



ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
LLENADO AUTOMÁTICO DE CREMA LAVA LOZA

José Rodrigo Martínez Escobar

Tutor
Johan Sebastián Rodríguez Rodríguez

Institución Universitaria Politécnico Gran colombiano
Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2026

Índice

Contenido	
Contenido.....	2
Resumen Del Proyecto	6
1. Título De La Propuesta	8
2. Planteamiento Del Problema	9
2.1 Pregunta De Investigación	10
3. Objetivos.....	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos Específicos.....	11
4. Justificación.....	12
5. Marco Teórico.....	16
5.1 Marco Conceptual	16
5.2 Marco Geográfico	23
5.3 Estado Del Arte	24
6. Metodología.....	27
6.1. Identificación Y Diagnóstico Del Problema	29
6.2. Definición De La Propuesta De Automatización.....	29
6.3. Análisis De Viabilidad Técnica-Operativa	30
6.4. Análisis De Viabilidad Tecnológica	31
6.5. Análisis De Viabilidad Organizacional.....	31
6.6. Evaluación De Beneficios E Impactos Esperados.....	32
6.7 Tipo De Investigación	32
6.8 Enfoque De La Investigación.....	33
6.9 Tipo De Investigación: Aplicada Y Tecnológica	33
6.10 Alcance De La Investigación: Descriptivo Y Propositivo	33
7. Resultados.....	34
7.1. Identificación y Diagnóstico del Problema	34
7.1.1 Descripción del Proceso Actual	34
7.1.2 Descripción Del Proceso De Envasado Actual Paso A Paso	35
7.1.3 Problemas Encontrados	42
7.1.4 Toma De Tiempos Y Productividad	43
7.2 Definición De La Propuesta De Automatización.....	44

7.2.1 Propuesta De Automatización.....	44
7.2.2 Componentes De La Automatización	45
7.2.3 Análisis De La Propuesta De Automatización.....	55
7.3 Viabilidad Técnica-Operativa	55
7.3.1 Disponibilidad De Espacio Físico	57
7.3.2 Disponibilidad De Energía Eléctrica.....	58
7.3.3 Disponibilidad De Aire Comprimido	60
7.3.4 Compatibilidad Con La Máquina Actual	61
7.3.5 Operación Del Sistema Propuesto	64
7.3.6 Resumen De La Viabilidad Técnica-Operativa	64
7.4 Viabilidad Tecnológica	73
7.4.1 Análisis Del Sistema Actual	74
7.4.2 Análisis Del Servomotor.....	75
7.4.3 Análisis Del Plc.....	75
7.4.4 Análisis De La Hmi	76
7.4.5 Disponibilidad De Repuestos Y Soporte Técnico.....	77
7.4.6 Resumen De La Viabilidad Tecnológica.....	78
7.5 Viabilidad Organizacional	78
7.5.1 Impacto Económico Y Organizacional Con La Automatización Propuesta	80
7.5.2 Impacto En El Organigrama Del Área De Crema.....	81
7.5.3 Calidad Del Producto Terminado.....	83
7.5.4 Indicadores De Producción	86
7.6 Evaluación De Beneficios E Impactos Esperados	87
8. Conclusión	90
9. Referencias Bibliográficas	92

Índice De Tablas

Tabla 1. Pasos Para Estudio De Viabilidad. Sobrero (2009).....	27
Tabla 2. Problemas identificados en el proceso de envasado de crema lava loza. Elaboración Propia	42
Tabla 3. Análisis De Toma De Tiempos Referencia 3000g. Elaboración Propia.....	43
Tabla 4. Componentes Más Relevantes. Elaboración Propia.....	45
Tabla 5. Datos Técnicos Del Tablero. Elaboración Propia.....	59
Tabla 6. Datos Técnicos Del Sistema Neumático. Elaboración Propia.....	60
Tabla 7. Elementos Compatibles Con La Máquina Actual. Elaboración Propia	61
Tabla 8. Actividades Por Persona Para El Montaje. Elaboración Propia	68
Tabla 9. Costos De Mano De Obra. Elaboración Propia.....	70
Tabla 10. Elementos Para Montaje. Elaboración Propia.....	70
Tabla 11. Sistema Actual De La Máquina. Elaboración Propia.....	74
Tabla 12. Datos Del Controlador Seleccionado. Elaboración Propia	75
Tabla 13. Ventajas De La HMI. Elaboración Propia	76
Tabla 14. Resumen de Inversión del Proyecto de Automatización. Elaboración Propia	78
Tabla 15. Cronograma General De Actividades Del Proyecto. Elaboración Propia.....	79
Tabla 16. Comparación de indicadores operativos, económicos antes y después de la automatización. Elaboración Propia.....	80
Tabla 17. Indicadores De Desempeño Mejorados Con La Automatización. Elaboración Propia	86

Índice De Ilustraciones

Ilustración 1. Sistema Automatizado En La Industria. Pesce (2025), ...	16
Ilustración 2. Sistema De Llenado En La Industria. Kutz, M. (2018)	17
Ilustración 3. Controles De Calidad. Página Oficial De Siemens.....	18
Ilustración 4. Innovación Tecnológica. Página Oficial Siemens.....	20
Ilustración 5. Mejora En Procesos Industriales. Página Oficial Siemens.....	21
Ilustración 6. Eficiencia En La Industria. Página Oficial Siemens	22
Ilustración 7. Ubicación De La Planta Berhlan. Google Map.	23
Ilustración 8. Pasos Identificados Para El Presente Proyecto.....	28
Ilustración 9. Sistema Actual De Llenado De Crema Lava Loza. Elaboración Propia	35
Ilustración 10. Tolva De Dispensación. Elaboración Propia.....	36
Ilustración 11. Sensores De Cilindro Neumático. Elaboración Propia	37
Ilustración 12. Maquina Envasadora De Crema Lava Loza. Elaboración Propia	37
Ilustración 13. Referencia De Envase Para Crema. Elaboración Propia.....	38
Ilustración 14. Pesaje De Envase. Elaboración Propia	39
Ilustración 15. Corrección De Peso Neto. Elaboración Propia.....	40
Ilustración 16. Envase Que Cumple, Se Embala. Elaboración Propia	41
Ilustración 17. Diagrama De Flujo Del Proceso Actual. Elaboración Propia	41
Ilustración 18. Cotización De Componentes Electrónicos. Suministrada Por Empresa Contratista	47
Ilustración 19. PLC Seleccionando. Página Oficial Siemens.....	48
Ilustración 20. HMI seleccionada. Página oficial de Delta Electronics.	49
Ilustración 21. Servo Drive Seleccionando. Página Oficial de Wuxi Xinje Electric Co., Ltd. ...	50
Ilustración 22. Sensor Fotoeléctrico seleccionado. SICK Worldwide.....	51
Ilustración 23. Celda De Carga De 600kg. Sipesa Colombia S.A.S.....	52
Ilustración 24. Fuente De 24V DC. Página Oficial Siemens.....	53
Ilustración 25. Variador De 1hp Sinamics V20. Página Oficial Siemens	54
Ilustración 26. Diagrama Unifilar Eléctrico. Elaboración Propia	56
Ilustración 27. Espacio Disponible De Planta. Elaboración Propia	57
Ilustración 28. Tablero Eléctrico En Área De Crema Lava Loza. Elaboración Propia	58
Ilustración 29. Cuarto De Compresores Berhlan De Colombia. Elaboración Propia.....	60
Ilustración 30. Maquina Actual Como Base Para La Automatización. Elaboración Propia.....	63
Ilustración 31. Sistema Propuesto. Imagen Generada Mediante Inteligencia Artificial a Partir de Fotografías Reales Tomadas Durante La Inspección.....	64
Ilustración 32. Diagrama De Gantt. Elaboración Propia	65
Ilustración 33. Organigrama actual y Después de La Automatización Área de Crema Lava Loza	81
Ilustración 34. Envase De Crema Reprocesado Manualmente Por Peso Elevado. Elaboración Propia	83
Ilustración 35. Envase De Crema dosificado Sin Manipulación Manual. Elaboración Propia	84
Ilustración 36. Matriz Dofa. Elaboración Propia	85
Ilustración 37. Tabla Comparativa De Indicadores	87
Ilustración 38. Maquina Terminada y En Producción. Elaboración Con IA.....	89

Resumen Del Proyecto

El presente trabajo de grado presenta como objetivo la evaluación de la viabilidad técnica, organizacional y económica para la automatización de un sistema de llenado para la línea de crema lava loza en la empresa Berhlan de Colombia, el cual cuenta con un proceso actualmente que presenta una alta dependencia de actividades manuales para la dosificación y la verificación del peso de cada envase, lo que genera desviaciones significativas en la calidad del producto también genera mayores tiempos operativos y sobre costos asociados al uso de mano de obra.

Como solución se diseñó una propuesta de automatización basada en la implementación de tecnología que se retroalimenta en lazo cerrado para realizar un control automatizado de la dosificación, para determinar la viabilidad de la propuesta se tiene en cuenta factores como la viabilidad técnica, económica y organizacional teniendo como consideración la estructura existente, los recursos disponibles, los costos de implementación y los beneficios esperados.

Los resultados obtenidos en este proyecto evidencian que la empresa cuenta con los recursos necesarios y las condiciones para la ejecución del proyecto, permitiendo también la reutilización de parte de la maquinaria actual y reduciendo la inversión necesitada, de igual manera la automatización mejorará la precisión del llenado, incrementará la productividad, optimizará los recursos de mano de obra, reducirá los costos operativos y fortalecerá la calidad del producto terminado para concluir la propuesta resulta ser viable y representa una alternativa más favorable para aumentar la eficiencia y competitividad de la empresa.

Palabras Clave: automatización industrial, dosificación automática, productividad, calidad del producto, viabilidad económica, sistema de llenado, mejora de procesos.

Abstract

This undergraduate thesis aimed to evaluate the technical, economic, and organizational feasibility of automating the dishwashing cream filling system at Berhlan in Colombia. Currently, the process relies heavily on manual activities for dosing and weight verification of the containers, resulting in variations in product quality, longer operating times, and increased labor costs.

As a solution, an automation proposal was designed based on the implementation of closed-loop feedback technology to perform automated dosing control. To determine the feasibility of the proposal, factors such as technical, economic, and organizational viability are taken into account, considering the existing structure, available resources, implementation costs, and expected benefits.

The results obtained demonstrate that the company has the necessary conditions for project execution, allowing for the reuse of some of the existing machinery and reducing the required investment. Furthermore, automation improves filling accuracy, increases productivity, optimizes human resources, reduces operating costs, and enhances the quality of the finished product. It is concluded that the proposal is viable and represents a favorable alternative for increasing the company's efficiency and competitiveness.

Keywords: industrial automation, automatic dosing, productivity, product quality, economic viability, filling system, process improvement.

1. Título De La Propuesta

Análisis de viabilidad para la implementación de un sistema de llenado automático de crema lava loza.

2. Planteamiento Del Problema

Berhlan de Colombia es una destacada empresa colombiana con más de 25 años de experiencia, especializada en la fabricación y comercialización de productos de aseo, desinfección, lavandería y cuidado personal. Fundada en Armenia Quindío en 1999, cuenta con plantas de producción propias en la tebaida Quindío, Galapa Atlántico y Tocancipá Cundinamarca y genera más de 1.300 empleos directos (Berhlan de Colombia. s.f.).

En su proceso de producción en el área de crema, cuándo la tolva de la máquina está llena, el volumen que entra depende de la calibración manual de operario, cuando de la válvula de entrada se abre, el cilindro neumático se devuelve empujando la crema con presión hacia la boquilla de salida, el envase se llena según el recorrido del cilindro ya establecido por la ubicación del sensor, este ciclo se repite para cada envase, el operador debe revisar el peso una a una para verificar que cumpla con el peso establecido, si no cumple el peso el operador manualmente adiciona o retira crema para cumplir el peso y poder sellar el envase.

El proceso presenta algunas limitaciones, el operador debe medir cada una de las unidades empacadas para completar o reducir el peso del envase, esto genera pérdidas de tiempo en reproceso al tener que hacerlo manualmente, al ser un accionamiento neumático no hay precisión en el dosificado que varía constantemente durante el proceso.

La alta variabilidad del producto afecta directamente la calidad y el desempeño del proceso de llenado, lo que provoca diferencias de peso entre los envases, obligando al operador a hacer ajustes manuales, aumentando los reprocesos y perdiendo tiempos de producción, se incrementa el riesgo de entregar unidades fuera de especificación y al tener varias referencias como de 500,

1000 y 3000 gramos, la calibración suele ser demorada y deben pasar mucha unidad sin el peso correcto para poder llegar al nivel requerido(Sobrero, F. (2009).

Las máquinas de envasado que no cuentan con tecnología indicada para el llenado estable generan procesos ineficientes y dependientes de la intervención manual, lo que incrementa costos por reprocesos y tiempos muertos, afecta la satisfacción del cliente, pudiendo ocasionar devoluciones o pérdida de confianza, la baja automatización limita la productividad, dificulta la estandarización y reduce la competitividad frente a empresas con tecnologías más avanzadas (Roggio, S. D. (2017).

2.1 Pregunta De Investigación

¿Qué tan viable es la implementación de una máquina automatizada de llenado para reemplazar el proceso de envasado manual en la línea de crema lava loza para la empresa Berhlan de Colombia?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad de implementar un sistema automatizado de llenado en el proceso de envasado de crema lava loza, así como su impacto en los indicadores de desempeño de producción en Berhlan de Colombia.

3.2 Objetivos Específicos

Analizar las nuevas tendencias tecnológicas en procesos de envasa automatizado identificando oportunidades de adaptación en la empresa Berhlan de Colombia considerando estándares industriales y disponibilidad comercial.

Diagnosticar el estado actual del proceso de envasado de crema lava loza, mediante la identificación de tiempos de operación, niveles de precisión en el llenado y principales fuentes de ineficiencia.

Evaluar una alternativa tecnológica para la sustitución del sistema de llenado manual considerando la viabilidad técnica, económica y operativa del nuevo sistema en la empresa Berhlan de Colombia.

4. Justificación

La inversión en maquinaria moderna es una buena decisión para la industria de la manufactura porque permite aumentar la productividad, mejorar la calidad de los productos y reducir costos operativos a largo plazo, reducir cuellos de botella, operar más tiempo sin parar.

Teniendo equipos más eficientes y tecnológicos las empresas pueden optimizar sus procesos, disminuir fallas y reprocesos y responder con mayor rapidez a las exigencias del mercado además reducir el error humano que se genera al tener más mano de obra operativa contribuye a mejorar las condiciones de trabajo, fortalecer la competitividad y garantizar un crecimiento sostenible, teniendo un proceso muy manual, limita el proceso a pocas unidades o capacidades reducida, además podría mejorar los estándares de calidad ya que a menores rechazos mayor ganancia y además se lograría cumplir con estándares altos en la calidad del producto final (Vera, P. V. 2005).

La automatización de un proceso manual en la empresa Berhlan de Colombia, permitirá evidencia mejoras en los costos operativos, debido a que si el proceso logra reducir costos por medio de la automatización , esto disminuye la mano de obra y optimiza tiempos de envasado lo que se podrían demorar muchas horas o turnos extensos , se reduciría notoriamente y se eliminaría el error humano, los cuales dependiendo su gravedad se pueden reflejar en pérdidas como reprocesos (tiempos perdidos) o incluso en pérdidas económicas las cuales pueden causar que el producto pierda valor de rentabilidad y genere sobre costos , o incluso demandas por contenidos netos bajos ,causando malas reputaciones al cliente final o compradores potenciales.

Las ventajas que genera la automatización de un proceso es ser más rentable frente a la competencia ya que si los costos operativos bajan se puede reducir el precio del producto final generando una competitividad frente al mercado y logrando ser más asequibles para un cliente final sin descuidar factores importantes como la calidad del producto (Moreno, E. G. 2001).

