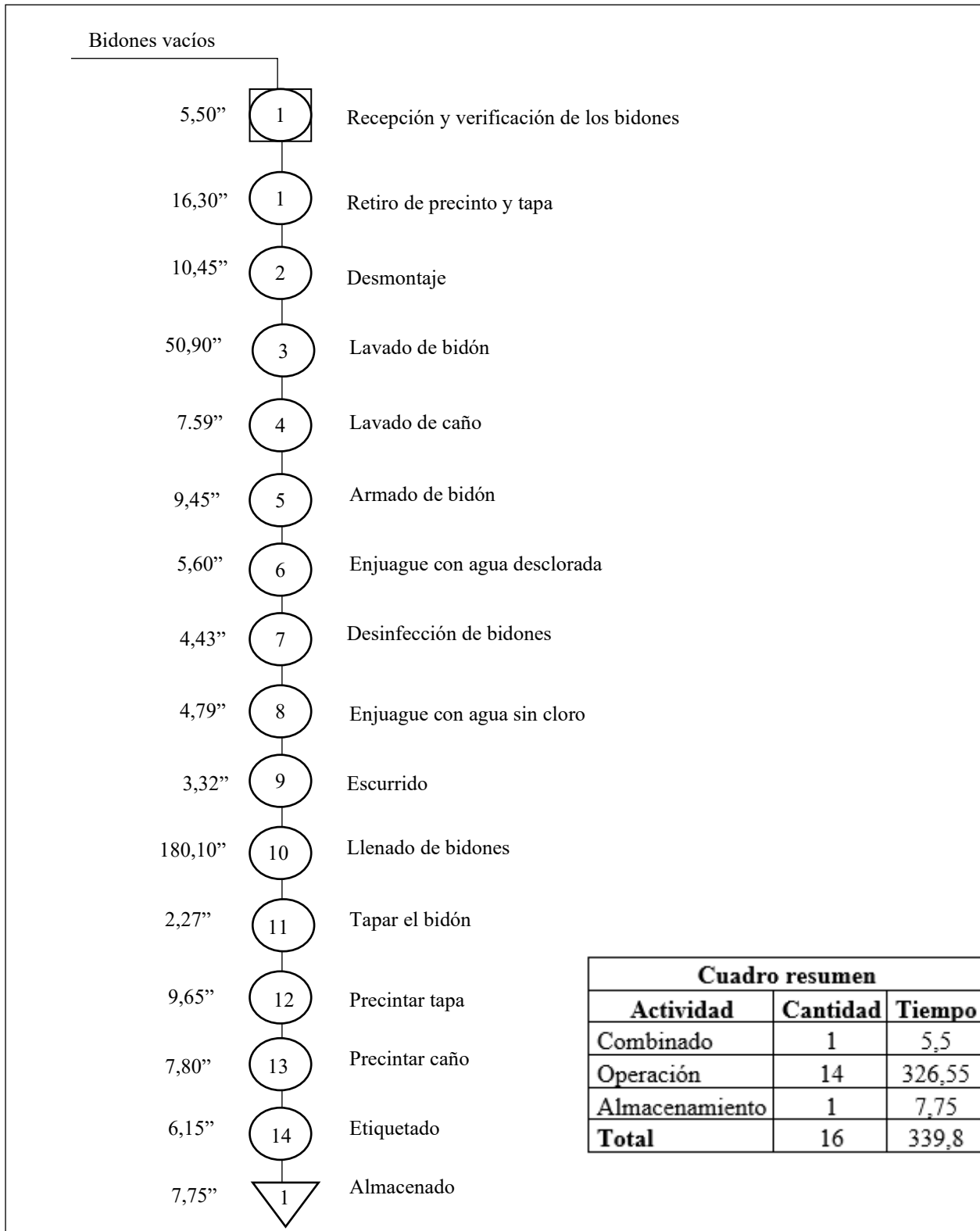
## Anexo 4: Diagrama de Ishikawa – Identificación de causas



Fuente: Elaboración propia

<b>Producto:</b> Agua de mesa	<b>Lugar:</b> Corporación Liñan S.A.C
<b>Actividad:</b> Proceso de producción del bidón de 20 litros con agua de mesa	<b>Elaborado por:</b> Julexssy Esmith Cueva Chuquipoma

### Anexo 5: Diagrama de operaciones



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 6: Cursograma analítico del proceso de agua en bidón de 20 litros**

CURSOGRAMA ANALITICO										
Producto:	Victorias		Actividad	Símbolo	Cant.	Tiempo (s)				
Actividad:	Elaboración y comercialización de agua de mesa		Operación	●	13	133.25				
			Inspección	■	1	2.5				
Lugar:	Corporación Lñan S.A.C.		Espera	◐	1	180.1				
Diagnosticado por:	Cueva Chuquipoma Julexssy	Fecha:	30/10/2022	Transporte	➡	6	32.9			
				Almacenamiento	▼	1	-			
Aprobado por:			Fecha:		Combinado	◑	1	3		
					Total		23	351.75		
Nº	Descripción de operaciones		Tiempo (s)	Símbolo						
				●	■	◐	➡	▼	◑	
1	Recepción de bidones		3							x
2	Verificación de bidones		2.5		x					
3	Traslado al área de lavado		4.45				x			
4	Retiro de precinto y tapa		16.3	x						
5	Traslado a la mesa de lavado		3					x		
6	Desmontaje del caño		5	x						
7	Lavado manual del bidón		50.9	x						
8	Lavado manual del caño		7.59	x						
9	Armado del bidón		9.45	x						
10	Enjuague del bidón con agua desclorada		5.6	x						
11	Desinfección de bidones		4.43	x						
12	Enjuague del bidón con agua sin cloro		4.79	x						
13	Ecurrido		3.32	x						
14	Traslado de bidones al área de producción		11.2						x	
15	Traslado de donde estan los bidones a la mesa de llenado		4						x	
16	Espera de llenado de bidones		180.1			x				
17	Colocación de la tapa		2.27	x						
18	Traslado a la mesa donde sera precintado		2.5					x		
19	Precintado de la tapa		9.65	x						
20	Precintado del caño		7.8	x						
21	Etiquetado		6.15	x						
22	Traslado a la parihuelas		7.75						x	
23	Almacenamiento									x

