UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL LAVADO EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES"

AUTOR:

Bach. CULQUI ROJAS, EDWIN

ASESOR:

M. Sc. GUTIERREZ ATOCHE, EGBERTO SERAFIN

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL LAVADO EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES"

Aprobado por el Jurado Examinador

Dr. Yupanqui Rodríguez Carlos
Presidente

M.Sc. Villalobos Cabrera Jony
Secretario

M.Sc. Niño Vasquez Percy
Vocal

M. Sc. Gutiérrez Atoche, Egberto Serafín
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO

ACTA DE SUSTENTACION N°0178-2026-FIME

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 01:30 p.m. del día martes 11 de agosto 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°0141-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 07 de agosto 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ — PRESIDENTE
- M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA — SECRETARIO
- M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ — MIEMBRO
- M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE — ASESOR

Se recibió la Tesis titulada:

"DISEÑO DE UNA MAQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL LAVADO EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES"

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **CULQUI ROJAS EDWIN.**
Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención BUENO.
Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 2:20 pm del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
SECRETARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
Decano

M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ
MIEMBRO

M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE
ASESOR

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD

Lambayeque, 16 de julio de 2026

Señor

Dr. Ricardo Rodríguez Paredes

JEFE DE LA OFICINA DE INVESTIGACION – FIME

ASUNTO: CONFORMIDAD DE ELABORACION DE TESIS

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que, a la fecha, quien suscribe la presente es **ASESOR** de la tesis elaborada por el Bach. **EDWIN CULQUI ROJAS**, titulada: **"DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL LAVADO EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES".**

En ese sentido, después de haber revisado dicha tesis y después de someterlo a revisión en el software Turnitin, este arroja 10% de duplicidad (menor de 20%), por lo tanto, procedo a dar la **CONFORMIDAD**, quedando el Sr. EDWIN CULQUI ROJAS, **APTO** para la sustentación respectiva, en la hora y fecha que su despacho tenga a bien designar.

Agradecido por su atención al presente, me despido de Ud.

Atentamente:

M. Sc. Gutiérrez Atoche, Egberto Serafín

Asesor

Adjunto

- Recibo digital de Turnitin en formato de pdf. (página 01)
- Se adjunta el reporte digital de Turnitin en formato pdf. (162 páginas).

REPORTE TURNITIN

DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL LAVAD
EMPRESAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	9%	2%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet
2	alicia.concytec.gob.pe	Fuente de Internet
3	www.interempresas.net	Fuente de Internet
4	hdl.handle.net	Fuente de Internet
5	www.coursehero.com	Fuente de Internet
6	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Trabajo del estudiante
7	repositorio.uancv.edu.pe	Fuente de Internet
8	1library.co	Fuente de Internet
9	dspace.unitru.edu.pe	Fuente de Internet
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante
11	repositorio.ug.edu.ec	Fuente de Internet
12	Ladino Moreno, Edgar Orlando. "Estimación y Localización de Fugas en Sistemas de Distribución de Agua a Través de Algoritmos de Optimización Combinatoria", Universid Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)	Publicación
13	repositorio.urp.edu.pe	Fuente de Internet
14	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet

REGISTRO DE TURNITIN

turnitin

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Edwin Culqui Rojas
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCRE...
Nombre del archivo:	INFORME_FINAL_CORREGIDO,Culqui_Rojas_Edwin_1.docx
Tamaño del archivo:	14.5M
Total páginas:	158
Total de palabras:	18,733
Total de caracteres:	109,845
Fecha de entrega:	14-jul-2026 01:04p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2998027858

UNIVERSIDAD NACIONAL

"PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE JABAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL LAVADO EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES"

AUTOR:

Br. CULQUI ROJAS, EDWIN

ASESOR:

M. Sc. GUTIERREZ ATOCHE, EGBERTO SERAFIN

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026

M.Sc. Lic. Egberto Serafín Gutierrez A.

Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi madre, mis hermanos, a la familia **Valeriano castillo** y a **Raquel Ramos cueva** por su infinita ayuda cuando más los necesité, por confiar y creer en mí, en mis momentos más difíciles. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

Al grupo de docentes tanto como mi asesor y jurados por su apoyo y disposición para la culminación de esta tesis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida, por brindarme una nueva oportunidad en momentos muy difíciles, a seguir luchando por mis metas y proyectos que tengo en mente. Terminar este proyecto no hubiera sido posible sin la confianza de algunos seres queridos que siempre confiaron en mí. A un grupo de amigos, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora seguimos conservando nuestra amistad y fomentando la ayuda desinteresa con tal de cumplir nuestros propósitos.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una máquina lavadora de jabas para incrementar la eficiencia del proceso de lavado en empresas agroindustriales de la región Lambayeque. Actualmente, este proceso se realiza de manera manual, generando baja productividad, alto consumo de agua, elevados tiempos de operación y dependencia de mano de obra. Durante el diagnóstico realizado en empresas agroindustriales se identificó una capacidad promedio de 100 a 120 jabas por operario, haciendo uso equivalente aproximadamente de 266 L/h de agua. Además, el proceso manual presentó un consumo aproximado de 1598 L/h, considerando seis operarios.

La investigación fue de tipo tecnológica y descriptiva, desarrollándose el diseño mecánico y eléctrico mediante el software SOLIDWORKS. El sistema propuesto incorpora un mecanismo de transporte continuo mediante cadenas, un sistema hidráulico con boquillas aspersores y electrobombas, así como tinas de almacenamiento y recirculación parcial de agua. Asimismo, se realizó el análisis del sistema de transmisión para determinar la velocidad de desplazamiento y calcular la capacidad operativa de lavado de jabas por hora.

La estructura fue diseñada en acero inoxidable AISI 304 para garantizar resistencia mecánica y condiciones sanitarias adecuadas en procesos agroindustriales. Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras significativas en la eficiencia operativa, permitiendo incrementar la capacidad de lavado de 720 a 1500 jabas por hora, reducir el personal operativo de 6 a 2 operarios y alcanzar una mejora de productividad del 108.33 %. Asimismo, el sistema propuesto optimiza el uso de los recursos mediante la recirculación parcial del agua utilizada en el proceso, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa. Finalmente, el costo total estimado de fabricación de la máquina fue de S/ 64,200.00, demostrando la viabilidad técnica y económica de su implementación en empresas agroindustriales dedicadas al procesamiento de frutas y hortalizas.

PALABRAS CLAVE: Lavadora de jabas, automatización industrial, eficiencia operativa.

ABSTRACT

This research aimed to design a crate washing machine to increase the efficiency of the washing process in agro-industrial companies in the Lambayeque region. Currently, this process is carried out manually, resulting in low productivity, high water consumption, long operating times, and a strong dependence on labor. The diagnosis conducted in agro-industrial companies identified an average washing capacity of 100 to 120 crates per operator. Furthermore, the manual process showed an approximate consumption of 1,598 L/h, equivalent to approximately 266 L/h per operator, considering six operators.

The research was technological and descriptive in nature, and the mechanical and electrical design was developed using SOLIDWORKS software. The proposed system incorporates a continuous chain conveyor mechanism, a hydraulic system with spray nozzles and centrifugal pumps, as well as storage tanks and a partial water recirculation system. In addition, a transmission system analysis was carried out to determine the conveyor speed and calculate the operational washing capacity in crates per hour.

The structure was designed using AISI 304 stainless steel to ensure mechanical strength and compliance with sanitary requirements for agro-industrial processes. The results showed significant improvements in operational efficiency, increasing the washing capacity from 720 to 1,500 crates per hour, reducing the operational workforce from six to two operators, and achieving a productivity improvement of 108.33%. Furthermore, the proposed system optimizes resource utilization through partial water recirculation, contributing to greater operational efficiency. Finally, the estimated manufacturing cost of the machine was S/ 64,200.00, demonstrating its technical and economic feasibility for implementation in agro-industrial companies dedicated to fruit and vegetable processing.

Keywords: Crate washing machine, industrial automation, operational efficiency.

ÍNDICE

CONTENIDO

ÍNDICE xi
ÍNDICE DE TABLAS xv
ÍNDICE DE FIGURAS xvi
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN 4
1.1. Síntesis de la situación problemática 4
1.2. Formulación del Problema 8
1.3. Delimitación de la Investigación 9
1.3.1 Delimitación Espacial 9
1.3.2 Delimitación Temporal 9
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación 9
1.4.1 Justificación Ambiental 10
1.4.2 Justificación Teórica 10
1.4.3 Justificación tecnológica 10
1.4.4 Justificación Práctica 11
1.5. Limitaciones de la Investigación 11
1.6. Objetivos de la Investigación 12
1.6.1 Objetivo General 12
1.6.2 Objetivos Específicos 12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 13
2.1 Antecedentes de Estudios 13
2.2 Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Investigado 20
2.2.1 Agroindustria. 21
2.2.2 Jabas o cajas de cosecha. 22
2.2.3 Fase de lavado principal. 23
2.2.4 Fase de enjuague. 24
2.2.5 Eficiencia en el proceso de limpieza. 24
2.3 Fórmulas y métodos para el diseño de la máquina: 24
2.3.1 Diseño de transportadores por cadena. 24
2.3.2 Cálculo de potencia del motorreductor. 25
2.3.3 Diseño hidráulico del sistema de lavado. 26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 29

3.1 Tipo y Diseño de Investigación 29
3.2 Población y Muestra 29
3.2.1 Población 29
3.2.2 Muestra 30
3.2.3 Unidad de análisis 30
3.2.4 Unidad de observación 30
3.3 Hipótesis 30
3.3.1 Hipótesis general 30
3.4 Variables – Operacionalización 31
3.5 Métodos y Técnicas de Investigación 34
3.5.1 Métodos 34
3.5.2 Técnicas 34
3.6 Descripción de los Instrumentos Utilizados 35
3.7 Análisis Estadístico e Interpretación de Datos 35
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 37
4.1 Diagnosticar la situación actual del lavado de jabas. 37
4.1.1 Descripción del proceso actual de lavado. 38
4.1.2 Características de las jabas utilizadas. 39
4.1.3 Insumos utilizados en el proceso. 40
4.1.4 Recursos humanos involucrados. 41
4.1.5 Capacidad operativa del sistema manual. 41
4.1.6 Condiciones de trabajo y riesgos operativos. 42
4.1.7 Análisis del sistema actual. 42
4.2 Diseño del sistema mecánico y eléctrico de la máquina. 43
4.2.1 Diseño mecánico. 45
4.2.1.1 Diseño del bastidor. 45
4.2.1.2 Diseño del sistema de transmisión. 47
4.2.1.3 Diseño del sistema de tuberías y boquillas. 49
4.2.1.4 Diseño de las Tinas de Almacenamiento de Agua. 51
4.2.2 Diseño Eléctrico. 57

4.2.2.1 Configuración general del sistema eléctrico. 57
4.2.2.2 Sistema de accionamiento del motor principal. 58
4.2.2.3 Sistema de accionamiento de electrobombas. 59
4.2.2.4 Sistema de protección eléctrica. 60
4.2.2.5 Sistema de control y seguridad. 61
4.2.2.6 Integración del diseño eléctrico en SolidWorks. 62
4.2.2.7 Elaboración de diagramas eléctricos. 66
4.3 Cálculo y Dimensionamiento del Sistema..... 67
4.3.1 Cálculos Mecánicos del sistema de transmisión. 68
4.3.1.1 Cálculo del Peso Total del Sistema de Transporte..... 68
4.3.1.2 Cálculo de la potencia del motorreductor. 71
4.3.2 Cálculos de la electrobomba Fluidos. 77
4.3.2.1 Parámetros del diseño Hidráulico. 77
4.3.2.2 Selección de boquillas de aspersión..... 79
4.3.2.3 Cálculo del Caudal Total del Sistema. 81
4.3.2.4 Cálculo de Velocidad del Fluido. 82
4.3.2.5 Cálculo de Pérdidas por Fricción 83
4.3.2.6 Altura Dinámica Total de la Bomba (ADT)..... 87
4.3.2.7 Potencia de la Electrobomba 87
4.3.2.8 Selección de la Electrobomba 89
4.3.3 Cálculos Eléctricos del tablero. 93
4.3.3.1 Cálculo del Interruptor General 93
4.3.3.2 Cálculo del Guardamotor 96
4.3.3.3 Selección del Variador de velocidad 99
4.3.3.4 Selección del Arrancador Suave 100
4.3.3.5 Selección del Contactor 102
4.3.4 Cálculos Eléctricos de cables. 104
4.3.4.1 Cálculo del cable Motor electrobomba 7.5HP 104
4.3.4.2 Cálculo del cable Motor Cadena 1 HP 105

4.3.5 Caída de tensión cables eléctricos. 107

4.3.5.1 Caída de tensión para electrobomba de 7.5 HP 108

4.3.5.2 Caída de tensión para motores de 1 HP 109

4.4 Evaluación del impacto del diseño propuesto 111

4.4.1 Evaluación del consumo de agua. 112

4.4.2 Evaluación del consumo energético. 113

4.4.3 Evaluación de la productividad. 114

4.4.4 Evaluación del rendimiento del sistema de lavado. 115

4.4.5 Análisis del consumo de agua. 117

4.4.6 Costo de fabricación de la máquina lavadora de jabas 118

4.5 Simulación del funcionamiento de la máquina lavadora de jabas: 123

4.6 Discusión de resultados 126

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 129

5.1 Conclusiones 129

5.2 Recomendaciones 131

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 132

ANEXOS 134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio. 32
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de la información. 35
Tabla 3. Etapas del proceso manual de lavado. 39
Tabla 4. Características de las jabas. 39
Tabla 5. Insumos utilizados. 40
Tabla 6. Capacidad del sistema manual. 42
Tabla 7. Valores obtenidos de catálogo 80
Tabla 8. Pérdidas Accesorios de Succión (tramo 1-3). 84
Tabla 9. Pérdidas Accesorios de Descarga (tramo 1-3). 84
Tabla 10. Pérdidas Accesorios de Descarga (tramo 3-4). 85
Tabla 11. Selección de la Electrobomba. 89
Tabla 12. Cuadro de cargas. 93
Tabla 13. Caída de Tensión para Electrobomba de 7.5 HP 108
Tabla 14. Caída de Tensión para motores de 1 HP 109
Tabla 15. Evaluación del consumo de agua del sistema de lavado. 113
Tabla 16. Evaluación del consumo energético. 114
Tabla 17. Evaluación de la productividad del sistema automatizado. 115
Tabla 18. Evaluación del rendimiento del sistema de lavado. 116
Tabla 19. Costo de Fabricación de la Máquina Lavadora de Jabas 118
Tabla 20. Flujo de Caja. 120
Tabla 21. Indicadores de evaluación económica del proyecto. 120
Tabla 22. Flujo de caja económico del proyecto (5 años). 121
Tabla 23. Evaluación económica del proyecto. 122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lavado de jabas de manera artesanal..... 2
Figura 2. Ubicación del Proyecto..... 7
Figura 3. Uso de jabas en las empresas agroindustriales 22
Figura 4. Jaba de cosecha 23
Figura 5. Lavado de Jabas Manual. 37
Figura 6. Jabas Cosecheras..... 40
Figura 7. Lavado de Jabas Manual con detergentes. 41
Figura 8. Diseño Lavadora de Jabas 2 E..... 44
Figura 9. Diseño del Software. 44
Figura 10. Vista Isométrica del bastidor..... 46
Figura 11. Vista lateral del Bastidor..... 46
Figura 12. Vista de Planta del Bastidor. 47
Figura 13. *Vista del Sistema de Transmisión.*..... 47
Figura 14. *Vista Sistema de Transmisión – Eje Conductor.* 48
Figura 15. Vista Sistema de Transmisión – Eje Conducido. 48
Figura 16. Vista Isométrica Tuberías y Boquillas..... 49
Figura 17. *Vista Frontal - Tuberías y Boquillas.* 50
Figura 18. Vista Lateral - Tuberías y Boquillas. 50
Figura 19. Ubicación de Tuberías y Boquillas..... 51
Figura 20. Tina de Lavado 350 L..... 53
Figura 21. Tina de Lavado 350 L..... 53
Figura 22. Tina de Enjuague 200 L. 54
Figura 23. Tina de Enjuague 200 L. 55
Figura 24. Sistema de Recirculación de Agua..... 56
Figura 25. Vista Isométrica Sistema de recirculación. 56
Figura 26. Variador de Velocidad Siemens 380 V 58
Figura 27. Arrancador Suave Siemens 380V 59
Figura 28. Guardamotor Siemens 380V 60
Figura 29. Interruptor Siemens 380V..... 61
Figura 30. Parada de Emergencia Schneider 62
Figura 31. Sensor de Nivel de Electrobombas..... 62
Figura 32. Pictórico de Tablero eléctrico. 63
Figura 33. Vista Isométrica Placa de Tablero. 64
Figura 34. Pictórico de Tablero eléctrico. 64
Figura 35. Vista Isométrica de Tablero..... 65

Figura 36. Ubicación de Tablero eléctrico. 65
Figura 37. Diagramas de Potencia. 66
Figura 38. Diagramas de Control..... 67
Figura 39. Ficha técnica del motor. 76
Figura 40. Boquilla de aspersión seleccionada para el sistema de lavado. 78
Figura 41. Sistema de Boquillas. 78
Figura 42. Constante K. 79
Figura 43. Tabla de selección de boquillas del catálogo Spraying Systems. 81
Figura 44. Distribución hidráulica del sistema de tuberías y boquillas. 87
Figura 45. Curva de electrobombas Pedrollo..... 90
Figura 46. Selección de la electrobomba..... 91
Figura 47. *Curva característica de la electrobomba seleccionada.* 92
Figura 48. Selección del interruptor general. 95
Figura 49. Selección del guardamotor 1 HP. 97
Figura 50. Selección del guardamotor 7.5 HP. 98
Figura 51. Variador de velocidad seleccionado para el motor de transmisión de 1 HP..... 100
Figura 52. Nota de Selección de un Arrancador Suave. 101
Figura 53. Selección de un Arrancador Suave. 102
Figura 54. Selección del contactor. 103
Figura 55. Cable de alimentación seleccionado para electrobomba de 7.5 HP. 105
Figura 56. Cable de alimentación seleccionado para motor cadena de 1 HP. 106
Figura 57. Ficha técnica del conductor eléctrico..... 107
Figura 58. Simulación con el valor del caudal (0.0022 m3/S) de la electrobomba que circula por el aro de lavado. 123
Figura 59. Simulación de la presión del agua que circula por el aro de lavado..... 124
Figura 60. Simulación de la velocidad que circula por el aro de lavado..... 125

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, caracterizado por el avance acelerado de la tecnología y la automatización de procesos, las organizaciones buscan optimizar el uso de sus recursos con el fin de mejorar la eficiencia productiva. La constante evolución tecnológica impulsa a las empresas a reemplazar procesos tradicionales u obsoletos por sistemas más eficientes que permitan reducir tiempos de operación, aumentar la productividad, disminuir el consumo energético y minimizar el impacto ambiental. En este sentido, la optimización de los procesos productivos se ha convertido en un factor clave para la competitividad de las empresas en los mercados actuales.