Al generar una optimización se logra producir más en menos tiempo generando que se pueda tener una mayor disponibilidad del producto final para vender a más clientes y poder llegar a nuevos públicos y clientes potenciales sin arriesgar las disponibilidades comprometidas que genera la demanda existente lo que se reduce en crecimiento potencial y reduciendo tiempos de espera por no contar con el producto en el momento que el cliente realiza el pedido ya que un proceso manual puede generar que cuando la demanda crezca este colapse , mientras que un proceso automatizado me permite manejar muchos más volúmenes cuando la demanda crece (Ramos, L. A. N., Mantilla, R. F. R., & Rodríguez, J. P. T.2023).

Las consecuencias que se pueden ver reflejadas si la empresa Berhlan de Colombia no mejora sus procesos productivos serian en la pérdida de competitividad ya que quedaría en desventaja frente a las empresas que se dedican a la producción de productos de aseo y si invierten en mejorar los procesos, ya que ellos reducirían los costos por medio de la optimización de recursos generando que el producto de Berhlan sea más costoso frente al mercado final ya que con el tiempo el consumir optara por productos más económicos y eficientes frente a la calidad.

Debido a que el mercado se encuentra en cambios constantemente, una empresa que no logre mejorar sus procesos productivos se volverá rígida y lenta para adaptarse al crecimiento que el mercado requiere causando pérdidas de ventas mayoristas y pérdida de clientes debido a que el mercado busca rapidez, calidad y precios bajos lo que conlleva a que los clientes prefieran comprar a la competencia.

Un proceso automatizado garantiza la precisión y calidad de sus productos porque al tratarse de un proceso en el que el peso varía constantemente y genera reprocesos por causa de pesos netos bajos los cuales son causantes por la poca precisión de la maquinaria actual, el cansancio de los operarios y la experiencia que puedan tener el uno al otro poniendo el riesgo la calidad del proceso la cual en una industria es muy importante porque logra ser más competitivo en el mercado y logra la fidelización de los clientes que buscan obtener un producto de calidad por un bajo costo (Saavedra, 2020).

Para mejorar el ámbito económico frente al proceso actual de la empresa Berhlan de Colombia el análisis de viabilidad propone la implementación de un sistema automatizado para la línea de crema lava loza, puesto que en la actualidad este proceso al ser tan manual y con tecnología tan básica está causando que los costos operacionales sean muy altos, al utilizar mucha mano de obra y reprocesos que causan pérdidas de tiempo.

Al reducir estos factores que son tan importantes en un proceso con una inversión que permite la eliminación de procesos que requieren mano de obra y elimina el error que genera la maquinaria actual y causa reprocesos generará un impacto muy positivo frente al costo final del producto causando nuevamente que sea competitivo frente al mercado y pueda aumentar sus

ganancias en el tiempo con la relación costo- beneficio y el retorno esperado de la inversión lo que es un aspecto clave en la gestión industrial (Rojas García, L. A. (2019).

Desde la perspectiva social y organizacional esta implementación para un sistema automatizado mejorará satisfactoriamente las condiciones de trabajo actuales, reduciendo la carga operativa manual, el estrés laboral y la eliminación de tareas repetitivas, eliminando también el error humano y logrando que pase de un proceso muy artesanal y que requiere mano de obra utilizada constantemente a un proceso de requerirá funciones de supervisión, control y mantenimiento preventivo ocasional (Arreaga, J. N. L., & Mera, A. A. O. (2025).

La importancia interna que tiene este proyecto es permitir fortalecer la eficiencia operativa, la confiabilidad de un proceso bien establecido y estandarización de un proceso productivo viable dentro de la organización generando nuevas ventajas competitivas frente al cumplimiento de nuevos estándares más exigentes estableciendo una base tecnológica que facilitara futuras implementaciones en etapas a mayor proyección impulsando la mejora continua y automatización de procesos industriales.

Desde un punto de vista externo esta propuesta cuenta con un alto potencial para otras empresas del sector manufacturero con problemas similares en procesos de dosificación y envasado de productos permitiendo adaptar esta práctica de viabilidad de implementación de un sistema de envasado y permitiendo replicar como una solución más rentable y eficiente en el tiempo, permitiendo así que pueda ser adaptada a estas industrias como solución de mejora útil y de esta manera este proyecto no solo aporta un valor organizacional en la empresa Berhlan de Colombia sino que también contribuye al crecimiento en el sector industrial de envasado a gran escala y promoviendo la automatización industrial.

5. Marco Teórico

5.1 Marco Conceptual

Automatización industrial. Es la implementación de tecnologías para la mejora de un proceso productivo en la cual se utilizan componentes como controladores lógicos programables, sensores, actuadores, servomotores, HMI y bandas transportadoras; con el fin de aumentar la eficiencia productiva, la calidad del producto, reducir el error humano y optimizar los costos operativos, reemplazando al máximo el trabajo manual por tecnología (Ramos, Mantilla y Rodríguez 2023).

Ilustración 1. *Sistema Automatizado En La Industria. Pesce (2025),*



Sistema de llenado. Es un proceso con la cual se realizan envasados con diferentes tipos de productos ya sean líquidos, sólidos, polvos o viscosos con el fin de tener precisión en los

recipientes, siendo rápido y minimizando el desperdicio del producto. Los tipos que se pueden utilizar son por gravedad, presión, pistón, bombas peristálticas, tornillo sinfín utilizada para polvos, doble sección, en caliente (Maza Cuarta, P. D. L. 2022).

Ilustración 2. *Sistema De Llenado En La Industria.* Kutz, M. (2018)



Procesos manuales. Son actividades que se realizan principalmente por personas ejecutando procedimientos con herramientas o equipos básicos, en estos procesos el desempeño depende directamente de la habilidad, experiencia del trabajador, lo que hace que los procesos manuales sean variables. En la industria, estos procesos suelen emplearse en etapas de la manufactura donde los procesos no son automatizados, adecuados para producciones pequeñas y limitadas de tecnología.

Control de calidad. Son actividades técnicas con procedimientos orientados a garantizar que cada envase cumpla con las especificaciones establecidas en término de peso, volumen y presentación, que asegure la conformidad del producto final y llegue a satisfacción del cliente. En todo proceso de llenado el control de contenido neto es uno de los aspectos más críticos, el cual debe cumplir con normas legales que exigen la cantidad del producto en cada envase según lo declarado en la etiqueta. Si estos datos presentan desviaciones pueden generar sanciones legales, devoluciones de producto y pérdida de confianza del consumidor (Gutiérrez Morote, R. R. 2018).

Ilustración 3. *Controles De Calidad. Página Oficial De Siemens*



Análisis de viabilidad. Es una herramienta muy utilizada en el ámbito de la ingeniería industrial para justificar las decisiones de inversión y permite evaluar si un proyecto es seguro en lo técnico, económico y operativo. Su objetivo fundamental es proporcionar información lo más acertada posible para minimizar riesgos y poder optimizar el uso de cada recurso disponible (Sobrero, F. 2009).

Productividad. Es un indicador fundamental de la ingeniería industrial, que permite medir los resultados obtenidos y los recursos utilizados dentro de un proceso de producción, teniendo en cuenta lo utilizado como mano de obra, tiempo, materia prima o maquinaria, este indicador no solo refleja la cantidad producida, también que tan eficientemente se está aprovechando los recursos disponibles.

La productividad es clave para la evaluación de desempeño de un sistema productivo, permite identificar oportunidades de mejora, reducir desperdicios y optimizar los recursos, un aumento en la productividad conlleva que la empresa genere mayor producto terminado en menos tiempo o con menores costos (Ramírez Méndez, G. G., Magaña Medina, D. E., & Ojeda López, R. N. 2022).

Innovación tecnológica en la industria. Consiste en integrar nuevos conocimientos, herramientas y sistemas con procesos tecnológicos con el propósito de mejorar el desempeño productivo, optimizando recursos y aumentar la competitividad de las empresas, la innovación se puede manifestar en la implementación de maquinaria moderna, automatización de procesos o adaptación de nuevas metodologías de producción.

Ilustración 4. *Innovación Tecnológica. Página Oficial Siemens*

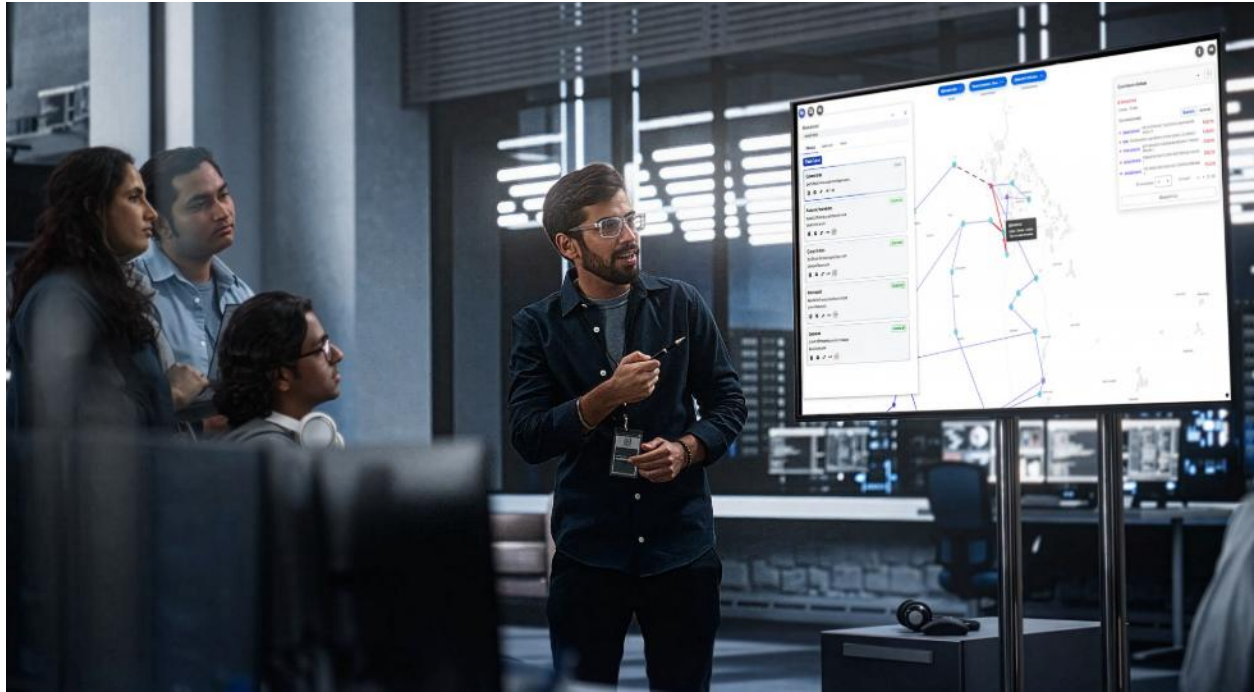


La innovación tiene como impacto directamente en los indicadores de productividad y eficiencia, al permitir disminuir tiempos de operación, reducir procesos, facilita la estandarización y mejoramiento de la calidad del producto y una mayor adaptación frente a cambios en la demanda (González, M. R., & Pérez, E. M. 1989).

Mejora continua. Es un enfoque que tiene como objetivo la optimización de procesos productivos de una manera más constante y progresiva sin esperar a que exista una falla grave para atender. Busca avanzar mediante ajustes pequeños que se sostengan en el tiempo en lugar de hacer cambios drásticos en un momento repentino y su idea principal es que todo se puede mejorar incluso cuando todo está bien por lo que la mejora continua es más un proceso permanente donde se observa el proceso completo, se detectan oportunidades de mejora y se aplican cambios

buscando conseguir un proceso más eficiente, más rápido o con mayor calidad (Villavicencio, D. X. P., Soler, V. G., & Bernabéu, E. P. 2017).

Ilustración 5. *Mejora En Procesos Industriales. Página Oficial Siemens*



El modelo más utilizado para la mejora continua es el método PDCA el cual distribuye a la mejora continua en cuatro pilares importantes los cuales son la planificación, que es la identificación del problema u oportunidad de mejora, después esta la ejecución que es la solución del problema también está la verificación que se basa en los resultados obtenidos y por último se actúa con base a los resultados si la solución funciona se implementa o si por el contrario esta no funciona se debe ajustar o se ejecuta otra alternativa (Espinoza Arias, A. M. 2019).

Eficiencia. Es la capacidad que tiene una empresa o un proceso para utilizar los recursos como tiempo, dinero, materiales, mano de obra, maquinaria entre otros, de la mejor manera para optimizar y lograr mejores resultados minimizando la cantidad de recursos posibles, esto no se basa simplemente en producir más sino de hacerlo más rápido y con menos desperdicios sin descuidar factores importantes como la calidad del producto final (Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. 2018).

Ilustración 6. *Eficiencia En La Industria. Página Oficial Siemens*



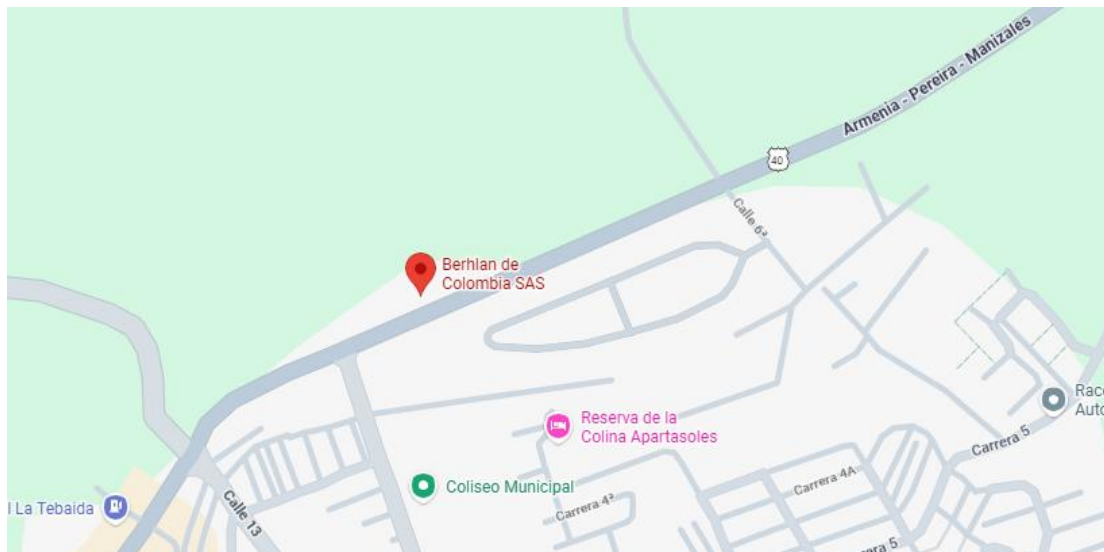
Materia prima. Corresponde a los materiales o elementos básicos utilizados dentro de un proceso productivo para la fabricación de un producto terminado, estos recursos representan el principal insumo de transformación en la industria que mediante diferentes operaciones manuales, mecánicas o automatizadas ganan valor agregado hasta convertirse en un producto final destinado al consumidor (Maza Cuarta, P. D. L. 2022).

Tiempos muertos. Corresponden a los períodos en los cuales un proceso productivo, máquina u operación permanece inactivo sin generar valor dentro de la producción. Estas pausas pueden presentarse por esperas operativas, fallas mecánicas, mantenimiento no programado, falta de materia prima, errores humanos, ajustes de maquinaria o deficiencias en la coordinación del proceso (Rojas García, L. A. 2019).

5.2 Marco Geográfico

El análisis se realizará en la sede principal de Berhlan de Colombia, la cual está ubicado en el municipio de la Tebaida, kilómetro 12 Vía al Valle, esta localización corresponde al área donde se desarrollan los procesos productivos relacionados con el sistema de llenado tema de investigación dentro del proyecto de automatización.