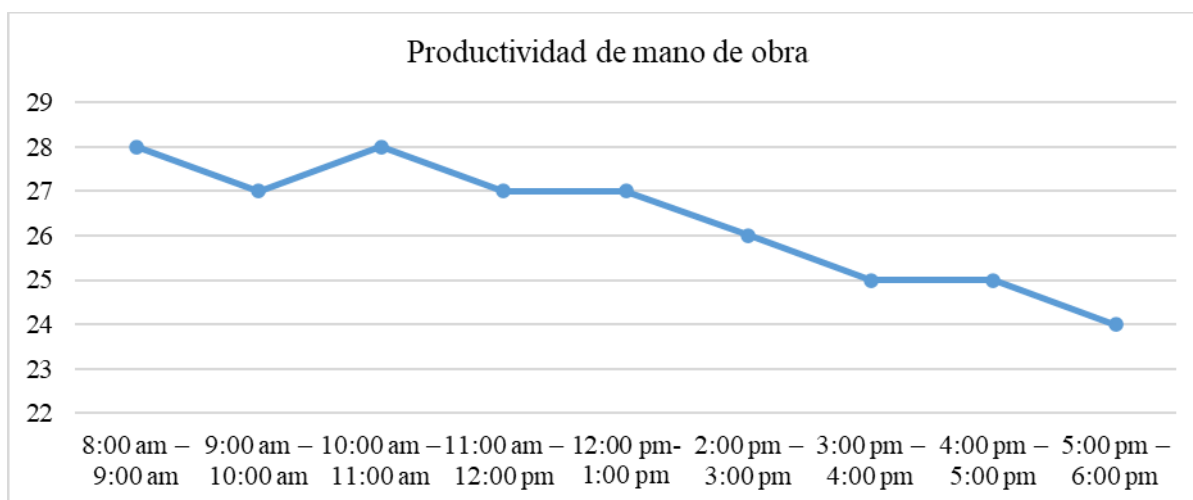
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 7: Actividad que realiza cada operario**

Etapa	Personal	Actividad
Revisión de bidones	Operario 1 y 3	Revisan los bidones para asegurarse de que estén en buenas condiciones.
		Luego retiran los precintos y tapas para que pasen al siguiente proceso de lavado.
Lavado	Operario 1 y 3	Comienza con el lavado y desinfección de bidones.
Llenado	Operario 2	Se encarga de llenar los bidones de 20 litros para luego ser pasado al envasado.
Envasado	Operario 2	En este proceso el operario precinta los caños y tapas con el etiquetado,
Almacenado	Operario 2	En el proceso el operario traslada el producto terminado a parihuelas.

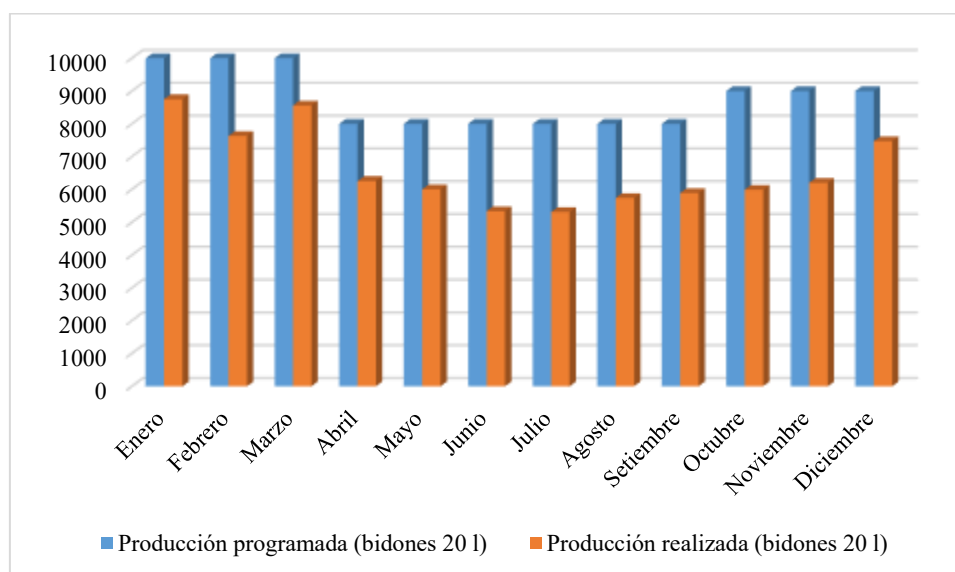
Fuente: Elaboración propia

### Anexo 8: Gráfica de línea de la productividad de mano de obra



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 9: Comparación de la producción realizada con la producción requerida de bidones de 20 l de le empresa Corporación Liñan SAC



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 10: Precio del agua con recarga y con bidón

	Precio de agua (S/)	Precio con bidón (S/)	TOTAL (S/)
1 bidón 20 L	10	20	30
Entre 3 a 9	6.5	20	26,5
Mayor a 10 Bidones	5.5	20	25,5




Fuente: Corporación Liñan SAC

### Anexo 11: Método de los 5 por qué

Método de los 5 por qué		Causa raíz			
Categoría	¿Qué problema se tiene?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
	<p><b>¿Por qué existen Tiempos de ocio en la empresa?</b> Porque falta un medio de transporte.</p>	<p><b>¿Por qué falta un medio de transporte?</b> Porque es manual.</p>	<p><b>¿Por qué es manual?</b> Porque se tiene que invertir para adquirir e implementar una faja transportadora.</p>	<p><b>¿Por qué se tiene que invertir para adquirir e implementar una faja transportadora?</b> Porque es uno de los medios más efectivos para poder transmitir la información.</p>	<p><b>¿Por qué es uno de los medios más efectivos para poder transmitir la información?</b> Porque se ha encontrado que se puede tener menores tiempos de ocio, cuando se utiliza una faja transportadora, al emplear la ecuación de “Potencia de accionamiento de la banda transportadora”.</p>
<b>Materiales</b>					