Esta situación también se refleja en las empresas agroindustriales del Perú y, particularmente, en el departamento de Lambayeque, donde la producción y exportación de productos agrícolas como palta, mango y arándano ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. En estos procesos productivos, la correcta manipulación, almacenamiento y transporte de los productos es fundamental para garantizar su calidad e inocuidad, especialmente en un contexto global donde las exigencias sanitarias y de seguridad alimentaria son cada vez más estrictas.

Dentro de la cadena productiva agroindustrial, uno de los elementos más utilizados para la cosecha, transporte y almacenamiento de productos agrícolas son las jabas plásticas o depósitos de recolección. Estos recipientes cumplen un papel fundamental en la logística de las empresas, ya que permiten trasladar grandes volúmenes de producto desde el campo hasta las áreas de procesamiento. Por esta razón, su adecuada limpieza y desinfección es indispensable para evitar la contaminación cruzada y garantizar condiciones higiénicas adecuadas durante todo el proceso productivo.

Sin embargo, en muchas empresas agroindustriales del departamento de Lambayeque, el proceso de lavado de jabas se realiza de manera manual o artesanal, generalmente mediante el uso de mangueras de agua a presión o mediante la aplicación

manual de soluciones desinfectantes como el hipoclorito de sodio. Estos métodos presentan diversas limitaciones, tales como un elevado consumo de agua, ausencia de sistemas de recirculación del recurso hídrico, mayor tiempo de operación y una alta dependencia de la mano de obra. Asimismo, la falta de procedimientos estandarizados puede generar ineficiencias en el proceso, así como condiciones de trabajo que provocan fatiga física en los operarios.

Figura 1. *Lavado de jabas de manera artesanal*

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, el uso continuo de métodos manuales puede ocasionar pérdidas de tiempo dentro del proceso productivo, afectando la disponibilidad de jabas limpias para las diferentes etapas de producción. Esto puede generar retrasos en las líneas de procesamiento y dificultades en la gestión logística de los depósitos utilizados durante la cosecha y el transporte de los productos agrícolas.

Ante esta problemática, la implementación de una máquina lavadora de jabas representa una alternativa tecnológica que permitiría mejorar la eficiencia del proceso de

limpieza. Un sistema automatizado de lavado puede contribuir a reducir el consumo de agua mediante la recirculación del recurso, optimizar el uso de energía eléctrica, disminuir la dependencia de la mano de obra y mejorar la productividad del área de logística. Asimismo, la automatización del proceso permitiría establecer condiciones de lavado más uniformes y controladas, contribuyendo a garantizar la inocuidad de los depósitos utilizados en la cadena productiva agroindustrial.

En este contexto, el desarrollo de un sistema de lavado de jabas automatizado busca contribuir a mejorar la productividad de las empresas agroindustriales, incrementando la cantidad de jabas procesadas y garantizando su adecuada limpieza para su reutilización en las diferentes etapas del proceso productivo. De esta manera, la incorporación de tecnologías en los procesos industriales permite optimizar los recursos disponibles, mejorar la gestión operativa y fortalecer la competitividad de los centros productivos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Síntesis de la situación problemática

Las empresas agroindustriales utilizan jabas plásticas para la recolección, almacenamiento temporal y transporte de productos agrícolas durante las etapas de cosecha, acopio y procesamiento. Debido a su contacto permanente con el suelo, restos orgánicos, polvo, tierra y látex proveniente de frutos como el mango, estas jabas requieren un proceso de limpieza adecuado antes de ser reutilizadas, garantizando condiciones higiénicas que contribuyan a la calidad e inocuidad de los productos procesados.

Con la finalidad de identificar la problemática existente, se realizaron visitas técnicas durante los meses de enero y febrero de 2026 a tres empresas agroindustriales ubicadas en los distritos de Jayanca, Olmos y Lambayeque. La información fue recopilada mediante fichas de observación y entrevistas al personal responsable de las operaciones, evaluándose aspectos relacionados con la capacidad de producción, tiempos de lavado, cantidad de operarios, consumo de agua y condiciones de trabajo.

Se observó que el lavado de jabas se realiza principalmente de forma manual mediante el uso de mangueras, detergentes y desinfectantes aplicados directamente por los operarios. Este procedimiento presenta limitaciones relacionadas con la capacidad de producción, la uniformidad del lavado, el consumo de recursos y la dependencia de mano de obra.

Los datos recopilados evidenciaron que el proceso manual requiere entre cuatro y seis operarios para alcanzar una capacidad aproximada de 720 jabas por hora. Asimismo, el consumo promedio de agua fue estimado en 1598 litros por hora mediante la medición del caudal de las mangueras utilizadas y el tiempo efectivo de operación durante las jornadas de lavado. Los tiempos de limpieza registrados

oscilaron entre 30 y 60 segundos por jaba, dependiendo del grado de suciedad y de las condiciones de trabajo.

Por otro lado, la dosificación de detergentes y desinfectantes se realiza de manera empírica, generando variaciones en la calidad del lavado y mayores costos operativos. Además, los trabajadores se encuentran expuestos a riesgos ergonómicos asociados a movimientos repetitivos, manipulación constante de cargas y posturas inadecuadas durante la jornada laboral, así como a riesgos químicos derivados del contacto directo con detergentes y soluciones desinfectantes.

Las deficiencias identificadas afectan la eficiencia del proceso de lavado, incrementan los costos operativos y limitan la productividad de las empresas agroindustriales. En consecuencia, surge la necesidad de diseñar una máquina lavadora de jabas que permita incrementar la capacidad de procesamiento, optimizar el consumo de agua, reducir la dependencia de mano de obra y mejorar las condiciones de seguridad durante la operación en las empresas agroindustriales de la región Lambayeque.

Descripción de los hechos:

Internacional

A nivel internacional, la industria alimentaria enfrenta crecientes exigencias sanitarias y ambientales relacionadas con la seguridad de los alimentos y la protección del medio ambiente. En la actualidad, las emergencias sanitarias y los problemas de contaminación ambiental han generado una mayor preocupación por la higiene en los procesos productivos. En este contexto, la limpieza adecuada de los depósitos o jabas utilizados durante la cosecha y transporte de productos agrícolas se vuelve una actividad fundamental, requiriendo sistemas de lavado más

eficientes que permitan optimizar el uso del agua, reducir el consumo de recursos y disminuir los costos asociados a la mano de obra.

Nacional

A nivel nacional, el Perú cuenta con un importante desarrollo del sector agrícola y agroindustrial, el cual ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años debido a la demanda de productos agrícolas en los mercados internacionales. Este crecimiento ha impulsado la modernización de los procesos productivos, promoviendo la incorporación de tecnologías y maquinaria industrial que permitan mejorar la eficiencia operativa, incrementar la productividad y reducir la dependencia de procesos manuales dentro de las actividades de producción y procesamiento agrícola.

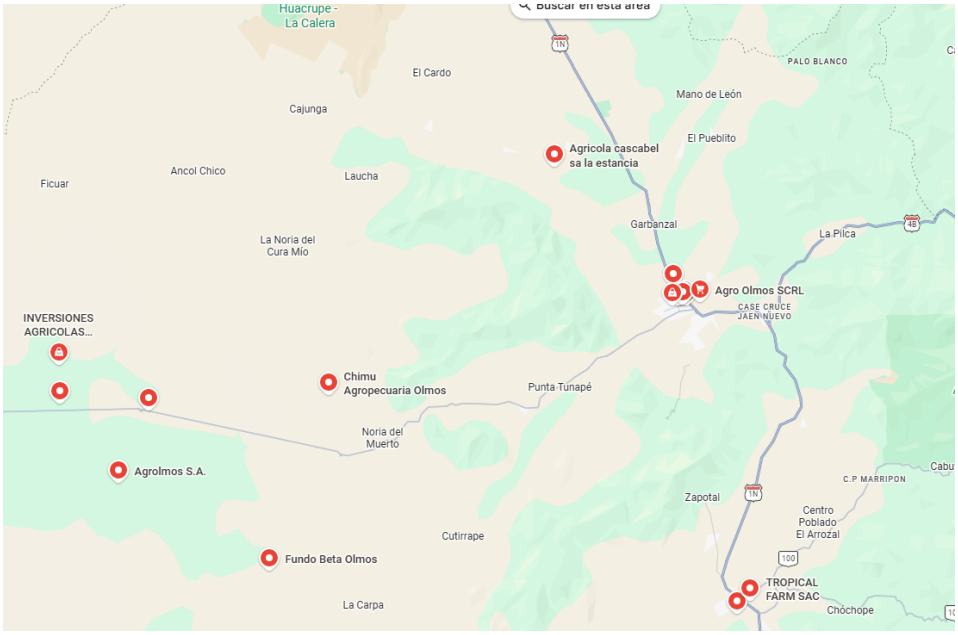
Local

A nivel local, el departamento de Lambayeque se caracteriza por ser una de las principales zonas agrícolas del país, donde operan diversas empresas agroindustriales dedicadas a la producción y procesamiento de cultivos como mango, palta, arándano, entre otros productos destinados tanto al mercado nacional como al de exportación. En estas actividades productivas, el uso de depósitos o jabas para la cosecha y transporte de los productos es cada vez mayor debido al incremento de la producción agrícola. Sin embargo, en muchas de estas empresas el proceso de limpieza de jabas se realiza de forma manual, lo cual genera un elevado consumo de agua, mayor tiempo de operación y una alta dependencia de la mano de obra, evidenciando la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que permitan optimizar este proceso.

Espacio:

La investigación se realizará en los distritos de Jayanca - Olmos - Lambayeque.

Figura 2. *Ubicación del Proyecto*



Fuente: Google Earth.

Factores:

Uno de los principales factores que afectan el proceso de limpieza de jabas en las empresas agroindustriales es la contaminación generada durante las labores de cosecha. Durante estas actividades, las jabas entran en contacto directo con el suelo agrícola, lo que provoca la acumulación de tierra y residuos orgánicos en su superficie. Asimismo, en el caso específico del mango, el látex que libera el fruto durante la cosecha tiende a adherirse a las paredes internas de los depósitos de recolección, generando una capa difícil de remover mediante métodos de lavado manual. Esta situación dificulta la correcta limpieza de las jabas y puede afectar las condiciones de higiene dentro del proceso productivo.

Consecuencias:

Como consecuencia de estas condiciones, muchas empresas agroindustriales recurren a procesos manuales de lavado que demandan una mayor cantidad de mano de obra y un uso excesivo de agua para lograr la limpieza de los depósitos. Esta situación genera un incremento en los costos operativos asociados al proceso de lavado, principalmente en lo relacionado con el pago de personal y el consumo de recursos hídricos. Además, el uso desmedido del agua sin sistemas adecuados de recirculación puede contribuir a problemas de contaminación ambiental y a un uso ineficiente de este recurso.

Investigación:

Para abordar esta problemática, la presente investigación propone el diseño de un sistema automatizado para el lavado de jabas, el cual permita mejorar la eficiencia del proceso de limpieza, optimizando el uso de recursos y reduciendo los costos operativos.

Variable independiente

Máquina lavadora de jabas.

Variable dependiente

Eficiencia del proceso de lavado de jabas.

1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida el diseño de una máquina lavadora de jabas incrementará la eficiencia del proceso de lavado en empresas agroindustriales de la región Lambayeque?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1 Delimitación Espacial

Región Lambayeque

1.3.2 Delimitación Temporal

Este proyecto se desarrollará entre septiembre del 2024 a septiembre del 2026.

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

La presente investigación se justifica debido a que actualmente muchas empresas agroindustriales realizan el proceso de lavado y enjuague de jabas de forma manual, lo que genera bajos niveles de eficiencia en el proceso. En estas condiciones, el sistema de lavado permite procesar aproximadamente entre 100 y 120 jabas por hora por operario, lo que equivale a un promedio de dos jabas por minuto, utilizando además cerca de 1598 litros de agua por hora durante el proceso de limpieza, el proceso manual además requiere entre 4 y 6 operarios, generando elevados costos operativos y variabilidad en la calidad del lavado.

Esta situación genera un elevado consumo de recursos, así como una mayor demanda de mano de obra y mayores tiempos de operación. Frente a esta problemática, la presente investigación propone el diseño de una máquina lavadora de jabas que permita optimizar el proceso de lavado mediante la reducción de tiempos de operación, la disminución de los costos asociados a la mano de obra directa y la reducción del consumo de agua utilizado durante el proceso.

La implementación del diseño permitirá mejorar la eficiencia del lavado y enjuague de jabas dentro de las empresas agroindustriales, contribuyendo a modernizar el sistema tradicional de limpieza mediante la incorporación de soluciones tecnológicas que optimicen el uso de los recursos disponibles.

1.4.1 Justificación Ambiental

La investigación tiene una importante justificación ambiental, debido a que propone el diseño de un sistema de lavado que permita optimizar el uso del agua durante el proceso de limpieza de jabas. Mediante la implementación de un sistema más eficiente se busca reducir el consumo de este recurso hídrico, promoviendo su uso responsable dentro de las actividades agroindustriales y contribuyendo a la disminución del impacto ambiental generado por el uso excesivo de agua en los procesos productivos.

1.4.2 Justificación Teórica

La presente investigación se justifica teóricamente porque contribuye al desarrollo y aplicación de conocimientos relacionados con el diseño mecánico, hidráulico y de sistemas de transporte utilizados en procesos industriales de limpieza. Asimismo, integra fundamentos de ingeniería mecánica, automatización industrial, transferencia de fluidos y diseño de maquinaria aplicada al sector agroindustrial.

El estudio permitirá ampliar el conocimiento sobre la implementación de sistemas automatizados para el lavado de recipientes utilizados en la cosecha agrícola, proporcionando información técnica que podrá servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con la optimización de procesos agroindustriales y el diseño de equipos de limpieza industrial.

1.4.3 Justificación tecnológica

La investigación se justifica tecnológicamente porque propone el diseño de una máquina lavadora de jabas basada en sistemas de transporte por cadena, boquillas de aspersión, recirculación de agua y componentes industriales que permiten mejorar el desempeño del proceso de lavado.

La solución propuesta incorpora criterios de diseño sanitario, eficiencia hidráulica y aprovechamiento de recursos, permitiendo obtener un equipo capaz de incrementar la capacidad de producción y garantizar una limpieza uniforme de las jabas utilizadas en las actividades agrícolas. Asimismo, el diseño podrá servir como base para futuras implementaciones industriales dentro del sector agroexportador.

1.4.4 Justificación Práctica

La presente investigación se justifica de manera práctica porque busca resolver una problemática real identificada en las empresas agroindustriales relacionada con la baja eficiencia del lavado manual de jabas. El diseño propuesto permitirá incrementar la capacidad de limpieza de aproximadamente 720 jabas por hora a 1500 jabas por hora, reduciendo los tiempos de operación y mejorando la continuidad de los procesos productivos.