Ilustración 7. Ubicación De La Planta Berhlan. Google Map.



5.3 Estado Del Arte

El análisis de viabilidad para la automatización de procesos industriales ha sido muy estudiado en la ingeniería industrial a lo largo de la historia más específicamente cuando se busca la mejora en la eficiencia, competitividad y precisión de las empresas manufactureras, para este caso del presente estudio que tiene como enfoque la viabilidad de la implementación de un sistema de llenado automatizado de crema lava loza es primordial revisar los avances y estudios tecnológicos así como las metodologías aplicadas para este campo.

Enfoque tecnológico. La automatización de procesos industriales de llenado ha evolucionado considerablemente gracias a la integración de sistemas avanzados de control tales como PLC, HMI, sensores inductivos, celdas de carga ya que estas herramientas de automatización en sectores manufactureros han permitido reducir la variabilidad del proceso ,mejora las tareas repetitivas de las operaciones y minimiza la intervención humana lo que resulta ser indispensable en un proceso de llenado donde la precisión es un factor crítico (Groover 2020).

Ámbito específico. De los sistemas de llenados, estudios realizados por Kutz (2018) resaltan que los equipos modernos ahora incorporan tecnologías de dosificación volumétrica y gravimétricas las cuales permiten alcanzar niveles de exactitud superiores y son utilizadas en industrias de alimentos , cosméticos y productos de limpieza donde el control del contenido neto en la operación es fundamental para el cumplimiento de estándares de calidad lo que reduce la pérdida de producto y mejora las consistencias de peso final por envase.

Productividad industrial. Diferentes estudios realizados a lo largo del tiempo han analizado el impacto que tiene la automatización para la productividad industrial, así como Heizer, Render y Munson (2020) realiza la argumentación de que la implementación de tecnologías automatizadas permite optimizar el uso de recursos, eliminar cuellos de botella, y reducir tiempos de ciclo facilitando la estandarización de procesos lo que permite una mayor eficiencia operativa y una reducción importante en errores.

Enfoque del control de calidad. El proceso de envasado se habla de la importancia de la aplicación de técnicas estadísticas para garantizar la semejanza del producto y por medio del uso de sistemas automatizados los cuales permiten integrar controles en línea de monitoreo de variables críticas como el peso, volúmenes, velocidades de llenado eliminando o reduciendo al máximo la necesidad de inspecciones manuales lo que mejora la confiabilidad del proceso de llenado (Montgomery 2019).

Ámbito económico. El análisis de viabilidad de proyectos de automatización según Blank y Tarquin (2018) en sus estudios realizados señala que la evaluaciones de inversiones en maquinaria debe tener en consideración no solo el costo inicial , sino también los beneficios a largo plazo que este puede llegar a tener enfocados a la reducción de desperdicios , mejora en la productividad y reducción de costos laborales , los cuales pueden llegar a tener retornos significativos al contribuir con la reducción de reprocesos , optimización de materia prima y reducción en la mano de obra involucrada.

Enfoque de la industria 4.0. Destaca la transformación de sistemas productivos los cuales respaldan que la digitalización y la interconexión de los sistemas logran desarrollar procesos más inteligentes los cuales se adaptan al tiempo real a las condiciones de la producción lo que permite la posibilidad de ajustar los parámetros automáticamente manteniendo la precisión y eficiencia del proceso Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2016).

En resumen, el estado del arte demuestra que la automatización para los sistemas de llenado genera una solución efectiva mejorando la eficiencia, precisión y competitividad en los procesos productivos, resaltando la necesidad de un estudio de viabilidad el cual permite la evaluación de eficacia de las tecnologías en diferentes contextos como los factores técnicos, económicos y operativos.

6. Metodología

Reconociendo los estudios de Sobrero (2009) se presenta la siguiente metodología en la cual se plantea la viabilidad como una herramienta indispensable para la formulación de proyectos y permite evaluar las condiciones de funcionalidad y sostenibilidad del mismo, gracias a la viabilidad la cual permite determinar si un proyecto es factible y también determina la conveniencia y la adaptabilidad según las condiciones técnicas, económicas y operativas con las que cuenta la empresa, debido a esto Sobrero habla de 8 pasos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar un análisis de viabilidad los cuales se presentan en la siguiente tabla.

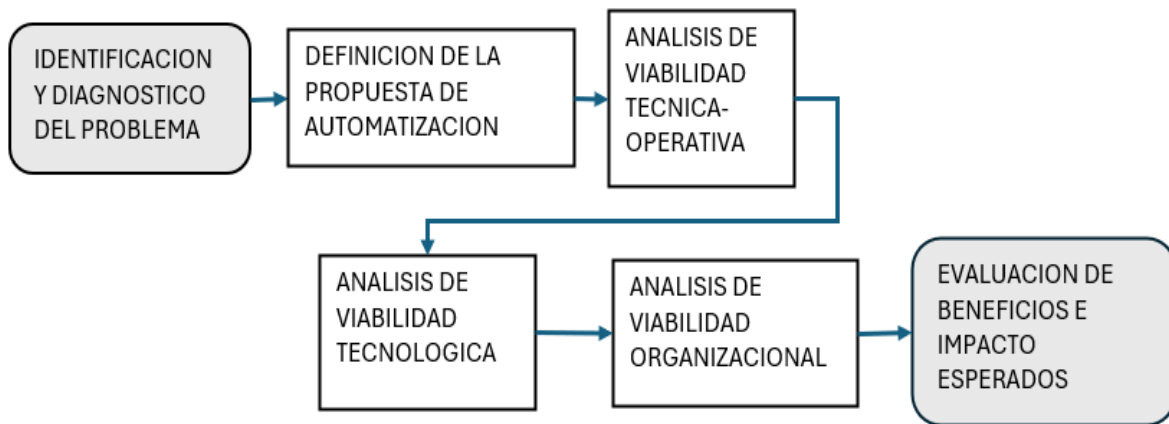
Tabla 1. *Pasos Para Estudio De Viabilidad. Sobrero (2009)*

PASOS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE VIABILIDAD	
paso 1	Identificación y diagnóstico del problema
paso 2	Definición de la propuesta de automatización
paso 3	Análisis de viabilidad técnica-operativa
paso 4	Análisis de viabilidad tecnológica
paso 5	Análisis de viabilidad financiera
paso 6	Análisis de viabilidad organizacional
paso 7	Análisis de viabilidad ambiental y de seguridad
paso 8	Evaluación de beneficios e impactos esperados

En la tabla 1 se presenta los pasos para realizar un análisis de viabilidad la cual se encuentra organizada de manera consecutiva con las fases necesarias para la evaluación sobre la implementación de la propuesta de automatización. Cada paso contribuye al análisis del proyecto y establece criterios objetivos para lograr una toma de decisiones en el proceso de investigación.

Para el estudio de viabilidad de la automatización de un sistema de envasado para la línea de crema lava loza solo se tendrán en cuenta 6 pasos de la metodología que aplica sobrero en sus estudios, ya que son los más indicados para el proceso que se desea desarrollar, a continuación, se realiza una imagen con los pasos seleccionados a aplicar en el proyecto.

Ilustración 8. *Pasos Identificados Para El Presente Proyecto*



En la ilustración 8 se muestran los pasos identificados para el presente proyecto, teniendo en cuenta su magnitud y su impacto no solamente en los indicadores del proceso; si no, en todo el ambiente industrial de la planta.

6.1. Identificación Y Diagnóstico Del Problema

Inicialmente se realiza un análisis de la situación del proceso actual de envasado de crema lava loza para lograr la identificación de las limitaciones, fallas y oportunidades de mejora dentro del proceso productivo. Para lo cual se deben tener en cuenta los siguientes pasos a seguir.

- Observación del proceso actual de envasado.
- Identificación de desperdicios, errores humanos y tiempos muertos.
- Análisis de la capacidad productiva de la línea de envasado de crema lava loza.
- Determinar problemas que afecten la productividad y precisión de contenidos netos.
- Recolección de información operativa y técnica.

Para lo que se recomienda la utilización de las herramientas como la observación directa, los diagramas de flujo, toma de tiempos y movimientos, acercamientos con las personas involucradas en el proceso productivo y registros fotográficos con el fin de comprender la necesidad el proceso para la implementación de la automatización del sistema de envasado de crema lava loza.

6.2. Definición De La Propuesta De Automatización

Para realizar una definición de la propuesta de automatización se debe tener en cuenta cual será la solución planteada para el problema lo cual se logra siguiendo los siguientes pasos:

- Se debe definir el tipo de automatización a realizar.
- Identificación de equipos requeridos para realizar la intervención.

- Determinación de variables de control sobre el proceso a mejorar.
- Propuesta para la implementación de sistemas tecnológicos como lo son los PLC y actuadores.
- Establecimiento general del funcionamiento del sistema.

Estos pasos se establecen con el fin de exponer la solución evaluada

6.3. Análisis De Viabilidad Técnica-Operativa

Basado en la investigación de Sobrero el autor indica que para evaluar la viabilidad se debe evaluar si la compañía cuenta con la capacidad técnico-operativa para la realización de la implementación y operatividad que el proyecto requiere para llevar a cabo por lo cual se debe realizar una serie de análisis necesarios para determinar esta viabilidad que son:

- Competencias que puede generar la automatización de la línea de envasado vs el estado actual de la misma.
- El espacio que ocupara físicamente en el área de producción.
- La disponibilidad de herramientas eléctricas y neumáticas.
- La capacidad del equipo de mantenimiento que labora en el lugar.
- La factibilidad se puede generar operativamente.

Estos estudios ayudaran a determinar si el proyecto es viable técnicamente para implementación de un sistema automatizado para la línea de crema lava loza.

6.4. Análisis De Viabilidad Tecnológica

Con base a los estudios realizados por el autor se define que la viabilidad tecnológica está basada en el estudio de tecnologías sostenibles seleccionadas para el proyecto de envasado y el riesgo que puede llegar a tener la obsolescencia o descontinuidad de estas por lo anterior se deben tener en cuenta los siguientes pasos para realizar una viabilidad tecnológica para el proyecto:

- Tecnologías actuales y la disponibilidad que pueden llegar a tener.
- Garantizar la compatibilidad para futuras mejoras.
- La factibilidad del sistema para generar actualizaciones.
- Disponibilidad de conseguir repuestos es corto tiempo.
- Larga vida útil de los equipos a instalar.

Los resultados que se buscan conseguir con este estudio es poder seleccionar las tecnologías más adecuadas para lograr la implementación del proyecto de automatización y que sean duraderas en el tiempo.

6.5. Análisis De Viabilidad Organizacional

Sobrero habla de cómo la viabilidad organizacional ayuda a determinar la capacidad de la empresa para evaluar la manera en la que se debe ejecutar y llevar a cabo el proyecto de automatización para ello se deben evaluar factores importantes como lo son:

- La adaptación del personal operativo hacia el proyecto.
- Las capacitaciones que se deben llegar a brindar al personal relacionado.
- Los cambios que se pueden llegar a presentar a nivel operativo.

- La capacidad que se debe tener tanto como las áreas relacionadas con la supervisión y equipo de mantenimiento.
- Los cambios que se deben implementar de las funciones que se realizan en el proceso.

Esto se realiza con el fin de determinar si la empresa y las personas involucradas en el proceso tienen la capacidad para la adaptación al cambio.

6.6. Evaluación De Beneficios E Impactos Esperados

Para finalizar con este estudio de viabilidad es muy importante mostrar los resultados positivos que genera llevar a cabo el proyecto de automatización de la línea de envasado de crema lava loza los cuales se recomiendan presentar con la siguiente información:

- Como el proyecto puede contribuir con el aumento de la productividad para la línea de envasado.
- Eliminación del error humano como reprocesos y pesos bajos.
- Reducción significativa de desperdicios de materia prima.
- Disminución de tiempos muertos aumentando la productividad de la línea.
- Mejoramiento de la calidad del producto final.

6.7 Tipo De Investigación

El tipo de investigación que se estableció fue aplicada y tecnológica, en la cual se analizó la situación actual que presentan las envasadoras volumétricas de crema lava loza

en Berhlan de Colombia cuando dosificada el producto, este tipo de investigación nos permite presentar una opción viable para la solución del problema y mejorar la precisión del llenado.

6.8 Enfoque De La Investigación

Enfoque cuantitativo: se recolectarán datos numéricos sobre los márgenes de error en gramos para todas las referencias (500, 1000 y 3000g), tiempos de ciclo por unidad y costos asociados a los reprocesos. Esto con el fin de medir la "imprecisión" y validar técnicamente la mejora.

6.9 Tipo De Investigación: Aplicada Y Tecnológica

El trabajo se clasifica como una investigación aplicada, ya que su principal fin es resolver un problema práctico en la línea de producción de crema lava loza, también es tecnológica, porque propone la optimización de un sistema neumático actual mediante la integración de componentes de control motorizado y automatización con lazo cerrado que garanticen la precisión.

6.10 Alcance De La Investigación: Descriptivo Y Propositivo

El estudio tiene un alcance descriptivo, al detallar cuidadosamente las fallas del sistema actual de cilindros neumáticos y sensores. Es propositivo, al culminar en un análisis de viabilidad para la implementación de la nueva tecnología de llenado.

7. Resultados

7.1. Identificación y Diagnóstico del Problema

Con el propósito de identificar las principales limitaciones y fallas del proceso de envasado de crema lava loza, se realizó una inspección directa para analizar la línea de producción actual en la empresa Berhlan de Colombia.

Este análisis permitió identificar problemas relacionados con la precisión del llenado, reprocesos, tiempos muertos y dependencia operativa, los cuales afectan directamente la productividad y eficiencia de la línea de producción.

7.1.1 Descripción del Proceso Actual

El sistema de la máquina de llenado utilizado actualmente funciona mediante accionamiento neumático de un cilindro de doble efecto y un actuador de tres vías, donde el producto cae en la tolva por gravedad, cuando el operario activa la máquina, el actuador cambia de posición dejando pasar la crema succionada hacia la camisa de llenado a través del accionamiento del cilindro neumático cuando se retrae.

El volumen dosificado depende directamente del recorrido configurado mediante sensores magnéticos en el cilindro, este posicionamiento de los sensores es calibración realizada manualmente por el operario, el cilindro es accionado hacia adelante apenas sea detectado por los sensores y el actuador cambia de posición para dejar pasar la crema hacia la boquilla, el ciclo se repite cada vez que se activen los sensores en el recorrido del cilindro neumático.

Una vez finalizado el llenado de cada envase estos deben ser pesado individualmente para verificar que cumpla con el contenido neto requerido, cuando el peso no cumple con la especificación establecida, el operario debe adicionar o retirar producto manualmente antes del proceso de sellado, generando reprocesos y aumentando el tiempo operativo del proceso.

Ilustración 9. *Sistema Actual De Llenado De Crema Lava Loza. Elaboración Propia*



7.1.2 Descripción Del Proceso De Envasado Actual Paso A Paso

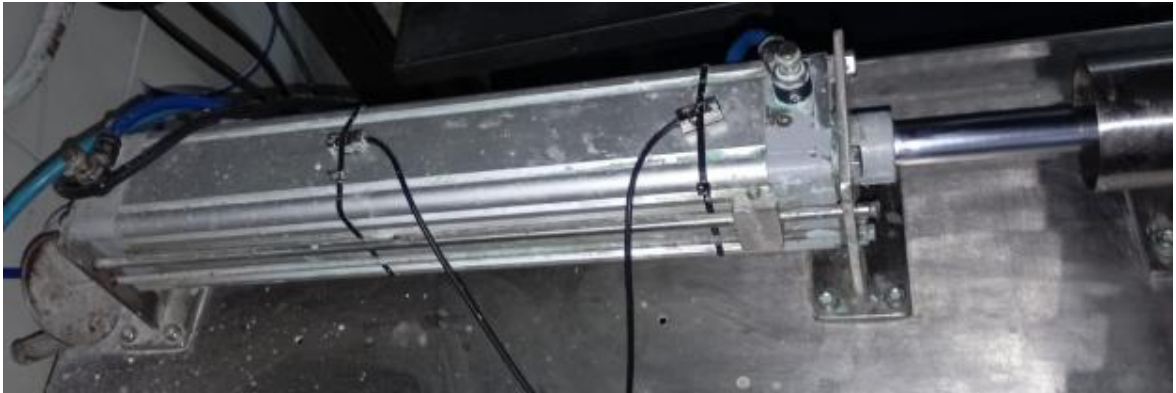
Paso 1. La tolva se llena de producto. Una vez la materia prima cumple con los estándares de calidad para ser empacados los operarios se disponen a bajar el producto del tanque de preparación por medio de la gravedad, el cual se comunica desde el tanque a la tolva de la máquina por medio de unas tuberías que facilitan el recorrido de bajada.