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 12: Selección del PLC

Parámetros Técnicos			
	[41]	[42]	[43]
<b>Marca</b>	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS
<b>Modelo</b>	LOGO 12/24RCE, Mini PLC LOGO 8.3	S7-1200	S7-1200 8DI/8DO
<b>Tensión de alimentación</b>	12/24 V DC	24 V DC	24 V DC
<b>Entradas</b>	8 - 24 V (4 utilizables como analógicas)	14; integrado	8
<b>Salidas</b>	4 salidas digitales a relé	10; Relé	8
<b>Capacidad de memoria</b>	400 bloques	100 KB	
<b>Módulo de comunicación</b>	Comunicación Ethernet	Comunicación SIMATIC Comunicación IE abierta	
<b>Dimensiones</b>	- Ancho 71,5 mm - Altura 90 mm - Profundidad 60 mm	- Ancho 110 mm - Altura 100 mm - Profundidad 75 mm	- Ancho 45 mm - Altura 100 mm - Profundidad 75 mm
<b>Precio</b>	S/ 728,96	S/ 1 642	S/ 973,83

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 13: Ficha técnica del pulsador verde

#### Especificaciones



<b>Modelo</b>	3SU11500AB401BA0
<b>Voltaje</b>	220 V
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Características</b>	Fácil instalación, resistente a impactos y de gran durabilidad
<b>Dimensión</b>	- Ancho 30 mm - Altura 40 mm - Profundidad 49,7 mm
<b>Precio</b>	S/ 55

Fuente: Schneider Electric [44]

### Anexo 14: Ficha técnica del pulsador rojo

#### Especificaciones



<b>Modelo</b>	XB4BA42
<b>Voltaje</b>	220 V
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Características</b>	Fácil instalación, resistente a impactos y de gran durabilidad
<b>Dimensión</b>	- Ancho 30 mm - Altura 47 mm - Profundidad 52 mm
<b>Precio</b>	S/ 47,72

Fuente: Facogem Industrial [45]

## Anexo 15: Selección del sensor de llenado

### Sensor de llenado

A fin de detectar el llenado al ras de la boquilla de los bidones, se empleará un sensor sin contacto, ello permitirá minimizar la pérdida de agua durante el proceso de llenado.

**Sensor capacitivo:** Los sensores capacitivos, también conocidos como sensores de capacidad, son una pieza clave del rompecabezas de la innovación. Estos dispositivos especializados, basados en el principio de "capacitancia", desempeñan un papel esencial en la detección y medición en una variedad de aplicaciones comerciales y de ingeniería. [46].

### Ficha técnica del sensor de llenado

#### Especificaciones



<b>Tipo de cable</b>	DC 3 hilos
<b>Potencia</b>	12 – 24 VDC
<b>Distancia de detección</b>	8 mm
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Corriente</b>	0.6 A
<b>Precio</b>	S/ 157

Fuente: RHONA [47]

### Anexo 16: Selección de un relé

#### Selección de un relé

A fin de selección el relé que se empleará en la embotelladora se debe considerar el tiempo máximo que puede soportar una sobreintensidad no admisible, es por ese motivo que, se toma una intensidad de 6 amperios.

Referencia para asociación con contactor TeSys	Regulación (A)	Para montaje sobre contactor LC 1	Cantidad Indivisible
LRD03	0,25 - 0,40	D09 - D38	1
LRD04	0,40 - 0,63	D09 - D38	1
LRD05	0,63 - 1	D09 - D38	1
LRD06	1 - 1,6	D09 - D38	1
LRD07	1,6 - 2,5	D09 - D38	1
LRD08	2,5 - 4	D09 - D38	1
LRD10	4 - 6	D09 - D38	1
LRD12	5,5 - 8	D09 - D38	1
LRD14	7 - 10	D09 - D38	1
LRD16	9 - 13	D12 - D38	1
LRD21	12 - 18	D18 - D38	1
LRD22	16 - 24	D25 - D38	1
LRD32	23 - 32	D25 - D38	1
LRD35	30 - 38	D32 - D38	1
LRD325	17 - 25	D40 - D65	1
LRD332	23 - 32	D40 - D65	1
LRD340	30 - 40	D40 - D65	1
LRD350	37 - 50	D40 - D65	1
LRD365	48 - 65	D50 - D65	1
LRD3361	55 - 70	D80 - D95	1
LRD3363	63 - 80	D80 - D95	1
LRD3365	80 - 104	D80 - D95	1
LRD4365	80 - 104	D115 - D150	1
LRD4367	95 - 120	D115 - D150	1

Fuente: SUPROELEC [48]

Entonces, considerando un amperaje de 5,5 a 8 amperios de regulación, se determinó utilizar el siguiente relé:

---

**Ficha técnica del RELÉ**


---

Especificaciones



<b>Nombre corto del dispositivo</b>	LRD
<b>Aplicación del relé</b>	Protección del motor
<b>Clase de disparo por sobrecarga</b>	Clase 10A acorde a IEC 60947-4-1
<b>Rango de ajustes de protección térmica</b>	5,5 a 8 A
<b>Frecuencia de red</b>	0 a 400 Hz
<b>Composición de los contactos auxiliares</b>	1 NA + 1 NC
<b>Corriente térmica convencional</b>	5 A para circuito de señalización
<b>Altura x Ancho X Profundidad</b>	66 mm x 45 mm x 70 mm
<b>Grado de protección IP</b>	IP20 acorde a Activar / desactivar Ig
<b>Temperatura ambiente de Almacenamiento</b>	-60 a 70 °C

Fuente: FCM Solutions [49]

### Anexo 17: Selección del contactor

#### Selección del contactor

Para la selección del contador es necesario encontrar la corriente nominal para ello se usa la siguiente tabla; para ello, se tiene en cuenta la potencia ya calculada y la frecuencia, el cual fue de 4 HP y 60 Hz respectivamente:

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor bloqueado I <sub>b</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>I</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	RPM	380 V						Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)
								Caliente	Frio				% de la potencia nominal			Factor de potencia			
kW	HP												50	75	100	50	75	100	
<b>IV Polos</b>																			
<b>0,12</b>	0,16	63	0,068	5,0	2,7	3,3	0,0005	48	106	6,7	48	1715	53,0	61,0	64,0	0,45	0,56	0,65	0,438
<b>0,18</b>	0,25	63	0,103	5,0	2,5	3,3	0,0006	39	86	7,7	48	1710	62,0	67,0	70,0	0,49	0,61	0,70	0,558
<b>0,25</b>	0,33	63	0,142	5,5	2,9	3,2	0,0007	30	66	8,2	48	1710	66,0	71,0	73,0	0,46	0,59	0,69	0,754
<b>0,37</b>	0,5	71	0,213	5,1	2,8	2,9	0,0007	52	114	8,5	47	1690	71,5	74,5	75,0	0,49	0,62	0,70	1,07
<b>0,55</b>	0,75	71	0,320	4,9	2,8	2,9	0,0008	43	95	11,5	47	1675	75,5	77,0	77,5	0,49	0,62	0,71	1,52
<b>0,75</b>	1	90S	0,416	7,6	2,6	3,2	0,0049	24	53	18,5	51	1755	80,0	84,0	85,5	0,60	0,72	0,79	1,60
<b>1,1</b>	1,5	L90S	0,610	7,6	2,7	3,2	0,0060	18	40	22,0	51	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,73	0,80	2,42
<b>1,5</b>	2	L90S	0,832	7,7	2,8	3,3	0,0066	15	33	23,0	51	1755	84,0	86,0	86,5	0,59	0,72	0,80	3,29
<b>2,2</b>	3	100L	1,23	7,6	3,8	3,7	0,0097	24	53	33,0	54	1740	86,6	88,2	89,5	0,50	0,72	0,79	4,72
<b>3</b>	4	112M	1,66	7,8	2,6	3,5	0,0156	27	59	42,0	56	1760	87,2	89,0	89,5	0,58	0,70	0,79	6,45
<b>3,7</b>	5	112M	2,05	7,6	2,4	3,3	0,0181	23	51	44,0	56	1755	88,1	89,3	89,5	0,61	0,74	0,80	7,85
<b>4,5</b>	6	112M	2,51	7,0	2,4	3	0,0180	17	37	44,0	56	1745	88,7	89,5	89,5	0,61	0,74	0,80	9,55

Fuente: WEG [50]

---

**Ficha técnica del contactor**


---

**Especificaciones**

<b>Marca</b>	A40-30-10
<b>Numero de polos</b>	3
<b>Voltaje</b>	110 – 120 V
<b>Corriente</b>	40 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz

Fuente: Alibaba [51]

## Anexo 18: Selección de la Faja Transportadora

### Tipos de Faja Transportadora

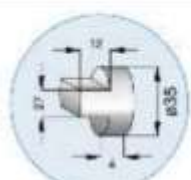
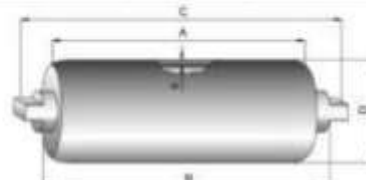
<b>1 Rodillos</b>	La cinta más frecuentemente utilizada se compone de una serie de rodillos dispuestos de manera perpendicular a la dirección de avance. Estos rodillos permiten que los productos se desplacen, logrando este movimiento ya sea de forma mecánica o gracias a la influencia de la gravedad.
<b>2 Modular</b>	Estas bandas transportadoras consisten en secciones interconectadas que se pueden ajustar y ensamblar de acuerdo a los requisitos de la empresa. Su uso es especialmente común en la industria de alimentos.
<b>3 Plana</b>	Este tipo de cintas transportadoras está especialmente diseñado para transportar materiales a granel o por unidades individuales. Están compuestas por una banda en forma de bucle continuo que se puede utilizar en dos direcciones, una para la carga y la otra para el retorno de los materiales.
<b>4 Listones</b>	El sistema de esta banda consta de plataformas individuales conocidas como listones o tablillas que se enlazan con una cadena continua. Generalmente, esta cinta opera en una trayectoria recta, aunque debido a sus propiedades, también se puede ajustar para funcionar en una configuración curva.

Fuente: SDI [52]

## Anexo 19: Ficha técnica de rodillos

RODAMIENTO 6307 EJE Ø35						
Serie S-35	Diámetro rodillo (mm)	D	127	133	152	159
	Espesor de tubo (mm)	E	4	4	4,5	5
	Constante peso rodillo	T	1	1,05	1,1	1,15
	Constante peso p. móviles	T1	1	1,05	1,2	1,5

**Colocación en ARTESA**

Banda	A	B	C	Peso rodillo Ø 127	Peso partes móviles Ø 127
300					
400	160	168	192	6,70	5,50
500	200	208	232	7,50	5,73
650	250	258	282	8,40	6,25
800	315	323	347	9,70	7,06
1000	380	388	412	11,00	7,86
1200	465	473	497	12,70	8,92
1400	530	538	562	14,00	9,73
1600	600	608	632	15,30	10,49
1800	670	678	702	16,70	11,36
2000	750	758	782	18,30	12,35

**Colocación en "V"**

Banda	A	B	C	Peso rodillo Ø 127	Peso partes móviles Ø 127
300					
400	250	258	282	8,40	6,25
500	315	323	347	9,70	7,06
650	380	388	412	11,00	7,80
800	465	473	497	12,70	8,92
1000	600	608	632	15,30	10,49
1200	700	708	732	17,30	11,73
1400	800	808	832	19,30	12,97
1600	900	908	932	21,30	14,21
1800	1000	1008	1032	23,20	15,35
2000	1100	1108	1132	25,20	16,59

**Colocación en HORIZONTAL**

Banda	A	B	C	Peso rodillo Ø 127	Peso partes móviles Ø 127
300					
400	500	508	532	13,40	9,35
500	600	608	632	15,30	10,49
650	750	758	782	18,30	12,60
800	950	958	982	22,20	14,73
1000	1150	1158	1182	26,20	17,21
1200	1400	1408	1432	31,10	20,21
1400	1600	1608	1632	35,00	22,59
1600	1800	1808	1832	39,00	25,07
1800	2000	2008	2032	42,90	27,45
2000	2200	2208	2232	46,90	29,93

**Notas**

- En las tablas, los anchos de banda están expresados en milímetros y los pesos en kilogramos.
- Estas medidas son según normas. Bajo demanda es posible fabricar en cualquier longitud de tubo (máximo 2.400 mm) o eje (máximo 3.000 mm).