Además, la implementación de un sistema automatizado contribuirá a disminuir la exposición de los trabajadores a riesgos ergonómicos y químicos, mejorando las condiciones de trabajo y promoviendo una mayor seguridad durante las actividades de limpieza. De esta manera, la propuesta representa una alternativa tecnológica viable para optimizar los procesos de lavado de jabas en el sector agroindustrial.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se limita al diseño de una máquina lavadora de jabas orientada a mejorar la eficiencia del proceso de lavado en empresas agroindustriales. El estudio se enfoca principalmente en el análisis, diseño y

propuesta del sistema mecánico y eléctrico de la máquina, sin considerar la fabricación a escala industrial del equipo.

Asimismo, el análisis del proceso se realizará tomando como referencia las condiciones actuales del lavado manual de jabas utilizadas en la cosecha y transporte de productos agrícolas. Los resultados obtenidos estarán orientados a proyectar la mejora en la eficiencia del proceso mediante el diseño propuesto.

1.6. Objetivos de la Investigación

1.6.1 Objetivo General

Diseñar técnicamente una máquina lavadora de jabas para incrementar la eficiencia del proceso de lavado en las empresas agroindustriales mediante la automatización del sistema de limpieza, transporte y recirculación de agua.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diagnosticar la situación actual del proceso de lavado de jabas en las empresas agroindustriales de la región Lambayeque.
- ✓ Determinar los parámetros mecánicos, hidráulicos, eléctricos y operativos requeridos para el diseño de la máquina lavadora de jabas.
- ✓ Diseñar los sistemas mecánicos y eléctricos de la máquina lavadora de jabas.
- ✓ Evaluar el incremento de la eficiencia del proceso de lavado mediante el diseño propuesto.
- ✓ Evaluar técnica y económicamente la viabilidad del diseño propuesto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudios

Entre los antecedentes que serán parte del sustento teórico de la investigación, y que posteriormente serán confrontados en la discusión de los resultados, podemos citar las tesis:

Antecedentes internacionales:

A nivel internacional, (Morán Zavala, 2025) realizó una investigación titulada **"Desarrollo de un prototipo de estación de lavado automático para frutas con tecnología ultrasónica controlado mediante PLC y HMI"**. El objetivo del estudio fue desarrollar un prototipo de estación de lavado automático para frutas utilizando tecnología de limpieza ultrasónica, con la finalidad de demostrar la viabilidad de esta tecnología en el sector agroindustrial. La investigación se enfocó en integrar sistemas de automatización industrial para mejorar los procesos de limpieza de productos agrícolas. Para el desarrollo del prototipo se empleó un PLC Siemens S7-1500 y una interfaz HMI, programados mediante el software TIA Portal V18, permitiendo el control y monitoreo del sistema de lavado. Como resultado del estudio se logró implementar un sistema automatizado capaz de realizar el proceso de lavado de frutas utilizando tecnología ultrasónica, demostrando su aplicación en procesos agroindustriales donde tradicionalmente se han utilizado métodos manuales o menos eficientes. El estudio concluye que la incorporación de tecnologías de automatización y control industrial contribuye a mejorar los procesos de limpieza en el sector agroindustrial, fomentando la innovación tecnológica y el desarrollo de nuevas aplicaciones en el área de la electrónica y la automatización.

Este antecedente se relaciona con la presente investigación debido a que aporta la variable independiente asociada a la automatización de procesos de limpieza agroindustrial mediante sistemas de control basados en PLC y HMI. Asimismo,

aporta una metodología de diseño tecnológico orientada al desarrollo de prototipos automatizados para aplicaciones agroindustriales. Finalmente, sus resultados constituyen un referente de comparación para evaluar cómo la implementación de tecnologías automatizadas puede incrementar la eficiencia operativa de los procesos de limpieza, aspecto que también se busca lograr mediante el diseño de la máquina lavadora de jabas propuesta en esta investigación.

Asimismo, (López Torres & Solano Solano, 2023) realizó una investigación titulada **"Diseño mecatrónico de una máquina secadora de botellas de vidrio para optimizar el proceso de producción en la Cervecería artesanal La Paz"**. El objetivo del estudio fue desarrollar el diseño mecatrónico de una máquina secadora de botellas de vidrio con la finalidad de mejorar el proceso productivo dentro de la línea de envasado de la empresa. La investigación se inició con la identificación del problema existente en la línea de producción, el cual estaba relacionado con deficiencias en el proceso de etiquetado, debido a que la humedad presente en las botellas impedía una adecuada adherencia de las etiquetas, generando retrasos y un cuello de botella en el proceso. A partir de este diagnóstico se procedió a desarrollar el diseño de una máquina secadora que permita eliminar la humedad de las botellas antes de la etapa de etiquetado. Como resultado del estudio se logró establecer los parámetros de diseño del sistema mecatrónico, permitiendo mejorar las condiciones del proceso productivo. El estudio concluye que la implementación de una máquina secadora contribuye a optimizar la línea de producción, reduciendo los problemas de adherencia de las etiquetas y mejorando la eficiencia del proceso industrial.

Este antecedente se relaciona con la presente investigación debido a que aporta la variable independiente asociada al diseño de maquinaria industrial para la optimización de procesos productivos. Asimismo, proporciona una metodología

basada en la identificación de problemas operativos, el establecimiento de parámetros de diseño y el desarrollo de una solución mecatrónica orientada a mejorar el desempeño de un proceso industrial. Finalmente, los resultados obtenidos constituyen un referente de comparación para la presente investigación, ya que evidencian cómo el diseño de una máquina especializada puede incrementar la eficiencia operativa, reducir tiempos improductivos y optimizar los recursos utilizados, objetivos que también se persiguen mediante el diseño de la máquina lavadora de jabas para el sector agroindustrial.

Antecedentes nacionales:

A nivel nacional, (Garcia Ipanaque & Hidalgo Prieto, 2023) realizaron un estudio titulado **"Implementación de la ingeniería de métodos en el proceso de lavado de jabas para mejorar la productividad en la empresa ECOSAC Agrícola S.A.C., Piura – 2023"**, desarrollado en la Universidad César Vallejo. El objetivo de la investigación fue aplicar la ingeniería de métodos para incrementar la productividad del proceso de lavado de jabas en la empresa ECOSAC Agrícola S.A.C. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental. La población estuvo conformada por todas las actividades del proceso de lavado de jabas y la muestra correspondió a las actividades del proceso y a los operarios involucrados en el estudio. Para la recolección de información se utilizó la técnica de la observación mediante instrumentos validados que permitieron evaluar la eficiencia y eficacia del proceso. Como resultado del estudio se obtuvo una mejora significativa en la productividad del proceso de lavado de jabas, incrementándose en 28,5 %, mientras que la eficiencia aumentó en 8,3 % y la eficacia en 23,3 %. El estudio concluye que la aplicación de la ingeniería de métodos permite optimizar el proceso de lavado de jabas, mejorando la productividad y el desempeño operativo dentro de empresas agroindustriales.

Este antecedente guarda una relación directa con la presente investigación debido a que aborda la misma actividad operativa: el proceso de lavado de jabas en empresas agroindustriales. Asimismo, aporta la variable dependiente relacionada con la productividad y eficiencia del proceso de lavado, las cuales también constituyen indicadores fundamentales de la presente investigación. Desde el punto de vista metodológico, proporciona una referencia para el análisis y evaluación del desempeño operativo mediante técnicas de observación y medición de indicadores de productividad. Finalmente, los resultados obtenidos sirven como elemento de comparación para la presente investigación, ya que demuestran que la optimización de los procesos de lavado genera mejoras significativas en la eficiencia operativa; sin embargo, a diferencia de dicho estudio, la presente investigación propone una solución tecnológica basada en el diseño de una máquina lavadora de jabas para lograr incrementos superiores en productividad y eficiencia.

A nivel nacional, (Alcantara Vega & Fabian Gomez, 2025) desarrolló la investigación titulada **"Diseño y fabricación de un prototipo de máquina lavadora de jengibre para reducir los costos de producción en la provincia de Chanchamayo, Perú"**.

El objetivo del estudio fue diseñar y fabricar un prototipo de máquina lavadora de jengibre que permita reducir los costos de producción en el proceso de lavado del producto. La investigación fue de tipo tecnológico y se sustentó en el método científico. Para la recolección de datos se utilizaron técnicas de observación y fichas de observación, tomando como muestra un huerto de jengibre ubicado en la provincia de Chanchamayo. La máquina diseñada estuvo conformada por un bastidor de 2400 mm de largo, 700 mm de ancho y 1360 mm de alto, un tambor de 580 mm de diámetro y 2400 mm de longitud, un eje de escobillas de 25 mm de diámetro que permitió mejorar el proceso de lavado, un motor asíncrono trifásico de 7.5 HP, un motorreductor de 2 HP, una mesa de alimentación y una bandeja de

recirculación de agua. Como resultado del estudio se logró procesar aproximadamente 1350 kg de jengibre en un tiempo de 2 horas, con un costo de S/ 27.47, representando solo el 7.39 % del costo del lavado artesanal. El estudio concluye que el diseño de la máquina lavadora permitió reducir significativamente los tiempos y costos de producción, demostrando la eficiencia y viabilidad económica del prototipo desarrollado.

Este antecedente se relaciona con la presente investigación debido a que aporta la variable independiente asociada al diseño y fabricación de maquinaria para optimizar procesos de lavado en el sector agroindustrial. Asimismo, proporciona una metodología tecnológica basada en el análisis de requerimientos, diseño mecánico, selección de componentes y evaluación del desempeño operativo del equipo desarrollado. De igual manera, los resultados obtenidos constituyen un referente de comparación para la presente investigación, ya que evidencian que la implementación de máquinas especializadas permite reducir costos operativos, disminuir tiempos de procesamiento e incrementar la eficiencia de las actividades de limpieza. Finalmente, este estudio aporta criterios de diseño mecánico e hidráulico que pueden ser considerados durante el desarrollo de la máquina lavadora de jabas propuesta, especialmente en aspectos relacionados con la estructura, el sistema de accionamiento y la recirculación de agua.

A nivel nacional, (Ramirez Ocaña, 2024) realizó una investigación titulada **“Diseño de una máquina prensadora automatizada de ladrillos ecológicos con sistema interlocking para pequeños y medianos productores”.** El objetivo del estudio fue diseñar una máquina prensadora automatizada que permita la fabricación de ladrillos ecológicos con sistema de encaje tipo *interlocking*, orientada a productores que no cuentan con los recursos económicos para adquirir maquinaria importada. La investigación se desarrolló considerando que los ladrillos ecológicos representan

una alternativa sostenible frente a los ladrillos tradicionales, ya que su fabricación se realiza mediante un proceso de prensado en lugar de cocción, utilizando una mezcla de tierra, cemento y agua, lo que reduce el impacto ambiental. Para el desarrollo del proyecto se aplicó la metodología basada en la norma VDI 2221, correspondiente al proceso generalizado de desarrollo y diseño de sistemas mecatrónicos. Como resultado del estudio se logró establecer el diseño de una máquina prensadora automatizada capaz de fabricar ladrillos ecológicos con propiedades de resistencia térmica y facilidad de ensamblaje mediante el sistema interlocking. El estudio concluye que el diseño de la máquina representa una alternativa tecnológica viable para mejorar los procesos productivos de pequeños y medianos productores, permitiendo optimizar la fabricación de ladrillos ecológicos a menor costo.

Este antecedente se relaciona con la presente investigación debido a que aporta la variable independiente asociada al diseño de maquinaria automatizada para la optimización de procesos productivos. Asimismo, proporciona una metodología de diseño basada en la norma VDI 2221, la cual constituye una referencia importante para el desarrollo estructurado de proyectos de ingeniería, desde la identificación de necesidades hasta la definición de la solución técnica. De igual manera, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de metodologías de diseño permite desarrollar equipos técnicamente viables que mejoran la productividad y eficiencia de los procesos industriales. Finalmente, este estudio sirve como referencia para la presente investigación en lo relacionado con la selección de componentes, el desarrollo del diseño mecánico y la integración de sistemas automatizados para la construcción de una máquina lavadora de jabas destinada al sector agroindustrial.

Antecedentes locales:

A nivel local, (Calvay Tiquillahuanca, 2021) realizó un estudio titulado **“Diseño de una lavadora de mango de 24 TM/hora para optimizar la producción en la empresa EPP del distrito de Jayanca”**. El objetivo general de la investigación fue diseñar una máquina lavadora de mango con una capacidad de 24 toneladas por hora, con la finalidad de optimizar el proceso productivo en la empresa agroindustrial EPP ubicada en el distrito de Jayanca. La metodología empleada correspondió a una investigación de tipo no experimental y de nivel descriptivo, donde se tomó como población y muestra la producción de mango de la empresa. Para la recolección de información se utilizaron las técnicas de observación y revisión documentaria, mientras que para el análisis de los datos se aplicó el método estadístico, permitiendo establecer la relación de variables respecto al diseño de la máquina lavadora. Como resultado del estudio se determinaron los parámetros necesarios para el diseño del equipo, además de realizar la evaluación económica del proyecto. Los indicadores financieros mostraron resultados favorables, obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 180,253.68, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 53.22 % y una tasa de descuento del 12 %, demostrando la viabilidad económica del proyecto. El estudio concluye que el diseño de la máquina lavadora permite mejorar el proceso de limpieza del mango y optimizar la producción dentro de la empresa agroindustrial.

Este antecedente se relaciona directamente con la presente investigación debido a que aporta la variable independiente asociada al diseño de maquinaria de lavado para procesos agroindustriales, orientada a incrementar la capacidad productiva y mejorar la eficiencia operativa. Asimismo, proporciona una metodología basada en la recopilación de información de campo, determinación de parámetros de diseño y evaluación técnico-económica de la solución propuesta. Los resultados obtenidos constituyen un referente de comparación para la presente investigación, ya que

demuestran que el diseño de equipos de lavado permite optimizar los procesos productivos y justificar económicamente la implementación de nuevas tecnologías en el sector agroindustrial. Finalmente, este estudio aporta criterios de diseño mecánico, hidráulico y de evaluación financiera que resultan relevantes para el desarrollo de la máquina lavadora de jabas propuesta en la presente investigación.

2.2 Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Investigado

La presente investigación busca contribuir con la mejora de los procesos de limpieza en las empresas agroindustriales, debido a que actualmente el lavado de jabas utilizadas en la cosecha y transporte de productos agrícolas se realiza de manera manual. Este procedimiento tiene como finalidad retirar residuos de tierra, polvo y restos orgánicos que se adhieren a las superficies de las jabas durante su uso en el campo. Sin embargo, este método carece de herramientas y procedimientos adecuados que garanticen un proceso de lavado eficiente, lo que ocasiona que muchas veces las jabas únicamente queden húmedas sin eliminar completamente los residuos adheridos.

Durante las campañas agrícolas, especialmente en la cosecha de mango, se presenta un problema adicional debido a que este fruto libera látex, el cual tiende a adherirse a las paredes de las jabas. Cuando estas no son lavadas adecuadamente, los residuos de látex permanecen en la superficie del depósito, lo que puede generar contaminación o deterioro en otros productos agrícolas cuando las jabas son reutilizadas en posteriores procesos de cosecha o transporte.

En este contexto, se propone el diseño de una máquina lavadora de jabas, que permita mejorar la eficiencia del proceso de lavado mediante la utilización de sistemas mecánicos y de recirculación de agua, garantizando una limpieza más uniforme, reduciendo el consumo de recursos y optimizando los tiempos de operación dentro de las empresas agroindustriales.

2.2.1 Agroindustria.

La agroindustria comprende el conjunto de actividades relacionadas con la transformación, procesamiento, conservación y comercialización de productos provenientes de la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura. Este sector tiene como objetivo agregar valor a las materias primas agrícolas mediante el uso de tecnologías, procesos industriales y sistemas de control de calidad que permitan mejorar la productividad y competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

En el Perú, la agroindustria ha experimentado un crecimiento significativo durante los últimos años, impulsado principalmente por la exportación de productos como mango, palta, arándanos, espárragos y uvas. Este crecimiento ha generado la necesidad de implementar tecnologías que permitan optimizar los procesos productivos, mejorar la eficiencia de las operaciones y garantizar la inocuidad de los alimentos.

Dentro de estos procesos, la manipulación y transporte de productos agrícolas requiere el uso de depósitos o contenedores conocidos como jabas, los cuales deben mantenerse en condiciones adecuadas de limpieza para evitar contaminaciones que puedan afectar la calidad del producto final.

En el Perú, el crecimiento de la agroindustria ha impulsado la incorporación de tecnologías orientadas a optimizar los procesos productivos, garantizar la inocuidad de los alimentos y fortalecer la competitividad del sector. (*Agroindustria Virú S.A.*, 2026).

Figura 3. *Uso de jabas en las empresas agroindustriales*

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Jabas o cajas de cosecha.

Las jabas, también conocidas como cajas de cosecha o cajas plásticas agrícolas, son recipientes utilizados para la recolección, almacenamiento temporal y transporte de productos agrícolas desde el campo hasta los centros de acopio o plantas de procesamiento.