Ilustración 10. *Tolva De Dispensación. Elaboración Propia*



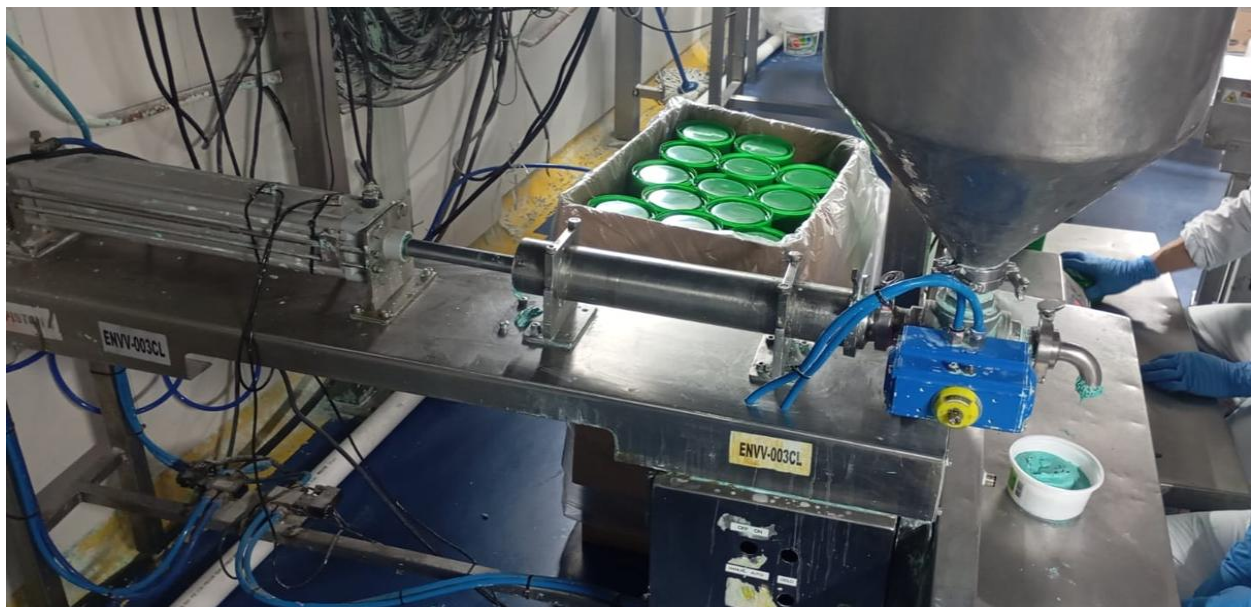
Paso 2. El sensor determina el recorrido. Por medio de los sensores posicionados en el cilindro neumático se determinar el desplazamiento del vástago, este está dentro de la camisa donde se almacena la crema, esta calibración se hace manualmente por los operarios antes de iniciar y teniendo en cuenta la referencia, entre más separen los sensores, más capacidad de volumen entrega la máquina.

Ilustración 11. *Sensores De Cilindro Neumático. Elaboración Propia*



Paso 3. La máquina dosifica la crema. Una vez el producto se encuentra en la tolva de llenado, este es movido por un cilindro neumático que facilita la salida del producto hacia el envase en el cual se empaca la crema lava loza para el cliente final.

Ilustración 12. *Máquina Envasadora De Crema Lava Loza. Elaboración Propia*



Paso 4. Dosificado de los envases. Según la referencia ya sea por presentación de (500 gr, 1000gr y 3000 gr) el operario debe quedarse sosteniendo el envase hasta que la máquina termine de llenar para luego disponerse a dejar el producto lleno en una mesa para corroborar el peso neto.

Ilustración 13. *Referencia De Envase Para Crema. Elaboración Propia*



Paso 5. Operario debe pesar unidad por unidad. Un segundo operario debe coger el producto de la mesa y pesar unidad por unidad con ayuda de una báscula para determinar si el peso dispensado es correcto.

Ilustración 14. *Pesaje De Envase. Elaboración Propia*



Paso 6. Se corrige manualmente. Si el peso está por debajo debe adicionarle con una espátula más producto hasta conseguir el peso correcto, si por el contrario el peso sobrepasa el contenido neto el operario deberá retirar el producto sobrante para llegar al peso neto requerido por los estándares de calidad y después se dispone a tapar el producto para pasar al proceso de embalaje.

Ilustración 15. *Corrección De Peso Neto. Elaboración Propia*

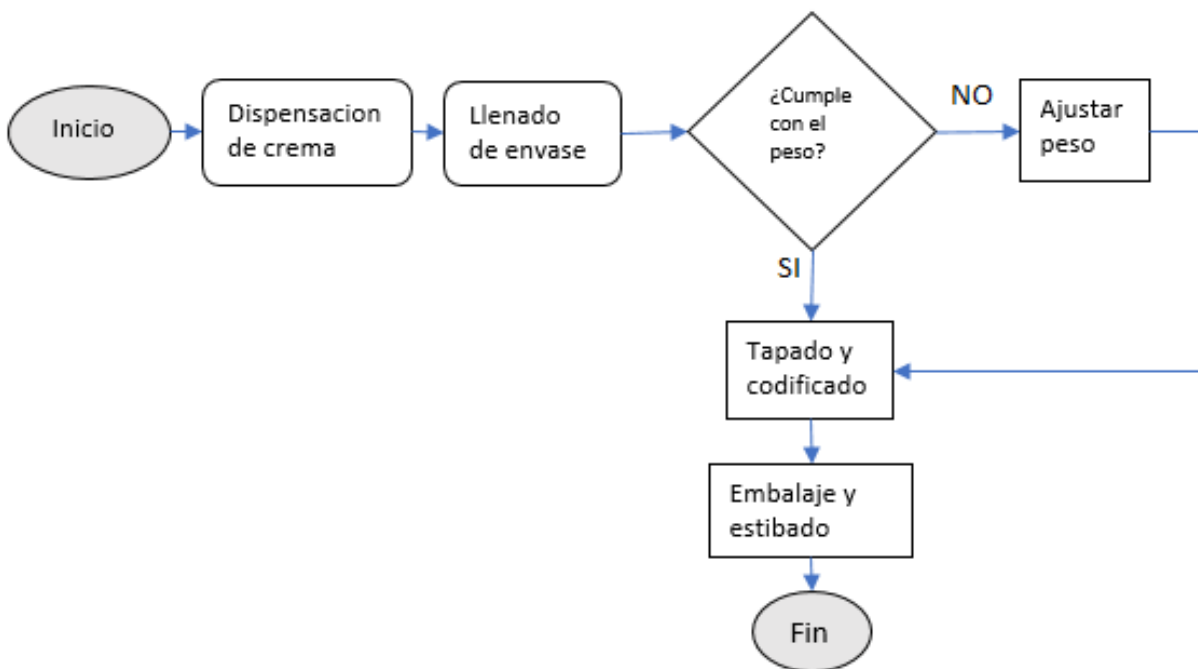


Paso 7. El tapado y embalaje. Una vez se corrige el peso, el producto se trasporta por bandas hasta llegar a una mesa giratoria donde un operario embala el producto en la caja y lo estiba para finalizar con el proceso de envase de crema lava loza.

Ilustración 16. *Envase Que Cumple, Se Embala. Elaboración Propia*



Ilustración 17. *Diagrama De Flujo Del Proceso Actual. Elaboración Propia*



El proceso actual no cuenta con un sistema de control en lazo cerrado que permita corregir automáticamente las variaciones de peso durante el llenado, por lo que la precisión de la dosificación depende del ajuste manual del proceso y de verificaciones posteriores.

7.1.3 Problemas Encontrados

Tabla 2. Problemas identificados en el proceso de envasado de crema lava loza. Elaboración Propia

Problema identificado	Descripción	Consecuencia principal	Impacto en el proceso
Variaciones de peso en el llenado	El sistema neumático presenta fluctuaciones en la cantidad de producto dosificado.	Reprocesos constantes.	Incremento del tiempo de producción y desperdicio de materia prima.
Intervención humana constante	El operario debe supervisar, ajustar y corregir continuamente el peso de los envases.	Tiempos muertos.	Disminución de la eficiencia operativa y aumento de costos laborales.
Dependencia de mano de obra	La precisión del proceso depende de la experiencia y habilidad del operario.	Error humano.	Variabilidad en la calidad del producto terminado.
Fallos en el sistema neumático	El desgaste de componentes y cambios de presión afectan la repetibilidad del llenado.	Baja precisión.	Inconsistencias en el contenido neto de los envases.
Demoras en la calibración	Los cambios de referencia requieren ajustes manuales frecuentes.	Baja productividad.	Reducción de la capacidad de producción de la línea.
Pesaje individual de envases	Cada unidad debe ser verificada manualmente después del llenado.	Aumento del tiempo de ciclo.	Menor rendimiento de la línea de producción.
Corrección manual de producto	Se debe adicionar o retirar producto cuando el peso no cumple la especificación.	Incremento de reprocesos.	Mayor consumo de tiempo y recursos operativos.
Ausencia de control en lazo cerrado	No existe retroalimentación automática del peso durante el llenado.	Baja repetibilidad.	Dificultad para garantizar la precisión del proceso.

Desperdicio de materia prima	Las sobre dosificaciones generan pérdidas de producto.	Incremento de costos.	Menor rentabilidad del proceso productivo.
Baja capacidad de monitoreo	El sistema actual no registra variables ni parámetros de operación.	Limitado control del proceso.	Dificultad para realizar mejoras y análisis de desempeño.

Durante el análisis se identificaron diferentes factores que afectan la productividad del proceso de llenado. La principal limitación corresponde a la inestabilidad del sistema neumático, el cual presenta diferencias constantes en el peso final del producto, esta situación obliga al operario a realizar ajustes manuales continuos, incrementando los tiempos de producción y generando pérdidas operativas por reprocesos y generando un alto riesgo de error humano.

7.1.4 Toma De Tiempos Y Productividad

A continuación, se realiza una toma de tiempos para la referencia de crema lava loza de 3000g cuando ha llenado, pesaje y correcciones

Tabla 3. *Análisis De Toma De Tiempos Referencia 3000g. Elaboración Propia*

Actividad	Tiempo promedio (s)	Participación en el ciclo (%)	Clasificación	Impacto en el proceso
Llenado del envase	4	40%	Agrega valor	Realiza la dosificación del producto en el recipiente.
Pesaje del envase	3	30%	No agrega valor	Verifica el cumplimiento del peso requerido.

Corrección manual del peso	3	30%	No agrega valor	Ajusta el contenido cuando existen desviaciones.
Tiempo total del ciclo	10	100%	-	Tiempo necesario para obtener una unidad terminada.

Durante la toma de tiempos se evidenció que el proceso de corrección manual y pesada de cada envase son unas de las actividades que afectan la productividad de la línea, debido a que incrementa considerablemente el tiempo de ciclo por unidad.

7.2 Definición De La Propuesta De Automatización

Con los estudios realizados del proceso actual de crema lava loza se propone la siguiente propuesta de automatización para la línea de envasado en la empresa Berhlan de Colombia, donde se busca la mejora en cuanto a la precisión del llenado, disminuir reprocesos y aumentar la productividad.

7.2.1 Propuesta De Automatización

La propuesta consiste en implementar un sistema automatizado de llenado controlado mediante Plc, pantalla, servomotor y celda de carga, permitiendo realizar una dosificación más precisa del producto en comparación con el sistema neumático actual, ya que se implementará un

sistema de control retroalimentado o lazo cerrado, todo el sistema en conjunto permitirá controlar variables como velocidad, volumen de llenado y posicionamiento del mecanismo de dosificación, reduciendo la variabilidad del proceso y eliminando los reprocesos por niveles inestables.

La propuesta consiste que mediante un sensor que detecta el envase en posición para el llenado, activa el servo motor que ya tiene programado el peso desde pantalla para que avance y dosifique la crema, el envase va a estar situado en una banda transportadora y en el momento de la dosificación va a estar apagada, la banda será soportada por la celda de carga que medirá el cambio de peso al momento de la dosificación, una vez haya cumplido en peso establecido desde la pantalla el servo se detendrá y se activará la banda para dejar salir el envase lleno y dejar entrar otro vacío, repitiendo el ciclo hasta terminar, esto es posible ya que el servo una vez empieza a dosificar, la celda de carga lo estará retroalimentando para que el llenado sea preciso, asimismo, la automatización disminuirá la intervención manual del operario, permitiendo que las funciones principales se enfoquen en supervisión y control del sistema.

7.2.2 Componentes De La Automatización

Tabla 4. Componentes Más Relevantes. Elaboración Propia

Componente	Marca / Modelo	Función principal	Beneficio para el proceso
PLC	Siemens S7-1200	Control lógico del sistema automatizado	Coordina la secuencia de llenado, transporte y control de peso.
HMI	Delta DOP-107WV	Interfaz de operación y supervisión	Permite configurar recetas, monitorear variables y visualizar alarmas.

Servomotor	Xinje DS5F – 750 W	Accionamiento del sistema de dosificación	Proporciona alta precisión y repetibilidad en el llenado.
Sensor fotoeléctrico	Sick	Detección de envases	Garantiza el inicio automático del ciclo de llenado.
Celda de carga	Trumax	Medición continua del peso	Permite implementar control en lazo cerrado para asegurar la exactitud del contenido neto.
Fuente de alimentación	Siemens 24 VDC	Alimentación de dispositivos electrónicos	Suministra energía estable al PLC, HMI y sensores.
Banda transportadora	Industrial	Transporte de envases	Automatiza el desplazamiento del producto entre etapas del proceso.

Los componentes electrónicos que se utilizarán para la implementación del sistema automatizado serán componentes industriales diseñados para la precisión y estabilidad del proceso de llenado, estos componentes cumplen con funciones específicas en el sistema de control y automatización, permitiendo integrar funciones de supervisor, accionamiento y control operativo.

A continuación, se cotizan y se describe los componentes que se utilizaran en el proceso de automatización.