**Observaciones**

El cálculo de los pesos, tanto de los rodillos como de las partes móviles, para otros diámetros es:  
Peso de la tabla (Rod.Ø127) x Constante (T ó T1).  
Ej. Peso (Ø133/160) = peso (Ø127/160) x T  
Peso = 6,7 x 1,05 = 7,035 Kg  
Pesos aproximados.  
Para rodillos inferiores de minería es admisible sumar 10 mm al largo normal de las entrecaras.  
NORMAS ISO 1537 // DIN 15207-22107 UNE 58-232-92

Fuente: Rotrans [53]



**Figura 2: Imagen referencial de la faja transportadora**

Fuente: Rotrans [53]

Este Rodillo es capaz de soportar largas jornadas laborales y supera los 20 litros de volumen.

### Anexo 20: Selección de la banda transportadora

#### Potencia de accionamiento de la banda transportadora

Potencia necesaria para poder mover la cinta en vacío y cargada: la potencia a calcular permite vencer el peso de la banda, del material de transporte y la fricción de los tambores y rodillos con la banda, se calcula con la siguiente fórmula.

$$P = \frac{C_b * v + Q_m}{C_l * K_f}$$

Donde:

$C_b$ : es el factor de anchura de la banda (kg/s)

$v$ : es la velocidad de avance de la banda (m/s) 1.5 m/min 0.025

$Q_m$ : es la capacidad de transporte en masa de la banda (t/h) 0.14197t/h 3.459520

$C_l$ : es el factor de longitud de la banda (m-1)10.41

$K_f$ : es el factor de servicio (-) 1

(Datos obtenidos de las maquinarias a emplearse, dimensión y rendimiento)

Posteriormente, se muestra la tabla donde se pueden extraer los valores para el cálculo.

Peso específica del acero inoxidable de la banda transportadora:  $7,23kgm^2 = 0.001 t/m^3$

### Factor de ancho de la banda, Cb

Peso específico $\gamma$ [t / m <sup>3</sup> ]	Ancho de Banda [mm]							
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400
$\gamma \leq 1$	31	54	67	81	108	133	194	227
$1 < \gamma \leq 2$	36	59	76	92	126	187	277	320
$\gamma > 2$	-	65	86	103	144	241	360	414

Fuente: DESIGN AND CALCULATION [54]

En ese sentido, el factor seleccionado de acuerdo a lo especificado es de  $C_b = 31$ , sin embargo, la faja transportadora automática que se empleará para el traslado de los bidones de agua, solo requiere de 1.5m de longitud de banda, y al no hallar dichas dimensiones en la tabla precedente, se va a encontrar de la siguiente manera:  $32 \text{ longitud de banda (m)} \rightarrow C_l = 222$   
 $1.50 \text{ longitud de banda (m)} \rightarrow C_l = X \text{ } C_l = 10.41$

### Factor de longitud de la banda, Cl

Longitud [m]	32	40	50	63	80	90	100	150	200	250	300
$C_l$	222	192	167	145	119	109	103	77	63	53	47

Fuente: DESIGN AND CALCULATION [54]

### Factor de servicio, Kf

Condiciones de Trabajo	$K_f$
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar.	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad.	0,87-0,74
Temperaturas extremadamente bajas.	0,57

Fuente: DESIGN AND CALCULATION [54]

El factor del coeficiente sería 1, luego se calcula la potencia necesaria para mover la cinta.

$C_b$ : 31

$v$ :  $1.5 \text{ m/min} = 0.025 \text{ m/s}$

$Q_m$ : 3.459520 t/h

$C_l$ : 10.41

$K_f$ : 1

$$P = \frac{31 \times 0,025 \text{ m/s} + 0,14197 \frac{\text{t}}{\text{h}}}{10,41 \times 1}$$

$$P = 0,4067 \text{ kW}$$

$Q_m 3,459520 \frac{t}{h}$  es la capacidad de transporte en masa de la banda.

La potencia necesaria para el motor (PM) para el accionamiento de la cinta se calcula de la siguiente manera:

$$P_M = \frac{P_T}{\eta_m * \eta_r}$$

[49]

Donde:

$\eta_m = 0,85$  rendimiento del motor

$\eta_r = 0,96$  rendimiento de la caja reductora

$$P_M = \frac{0,4067kW}{0,85 \times 0,96} = 0,5013kW = 0,672 HP$$

A continuación, se determina la potencia nominal del motor más adecuado para la instalación; con este fin, la tabla presenta las potencias nominales en kW de los motores eléctricos más utilizados comercialmente para cintas transportadoras.

### Valores de las potencias

Valores de las potencias de los motores normalizadas de motores eléctricos (kW)									
1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22

Fuente: DESIGN AND CALCULATION [54]

### Ficha técnica de la faja transportadora

#### Especificaciones



<b>Modelo</b>	DC 3 hilos
<b>Ancho o diámetro</b>	1500mm
<b>Peso</b>	160 kg
<b>Material</b>	Acero inoxidable
<b>Precio</b>	S/ 1 319

Fuente: Alibaba [56]

### Anexo 21: Ficha técnica de electroválvula

#### Especificaciones



<b>Modelo</b>	Electroválvula de 1/2'
<b>Material</b>	Plástico + metal
<b>Voltaje</b>	12 V
<b>Potencia</b>	8 W
<b>Corriente</b>	0.6 A
<b>Dimensión</b>	- Largo: 84 mm - Ancho: 57 mm
<b>Precio</b>	S/ 25

Fuente: Electropro [57]

### Anexo 22: Selección del motor

Dado su aplicación requerida para el motor, se empleará sistema trifásico (6 polos) de 0,672 HP de 60 Hz. Luego, se debe calcular las revoluciones por minutos, por ello se usa la siguiente formula:

$$RPM = \frac{120 \times frecuencia}{N^{\circ} de polos}$$

$$RPM = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 rpm$$

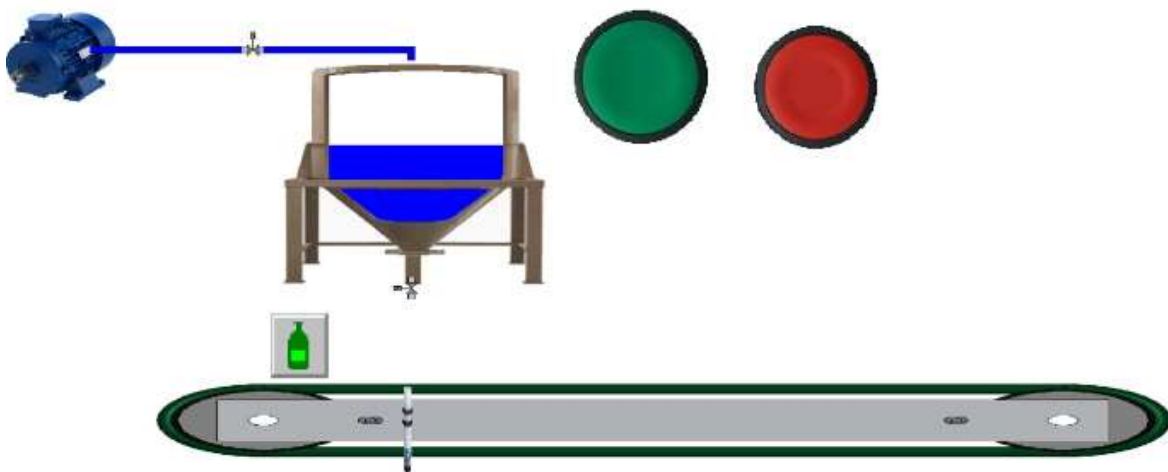
### Motor de arrastre de barras

Rango de potencias	Premium		143T - 449T
Frecuencia	50 Hz		
Potencia nominal	3 KW		
Corriente nominal (IE)	VD	VY	VY
	6.00 A	3.45 A	3.33 A
Corriente de arranque / nominal	5.3		5.6
Dirección de rotación	Bi-directional		
Voltaje	208 - 230 / 460V	1 - 20HP hasta el tamaño 256T	
Resolución por minuto	1000 rpm		



Fuente: CEMER [58]

### Anexo 23: Diseño de la Embotelladora autónoma con PC SIMU



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 24: Entradas digitales del sistema automático