Generalmente estas jabas están fabricadas de polietileno de alta densidad (HDPE) o materiales plásticos resistentes, lo cual les permite soportar condiciones ambientales adversas, cargas pesadas y repetidos ciclos de uso. (*Jabas | Envases industriales | Lima*, 2026).

Las principales características de las jabas agrícolas son:

- Alta resistencia mecánica.
- Facilidad de manipulación.
- Capacidad de apilamiento.
- Reutilización en múltiples campañas agrícolas.

Sin embargo, durante su uso en campo, estas jabas se contaminan con diversos residuos como:

- Tierra.
- Restos orgánicos.
- Savia o látex de frutas.
- Microorganismos.

Figura 4. *Jaba de cosecha*

Fuente: envases carolina S.A.C

Medidas de la jaba de cosecha:

Largo: 0.53 m.
Ancho: 0.35 m.
Altura: 0.315 m.
Margen: 0.05 m.

La jaba es transportada a través de una cadena de rodillos metálicas acero inoxidable para pasar por cada proceso, los cuales son los siguientes:

2.2.3 Fase de lavado principal.

Fase de limpieza y eliminación a fondo la suciedad de las cajas. Se incorpora el detergente al agua que es suministrada por medio de una bomba potente

y eficiente; en esta fase también se reutiliza el agua pasa por una bandeja de filtro estacionario. (*Betelgeux*, 2021).

2.2.4 Fase de enjuague.

Tras el lavado principal las cajas se enjuagan y se elimina cualquier residuo de detergente. Para lograr un mejor acabado el arco de enjuague está conectado directamente al suministro de agua. Al terminar está fase las cajas salen limpias de la máquina y son recogidas por el operario. (*Betelgeux*, 2021).

2.2.5 Eficiencia en el proceso de limpieza.

Las lavadoras son equipos para la limpieza de distintos tipos de caja. Estos equipos están diseñados para asegurar los mejores resultados de limpieza de manera eficiente y sencilla, permiten reducir los consumos de agua, energía y productos ajustándolos a las dimensiones y cantidad de cajas que han de ser limpiadas. (*Betelgeux*, 2021).

2.3 Fórmulas y métodos para el diseño de la máquina:

2.3.1 Diseño de transportadores por cadena.

Los transportadores por cadena son sistemas mecánicos utilizados para el desplazamiento continuo de materiales o productos a lo largo de una trayectoria definida. En aplicaciones agroindustriales se emplean debido a su capacidad para transportar cargas pesadas, resistencia a ambientes húmedos y facilidad de mantenimiento.

La velocidad lineal del transportador se determina mediante:

$$V = \frac{(\pi . D . n)}{60}$$

Donde:

V = velocidad lineal de la cadena (m/s)

D = diámetro del piñón motriz (m)

n = velocidad de rotación del piñón (rpm)

La longitud total de la cadena puede calcularse mediante:

$$L = 2C + \left(\frac{\pi}{2}\right)(D1 + D2) + \frac{(D2 - D1)^2}{4C}$$

Donde:

L = longitud de cadena (m)

C = distancia entre centros (m)

D1 = diámetro del piñón conductor (m)

D2 = diámetro del piñón conducido (m)

Estas ecuaciones permiten dimensionar el sistema de transporte de las jabas y determinar la velocidad requerida para alcanzar la capacidad de producción establecida. Esta ecuación se empleó para dimensionar el sistema de transporte de la máquina propuesta.

2.3.2 Cálculo de potencia del motorreductor.

La potencia requerida para el accionamiento del sistema transportador depende de la carga total transportada, la velocidad de desplazamiento y las pérdidas mecánicas del sistema.

La potencia mecánica se calcula mediante:

$$P = F . V$$

Donde:

P = potencia (W)

F = fuerza requerida para desplazar la carga (N)

V = velocidad lineal (m/s)

Posteriormente, la potencia del motor se obtiene considerando el rendimiento del sistema:

Pm = P / η

Donde:

Pm = potencia del motor (W)

η = rendimiento mecánico del sistema

La selección del motorreductor debe garantizar el suministro del torque necesario para el movimiento continuo de las jabas bajo condiciones normales de operación. Esta ecuación se empleó para dimensionar la potencia de la máquina propuesta.

2.3.3 Diseño hidráulico del sistema de lavado.

El sistema hidráulico está conformado por electrobombas, tuberías, accesorios y boquillas aspersores encargadas de suministrar agua a presión para la limpieza de las jabas.

Las pérdidas por fricción en tuberías pueden determinarse mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$hf = f\left(\frac{L}{D}\right)\frac{(V)^2}{2g}$$

Donde:

hf = pérdida de carga por fricción (m)

f = factor de fricción

L = longitud de tubería (m)

D = diámetro interno de tubería (m)

V = velocidad del fluido (m/s)

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Las pérdidas localizadas por accesorios se calculan mediante:

$$hl = K\frac{(V)^2}{2g}$$

Donde:

hl = pérdida localizada (m)

K = coeficiente de pérdida del accesorio

La altura dinámica total requerida por la electrobomba se obtiene mediante:

$$HDT = hs + hd + hf + hl$$

Donde:

HDT = altura dinámica total (m)

hs = altura de succión (m)

hd = altura de descarga (m)

hf = pérdidas por fricción (m)

hl = pérdidas localizadas (m)

La selección de las boquillas de aspersión depende del caudal y la presión requerida para garantizar una distribución uniforme del agua sobre la superficie de las jabas.

Asimismo, para el diseño eléctrico se considera la corriente nominal de los motores mediante:

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3}.V.FP.n)}$$

Donde:

I = corriente nominal (A)

P = potencia del motor (W)

V = tensión de alimentación (V)

FP = factor de potencia

η = rendimiento

Estos cálculos permiten seleccionar adecuadamente conductores eléctricos, interruptores termomagnéticos, guardamotores y demás dispositivos de protección.

Finalmente, la estructura de la máquina fue diseñada utilizando acero inoxidable AISI 304 debido a su elevada resistencia a la corrosión, facilidad de limpieza y cumplimiento de los requisitos sanitarios exigidos en la industria alimentaria. Este material presenta una excelente resistencia a ambientes húmedos y al contacto con agentes de limpieza, siendo ampliamente utilizado en equipos destinados al procesamiento de alimentos. En aplicaciones con exposición continua a agentes altamente corrosivos puede emplearse acero inoxidable AISI 316, el cual incorpora molibdeno para mejorar su resistencia química. (*Normas Técnicas Hidráulica*, 2008).

Esta ecuación se empleó para calcular el sistema hidráulico de la máquina propuesta.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo **aplicada y tecnológica**, debido a que busca dar solución a un problema real existente en el proceso de lavado de jabas en empresas agroindustriales mediante el diseño de una máquina lavadora de jabas que permita incrementar la eficiencia operativa del proceso.

Asimismo, la investigación es de **enfoque cuantitativo**, ya que se recopilan y analizan datos relacionados con tiempos de operación, capacidad de producción, consumo de agua y número de operarios, los cuales permiten evaluar la mejora del sistema propuesto.

El diseño de investigación es **no experimental y de tipo propositivo**, debido a que no se manipulan deliberadamente las variables de estudio, sino que se analiza la situación actual del proceso de lavado manual para posteriormente proponer un diseño de solución tecnológica.

Adicionalmente, la investigación es de tipo **descriptivo**, ya que caracteriza el proceso actual de lavado de jabas, identificando sus principales limitaciones en términos de productividad, consumo de recursos y condiciones de trabajo.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población está conformada por las empresas agroindustriales ubicadas en los distritos de Jayanca, Motupe y Olmos en la Región Lambayeque que utilizan jabas plásticas en sus procesos de cosecha, transporte, almacenamiento y procesamiento de productos agrícolas.

3.2.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por tres empresas agroindustriales ubicadas en Jayanca, Olmos y Lambayeque seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando como criterios de inclusión la disponibilidad para brindar información y la ejecución del lavado manual de jabas.

Las empresas seleccionadas permitieron la recolección de información directa mediante fichas de observación, entrevistas y medición de variables operativas como tiempo de lavado, consumo de agua, número de operarios y capacidad de producción.

3.2.3 Unidad de análisis

Proceso de lavado manual de jabas

3.2.4 Unidad de observación

Tiempo de lavado, consumo de agua, cantidad de jabas lavadas y condiciones de operación.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis general

El diseño técnico de una máquina lavadora de jabas permitirá proyectar un incremento de la eficiencia del proceso de lavado en empresas agroindustriales, mediante el aumento de la capacidad operativa de 720 a 1500 jabas por hora, la reducción del consumo de agua por unidad lavada y la disminución de mano de obra directa.

3.4 Variables – Operacionalización

Variable independiente

Máquina lavadora de jabas.

Se define como un sistema automatizado diseñado para realizar el lavado continuo de jabas mediante mecanismos mecánicos, hidráulicos y eléctricos, con el objetivo de mejorar la capacidad de producción, reducir el consumo de recursos y disminuir la intervención de mano de obra.

Variable dependiente

Eficiencia del lavado de jabas.

La eficiencia del lavado de jabas se define como la capacidad del proceso para optimizar recursos como tiempo, agua y mano de obra en la limpieza de jabas, manteniendo o mejorando la calidad del proceso.

Tabla 1. *Operacionalización de las variables de estudio.*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	ESCALA DE MEDIDA
VARIABLE DEPENDIENTE: Eficiencia del lavado de jabas.	Relación entre los recursos utilizados (agua, tiempo, mano de obra) y la cantidad de jabas lavadas en un periodo determinado.	Productividad	Jabas/hora	Observación directa y cálculos matemáticos	Razón
		Consumo de agua	Litros por jaba (L/jaba)	Medición de caudal y cálculos hidráulicos	
		Recursos humanos	Número de operarios	Observación directa	
		Tiempo operativo	Tiempo de lavado por jaba (s/jaba)	Cronometraje y fichas de observación	
VARIABLE INDEPENDIENTE: Máquina lavadora de jabas	Sistema industrial automatizado para el lavado continuo de jabas con control mecánico, hidráulico y eléctrico, orientado a mejorar la eficiencia del proceso.	Sistema Mecánico	Capacidad de transporte (jabas/h), velocidad de cadena (m/s), potencia del	Modelamiento, cálculos de ingeniería y simulación.	Razón

			motorreductor (HP)		
		sistema hidráulico	Caudal de agua (L/min), presión de trabajo (bar), volumen de recirculación (L/h), número de boquillas de aspersión	Cálculos hidráulicos y fichas técnicas	Razón
		Sistema eléctrico	Potencia instalada (kW), corriente nominal (A), tipo de protección eléctrica, tipo de arranque del motor	Cálculos eléctricos y diagramas unifilares	Razón

Fuente: Elaboración propia

3.5 Métodos y Técnicas de Investigación

3.5.1 Métodos

Método Inductivo.

Se ejecutó el método inductivo para analizar las condiciones del proceso de lavado de jabas y, a partir de la información recopilada, desarrollar el diseño de la máquina propuesta.

3.5.2 Técnicas

Observación

Se utilizó esta técnica de la observación con la finalidad de recoger y obtener información respecto a la situación actual del proceso de limpieza de las jabas en las empresas agroindustriales. La información recogida nos sirve para realizar el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar y permite elaborar una formulación global de la investigación.

Entrevista

Se aplicó una entrevista semiestructurada al personal responsable del proceso de lavado de jabas en las empresas agroindustriales seleccionadas.

Búsqueda bibliográfica

La técnica de búsqueda bibliográfica se empleó para obtener información de diferentes bibliografías sobre la limpieza de las jabas de cosecha en las agroindustrias.

3.6 Descripción de los Instrumentos Utilizados

Tabla 2. *Técnicas e instrumentos de recolección de la información.*

Técnicas	Instrumentos	Objetivos
Observación	Guías de observación Fichas de registro	Permitió registrar la cantidad de jabas/ hora que se utiliza dentro del proceso de cosecha y transporte de productos agrícolas.
Análisis documentario	Fichas textuales	Se registró información relevante relacionada al tema de investigación, de artículos e investigaciones, sirvió como antecedentes y para el marco teórico.

Fuente: Elaboración propia

3.7 Análisis Estadístico e Interpretación de Datos

Sobre la base de obtención y compilación de información, logramos obtener datos estadísticos como se muestra este proyecto de investigación, para realizar el estudio y diseño de la máquina lavadora de jabas, las cuales son la capacidad de las jabas, dimensiones, proceso de lavado, cantidad de operarios, tiempo estimado y la eficiencia obtenida.

Se ha utilizado el software aplicativo Microsoft Office 2019 (Excel, Word).

Para realizar este diseño, se recurre a la estadística descriptiva, ayudan a comprender la estructura de los datos, de manera de detectar tanto un patrón de comportamiento general.

Luego de esta etapa se procede a realizar el análisis y procedimiento de diseño mediante una óptima obtención de los datos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Diagnosticar la situación actual del lavado de jabas.

El presente diagnóstico se realizó mediante visitas de campo a empresas agroindustriales ubicadas en los distritos de Jayanca, Motupe y Olmos, en la región Lambayeque. Durante estas visitas se efectuaron observaciones directas del proceso de lavado de jabas, así como entrevistas al personal encargado de esta actividad, con el objetivo de identificar las condiciones reales de operación, recursos utilizados, capacidad productiva y problemáticas existentes.

Se pudo constatar que el proceso de lavado de jabas se desarrolla principalmente de forma manual, sin la implementación de sistemas automatizados que permitan optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia del proceso. Esta situación genera una alta dependencia de la mano de obra y una notable variabilidad en los resultados del lavado.

Figura 5. *Lavado de Jabas Manual.*

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Descripción del proceso actual de lavado.

Durante la visita de campo se observó que el lavado de jabas se realiza en áreas abiertas dentro de la planta o en zonas acondicionadas de manera básica, donde los operarios utilizan mangueras conectadas a redes de agua a presión.

El proceso inicia con la recepción de jabas provenientes del campo, las cuales presentan altos niveles de suciedad debido al contacto directo con el suelo agrícola, acumulando tierra, restos orgánicos y, en algunos casos, látex proveniente de productos como el mango. Posteriormente, los operarios realizan un prelavado mediante chorros de agua a presión para remover la suciedad superficial.

En una segunda etapa, se aplica de manera manual detergente o soluciones desinfectantes, como hipoclorito de sodio, sin un control adecuado en la dosificación. Este proceso depende completamente de la experiencia del operario, lo que genera inconsistencias en la calidad del lavado.

Finalmente, se realiza un enjuague con agua limpia para retirar los residuos químicos, y las jabas son dejadas en reposo para su secado natural. Este método no garantiza una limpieza uniforme, especialmente en zonas de difícil acceso de las jabas.

Estos resultados evidencian que el proceso manual presenta limitaciones relacionadas con el elevado consumo de agua, la baja capacidad operativa y la alta dependencia de mano de obra, justificando el desarrollo de una máquina automatizada que permita optimizar dichos indicadores.

Tabla 3. *Etapas del proceso manual de lavado.*

Etapa	Descripción	Observación
Recepción	Jabas con suciedad	Alta contaminación
Prelavado	Agua a presión	No elimina látex
Lavado	Detergente/cloro	No uniforme
Enjuague	Agua limpia	Alto consumo
Secado	Natural	No controlado

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Características de las jabas utilizadas.

Durante el levantamiento de información se identificó que las empresas agroindustriales utilizan jabas plásticas estándar fabricadas de polietileno de alta densidad (HDPE), diseñadas para soportar condiciones de trabajo exigentes en campo.

Estas jabas presentan perforaciones laterales y estructuras geométricas que dificultan su limpieza manual, ya que los residuos pueden adherirse en zonas internas. Además, su uso continuo durante las campañas agrícolas incrementa el nivel de suciedad acumulada, lo que exige un proceso de limpieza más eficiente.

Tabla 4. *Características de las jabas.*

Características	Especificación 1	Especificación 2
Largo	0.53 m	0.602 m
Ancho	0.35 m	0.402 m
Alto	0.315 m	0.212 m
Peso	1.9 kg	1.2 kg
Material	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Polietileno de alta densidad (HDPE)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. *Jabas Cosecheras.*

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Insumos utilizados en el proceso.

Se observó que el proceso manual emplea grandes cantidades de agua sin ningún sistema de recirculación, lo que genera un uso ineficiente del recurso hídrico. Asimismo, se utilizan detergentes industriales y soluciones desinfectantes como el hipoclorito de sodio, los cuales son aplicados de manera empírica, sin control técnico en su concentración.

Esta falta de control en el uso de insumos no solo incrementa los costos operativos, sino que también puede generar riesgos para la salud de los operarios y afectar el medio ambiente.

Tabla 5. *Insumos utilizados.*

Insumo	Uso	Problema
Agua	Lavado	Alto consumo
Detergente	Limpieza	Sin control
Hipoclorito	Desinfección	Riesgo químico

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. *Lavado de Jabas Manual con detergentes.*

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Recursos humanos involucrados.