Cotización de componentes electrónicos

Ilustración 18. Cotización De Componentes Electrónicos. Suministrada Por Empresa Contratista



COTIZACIÓN

FECHA:	20/05/2026	CONTRATANTE:	BERHLAN DE COLOMBIA
RAZON SOCIAL:	OMNIINGENIERÍA AM S.A.S	NIT:	900742771-9
NIT:	901968365-6	DIRECCION:	kilometro 12 via al valle, la tebaida
DIRECCION:	Call3 45 42 10 - Armenia	TELEFONO:	321 618 8586
TELEFONO:	316 423 3558	CONTACTO:	jose rodrigo martinez
TRABAJO:	COTIZACION DE MATERIALES ELECTRONICOS	ORDEN:	
FECHA INICIO DE LA OBRA:		SOL. DE PEDIDO:	
FECHA FIN DE LA OBRA:		COTIZACION No	211004

1. DESCRIPCION DEL SERVICIO:

cotización de materiales para maquina envasadora

DESCRIPCION	UND	CANT	VAL. UNITARIO	VALOR TOTAL
2. MATERIALES:				
plc s7 1200 siemens cpu 1214c	und	1	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000
pantalla tactil delta dop 107 dv de 7"	und	1	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
bandas transportadora de 2 metros largo con tabletop de 4"	und	2	\$ 4.500.000	\$ 9.000.000
celda de carga de 4 tornillos de 600 kg	und	1	\$ 450.000	\$ 450.000
servo drive xinje de 750 w ds5f 20p	und	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
variador de 1 hp simaniv20 siemens	und	1	\$ 750.000	\$ 750.000
TOTAL MATERIALES				\$ 16.700.000

DESCRIPCION	%	BASE DE CALCULO	VALOR TOTAL
6. IMPUESTOS			
IVA	19%	\$ 16.700.000	3.173.000
TOTAL IMPUESTOS			\$ 3.173.000
TOTAL			\$ 19.873.000

CONDICIONES COMERCIALES

VALIDEZ DE LA OFERTA:	5 días, después de la fecha de entrega.
CONDICIONES COMERCIALES:	
TIEMPO DE ENTREGA:	1 semanas después de recibir pago
GARANTIA:	

La cotización corresponde a los principales componentes electrónicos requeridos para la implementación del sistema automatizado de llenado. Esta información fue utilizada como base para la estimación de los costos de inversión y el análisis de viabilidad económica del proyecto.

PLC

Ilustración 19. *PLC Seleccionando. Página Oficial Siemens*



El siemens SIMATIC S7-1200 se caracteriza por ser un controlador lógico programable (PLC) que se utiliza para la automatización de máquinas y procesos industriales ya que permite controlar sensores, válvulas, motores de una manera más segura y es una herramienta muy utilizada ya que facilita las funciones de programación, comunicación y confiabilidad.

HMI

Ilustración 20. *HMI seleccionada. Página oficial de Delta Electronics.*



El HMI DELTA ELETRONICS es un dispositivo de pantalla táctil que permite la interacción con máquinas y procesos industriales y es muy utilizada para la visualización de información, monitores de parámetros y revisión del estado de los equipos en tiempo real.

Servo Xinje

Ilustración 21. *Servo Drive Seleccionando. Página Oficial de Wuxi Xinje Electric Co., Ltd.*



El servo de Xinje se utiliza como un sistema de control de movimiento el cual facilita el desplazamiento de motores de alta velocidad y precisión y es muy utilizado en la industria ya que permite controlar posiciones, giros y sincronización de una manera más exacta.

Sensor fotoeléctrico

Ilustración 22. *Sensor Fotoeléctrico seleccionado. SICK Worldwide*



Los sensores de SICK son dispositivos industriales los cuales se utilizan para detectar objetos, distancias y posiciones en las maquinas o procesos industriales, también son muy reconocidos por la alta precisión y confiabilidad para procesos de automatización industrial y se utilizan mucho en líneas con bandas transportadoras, sistemas de seguridad que ayudan a mejorar el control y la eficiencia.

Celda de carga

Ilustración 23. Celda De Carga De 600kg. Sipesa Colombia S.A.S.



Las celdas de carga básicamente es un sensor que se utiliza para medir pesos o fuerzas en diferentes procesos industriales y funcionan trasformando la presión o el esfuerzo en señales eléctricas que se interpretan por medio de un controlador o indicadores.

Fuente de 24V DC

Ilustración 24. Fuente De 24V DC. Página Oficial Siemens



Es un dispositivo cuya función es convertir la energía eléctrica de corriente alterna en corriente directa de 24 voltios y es muy utilizado para la alimentación de equipos industriales que lleven PLC, pantallas HMI y sensores y es muy útil en un proceso de automatización debido a que entrega un voltaje estable y seguro para el correcto funcionamiento de los dispositivos utilizados en los procesos.

Variador de frecuencia

Ilustración 25. Variador De 1hp Sinamics V20. Página Oficial Siemens



El SINAMICS V20 de Siemens es un sistema de variación de velocidades diseñado para el control de motores eléctricos de una manera más eficiente y sencilla permitiendo ajustar velocidades y el arranque del motor según la necesidad y también es muy utilizado en bandas transportadoras y bombas gracias a su fácil funcionamiento y ahorro de energía.

7.2.3 Análisis De La Propuesta De Automatización

La propuesta de automatización de un sistema de llenado para la línea de crema lava loza permite alternativas más tecnológicas encaminadas a la mejora del desempeño operativo de la línea integrando tecnologías de automatización industrial las cuales permitirán el aumento de la precisión del proceso, reducción de la dependencia operativa y la optimización de los tiempos de producción además esta propuesta también presenta características de adaptación y flexibilidad para mejoras futuras dentro del proceso de producción.

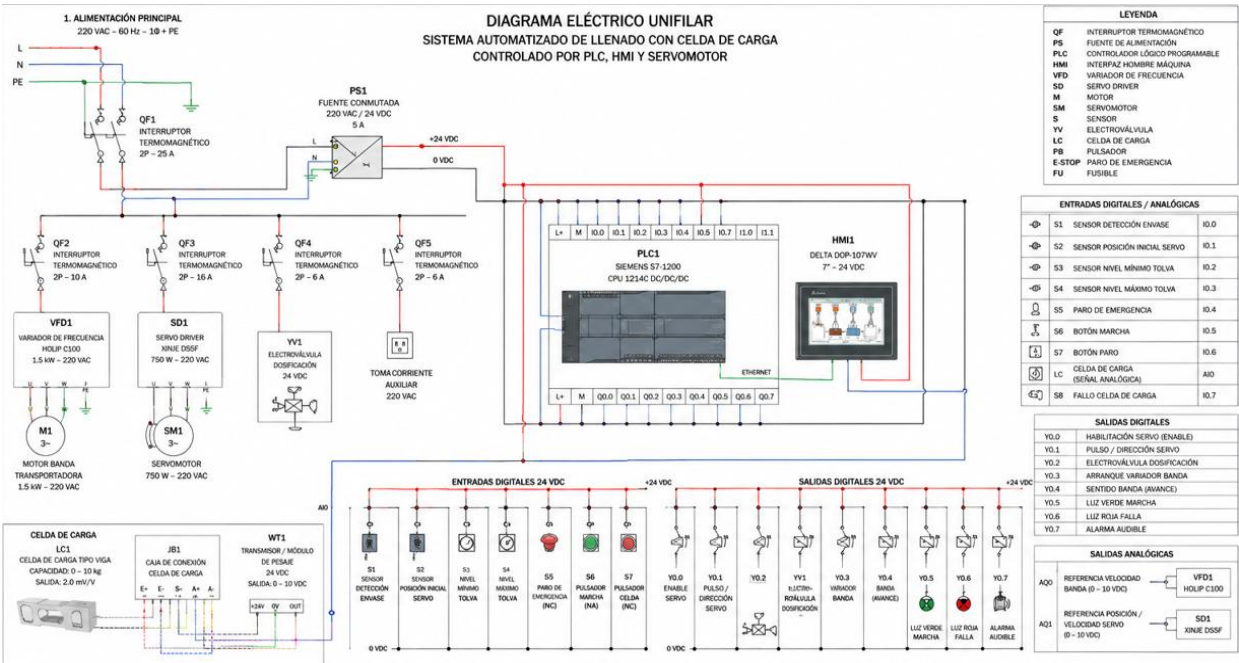
7.3 Viabilidad Técnica-Operativa

Después de definir la propuesta de automatización para el proceso de automatización de crema lava loza se realiza un análisis de viabilidad técnica-operativa para definir si la empresa Berhlan de Colombia cuenta con las condiciones necesarias para la implementación de esta propuesta.

Con este análisis de viabilidad técnica- operativa se tienen en cuenta aspectos importantes como lo son la infraestructura física del proceso, la disponibilidad de servicios industriales, requerimiento del área de mantenimiento, compatibilidad de los equipos actuales y la operación del sistema automatizado.

CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS

Ilustración 26. Diagrama Unifilar Eléctrico. Elaboración Propia



El sistema de llenado funcionara con un control de lazo cerrado, donde la celda de carga realimenta continuamente al PLC para verificar el peso del producto dosificado, cuando se alcanza el peso programado desde la HMI, el servomotor detiene la dosificación.

7.3.1 Disponibilidad De Espacio Físico

Ilustración 27. *Espacio Disponible De Planta. Elaboración Propia*



Durante la inspección del área de producción donde está la línea, se demostró que actualmente la máquina de llenado neumática dispone del espacio suficiente para la instalación de la propuesta automatizada. La integración del servomotor, banda transportadora y tablero de control no requiere modificaciones estructurales significativas, permitiendo utilizar gran parte de la infraestructura existente.

7.3.2 Disponibilidad De Energía Eléctrica

Ilustración 28. *Tablero Eléctrico En Área De Crema Lava Loza. Elaboración Propia*



La revisión al sistema eléctrico del área de producción de crema permitió identificar la disponibilidad de una red de alimentación industrial de 220 VAC y 60 Hz, así como la existencia de protecciones eléctricas y espacio suficiente para futuras ampliaciones.

Tabla 5. *Datos Técnicos Del Tablero. Elaboración Propia*

Recurso evaluado	Estado actual	Aplicación en el proyecto	Resultado
Alimentación eléctrica 220 VAC	Disponible	Energización de equipos de potencia y control	Cumple
Frecuencia de operación 60 Hz	Disponible	Compatibilidad con los equipos seleccionados	Cumple
Tablero eléctrico principal	Disponible	Integración de PLC, HMI y dispositivos de control	Cumple
Protecciones eléctricas	Instaladas	Protección de equipos y operadores	Cumple
Espacio para expansión	Disponible	Incorporación de nuevos dispositivos de automatización	Cumple
Fuente de alimentación 24 VDC	Requerida e integrable	Alimentación de sensores y sistemas de control	Cumple
Sistema de puesta a tierra	Disponible	Seguridad eléctrica y protección de equipos	Cumple
Canalizaciones y cableado	Disponibles	Interconexión de los componentes del sistema	Cumple

Se realiza la verificación para determinar si la empresa Berhlan de Colombia cuenta con suministro eléctrico industrial adecuado para la alimentación de los nuevos componentes que se desean implementar.

7.3.3 Disponibilidad De Aire Comprimido

Ilustración 29. Cuarto De Compresores Berhlan De Colombia. Elaboración Propia



Tabla 6. Datos Técnicos Del Sistema Neumático. Elaboración Propia

Recurso evaluado	Estado actual	Aplicación en el proyecto	Resultado
Compresor industrial	Disponible y operativo	Suministro de aire para elementos neumáticos auxiliares	Cumple
Red neumática de distribución	Instalada y funcional	Transporte de aire comprimido hacia la línea de producción	Cumple
Presión de trabajo	Adecuada para la operación	Garantiza el funcionamiento estable de los dispositivos neumáticos	Cumple
Puntos de conexión	Disponibles	Permiten la integración de nuevos elementos sin modificaciones mayores	Cumple

Continuidad del suministro	Permanente durante la producción	Evita interrupciones en la operación del sistema	Cumple
Estado general de la instalación	Bueno	Compatible con la propuesta de automatización	Cumple

La empresa dispone de una red de aire comprimido en funcionamiento puede ser utilizada para los elementos neumáticos auxiliares del sistema automatizado, garantizando la continuidad operacional del proceso.

7.3.4 Compatibilidad Con La Máquina Actual

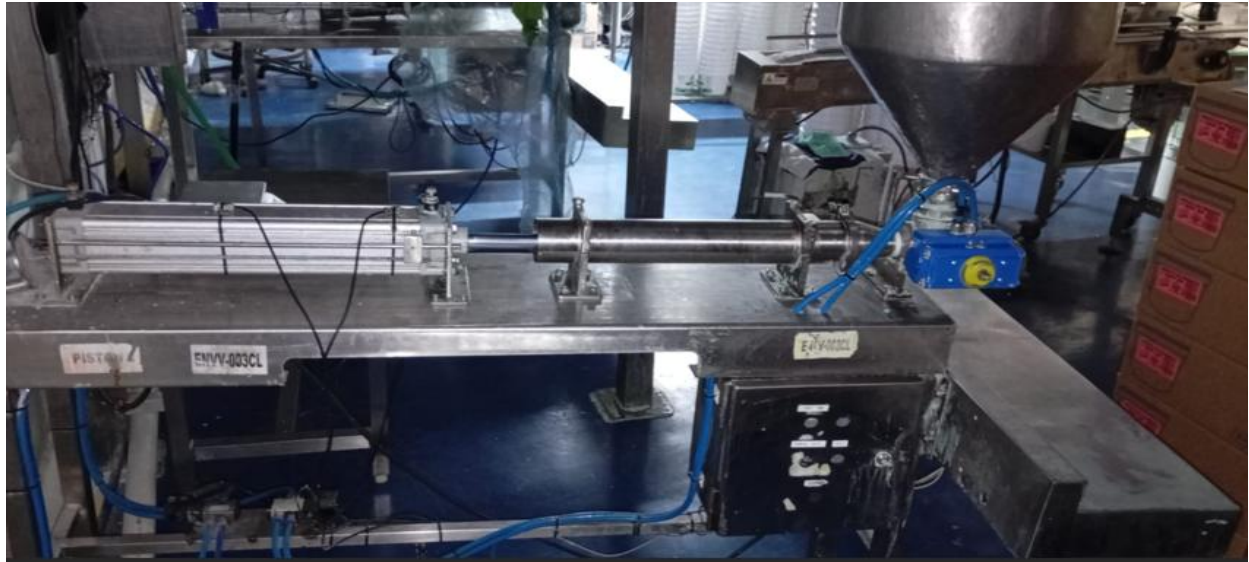
Tabla 7. *Elementos Compatibles Con La Máquina Actual. Elaboración Propia*

Componente existente	Estado de compatibilidad	Acción requerida	Justificación técnica
Tolva de almacenamiento	Compatible	Se conserva	Mantiene su funcionalidad y capacidad de almacenamiento del producto.
Estructura principal	Compatible	Se conserva	Presenta condiciones mecánicas adecuadas para soportar los nuevos componentes.
Chasis de la máquina	Compatible	Se conserva	Permite la instalación de los sistemas de automatización sin modificaciones estructurales significativas.

Boquilla de llenado	Compatible	Se conserva	Continúa cumpliendo los requerimientos del proceso de dosificación.
Cilindro dosificador neumático	Parcialmente compatible	Se reemplaza por servomotor	Se requiere mayor precisión y control del volumen dosificado.
Tablero eléctrico existente	Parcialmente compatible	Se modifica y amplía	Debe incorporar PLC, HMI, protecciones y dispositivos de control adicionales.
Sistema neumático auxiliar	Compatible	Se adapta	Puede utilizarse para funciones complementarias dentro del proceso.

El análisis de compatibilidad nos reveló que parte de la infraestructura de la máquina actual puede ser reutilizada dentro de la propuesta de automatización, lo que permite disminuir los costos de implementación, reducir los tiempos de montaje y aprovechar recursos existentes, mejorando la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Ilustración 30. Máquina Actual Como Base Para La Automatización. Elaboración Propia



Gracias a este análisis se determina que los componentes de la máquina de envasado de crema lava loza actual, pueden ser aprovechables para la propuesta de automatización los cuales podrían ser: Tolva de envasado, estructura principal y parte del sistema de dosificación podrían ser reutilizados ayudar a la reducción de costos de implementación del proyecto.