Entrada	Símbolo
PP	I0.0
PM	I0.1
S1	I0.2
S2	I0.3
S3	I0.4
	I0.5
	I0.6
	I0.7

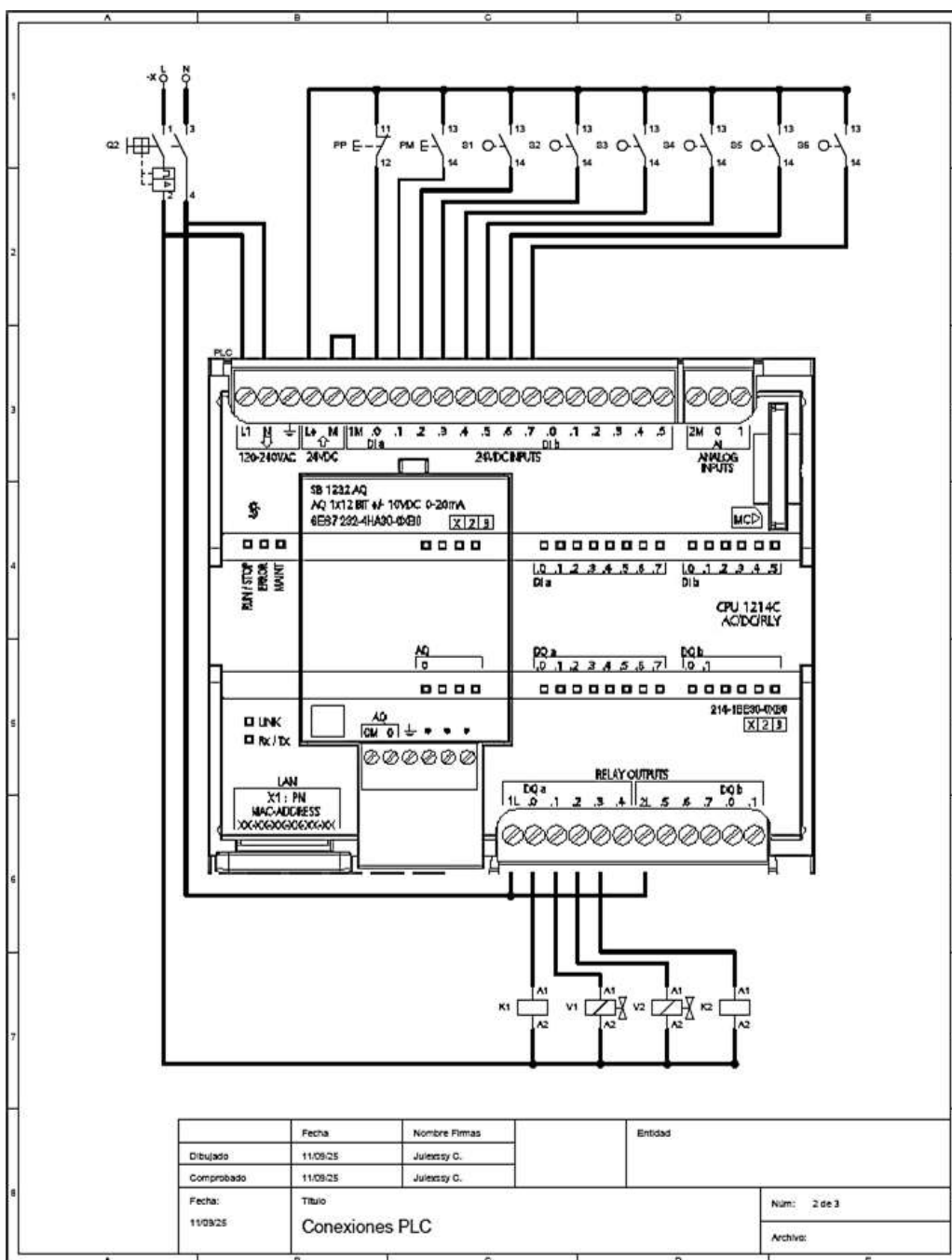
Fuente: Elaboración propia

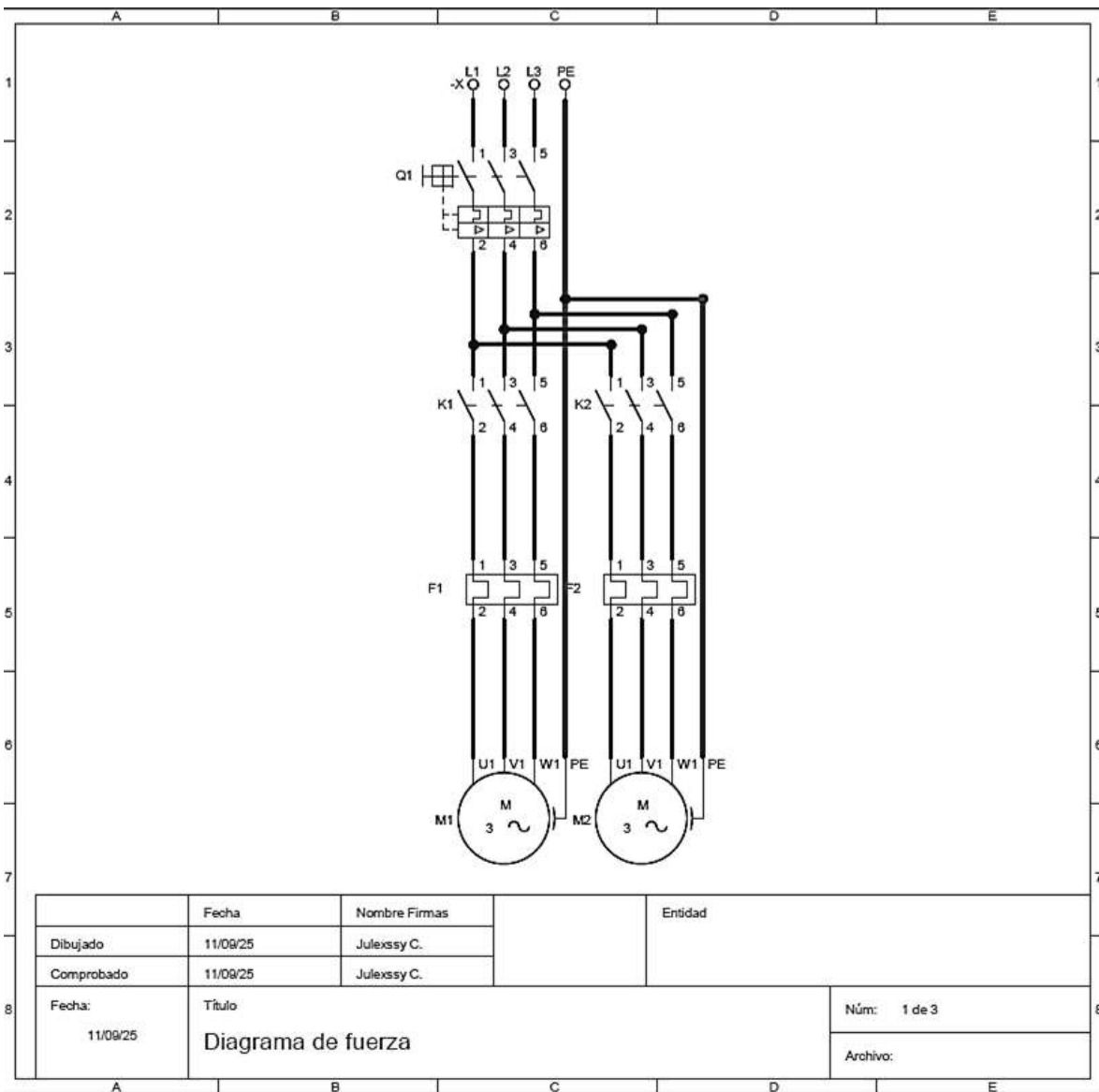
### Anexo 25: Salidas del sistema automático