El proceso de lavado manual requiere la participación de varios operarios, quienes realizan actividades de lavado, enjuague y manipulación de jabas. Durante la visita de campo se identificó que el número de trabajadores asignados a esta labor varía entre dos, cuatro y seis personas, dependiendo del volumen de producción de la empresa.

Este tipo de trabajo es repetitivo y físicamente demandante, lo que puede generar fatiga en los operarios y disminuir su rendimiento a lo largo de la jornada laboral.

4.1.5 Capacidad operativa del sistema manual.

A partir de las observaciones realizadas y la información proporcionada por los operarios, se determinó que la capacidad de lavado manual es limitada. En promedio, un operario puede lavar entre 100 y 120 jabas por hora y con 6 operarios, con un tiempo estimado de entre 30 y 60 segundos por unidad.

Asimismo, se identificó un consumo aproximado de 1598 litros de agua por hora, lo que evidencia un uso poco eficiente de este recurso.

Tabla 6. *Capacidad del sistema manual.*

Parámetro	Valor
Producción	720 jabas/h
Tiempo/jaba	30–60 s
Consumo agua	1598 L/h
Operario	6
Tipo de Lavado	Manual
Riesgos ergonómicos	Alto

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Condiciones de trabajo y riesgos operativos.

El análisis del entorno de trabajo permitió identificar diversos riesgos asociados al proceso manual de lavado de jabas. Los operarios se encuentran expuestos a condiciones físicas exigentes, como posturas inadecuadas y movimientos repetitivos, lo que puede generar fatiga muscular.

Además, el contacto directo con productos químicos como detergentes y desinfectantes representa un riesgo para la salud, especialmente en ausencia de equipos de protección personal adecuados. También se observaron superficies húmedas que incrementan el riesgo de caídas y accidentes laborales.

4.1.7 Análisis del sistema actual.

En base a la información recopilada durante la visita de campo, se concluye que el sistema actual de lavado de jabas presenta múltiples deficiencias, entre

las cuales destacan la baja capacidad de producción, el alto consumo de agua, la dependencia de la mano de obra y la falta de estandarización del proceso.

Estas condiciones limitan la eficiencia operativa de las empresas agroindustriales y evidencian la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que permitan optimizar el proceso de lavado, mejorar la productividad y reducir los riesgos laborales.

4.2 Diseño del sistema mecánico y eléctrico de la máquina.

El diseño de la máquina lavadora de jabas fue desarrollado mediante el uso del software de modelado tridimensional **SOLIDWORKS**, el cual permitió la representación detallada de cada uno de los componentes y subensamblajes del sistema. Esta herramienta facilitó la visualización integral del funcionamiento de la máquina, así como la optimización del diseño en términos de distribución, ensamblaje y operación.

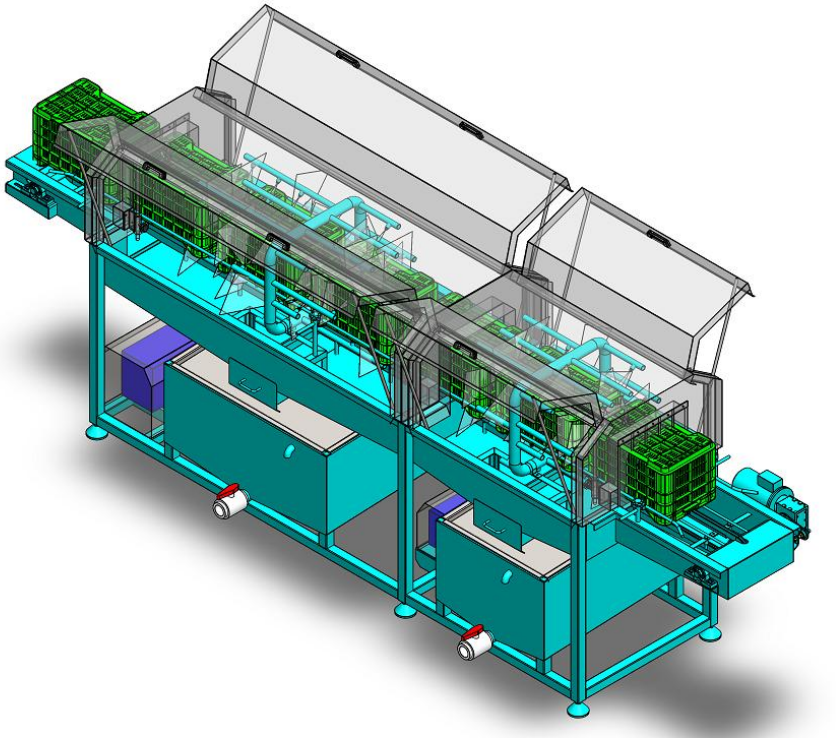
El sistema propuesto tiene como finalidad automatizar el proceso de lavado de jabas mediante un mecanismo de transporte continuo, en el cual las jabas ingresan por un extremo de la máquina y atraviesan las etapas de lavado y enjuague con desinfección, hasta su salida final.

El diseño se desarrolló considerando criterios de ingeniería mecánica, eléctrica y sanitaria, garantizando eficiencia operativa, seguridad y facilidad de mantenimiento. Asimismo, se consideraron lineamientos generales de normativas internacionales de diseño industrial, tales como estándares del **American National Standards Institute**, orientados a asegurar buenas prácticas en el diseño de maquinaria.

Cabe resaltar que toda la estructura y componentes en contacto con el proceso fueron diseñados en acero inoxidable tipo Acero inoxidable AISI 304, debido a su

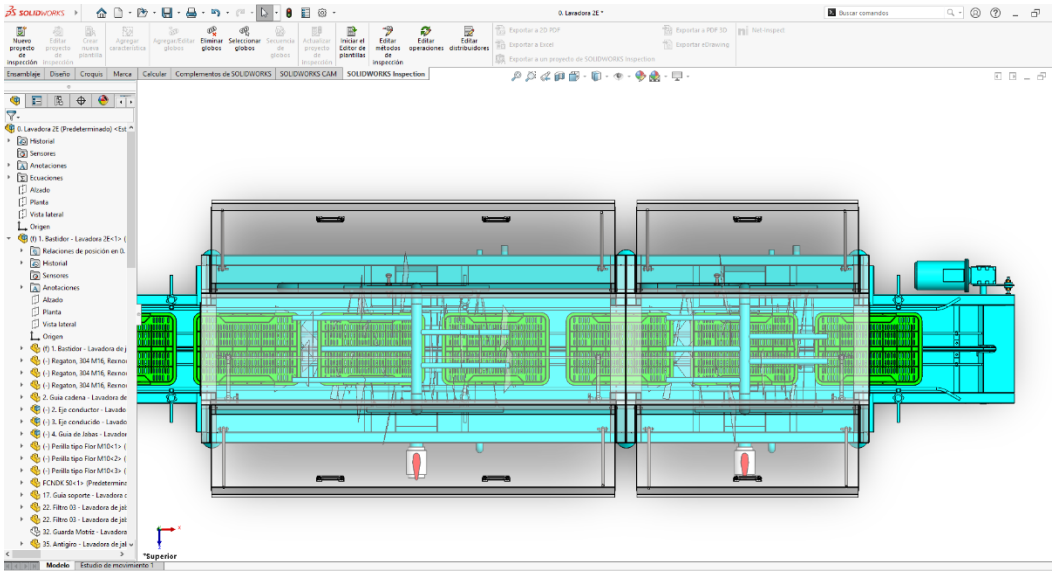
alta resistencia a la corrosión, facilidad de limpieza y cumplimiento de condiciones sanitarias requeridas en la industria agroindustrial.

Figura 8. *Diseño Lavadora de Jabas 2 E.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. *Diseño del Software.*



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Diseño mecánico.

El diseño mecánico comprende el desarrollo de todos los elementos estructurales y funcionales que permiten el soporte de la máquina, el transporte de las jabas y la ejecución del proceso de lavado.

El sistema fue dividido en subensamblajes con el fin de facilitar su análisis, fabricación e implementación, asegurando un correcto funcionamiento integral.

4.2.1.1 Diseño del bastidor.

El bastidor constituye la estructura principal de la máquina, siendo el encargado de soportar el peso total del sistema, incluyendo tinas, sistema de transmisión, electrobombas y jabas en proceso.

El diseño se realizó utilizando perfiles Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304, seleccionados por su resistencia mecánica.

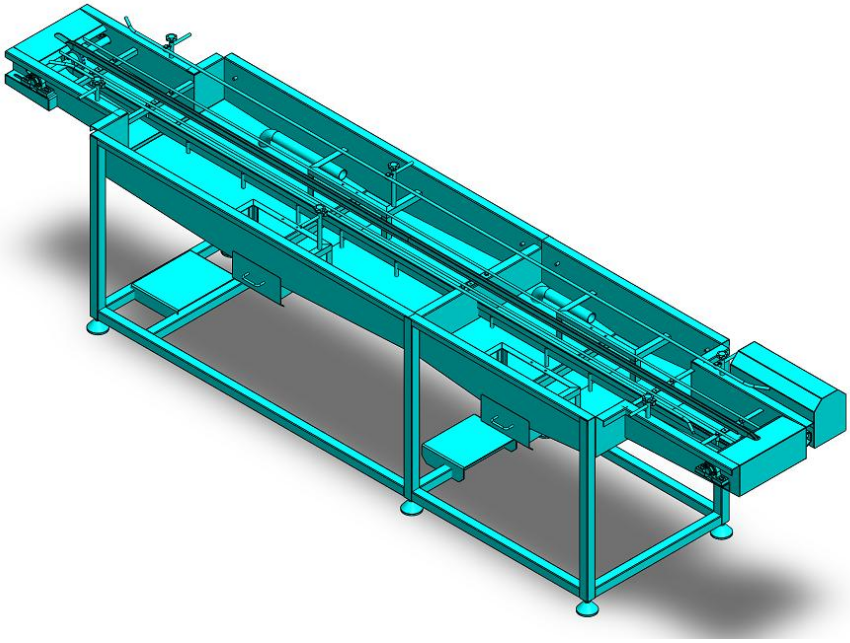
Dimensionamiento:

- Longitud de eje a eje: 4.30 m
- Ancho: 0.95 m
- Altura: 1.57 m

El bastidor presenta una configuración tipo bancada, con refuerzos transversales que permiten distribuir las cargas de manera uniforme. Asimismo, se incorporaron soportes específicos para las tinas y el sistema de transmisión.

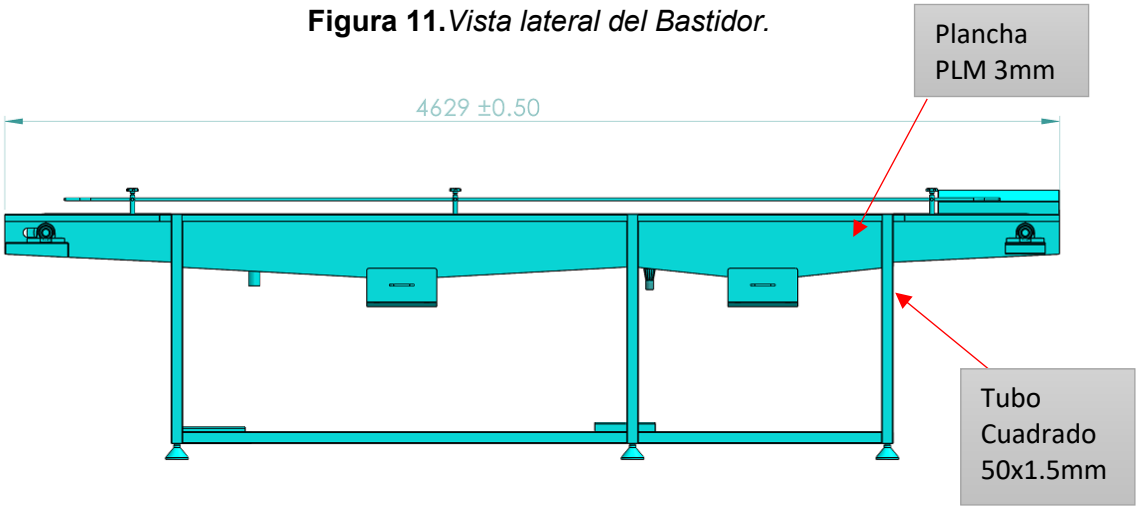
Se consideró un diseño sanitario, evitando zonas de acumulación de agua o residuos, lo cual facilita las labores de limpieza y mantenimiento.

Figura 10. *Vista Isométrica del bastidor.*



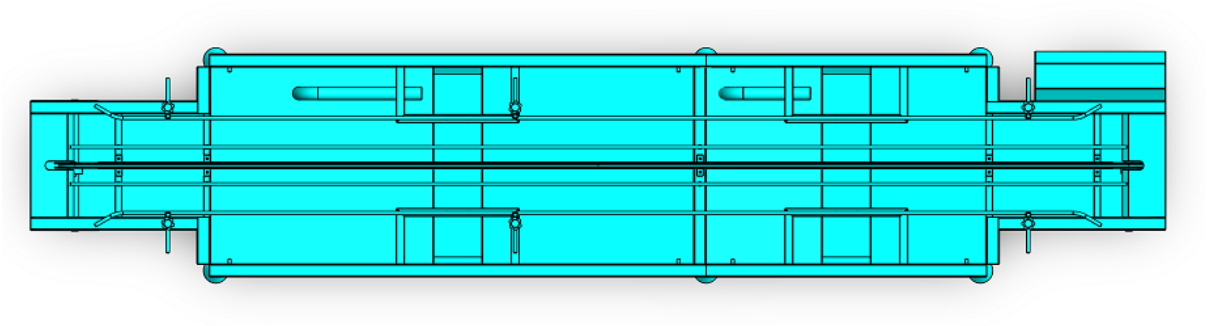
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. *Vista lateral del Bastidor.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. *Vista de Planta del Bastidor.*



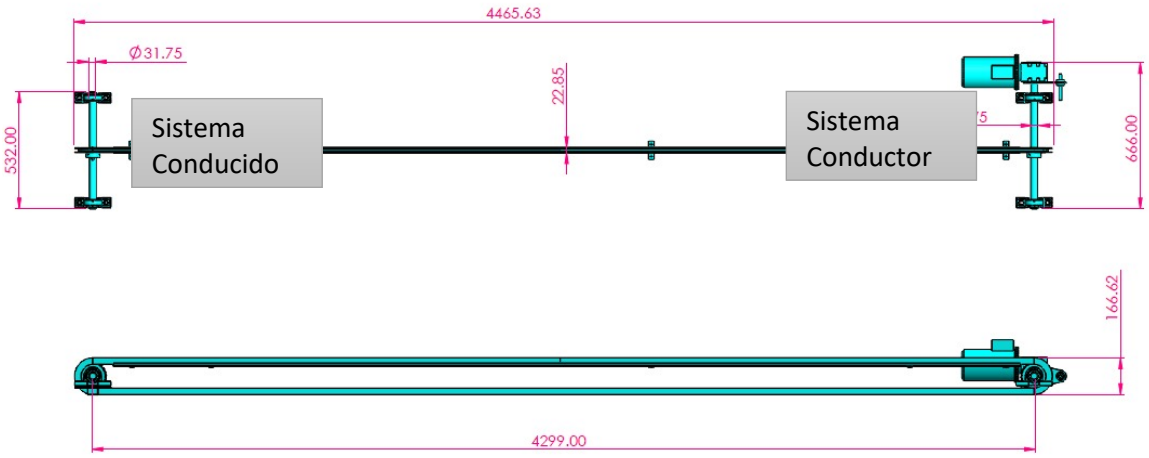
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2 Diseño del sistema de transmisión.

El sistema de transmisión tiene como finalidad transportar las jabas a lo largo de la máquina de manera continua y controlada, asegurando el tiempo necesario de permanencia en cada etapa del proceso.