7.3.5 Operación Del Sistema Propuesto

Ilustración 31. Sistema Propuesto. Imagen Generada Mediante Inteligencia Artificial a Partir de Fotografías Reales Tomadas Durante La Inspección



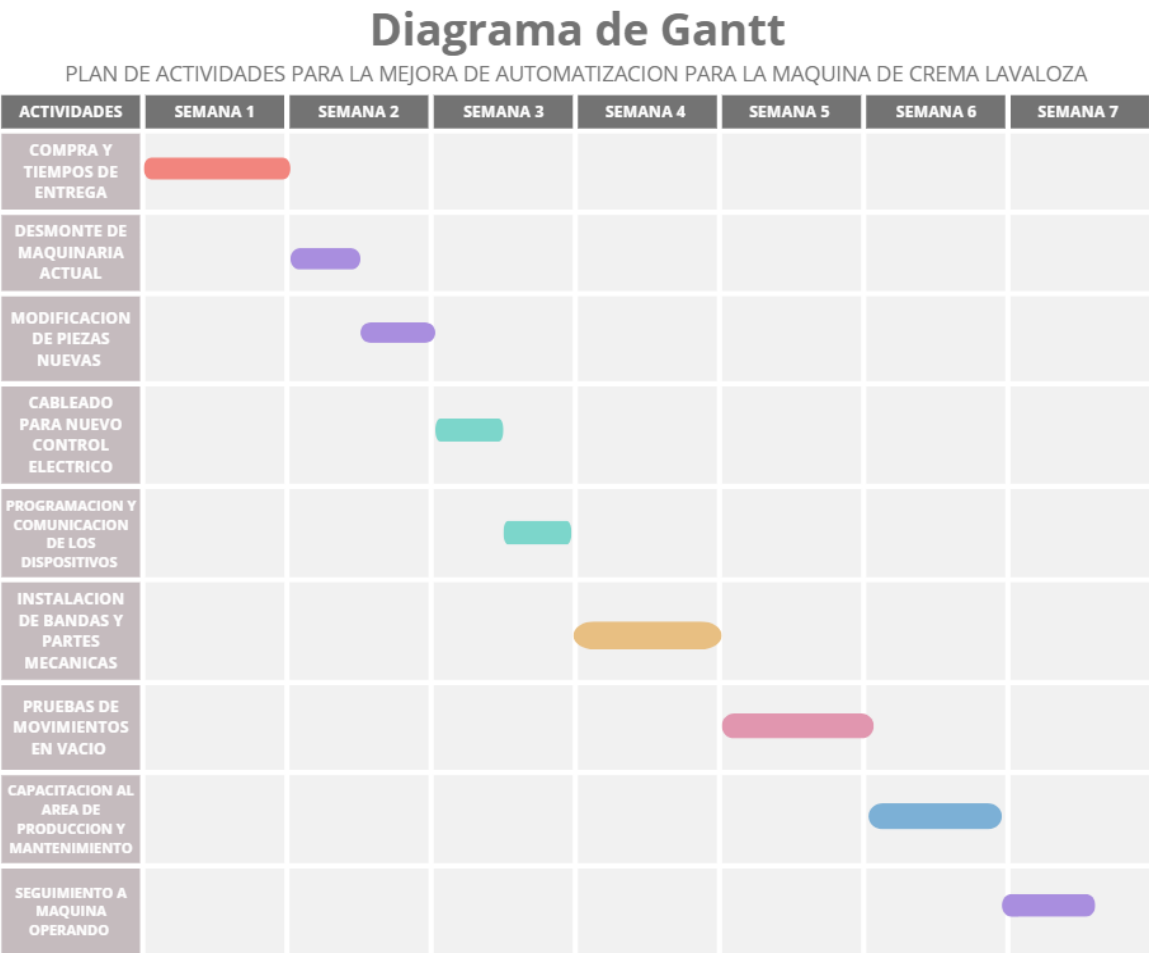
La adaptación de una interfaz HMI facilitará que el operario configure recetas de producción, supervise alarmas y controle el funcionamiento del sistema de manera fácil la operación, esto reducirá la dificultad del ajuste del proceso y disminuirá la posibilidad de errores en la producción.

7.3.6 Resumen De La Viabilidad Técnica-Operativa

Este análisis de viabilidad técnica-operativa permitió establecer que la empresa Berhlan de Colombia cuenta con los recursos necesarios para la implementación de la propuesta de automatización del proceso de envasado de crema lava loza debido a que se verificó la

disponibilidad del espacio físico, infraestructura eléctrica, red neumática y los recursos humanos capacitados para la operación y el mantenimiento del sistema , también se identificó la posibilidad de la reutilización de elementos existentes en la maquinaria actual lo que logra reducir los costos de implementación y favoreciendo la viabilidad del proyecto al ser más rentable económicamente.

Ilustración 32. Diagrama De Gantt. Elaboración Propia



Este diagrama de Gantt permite visualizar de manera organizada la secuencia de las etapas necesarias para el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta la compra de equipos, trabajos mecánicos, instalación eléctrica, programación, pruebas de funcionamiento y puesta en marcha. Su elaboración facilita la planificación de los recursos y tiempos requeridos, permitiendo estimar

la duración total del proyecto y garantizar una ejecución ordenada de cada una de las actividades programadas.

Compra y tiempos de espera. Se determina un tiempo estimado de 1 semana para realizar la compra de los equipos que se utilizaran en la implementación del sistema automatizado para la línea de crema lava loza teniendo en cuenta también los tiempos de entrega por parte de los proveedores a la empresa Berhlan de Colombia.

Desmonte de maquinaria actual. Se realiza el desmonte del cilindro neumático y del sistema de control para realizar la limpieza de las partes y acondicionar el espacio los nuevos equipos lo que lleva un tiempo estimado de 3 días.

Modificación de piezas nuevas. Implementación de soportes para servomotor, instalación tablero eléctrico con medidas más grandes al actual, soporte para bandas transportadoras nuevas requiere un tiempo de 3 días.

Cableado para nuevo control eléctrico. Se realizan las conexiones eléctricas de los dispositivos nuevos tales como PLC, pantalla, celdas de carga, servomotor y se energizando lo que tarda un tiempo de 4 días.

Programación y comunicación de los dispositivos. Desarrollo del programa y descarga al PLC y al HMI y se verifica la comunicación entre los dispositivos tiempos estimado de 3 días.

Instalación de bandas y partes mecánicas. Se instalan las nuevas bandas transportadoras y los dispositivos como servomotor que se debe acoplar a la maquinaria existente y se realiza el armado de la máquina nuevamente lo que lleva un tiempo de 7 días.

Pruebas de movimiento en vacío. Se realizan pruebas en la máquina de envasado de crema lava loza sin producto para verificar que el sistema allá quedado bien instalado y realizar correcciones de fallas tiempo estimado de 7 días.

Capacitación al área de producción y mantenimiento. Se reúne al personal de mantenimiento y producción para realizar la capacitación del nuevo funcionamiento de la máquina ya automatizada para garantizar que las personas involucradas conozcan el nuevo sistema y cambios realizados para lo que se tiene destinado un tiempo de 7 días.

Seguimiento a máquina operando. Se realiza un seguimiento de máquina automatizada de crema lava loza en un proceso de producción normal para garantizar el correcto funcionamiento lo que lleva un tiempo esperado de 4 días.

Con el anterior diagrama de Gantt se puede determinar que el tiempo estimado para realizar la automatización de sistema de llenado para la línea de crema lava loza tiene una duración de 43 días hábiles.

Tabla 8. Actividades Por Persona Para El Montaje. Elaboración Propia.

Fase del proyecto	Actividad principal	Responsable	Horas estimadas	Objetivo
Planeación	Levantamiento de información y análisis del proceso	Ingeniero de Automatización	20	Definir requerimientos técnicos del sistema.
Adecuación mecánica	Desmonte de componentes existentes	Técnico Mecánico	25	Preparar la máquina para la integración de nuevos equipos.
Adecuación mecánica	Instalación de soportes y servomotor	Técnico Mecánico	55	Garantizar el montaje seguro del sistema de dosificación.
Adecuación mecánica	Instalación de banda transportadora y sistema de pesaje	Técnico Mecánico	50	Incorporar los nuevos elementos mecánicos del proceso.
Instalación eléctrica	Montaje del tablero eléctrico	Técnico Electricista	25	Integrar los dispositivos de control y protección.
Instalación eléctrica	Cableado de potencia y control	Técnico Electricista	50	Permitir la comunicación y alimentación de los equipos.

Programación	Desarrollo del programa PLC	Ingeniero de Automatización	35	Controlar la secuencia automática del proceso.
Programación	Desarrollo de pantallas HMI	Ingeniero de Automatización	25	Facilitar la operación y supervisión del sistema.
Configuración	Parametrización de servomotor y celda de carga	Ingeniero de Automatización	26	Garantizar la precisión del llenado.
Integración	Pruebas y puesta en marcha	Equipo de trabajo	25	Verificar el funcionamiento integral del sistema.
Optimización	Ajustes finales y validación	Ingeniero de Automatización	20	Corregir desviaciones y optimizar el desempeño.
TOTAL DE HORAS			356	

Las actividades presentadas en la tabla fueron consideradas para la implementación del proyecto de automatización, incluyendo montaje mecánico, instalación eléctrica, programación, configuración de dispositivos, pruebas operativas y capacitación.

Tabla 9. *Costos De Mano De Obra. Elaboración Propia.*

Recurso humano	Horas estimadas	Valor hora (COP)	Costo total (COP)	Participación en el proyecto
Ingeniero de Automatización	152	10.978	1.668.576	Programación PLC, HMI, configuración de servomotor y puesta en marcha
Técnico Electricista	84	10.938	918.792	Instalación eléctrica, cableado y montaje de tablero
Técnico Mecánico	120	10.938	1.312.560	Adecuaciones mecánicas, montaje de banda y servomotor
Total	356	-	3.899.928	

La mano de obra fue calculada con base en un salario mensual de \$2.100.000 COP por trabajador y una jornada laboral de 192 horas mensuales, las horas asignadas corresponden a una aproximado para la ejecución, integración, pruebas y puesta en marcha del sistema.

Tabla 10. *Elementos Para Montaje. Elaboración Propia.*

Ítem	Componente	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)	Descripción
1	PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	Control principal del sistema
2	HMI Delta DOP-107WV	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	Supervisión y monitoreo
3	Servomotor 750 W con controlador	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	Dosificación precisa del producto
4	Variador Siemens Sinamics V20	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	Control de velocidad de la banda
5	Celda de carga	1	\$ 280.000	\$ 280.000	Medición de peso
6	Transmisor de peso	1	\$ 320.000	\$ 320.000	Comunicación con PLC

7	Sensor fotoeléctrico Sick	2	\$ 180.000	\$ 360.000	Detección de envases
8	Fuente 24 VDC	1	\$ 180.000	\$ 180.000	Alimentación del sistema
9	Breaker principal	1	\$ 90.000	\$ 90.000	Protección general
10	Breakers secundarios	3	\$ 45.000	\$ 135.000	Protección de circuitos
11	Contactores	2	\$ 85.000	\$ 170.000	Maniobra de motores
12	Relés auxiliares	4	\$ 25.000	\$ 100.000	Control de señales
13	Pulsadores industriales	4	\$ 20.000	\$ 80.000	Arranque y parada
14	Selector Manual/Automático	1	\$ 35.000	\$ 35.000	Selección de modo
15	Baliza luminosa LED	1	\$ 120.000	\$ 120.000	Señalización visual
16	Gabinete metálico	1	\$ 650.000	\$ 650.000	Protección de equipos
17	Canaleta ranurada	6 m	\$ 18.000	\$ 108.000	Organización del cableado
18	Riel DIN	2 m	\$ 20.000	\$ 40.000	Montaje de dispositivos
19	Borneras	30	\$ 4.000	\$ 120.000	Distribución eléctrica
20	Terminales eléctricas	100	\$ 300	\$ 30.000	Conexiones eléctricas
21	Cable de control 18 AWG	50 m	\$ 3.500	\$ 175.000	Señales de control
22	Cable apantallado servo	10 m	\$ 18.000	\$ 180.000	Comunicación servo
23	Cable de potencia 12 AWG	40 m	\$ 7.000	\$ 280.000	Alimentación eléctrica
24	Cable Ethernet industrial	5 m	\$ 20.000	\$ 100.000	Comunicación PLC-HMI
25	Bandeja portacables	4 m	\$ 40.000	\$ 160.000	Protección de cableado
26	Banda transportadora	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	Transporte de envases
27	Motorreductor	1	\$ 950.000	\$ 950.000	Accionamiento de banda
28	Lámina acero inoxidable	2 m ²	\$ 180.000	\$ 360.000	Adaptaciones mecánicas
29	Tornillo sin fin dosificador	1	\$ 550.000	\$ 550.000	Sistema de dosificación
30	Acople flexible	1	\$ 120.000	\$ 120.000	Acople mecánico
31	Bujes mecanizados	2	\$ 45.000	\$ 90.000	Soporte de eje

32	Chumaceras	2	\$ 55.000	\$ 110.000	Soporte de eje
33	Rodamientos	2	\$ 35.000	\$ 70.000	Movimiento rotativo
34	Eje de transmisión	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Transmisión de movimiento
35	Soporte para servomotor	1	\$ 180.000	\$ 180.000	Fijación del servo
36	Soportes para sensores	2	\$ 40.000	\$ 80.000	Montaje de sensores
37	Tornillería inoxidable M6	50	\$ 1.000	\$ 50.000	Ensamble mecánico
38	Tornillería inoxidable M8	30	\$ 1.500	\$ 45.000	Ensamble estructural
39	Arandelas planas	80	\$ 250	\$ 20.000	Distribución de carga
40	Arandelas de presión	80	\$ 300	\$ 24.000	Evitan aflojamiento
41	Tuercas autoblocantes	80	\$ 500	\$ 40.000	Fijación segura
42	Racores rectos neumáticos	10	\$ 8.000	\$ 80.000	Conexión neumática
43	Racores codo 90°	8	\$ 10.000	\$ 80.000	Distribución neumática
44	Manguera neumática 6 mm	15 m	\$ 4.000	\$ 60.000	Transporte de aire
45	Manguera neumática 8 mm	10 m	\$ 5.000	\$ 50.000	Transporte de aire
46	Reguladores de flujo	2	\$ 25.000	\$ 50.000	Control de caudal
47	Conectores rápidos	6	\$ 8.000	\$ 48.000	Mantenimiento neumático
48	Abrazaderas y sujetadores	30	\$ 1.500	\$ 45.000	Fijación de cables
49	Etiquetas de identificación	1 lote	\$ 30.000	\$ 30.000	Marcación industrial
50	Pintura y acabados	1 lote	\$ 80.000	\$ 80.000	Protección superficial
51	Tolva existente	1	\$ 0	\$ 0	Componente reutilizado
52	Estructura principal existente	1	\$ 0	\$ 0	Componente reutilizado
53	Chasis existente	1	\$ 0	\$ 0	Componente reutilizado
54	Boquilla de llenado existente	1	\$ 0	\$ 0	Componente reutilizado
55	Sistema neumático existente	1	\$ 0	\$ 0	Infraestructura reutilizada

56	Tablero eléctrico existente	1	\$ 0	\$ 0	Infraestructura reutilizada
57	Canalizaciones existentes	1 lote	\$ 0	\$ 0	Infraestructura reutilizada
58	Área de instalación disponible	1	\$ 0	\$ 0	Infraestructura reutilizada
TOTAL GENERAL DE MATERIALES Y EQUIPOS				\$ 18.169.000	

Los componentes como reutilizados se deben a elementos existentes en la máquina actual que conservan condiciones adecuadas de operación y no requieren reposición.

7.4 Viabilidad Tecnológica

A continuación, se realiza un análisis tecnológico con el fin de determinar si las tecnologías seleccionadas para la implementación de un sistema automatizado de crema lava Loza son las adecuadas para el proceso cumpliendo con el requerimiento principal de precisión, confiabilidad, disponibilidad y capacidad de integración, adecuados para este proceso de envasado de crema lava loza.

Este análisis permitirá establecer si los equipos seleccionados son los adecuados y representaran una solución tecnológica útil para las necesidades actuales y futuras de la empresa Berhlan de Colombia.