Salida	Símbolo
K1	Q0.0
V1	Q0.1
V2	Q0.2
K2	Q0.3
	Q0.4
	Q0.5
	Q0.6
	Q0.7

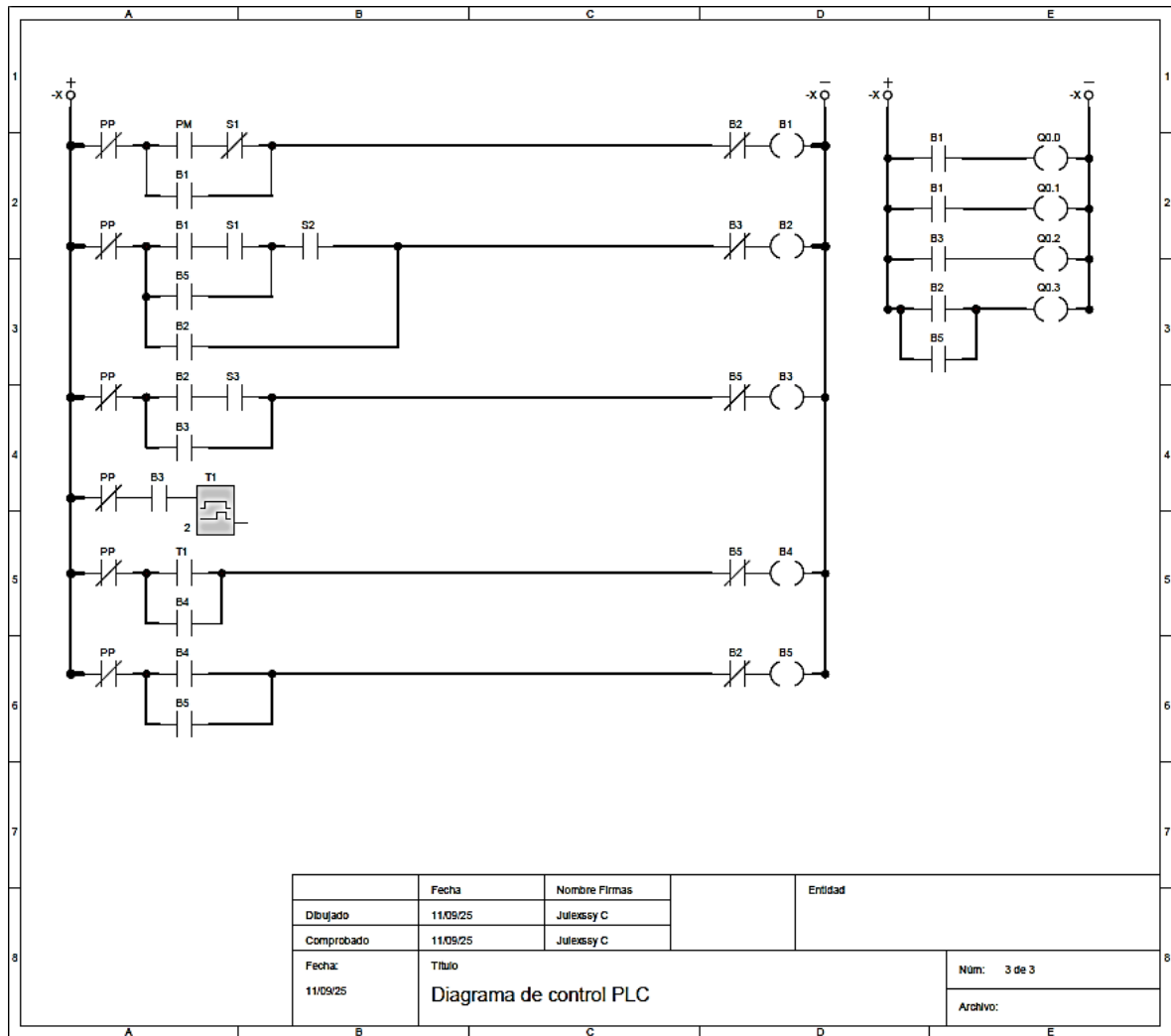
Fuente: Elaboración propia

### Anexo 26: Plano esquemático





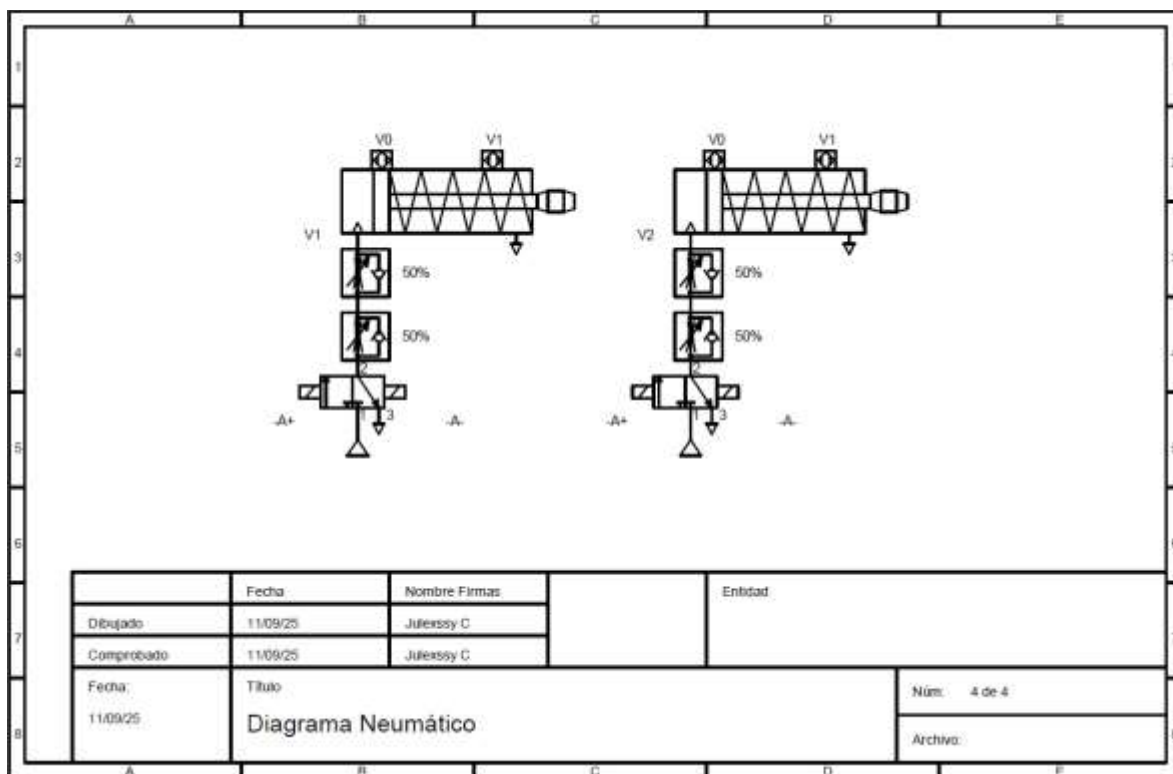
	Fecha	Nombre Firmas	Entidad	
Dibujado	11/09/25	Julexssy C.		
Comprobado	11/09/25	Julexssy C.		
Fecha:	Título		Núm: 1 de 3	
11/09/25	Diagrama de fuerza		Archivo:	



- |      |                              |
|------|------------------------------|
| Q0.0 | Motor cinta transportadora   |
| Q0.1 | Válvula de alimentación agua |
| Q0.2 | Válvula alimentación a bidón |
| Q0.3 | Bomba de alimentación agua   |
| S1   | Sensor detección de agua     |
| S2   | Sensor detección de llenado  |
| S3   | Sensor de salida bidón       |

**Fuente: Elaboración propia.**

### Anexo 27: Plano neumático



Elaboración propia

### Anexo 28: Datos para la evaluación económica

PROPUESTA	BENEFICIOS	INVERSIONES	COSTO	
<b>Diseñar una propuesta de un sistema automatizado de llenado de botellas</b>	Aumento de la productividad	PLC S7 – 1200		
		Pulsador Verde		
		Pulsador Rojo Harmony		
		Sensor capacitivo	Laptop	
		Relé LRD	Agua potable	
	Reducción del desperdicio de agua		Contactor - W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz	Energía eléctrica
			Banda transportadora Serie S-35	Limpieza
			Motor de arrastre de barras 6P-IE3-MSE132S de IE3 CEMER	Mantenimiento de maquinarias
				Capacitación a operarios

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 29: Cálculos de inversión

N°	Maquinaria	PRECIO
1	PLC 1 642.00 (Depreciable – 5 años Vida útil) Depreciación = S/ 328.4	S/ 1 642,00
2	Pulsador verde	S/ 55,00
3	Pulsador Rojo	S/ 47,72
4	Sensor capacitivo	S/ 157,00
5	Electroválvula	S/25,00
6	Relé	S/ 149,00
7	Contactador	S/ 145,00
8	Banda transportadora	S/ 519,20
9	Motor de arrastre	S/ 410,00
<b>Total</b>		<b>S/ 3,942.72</b>

**Fuente: Elaboración propia**