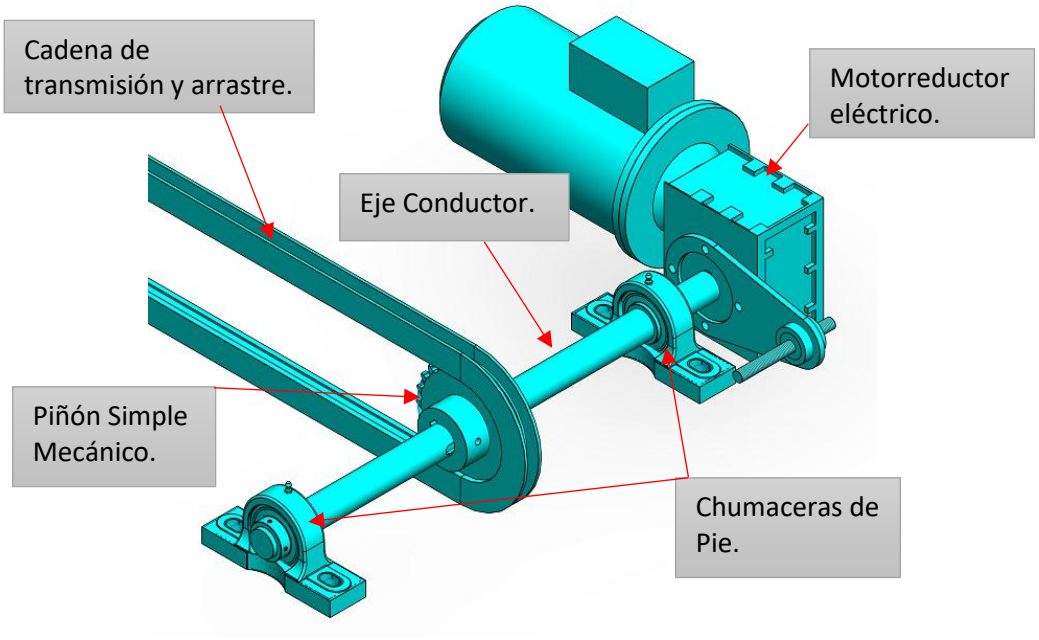
Se seleccionó un sistema de transmisión por cadena debido a su robustez, confiabilidad y capacidad de trabajar en ambientes húmedos.

Figura 13. *Vista del Sistema de Transmisión.*



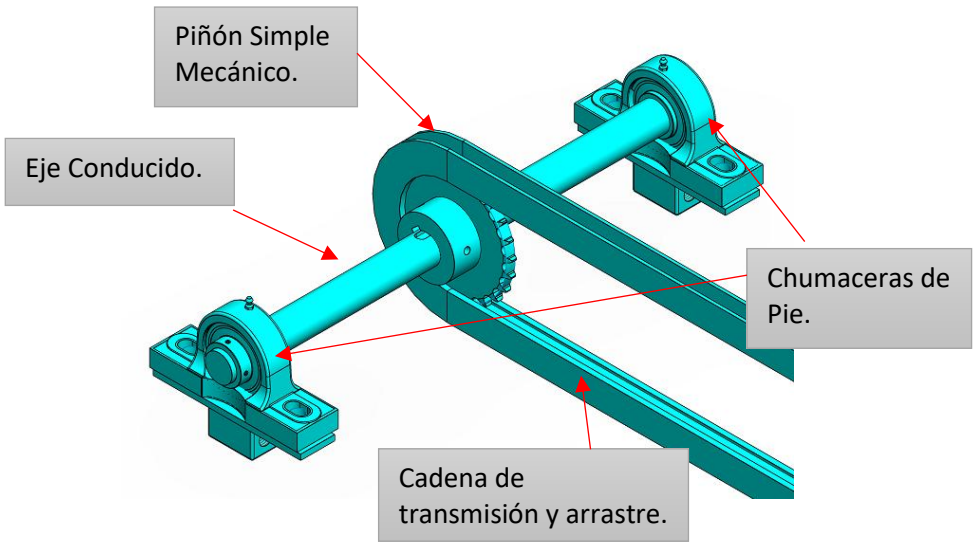
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. *Vista Sistema de Transmisión – Eje Conductor.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. *Vista Sistema de Transmisión – Eje Conducido.*



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3 Diseño del sistema de tuberías y boquillas.

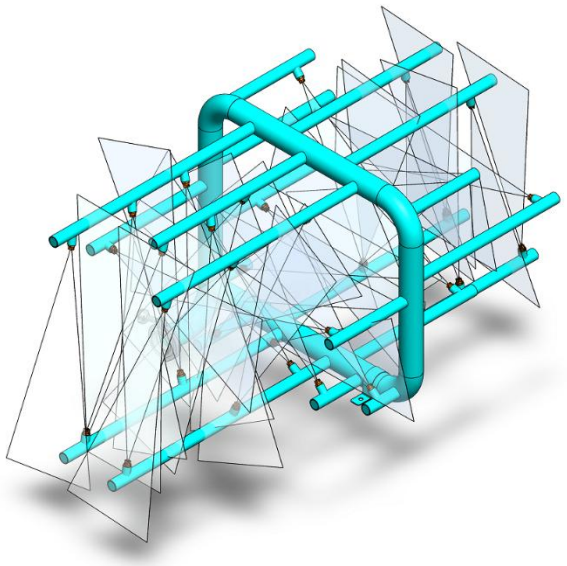
El sistema hidráulico fue diseñado para garantizar una distribución uniforme del agua sobre las jabas durante el proceso de lavado y enjuague. Se implementó un sistema de tuberías que alimenta un conjunto de boquillas aspersores ubicadas estratégicamente a lo largo de la máquina.

Características del sistema:

- Distribución homogénea del flujo
- Presión adecuada para remoción de suciedad
- Fácil desmontaje para mantenimiento

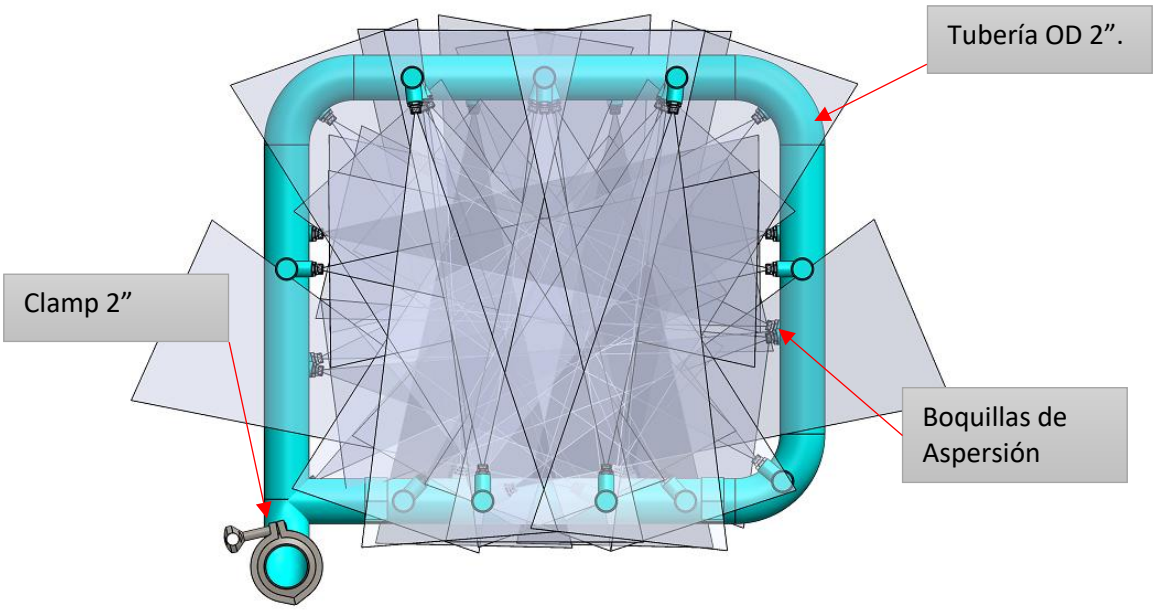
En la etapa de lavado se emplea agua recirculada, mientras que en la etapa de enjuague se incorpora una solución con hipoclorito para la desinfección de las jabas.

Figura 16. *Vista Isométrica Tuberías y Boquillas.*



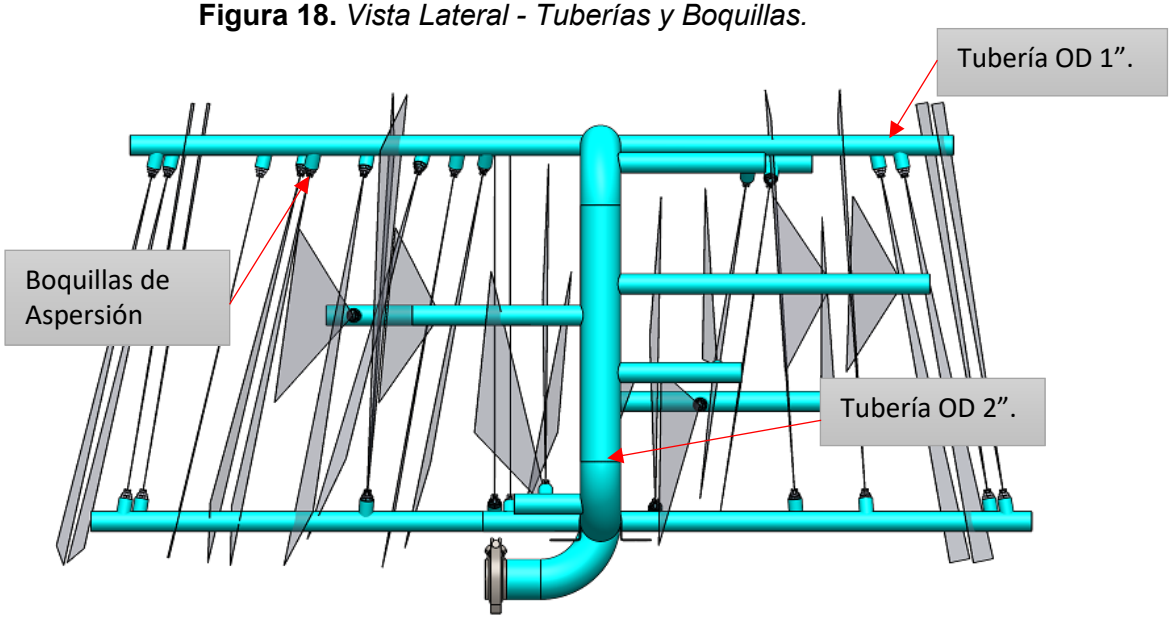
Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. *Vista Frontal - Tuberías y Boquillas.*



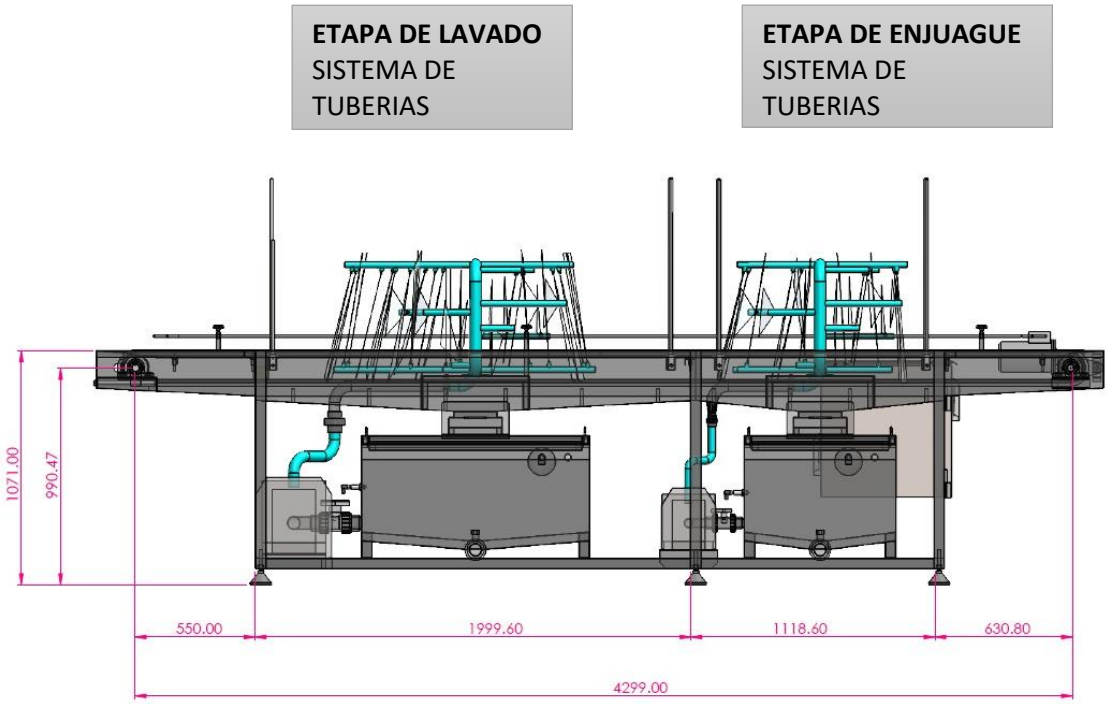
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. *Vista Lateral - Tuberías y Boquillas.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. *Ubicación de Tuberías y Boquillas.*



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4 Diseño de las Tinas de Almacenamiento de Agua.

El diseño de las tinas de almacenamiento de agua constituye un elemento fundamental dentro del sistema de la máquina lavadora de jabas, ya que permite garantizar el suministro continuo del fluido durante las etapas de lavado y enjuague, así como optimizar el uso del recurso hídrico mediante la recirculación.

El sistema ha sido diseñado considerando dos tinas independientes, cada una con una función específica dentro del proceso, lo cual permite mejorar la eficiencia del lavado y evitar la contaminación cruzada.

Configuración del sistema de tinas.

El sistema está conformado por:

- Tina de lavado (recirculación): destinada a almacenar el agua utilizada en la etapa de lavado principal.
- Tina de enjuague (agua limpia): destinada al almacenamiento de agua para la etapa final de enjuague y desinfección.

Esta configuración permite separar el agua con carga contaminante del agua limpia, asegurando mejores condiciones sanitarias en el proceso.

A. Diseño de la tina de lavado

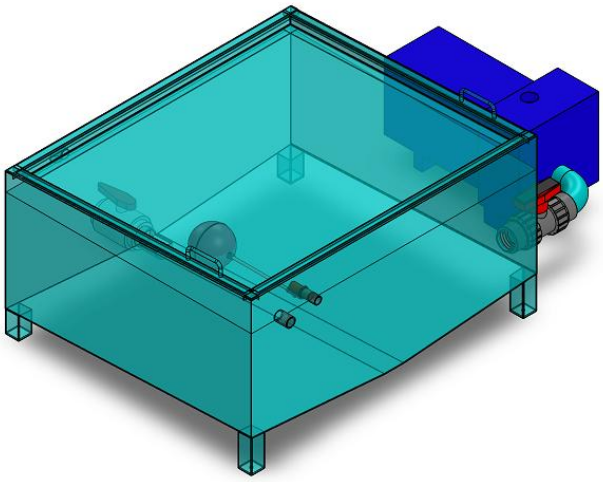
La tina de lavado tiene como función almacenar el agua recirculada que contiene detergente y residuos removidos de las jabas durante el proceso de limpieza.

Para su diseño se consideraron los siguientes criterios:

- Permitir la recirculación continua del agua mediante un sistema de bombeo, el material en acero inoxidable AISI 304 – 2mm.
- Incorporar un sistema de filtrado para la retención de sólidos (tierra, residuos orgánicos, etc.).
- Evitar la acumulación de sedimentos mediante superficies inclinadas.
- Facilitar el mantenimiento y limpieza del sistema.

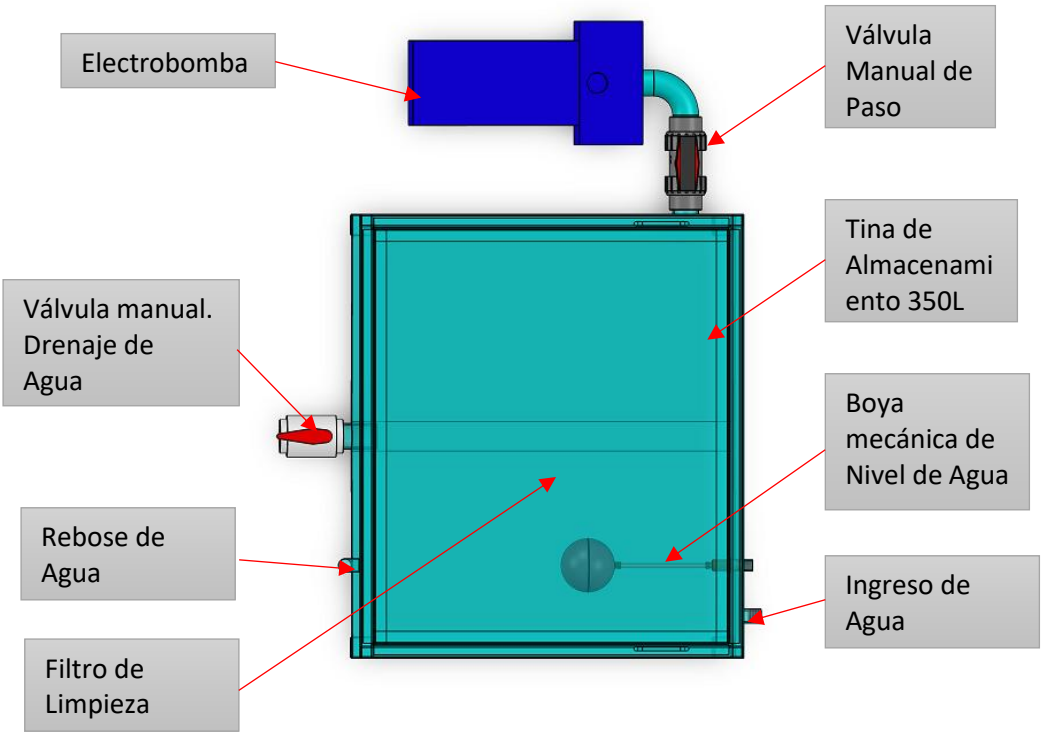
Asimismo, esta tina se ubica en la parte inferior de la máquina, permitiendo la recuperación del agua utilizada en el proceso de lavado.