7.4.1 Análisis Del Sistema Actual

Tabla 11. Sistema Actual De La Máquina. Elaboración Propia.

Criterio de evaluación	Sistema actual	Condición identificada	Impacto en la producción
Método de dosificación	Cilindro neumático	Control por recorrido mecánico	Variaciones en el peso final del producto
Precisión de llenado	Media	Dependiente de ajustes manuales	Genera sobrellenado o subllenado
Control de peso	Manual	Requiere verificación constante	Incrementa tiempos de operación
Ajuste de referencias	Manual	Cambio de parámetros por intervención del operario	Mayor tiempo de preparación
Monitoreo del proceso	No disponible	No existen variables visualizadas en tiempo real	Dificulta la toma de decisiones
Repetibilidad del proceso	Limitada	Variaciones entre ciclos de producción	Afecta la calidad del producto
Nivel de automatización	Parcial	Dependencia de la intervención humana	Menor eficiencia operativa
Capacidad de integración	Baja	Tecnología limitada para nuevas funciones	Dificulta futuras mejoras
Registro de datos	No disponible	Ausencia de historial de producción	Menor trazabilidad
Productividad	Moderada	Existen tiempos muertos por correcciones	Reduce el rendimiento de la línea

Actualmente el sistema existente funciona por un mecanismo neumático cuyo funcionamiento depende de ajustes mecánicos y calibraciones que se realizan de forma manual por el operario encargado, aunque el sistema existente permite realizar procesos de llenado de producto, este presenta muchas limitaciones en cuanto a la precisión y repetitividad de actividades lo que genera variaciones de peso neto del producto , debido a esto se plantea la incorporación de tecnologías de automatización que permite el mejoramiento del proceso actual.

7.4.2 Análisis Del Servomotor

La utilización de un servomotor es el principal elemento de accionamiento de la propuesta de automatización ya que tiene capacidades para el control de la precisión, la posición, velocidad y desplazamiento del sistema de dosificación y a diferencia de los actuadores convencionales el servomotor realiza movimientos repetitivos con mayor exactitud eliminando la variabilidad del proceso de llenado lo que resulta realmente importante para el peso exacto que se requiere de contenido neto en las diferentes presentaciones del producto.

7.4.3 Análisis Del Plc

Tabla 12. Datos Del Controlador Seleccionado. *Elaboración Propia.*

Función PLC	Aplicación Principal	Ejemplos	Beneficio en el Proceso
Control lógico	Ejecución de secuencias automáticas	Arranque y paro de motores, control de bandas transportadoras	Automatiza tareas repetitivas y reduce errores humanos
Comunicación	Interfaz con sistemas HMI y SCADA	Pantallas táctiles, supervisión remota, redes industriales	Permite monitoreo y control en tiempo real
Entradas	Recepción de señales de campo	Sensores de proximidad, temperatura, presión y nivel	Obtiene información del proceso para la toma de decisiones
Salidas	Activación de dispositivos de campo	Motores, válvulas, relés, cilindros neumáticos	Ejecuta acciones físicas según la lógica programada
Alarmas y diagnóstico	Detección y notificación de fallas	Alarmas visuales, sonoras y registros de eventos	Facilita el mantenimiento y reduce tiempos de parada
Temporización	Control basado en tiempo	Retardos de encendido/apagado, ciclos automáticos	Mejora la sincronización de procesos

Contadores	Registro de eventos o piezas	Conteo de productos en una línea de producción	Permite control de producción e inventarios
Control analógico	Manejo de variables continuas	Regulación de temperatura, caudal o presión	Aumenta la precisión y eficiencia operativa
Seguridad industrial	Protección de equipos y personal	Paros de emergencia, enclavamientos de seguridad	Reduce riesgos de accidentes y daños
Almacenamiento de datos	Registro histórico de información	Producción diaria, consumo energético, fallas	Facilita análisis, trazabilidad y mejora continua

El PLC que se seleccionó para el proceso de automatización permitirá controlar de una mejor manera todas las secuencias del proceso de llenado de crema lava loza incluyendo también la detección de envases, accionamiento del servomotor la gestión de alarmas y el control operativo ya que el PLC industrial garantiza la facilidad de programación, confiabilidad y capacidad de expansión para futuras mejoras del sistema.

7.4.4 Análisis De La Hmi

Tabla 13. *Ventajas De La HMI. Elaboración Propia.*

Función HMI	Descripción	Beneficio	Ejemplo de Aplicación
Configuración	Permite modificar parámetros de operación del sistema.	Ajustes rápidos y reducción de tiempos de configuración.	Cambio de velocidad de motores o temperaturas de proceso.
Alarmas	Muestra y registra fallas, advertencias y eventos críticos.	Diagnóstico rápido y disminución de tiempos de parada.	Alarmas por sobre temperatura, baja presión o fallas de sensores.

Monitoreo	Visualiza variables y estados del proceso en tiempo real.	Mayor supervisión y control de la operación.	Visualización de niveles, caudales, estados de motores y válvulas.
Recetas	Almacena y gestiona conjuntos de parámetros para diferentes productos.	Cambio de formato rápido y reducción de errores operativos.	Producción de distintos tamaños o presentaciones de un producto.
Control de procesos	Permite operar equipos y procesos desde la pantalla.	Mayor facilidad de operación y respuesta inmediata.	Arranque y paro de bombas, motor y transportador.

La interfaz hombre-máquina o también conocida como HMI permite a los operarios la supervisión del proceso de llenado visualizar, modificar y seleccionar diferentes recetas de producción mejorando la interacción entre el operario y el sistema automatizado reduciendo los errores relacionados con las configuraciones manuales

7.4.5 Disponibilidad De Repuestos Y Soporte Técnico

Se logró identificar una alta disponibilidad en el mercado de los componentes requeridos para la implementación del proyecto lo que facilita la búsqueda de repuestos, mantenimiento y soportes técnicos que se puedan llegar a necesitar a lo largo del tiempo lo que favorece la sostenibilidad de las tecnologías del sistema a largo plazo.

7.4.6 Resumen De La Viabilidad Tecnológica

Debido al análisis realizado esto permite determinar que las tecnologías que se seleccionaron para realizar el proyecto cumplen con los requerimientos necesarios para la automatización del proceso de llenado de crema lava loza gracias a que los componentes tales como PLC, HMI, servomotor y sensores ofrecen unos altos niveles de precisión, confiabilidad y capacidad de integración lo que representa una alternativa más superior en cuanto al sistema neumático que se utiliza actualmente así como también la disponibilidad de los equipos y posibilidad de expansiones futuras respaldan la viabilidad tecnológica de la propuesta presentada.

7.5 Viabilidad Organizacional

Tabla 14. *Resumen de Inversión del Proyecto de Automatización. Elaboración Propia*

Categoría	Descripción	Valor (COP)
Equipos	PLC Siemens S7-1200, HMI Delta, servomotor 750 W con controlador, variador Sinamics V20, celda de carga de transmisor de peso, sensores fotoeléctricos y fuente de alimentación.	\$ 8.440.000
Materiales y accesorios	Banda transportadora, Motorreductor, gabinete, cableado, canaletas, borneras, racores, mangueras, tornillería, acoples, bujes, chumaceras, soportes, rodamientos y demás elementos de montaje.	\$ 9.729.000
Servicios	Instalación mecánica, instalación eléctrica, programación PLC-HMI, Parametrización, pruebas y puesta en marcha.	\$ 3.899.928

Repuestos y contingencias	Elementos de reposición y ajustes menores durante la implementación.	\$ 500.000
Infraestructura reutilizada	Tolva, estructura principal, chasis, boquilla de llenado, sistema neumático y parte de la infraestructura eléctrica existente.	\$ 0
TOTAL DEL PROYECTO		\$ 22.568.928

Tabla 15. *Cronograma General De Actividades Del Proyecto. Elaboración Propia*

Fase	Actividades incluidas	Duración estimada
Compra de equipos	Cotización, adquisición, recepción y verificación de equipos, materiales y accesorios necesarios para la automatización.	5 días
Instalación	Desmante de componentes existentes, adecuaciones mecánicas, montaje de servomotor, bandas transportadoras, tablero eléctrico y cableado.	17 días
Alistamiento y puesta en marcha	Programación PLC y HMI, configuración de dispositivos, pruebas de funcionamiento, capacitación al personal y seguimiento operativo.	21 días
Total	Implementación completa del sistema automatizado	43 días hábiles

La propuesta de automatización para la línea de crema requiere una inversión estimada de \$22.568.928 COP, este valor contempla la compra de equipos de automatización, materiales de montaje, servicios de instalación, la ejecución del proyecto se realizará en un período aproximado de 43 días hábiles, distribuidos en las etapas de compra de equipos, instalación y alistamiento del sistema. Adicionalmente, la reutilización de componentes existentes de la máquina permite reducir los costos de implementación, mejorando la viabilidad económica de la propuesta y optimizando los recursos disponibles de la empresa Berhlan de Colombia.

7.5.1 Impacto Económico Y Organizacional Con La Automatización Propuesta

Tabla 16. Comparación de indicadores operativos, económicos antes y después de la automatización. Elaboración Propia

Concepto	Situación actual	Situación propuesta	Beneficio obtenido
Operarios por turno	7	6	Reducción de 1 operarios por turno
Número de turnos diarios	2	2	Sin cambios
Personal total requerido al día	14 operarios	12 operarios	Reducción de 2 operarios
Salario mensual por operario (SMMLV 2026 + auxilio de transporte)	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	Valor de referencia
Costo mensual de personal asociado a la actividad	\$ 14.000.000	\$ 12.000.000	Ahorro mensual de \$4.000.000
Ahorro anual estimado	-	-	\$ 48.000.000
Inversión total del proyecto	-	\$ 22.568.928	Implementación de la automatización
Tiempo estimado de recuperación de la inversión	-	6 meses	Recuperación inferior a 7 meses
Método de control de peso	Manual	Automático mediante celda de carga	Eliminación del pesaje manual
Precisión de llenado	Dependiente del operario	automatizado con lazo cerrado de control	Mayor calidad y uniformidad
Productividad	Limitada por inspección manual	Operación continua y automatizada	Incremento de la eficiencia

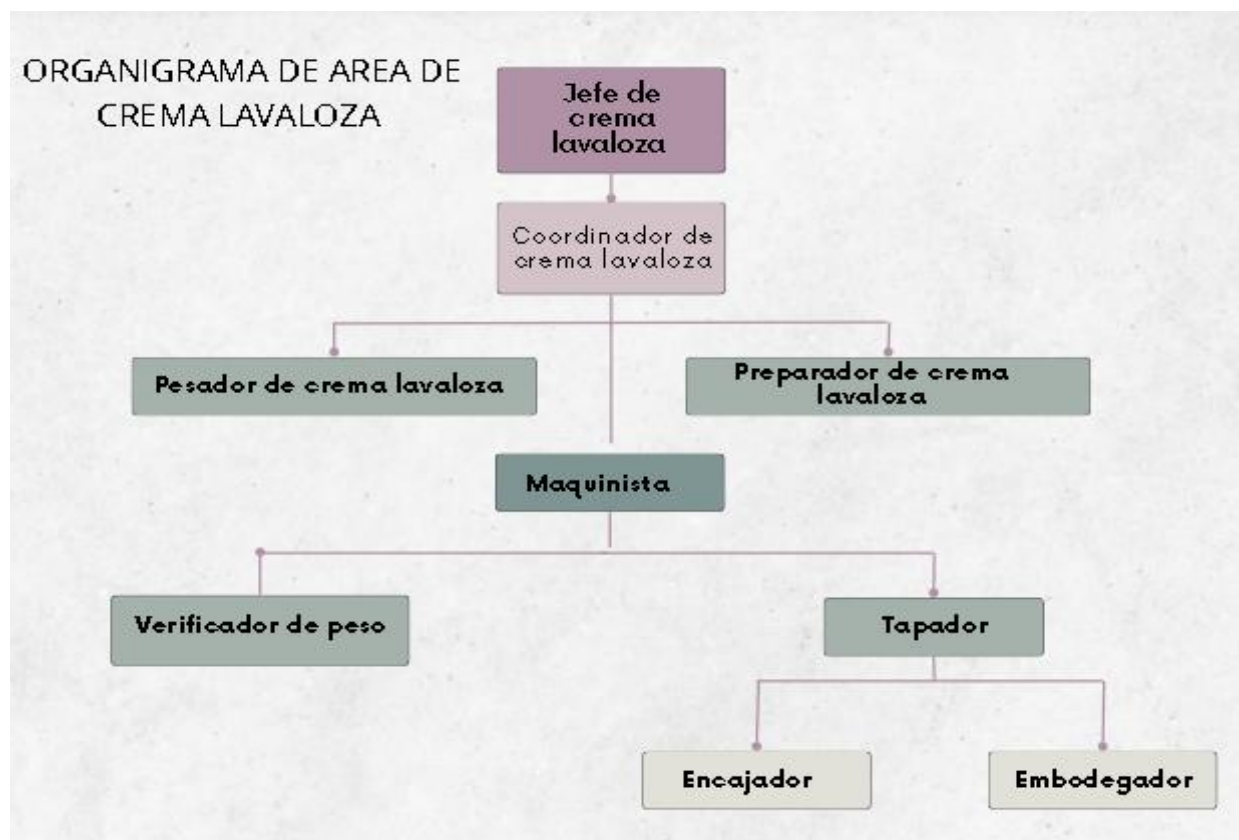
La automatización de la línea de crema lava loza permitirá la eliminación de las actividades manuales de pesaje y verificación que se realizan actualmente en el producto terminado, lo que reducirá la necesidad de contar con dos operarios que se encuentran distribuidos en los dos turnos laborales semanales, lo cual tiene un costo laboral mensual de \$2.000.000 COP por trabajador sin

incluir las prestaciones sociales por lo que la empresa obtendría un ahorro de \$4.000.000 COP mensuales y un valor de \$48.000.000 anuales

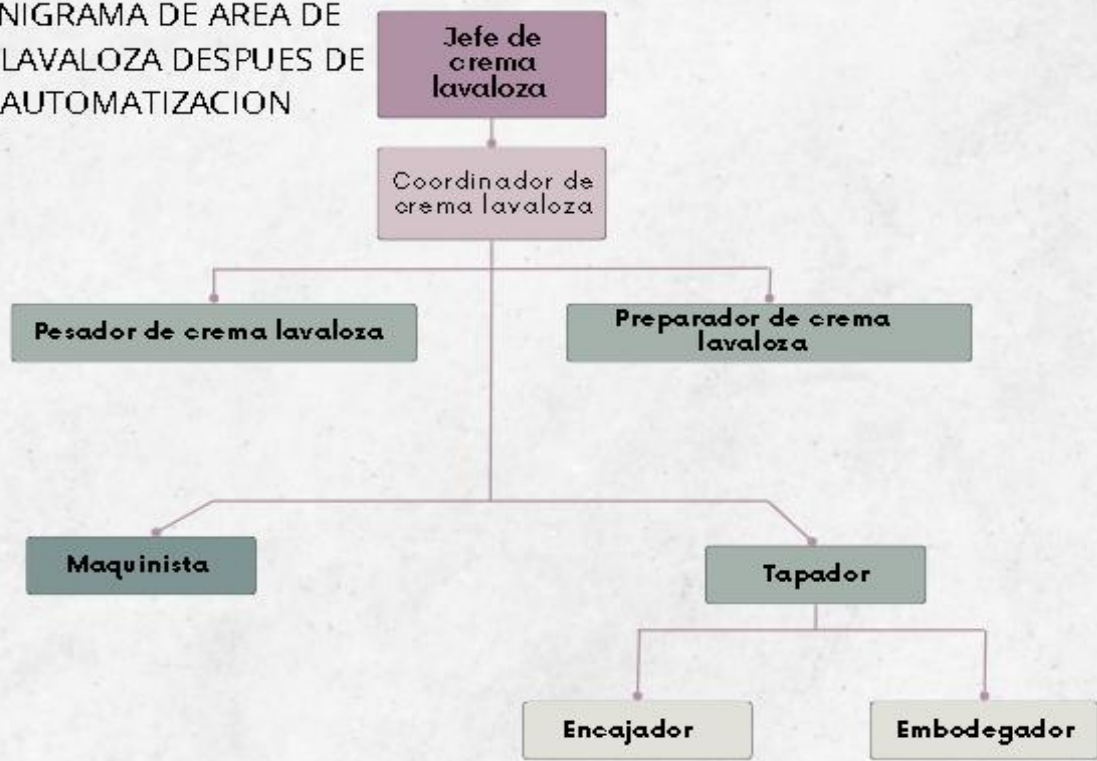
Teniendo en cuenta que la inversión del proyecto tiene un valor estimado de \$22.568.928, el retorno de la inversión se alcanzaría en 6 meses aproximadamente, teniendo en cuenta la viabilidad económica y organizacional de la propuesta.