Figura 20. *Tina de Lavado 350 L.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. *Tina de Lavado 350 L*



Fuente: Elaboración propia.

B. Diseño de la tina de enjuague

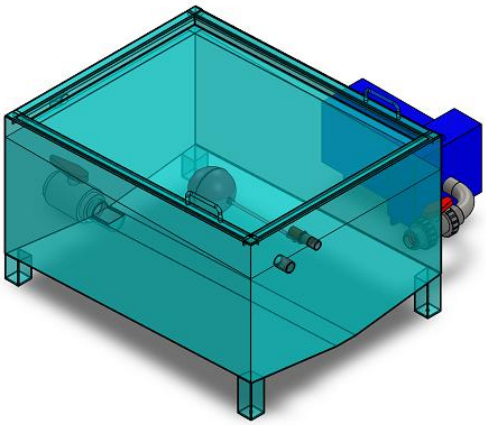
La tina de enjuague tiene como finalidad almacenar agua limpia que será utilizada en la etapa final del proceso, permitiendo eliminar residuos de detergente y realizar la desinfección de las jabas.

En esta etapa se incorpora una solución desinfectante a base de hipoclorito de sodio, garantizando condiciones adecuadas de higiene.

Los criterios considerados en su diseño son:

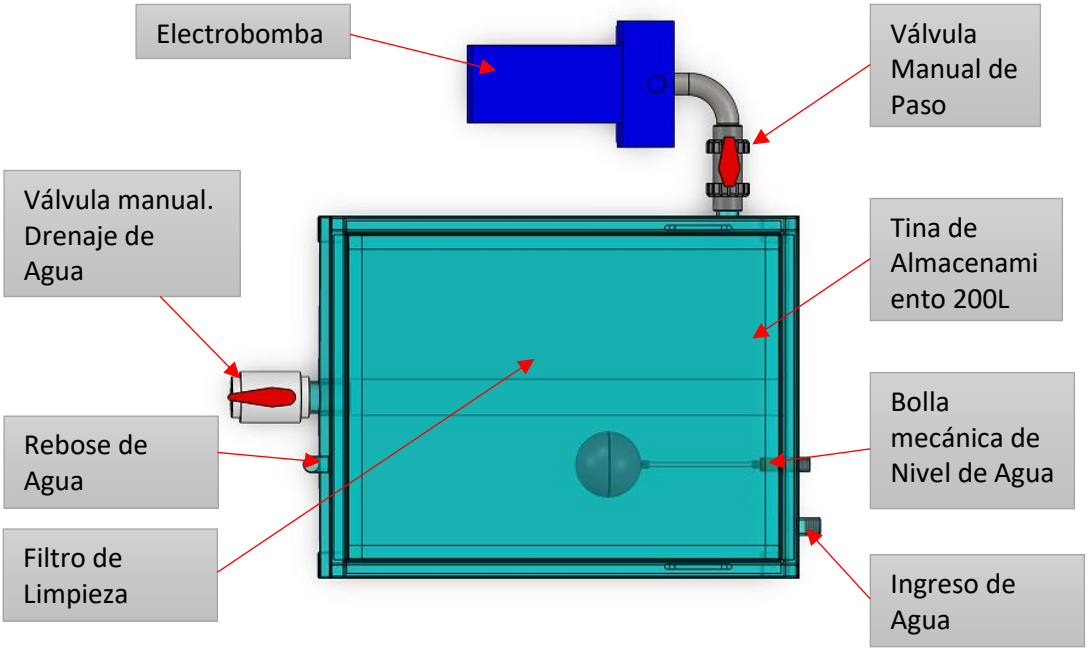
- Suministro continuo de agua limpia.
- Posibilidad de dosificación controlada del agente desinfectante.
- Separación del sistema de recirculación para evitar contaminación.
- Fácil acceso para mantenimiento y limpieza.

Figura 22. *Tina de Enjuague 200 L.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. *Tina de Enjuague 200 L.*



Fuente: Elaboración propia.

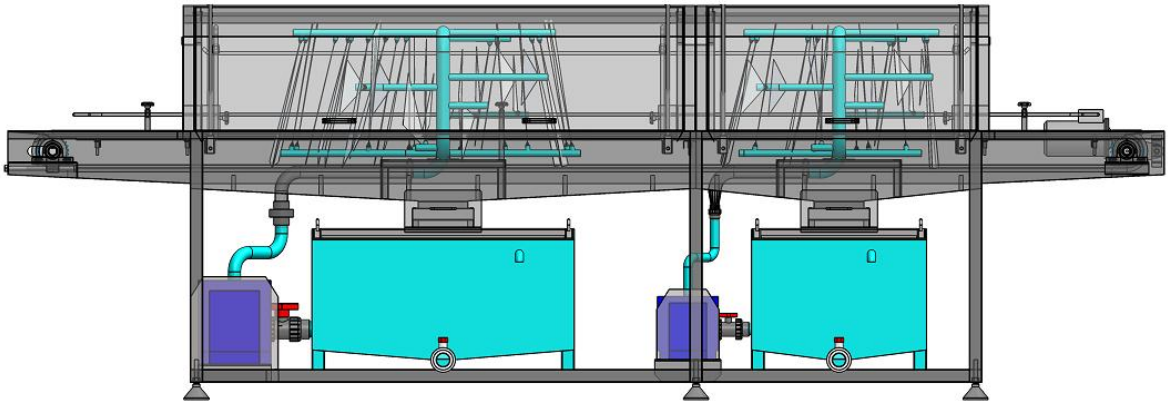
C. Sistema de recirculación

El sistema de lavado incorpora un circuito de recirculación que permite reutilizar el agua mediante el uso de una bomba y un sistema de filtrado.

Este sistema contribuye a:

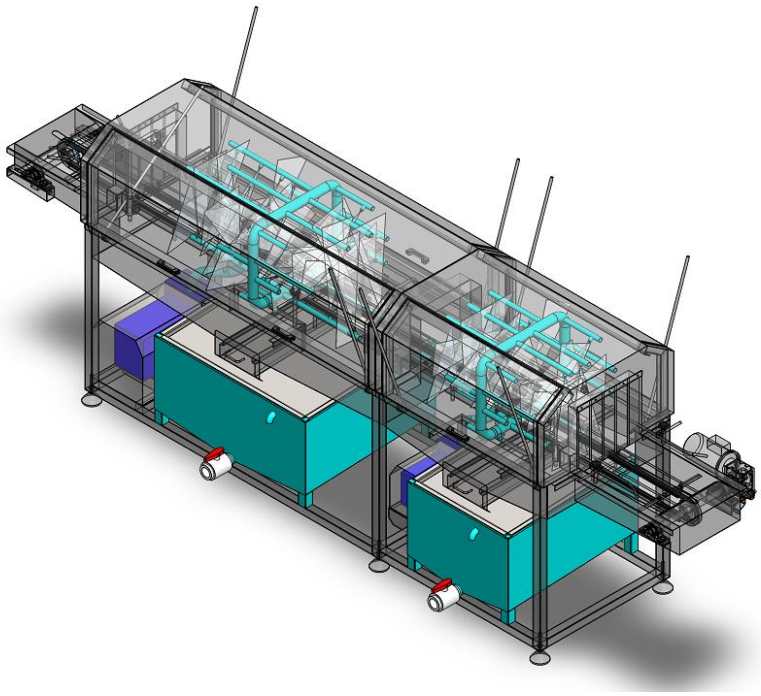
- Reducir el consumo de agua.
- Disminuir los costos operativos.
- Mejorar la eficiencia del proceso.

Figura 24. *Sistema de Recirculación de Agua.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. *Vista Isométrica Sistema de recirculación.*



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Diseño Eléctrico.

El diseño eléctrico de la máquina lavadora de jabas tiene como finalidad garantizar el adecuado funcionamiento, control, protección y seguridad de todos los componentes eléctricos involucrados en el sistema. Este diseño permite asegurar la operación eficiente del sistema motriz de transporte, así como de los equipos auxiliares como las electrobombas utilizadas en el proceso de lavado y enjuague.

Para el desarrollo del diseño eléctrico se emplearon herramientas de ingeniería como el software SolidWorks, para la integración tridimensional de los componentes eléctricos en el modelo de la máquina, y el software EPLAN Electric P8, para la elaboración de los diagramas eléctricos de potencia y control.

4.2.2.1 Configuración general del sistema eléctrico.

El sistema eléctrico está conformado por los siguientes subsistemas:

- Sistema de alimentación eléctrica
- Sistema de accionamiento del motor principal
- Sistema de accionamiento de electrobombas
- Sistema de protección eléctrica
- Sistema de control y seguridad

Cada uno de estos subsistemas ha sido diseñado considerando criterios de eficiencia energética, seguridad operativa y facilidad de mantenimiento.

4.2.2.2 Sistema de accionamiento del motor principal.

El sistema motriz encargado del transporte de las jabas mediante cadena es accionado por un motor eléctrico trifásico, cuyo arranque y control de velocidad se realiza mediante un variador de frecuencia.

El uso del variador de frecuencia permite:

- Regular la velocidad del sistema de transporte
- Ajustar la capacidad de producción de la máquina
- Reducir el consumo energético
- Minimizar esfuerzos mecánicos en el arranque

Este sistema proporciona mayor flexibilidad operativa, permitiendo adaptar el funcionamiento de la máquina a diferentes condiciones de trabajo. (*Variador de velocidad 1HP*, 2026).

Figura 26. *Variador de Velocidad Siemens 380 V*

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3 Sistema de accionamiento de electrobombas.

Las electrobombas encargadas del suministro de agua para el lavado y enjuague son controladas mediante arrancadores suaves, los cuales permiten un arranque progresivo del motor.

Las ventajas del uso de arrancadores suaves son:

- Reducción de corrientes de arranque
- Disminución de esfuerzos mecánicos en la bomba
- Mayor vida útil de los equipos
- Operación más estable del sistema hidráulico

Este tipo de arranque es adecuado para sistemas de bombeo, donde no se requiere control de velocidad, sino un arranque controlado. (*Arrancador suave 10HP*, 2026).

Figura 27. *Arrancador Suave Siemens 380V*

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4 Sistema de protección eléctrica.

El sistema cuenta con dispositivos de protección que garantizan la seguridad de los equipos y del sistema en general. Entre los principales elementos se consideran:

- Guardamotores para protección contra sobrecarga y cortocircuito
- Interruptores termomagnéticos
- Protecciones contra fallas eléctricas

Cada uno de los motores (motor principal y electrobombas) cuenta con su respectivo sistema de protección independiente, asegurando una operación confiable. (*Guardamotor 7.5HP*, 2026).

Figura 28. *Guardamotor Siemens 380V*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. *Interruptor Siemens 380V*

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.5 Sistema de control y seguridad.

El diseño incorpora elementos de seguridad industrial que permiten proteger a los operarios y al sistema ante posibles fallas o situaciones de riesgo.

Entre los principales dispositivos se incluyen:

- Paradas de emergencia ubicadas en la máquina y en el tablero eléctrico
- Sensores de nivel mínimo en las tinas de almacenamiento de agua
- Señalización de estado del sistema

Los sensores de nivel mínimo cumplen una función crítica, ya que evitan el funcionamiento de las electrobombas en ausencia de agua, previniendo daños por trabajo en seco. (*Pulsador de emergencia | Schneider Electric Perú*, 2026).

Figura 30. *Parada de Emergencia Schneider*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. *Sensor de Nivel de Electrobombas*

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.6 Integración del diseño eléctrico en SolidWorks.

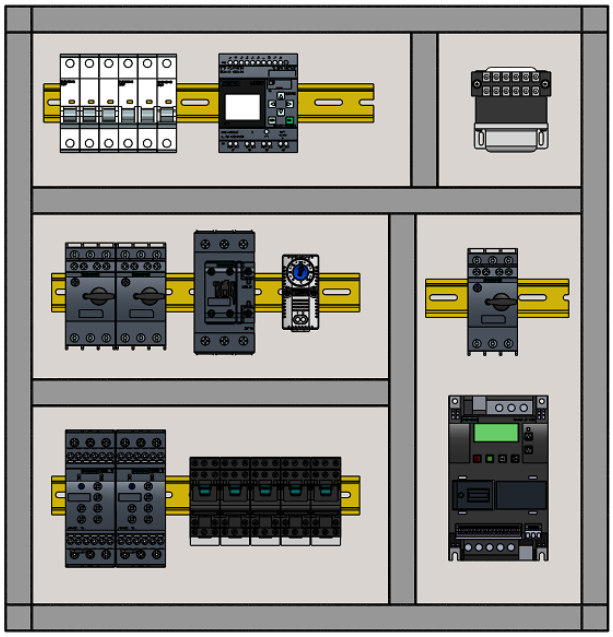
El diseño eléctrico fue integrado en el modelo tridimensional del tablero eléctrico mediante el uso del software SolidWorks, permitiendo la correcta ubicación de los componentes eléctricos, canalizaciones y tablero de control.

Esta integración facilita:

- La visualización del sistema completo
- La optimización del espacio

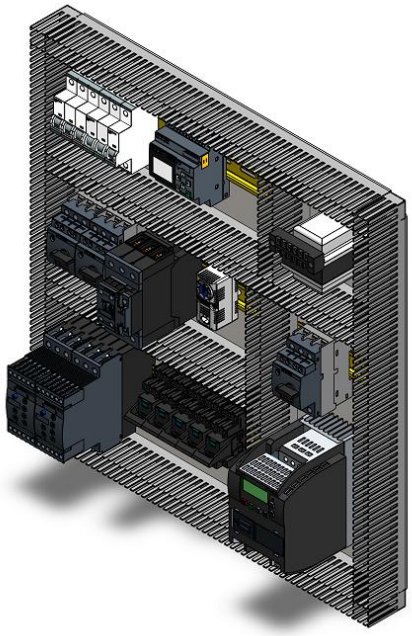
- La identificación de interferencias
- La mejora en el proceso de montaje

Figura 32. *Pictórico de Tablero eléctrico.*



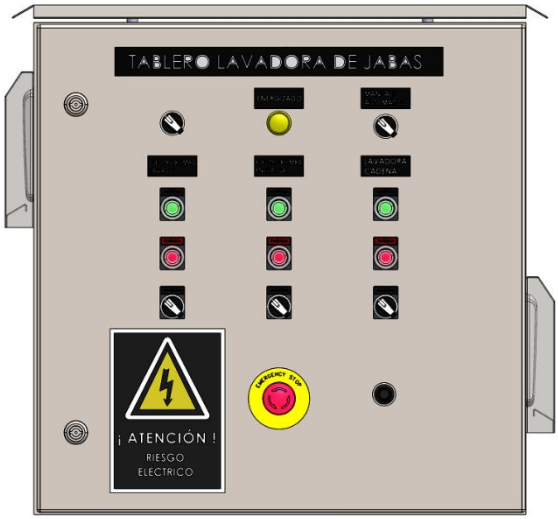
Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. *Vista Isométrica Placa de Tablero.*



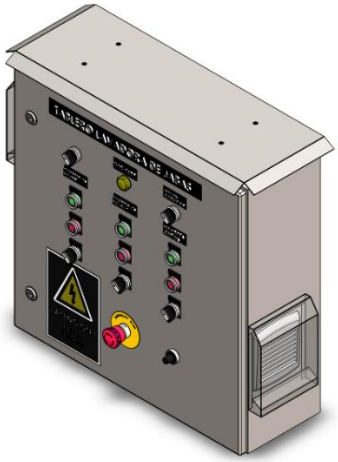
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. *Pictórico de Tablero eléctrico.*



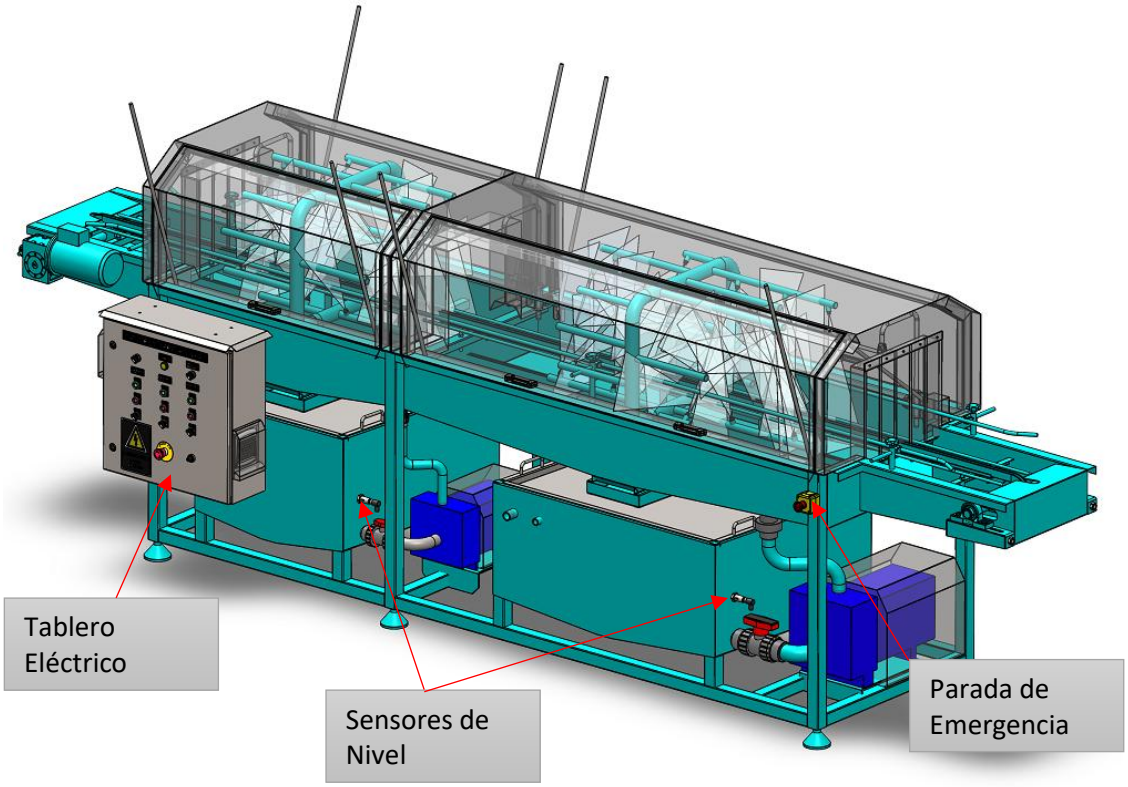
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. *Vista Isométrica de Tablero.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. *Ubicación de Tablero eléctrico.*



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.7 Elaboración de diagramas eléctricos.