7.5.2 Impacto En El Organigrama Del Área De Crema

Ilustración 33. Organigrama actual y Después de La Automatización Área de Crema Lava Loza



ORGANIGRAMA DE AREA DE
CREMA LAVALOZA DESPUES DE
LA AUTOMATIZACION



La comparación entre ambos organigramas evidencia una reducción de la estructura operativa del área de crema, la automatización propuesta permite eliminar las actividades de verificación de peso manualmente, manteniendo la calidad del producto mediante un sistema de control automático más preciso y confiable, la empresa puede optimizar sus recursos humanos, disminuir costos asociados a la operación y mejorar la productividad de la línea de envasado.

7.5.3 Calidad Del Producto Terminado

Ilustración 34. *Envase De Crema Reprocesado Manualmente Por Peso Elevado. Elaboración Propia*



La ilustración 36 muestra el proceso de verificación manual del peso actualmente y la apariencia del producto terminado, durante esta actividad se evalúa que el envase cumpla con la cantidad establecida modificando la apariencia de forma negativa del producto terminado.

Ilustración 35. *Envase De Crema dosificado Sin Manipulación Manual. Elaboración Propia*



La implementación del sistema automatizado se mejorará la calidad del producto terminado mediante un control más preciso de la dosificación, al mantener un peso constante en cada envase, se logrará una presentación más uniforme y estética, evitando diferencias visibles en el nivel de llenado, se evitan reclamaciones por contenido neto, mejorar la satisfacción del cliente y fortalecer la sensación de calidad de la marca.

Ilustración 36. Matriz Dofa. Elaboración Propia

FORTALEZAS (F) • Dosificación precisa mediante servomotor y celda de carga. • Mayor control y estabilidad del proceso de llenado. • Reducción de errores humanos en la dosificación. • Reducción de un operario por turno al eliminar la verificación manual de peso. • Disminución de desperdicios por sobrellenado y subllenado. • Mejor presentación y apariencia del producto terminado. • Control automático y retroalimentado del proceso.	OPORTUNIDADES (O) • Incrementar la satisfacción del cliente mediante una mayor uniformidad del producto. • Aumentar la capacidad productiva de la línea. • Fortalecer la competitividad de la empresa en el mercado. • Facilitar futuras ampliaciones y mejoras tecnológicas. • Mejorar el cumplimiento de estándares de calidad. • Optimizar los costos operativos a largo plazo.
DEBILIDADES (D) • Inversión inicial requerida para la implementación del sistema. • Necesidad de capacitación para el personal operativo. • Dependencia de componentes electrónicos y sistemas de control. • Requiere mantenimiento preventivo especializado. • Tiempo necesario para la adaptación al nuevo proceso.	AMENAZAS (A) • Incremento en los costos de equipos y repuestos industriales. • Fallas eléctricas o interrupciones del suministro energético. • Posible resistencia al cambio por parte del personal. • Obsolescencia tecnológica de algunos componentes. • Variaciones en los costos de mantenimiento y soporte técnico.

El sistema automatizado fortalece el proceso productivo al mejorar la precisión de la dosificación en un 99%, reducir la variabilidad del producto terminado y optimizar la eficiencia operativa de la línea, estas fortalezas permiten aprovechar oportunidades relacionadas con el aumento de la productividad, la mejora de los tiempos por ciclo, la calidad percibida por el cliente, la reducción de costos operativos en el ahorro de mano de obra y la mejora en la presentación final del producto. La propuesta contribuye a fortalecer la competitividad de la empresa y a garantizar un proceso más estable, confiable y controlado.

7.5.4 Indicadores De Producción

La modernización de la línea de llenado permitirá mejorar diversos indicadores de desempeño productivo asociados a la operación de la máquina, reducirá la variabilidad del proceso y aumentará la estabilidad de producción, así como una mejora en la productividad, eficiencia, disponibilidad del equipo y uniformidad en los tiempos de ciclo, contribuyendo a un proceso más confiable y competitivo.

Tabla 17. *Indicadores De Desempeño Mejorados Con La Automatización. Elaboración Propia*

Indicador	Situación actual	Situación propuesta	Beneficio esperado
Productividad	Dependiente de ajustes y verificaciones manuales	Operación continua y automatizada	Mayor cantidad de unidades producidas por jornada
Eficiencia operativa	Existen tiempos dedicados al pesaje y corrección	Menor intervención manual	Mejor aprovechamiento del tiempo productivo
Disponibilidad de la línea	Paradas para ajustes y verificaciones	Menor cantidad de interrupciones	Mayor tiempo efectivo de producción
Tiempo entre unidades	Variable	Más uniforme y repetitivo	Flujo de producción estable
Precisión de llenado	Dependiente del operario	Controlada automáticamente	Menor variación de peso
Reprocesos	Posibles correcciones por desviaciones de peso	Reducción de errores de dosificación	Menor desperdicio de producto
Calidad del producto	Puede presentar diferencias entre envases	Llenado homogéneo	Mayor consistencia del producto
Capacidad de producción	Limitada por controles manuales	Mayor continuidad operativa	Incremento de la producción diaria

La automatización permitirá obtener un proceso más estable y controlado, reduciendo las variaciones propias de la operación manual, esto se traduce en una mejora de los indicadores de

productividad, eficiencia y disponibilidad del equipo, además de una reducción en los tiempos improductivos y en las desviaciones de peso del producto. En conjunto, estas mejoras fortalecen la capacidad productiva de la empresa y contribuyen al cumplimiento de los estándares de calidad requeridos por el mercado.

7.6 Evaluación De Beneficios E Impactos Esperados

Ilustración 37. *Tabla Comparativa De Indicadores*

COMPARATIVA ANTES vs. DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN

Impacto esperado de la implementación del sistema automatizado de llenado de crema lavaloz

INDICADOR	ANTES (PROCESO ACTUAL)		DESPUÉS (PROCESO AUTOMATIZADO)	IMPACTO
PRODUCTIVIDAD (Envases producidos por hora)	700 – 720 envases/hora (Variabilidad en la producción por verificaciones manuales)	→	1.150 – 1.200 envases/hora (Mayor continuidad y flujo constante de producción)	Aumento de 60% – 70% en la productividad
UNIDADES POR MINUTO (Velocidad de producción)	12 unidades por minuto (Ritmo limitado por procesos manuales y verificación)	→	20 unidades por minuto (Mayor velocidad y estabilidad en el llenado)	Aumento de 66,7% en la velocidad de producción
CALIDAD DEL PRODUCTO (Uniformidad del peso y presentación)	70% – 80% de envases dentro de especificación (Mayor variación de peso, llenados inconsistentes)	→	98% – 100% de envases dentro de especificación (Dosificación precisa y uniforme)	Mejora significativa en la calidad y satisfacción del cliente
EFICIENCIA OPERATIVA (Utilización y estabilidad del proceso)	65% – 75% de eficiencia (Paradas por ajustes, verificaciones de peso y reprocesos)	→	90% – 95% de eficiencia (Proceso estable, continuo y controlado)	Mayor eficiencia y estabilidad del proceso
COSTOS OPERATIVOS (Mano de obra, reprocesos y desperdicios)	Altos por sobrellenado, subllenado, reprocesos y mayor uso de personal	→	Bajos reducción de desperdicio, reprocesos y costos de mano de obra	Reducción de costos operativos 15% – 30%
PERSONAL REQUERIDO (Por turno)	2 Operarios 1 llenador + 1 verificador de peso	→	1 Operario 1 operador para supervisión y control del sistema	Reducción de 1 operario por turno (–50% del personal operativo en esta tarea)

Después de haber analizado la viabilidad técnica-operativa, tecnológica y organizacional de la propuesta de automatización para el proceso de llenado de crema lava loza se realiza también

una evaluación de los beneficios e impactos esperados que se derivan de la automatización del proceso de producción, donde permitirá identificar las mejoras potenciales que se obtendrían en término de productividad, calidad, eficiencia operativa y competitividad empresarial.

El sistema de llenado de crema lava loza resulta viable desde los puntos de vista técnico, económico y organizacional, la incorporación de un sistema de dosificación con tecnología más avanzada permite mejorar significativamente la precisión del llenado, garantizando una mayor uniformidad y calidad del producto terminado. Adicionalmente, la reducción de actividades manuales de verificación de peso contribuye a optimizar los recursos humanos y disminuir los costos operativos de la empresa.

Desde el punto de vista económico, la inversión requerida para la implementación del proyecto puede recuperarse en un corto período de tiempo gracias al ahorro generado por la optimización del personal y la reducción de producto envasado de más.

La propuesta representa una alternativa técnicamente adecuada y financieramente rentable para la modernización del proceso de llenado de crema lava loza.

Ilustración 38. *Máquina Terminada y En Producción. Elaboración Con IA*



La ilustración 39 se realiza por medio de IA, con tomas de fotos reales del proceso y adaptadas a la propuesta planteada para asemejar el proyecto terminado.

8. Conclusión

La automatización del sistema de llenado de crema lava loza ofrece ventajas como lo es en la precisión de la dosificación, la uniformidad del producto terminado, la disminución del personal operativo para la actividad, la reducción de errores asociados a la operación manual. La integración de dispositivos electrónicos de control permite mantener un proceso estable y controlado, aumentando la productividad de la línea de producción, mejorando la calidad del producto, optimizando los tiempos de operación y disminuye la dependencia de las actividades manuales de verificación de peso.

Para la implementación del proyecto, la empresa debe garantizar una adecuada planificación de las actividades de montaje, instalación eléctrica y puesta en marcha del sistema. También es importante capacitar al personal de producción y mantenimiento en la operación de los nuevos equipos, establecer procedimientos de seguridad industrial y asegurar la disponibilidad de los servicios requeridos, como energía eléctrica y aire comprimido. Estas acciones permitirán una transición adecuada hacia el nuevo sistema automatizado y minimizarán posibles inconvenientes durante su integración.

La inversión requerida para la automatización resulta accesible y viable para la empresa debido a la reutilización de componentes existentes. Además, el ahorro generado por la reducción de personal destinado a la verificación manual de peso y la disminución de tiempos de envasado, contribuyen a una recuperación rápida de la inversión, el análisis realizado evidencia que el proyecto presenta una relación favorable entre costo y beneficio, fortaleciendo su viabilidad financiera.

A futuro será necesario la implementación de un plan de mantenimiento preventivo el cual debe garantizar el funcionamiento del servomotor , la celda de carga, el PLC y los demás componentes del sistema también se recomienda realizar una verificación periódicamente de la calibración y mantener capacitado al personal tanto como de producción y mantenimiento teniendo en cuenta los beneficios obtenidos en la productividad , calidad , eficiencia operativa y reducción de costos con esto se puede concluir que la ejecución del proyecto es conveniente para la empresa y representa una alternativa efectiva para el mejoramiento de la competitividad y sostenibilidad del proceso productivo

9. Referencias Bibliográficas

Berhlan de Colombia. (s.f.). Sitio web oficial. <https://berhlan.com/>

Sobrero, F. (2009). Análisis de Viabilidad: La cenicienta en los Proyectos de Inversión. FCE-UNL. Santiago, Chile <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco>.

Roggio, S. D. (2017). Análisis y evaluación de proyecto de inversión para reemplazo de maquinaria por obsolescencia (Bachelor's thesis).

Vera, P. V. (2005). Optimización de procesos industriales y control de calidad. Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana.

Moreno, E. G. (2001). Automatización de procesos industriales. Valencia: Alfaomega. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54693882/automatizacion_de_procesos_industriales-libre.pdf

Ramos, L. A. N., Mantilla, R. F. R., & Rodríguez, J. P. T. (2023) La automatización como ventaja competitiva. Compilación mexicana de estudios empresariales, 744.

Saavedra, Y. A. M., Ávila, E. O., & Mendivil, B. C. (2020). Reflexión crítica de los sistemas de gestión de calidad: ventajas y desventajas. Revista En-contexto, 8(12), 115-132

Rojas García, L. A. (2019). Estudio de viabilidad de la automatización del proceso de termoencogido de producto terminado en la empresa Aldor [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. Repositorio UNAD

Arreaga, J. N. L., & Mera, A. A. O. (2025). Automatización de los procesos de Talento humano y su relación con los niveles de estrés laboral en empresas ecuatorianas: Un estudio cuantitativo. *Polo del Conocimiento*, 10(12), 1779-1798.

Ramos, L. A. N., Mantilla, R. F. R., & Rodríguez, J. P. T. (2023). La automatización como ventaja competitiva. *Compilación mexicana de estudios empresariales*, 744.

Citaciones de marco conceptual

Ramírez Méndez, G. G., Magaña Medina, D. E., & Ojeda López, R. N. (2022). Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica. *Trascender, contabilidad y gestión*, 7(20), 189-208.

Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Revista espacios*, 39(06).

Maza Cuarta, P. D. L. (2022). *Materia prima*.

Rojas García, L. A. (2019). Estudio de viabilidad de la automatización del proceso de termoencogido de producto terminado en la empresa Aldor [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. Repositorio UNAD

Villavicencio, D. X. P., Soler, V. G., & Bernabeu, E. P. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. 3c Empresa: investigación y pensamiento crítico, (1), 50-56.

Espinoza Arias, A. M. (2019). Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología PDCA y manufactura esbelta.

Maza Cuarta, P. D. L. (2022). Máquina de llenado.

Gutierrez Morote, R. R. (2018). Control de calidad durante el proceso de fabricación de leche entera evaporada en envase de hojalata.

Sobrero, F. (2009). Análisis de Viabilidad: La cenicienta en los Proyectos de Inversión. FCE-UNL. Santiago, Chile <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco>.

González, M. R., & Pérez, E. M. (1989). La innovación tecnológica y su gestión (Vol. 25). Marcombo.

Groover, M. P. (2020). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.). Pearson.

Kutz, M. (2018). Handbook of farm, dairy and food machinery engineering (3rd ed.). Academic Press.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Operations management (13th ed.). Pearson.

Montgomery, D. C. (2019). Introduction to statistical quality control (8th ed.). Wiley.

Blank, L., & Tarquin, A. (2018). Engineering economy (8th ed.). McGraw-Hill.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J.
(2016). *Recommendations for implementing Industry 4.0*. Plattform Industrie 4.0.

Introducción a la automatización industrial (Pesce, 2025), Servicios Electromecánicos SEI, <https://servicioselectromecanicossei.com/introduccion-a-la-automatizacion-industrial/>.

Kutz, M. (2018). *Handbook of farm, dairy and food machinery engineering* (3rd ed.). Academic Press.

<https://www.siemens.com/es-es/ecosystem/accenture/>

https://www.google.com/maps/place/Berhlan+de+Colombia+SAS/@4.4590276,-75.7910808,492m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e38599bff5d68a5:0xd4b7bbce130174ee!8m2!3d4.4584486!4d75.7897047!16s%2Fg%2F1tgq7q06?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDYxNi4wI KXMDSOASAFQAw%3D%3D