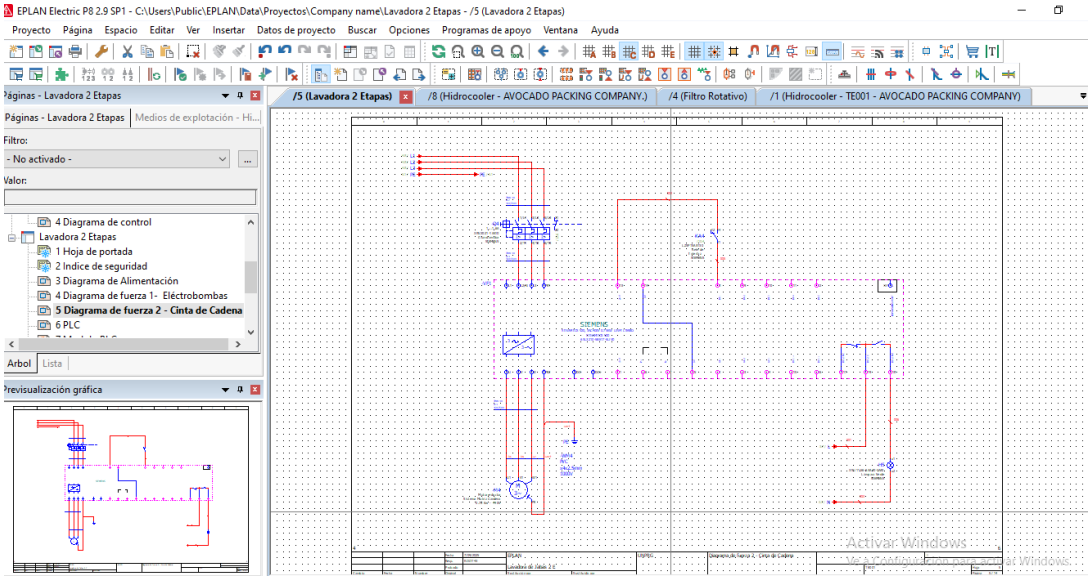
Los diagramas eléctricos del sistema fueron desarrollados utilizando el software EPLAN Electric P8, herramienta especializada en diseño eléctrico industrial.

Se elaboraron los siguientes tipos de diagramas:

- Diagramas de potencia
- Diagramas de control
- Diagramas de conexión

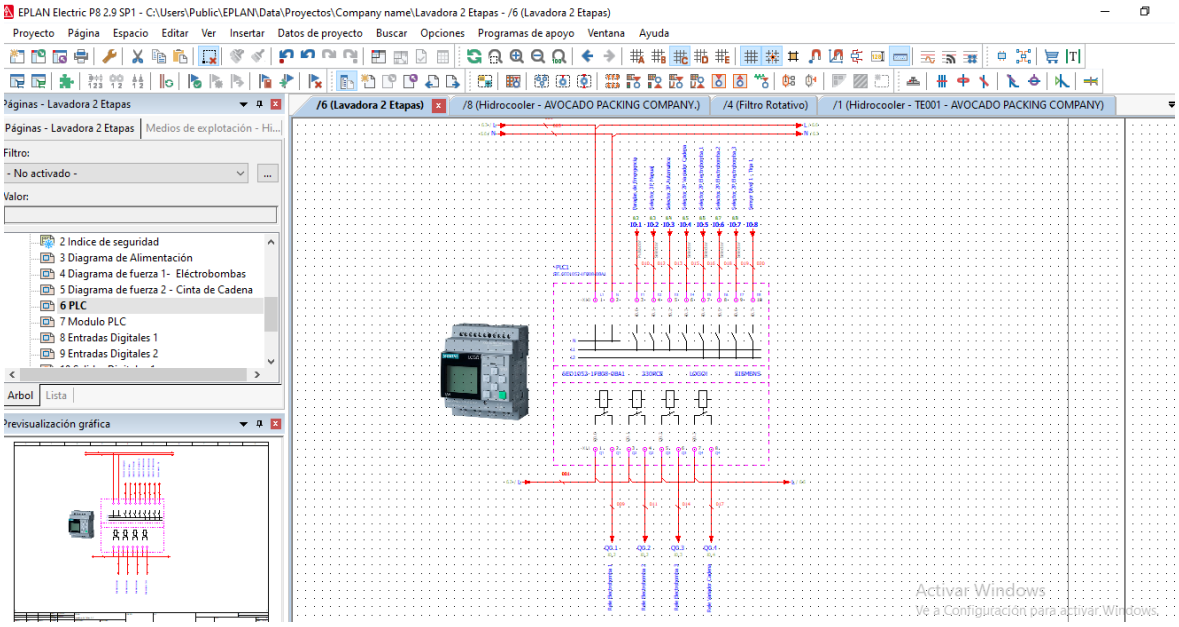
Estos esquemas permiten documentar el sistema eléctrico de manera clara y estandarizada, facilitando su implementación, mantenimiento y futuras ampliaciones.

Figura 37. *Diagramas de Potencia.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. *Diagramas de Control.*



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Cálculo y Dimensionamiento del Sistema.

En este apartado se desarrollan los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los componentes mecánicos y eléctricos de la máquina lavadora de jabas, con la finalidad de garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y continuo del sistema.

Los cálculos se han realizado en función de las condiciones de operación definidas en el diseño, considerando el transporte de jabas mediante cadena y el sistema hidráulico de lavado y enjuague.

4.3.1 Cálculos Mecánicos del sistema de transmisión.

4.3.1.1 Cálculo del Peso Total del Sistema de Transporte.

Para el dimensionamiento del sistema motriz es necesario determinar el peso total que será movilizado por la cadena, ya que este influye directamente en la potencia y torque requeridos.

El peso total del sistema está conformado por:

- Peso de la cadena
- Peso de los ejes
- Peso de los piñones
- Peso de las jabas transportadas

❖ **Cálculo del peso de la cadena**

El peso de la cadena se determina multiplicando la longitud total de la cadena por su peso por unidad de longitud.

$$Wcadena = Lcadena \cdot wcadena$$

Donde:

- Longitud de la cadena = 9 m
- W. cadena = 1.1 kg/m

Reemplazando:

$$Wcadena = 9 \times 1.1 = 9.9kg$$

- **Cálculo del peso de los ejes**

El sistema cuenta con dos ejes (conductor y conducido), cuyos pesos se obtienen directamente de tablas o especificaciones del material (AISI).

$$Wejes = Weje1 + Weje2$$

Datos:

- Eje 1 = 4.5 kg
- Eje 2 = 3.3 kg

$$Wejes = 4.5 + 3.3 = 7.8kg$$

- **Cálculo del peso de los piñones**

El sistema utiliza dos piñones tipo ASA 50.

$$Wpiñones = n\,.Wpiñón$$

Datos:

- Número de piñones = 2
- Peso unitario = 1.5 kg

$$Wpiñones = 2 \times 1.5 = 3kg$$

❖ **Cálculo del peso de las jabas en el sistema**

Para determinar cuántas jabas están simultáneamente sobre el transportador, se utiliza la relación entre la longitud del sistema y el largo de una jaba.

$$Njabas = \frac{Lsistema}{Ljaba}$$

Datos:

- Longitud del sistema = 4.3 m
- Largo de la jaba = 0.53 m

$$Njabas = \frac{4.3}{0.53} = 8.11 \approx 8jabas$$

Se considera solo la parte entera (no pueden existir fracciones de jabas).

❖ **Peso total de jabas**

$$Wjabas = Njabas \cdot Wunitario$$

Datos:

- Peso de una jaba = 1.9 kg

$$Wjabas = 8.11 \times 1.9 = 15.42kg$$

- **Cálculo del peso total del sistema**

Se suman todos los elementos:

$$Wtotal = Wcadena + Wejes + Wpiñones + Wjabas$$

$$Wtotal = 9.9 + 7.8 + 3 + 15.42$$

$$Wtotal = 36.12kg$$

4.3.1.2 Cálculo de la potencia del motorreductor.

El cálculo de la potencia del motorreductor se realiza con la finalidad de determinar la capacidad necesaria del sistema motriz para movilizar la carga total del transportador, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro de la máquina lavadora de jabas.

Para ello, se parte de la velocidad lineal requerida del sistema, la cual fue determinada en función de la capacidad de producción de la máquina, establecida en 1950 jabas/hora. (*W22 NEMA Premium Efficiency 1 HP 4P 143T 3F 230/460//380 V 60//50 Hz IC411*, 2026).

A. Cálculo de la Velocidad del Sistema en Función de la Capacidad.

- **Determinación del flujo de jabas**

La velocidad lineal del transportador se obtuvo considerando el flujo de jabas y el espacio requerido entre ellas.

Capacidad = 1500 x 30%=1950jabas/h.

Convertimos a jabas por segundo:

$$Q = \frac{1950}{3600} = 0.5417 jabas/s$$

❖ **Determinación del paso entre jabas**

El paso se define como el espacio ocupado por cada jaba más el margen de separación:

$$Paso = Ljaba + Margen$$

$$Paso = 0.53 + 0.05 = 0.58m$$

❖ **Cálculo de la velocidad lineal**

La velocidad del transportador se obtiene como:

$$V = Q \cdot Paso$$

$$V = 0.5417 \times 0.58 = 0.314m/s = 18.85m/min$$

B. Cálculo de la Velocidad Angular

Se calcula en función del diámetro del piñón.

- Diámetro del piñón: D = 0.121 m

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$r = \frac{D}{2} = 0.0605m$$

$$\omega = \frac{0.314}{0.0605} = 5.19rad/s$$

Conversión a RPM.

$$\mathbf{N} = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi}$$

$$\mathbf{N} = \frac{60x5.19}{2x3.1416} = 49.6RPM$$

$$\mathbf{N} \approx 50RPM$$

C. Cálculo del Torque

❖ **Determinación del paso entre jabas**

$$W = 36.12kg$$

$$F = m \cdot g = 36.12 \times 9.81 = 354.4N$$

❖ **Considerando fricción**

$$Ft = F \cdot \mu$$

$$\mu = 0.2$$

$$Ft = 354.4 \times 0.2 = 70.88N$$

❖ **Cálculo del torque**

$$T = Ft \cdot r$$

$$T = 70.88 \times 0.0605 = 4.29Nm$$

Este es el torque mínimo requerido para mover el sistema.

D. Cálculo de la Potencia

$$P = Ft \cdot V$$

$$P = 70.88 \times 0.314 = 22.25W$$

Aplicando factor de seguridad.

$$FS = 4$$

$$Pdiseño = 22.25 \times 4 = 89W$$

$$Pdiseño = P \approx 0.09kW = 0.12HP$$

E. Selección del Motor

- Potencia calculada: 0.12 HP
- Se aplica sobredimensionamiento industrial

❖ **Determinación del paso entre jabas**

- Motor: 1 HP
- Velocidad: 1600 – 1800 RPM
- Tipo: Trifásico

Se selecciona un motor mayor debido a: arranques frecuentes, cargas variables, pérdidas mecánicas no consideradas, mayor vida útil.

F. Selección del Reductor

❖ **Relación de reducción**

$$i = \frac{Nmotor}{Nsalida}$$

$$i = \frac{1760}{50} = 35.2$$

$$i \approx 1:35$$

Los reductores no vienen exactos, sino en relaciones estándar: 1/30, 1/35, 1/40. Selección correcta:

$$i = \frac{1}{35}$$

G. Resumen de la selección

El sistema motriz ha sido dimensionado para cumplir con una capacidad de 1950 jabas/h, obteniéndose:

- Velocidad lineal: **18.85 m/min**
- Velocidad de salida: **50 RPM**
- Torque requerido: **4.29 Nm**
- Potencia requerida: **0.12 HP**

Se seleccionó un motor de **1 HP con reductor 1:35**, garantizando un funcionamiento eficiente, seguro y con margen adecuado de operación.

H. Verificación de la velocidad real de salida

$$Nsalida = \frac{Nmotor}{i}$$

$$Nsalida = \frac{1760}{35} = 50.28RPM$$

$$Nsalida \approx 50\ RPM$$

$$V = \frac{2\pi rN}{60}$$

$$V = \frac{2\pi \cdot 0.0605 \cdot 50}{60}$$

$$V = 0.3167m/s$$

$$V = 19\ m/min$$

Como tienes variador:

Puede subir ligeramente la frecuencia:

$$f \approx 60 \rightarrow 59Hz$$

Y compensas la diferencia para llegar a:

$$V \approx 19 - 18.8m/min$$

Figura 39. *Ficha técnica del motor.*

HOJA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente	:		
Línea del producto	: W22 - IE2 High Efficiency	Código producto	: 11962873

Carcasa	: 80	Tiempo de rotor bloqueado	: 13 s (caliente) 23 s (frío)
Potencia	: 0.75 kW (1 HP)	Elevación de temperatura[4]	: 80 K
Polos	: 4	Régimen de servicio	: S1
Frecuencia	: 60 Hz	Temperatura ambiente	: -20 °C hasta +40 °C
Tensión nominal	: 220/380/440 V	Altitud	: 1000 m
Corriente nominal	: 3.02/1.75/1.51 A	Grado de protección	: IP55
Corriente de arranque	: 19.9/11.5/9.97 A	Método de enfriamiento	: IC411 - TEFC
Ia/In (p.u.)	: 6.6	Forma constructiva	: B3L(D)
Corriente en vacío	: 1.85/1.07/0.925 A	Sentido de giro[1]	: Ambos
Rotación nominal	: 1730 rpm	Nivel de ruido[2]	: 48.0 dB(A)
Deslizamiento	: 3.89 %	Clase de vibración	: A
Par nominal	: 4.14 Nm	Método de arranque	: Partida directa
Par de arranque	: 210 %	Acoplamiento	: Directo
Par mínimo	: 175 %	Masa aproximada[3]	: 15.1 kg
Par máximo	: 260 %	Plan de pintura	: 207A
Clase de aislamiento	: F	Color	: RAL 5009
Factor de servicio	: 1.15	Categoría	: N
Momento de inercia (J)	: 0.0029 kgm²		

Potencia	50%	75%	100%
Rendimiento (%)	77.5	80.0	80.5
Factor de potencia	0.57	0.71	0.81

Tipo de carga: -
Par de la carga: -
Inercia de la carga (J=GD²/4): -

	Delantero	Trasero
Tipo de rodamiento	6204-ZZ	6203-ZZ
Intervalo de lubricación	-	-
Cantidad de lubricante	-	-
Tipo de lubricante	MOBIL POLYREX EM	

Esfuerzos en la base	
Tracción máxima	: 271 N
Compresión máxima	: 419 N

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Cálculos de la electrobomba Fluidos.

El sistema hidráulico de la máquina lavadora de jabas fue diseñado con la finalidad de suministrar agua a presión hacia las boquillas de aspersión ubicadas en la zona de lavado. Para el dimensionamiento de la electrobomba se consideró el caudal requerido, la presión de trabajo de las boquillas, las pérdidas por fricción en las tuberías y accesorios, así como la altura dinámica total del sistema. (*Boquillas de alta presión | Spraying Systems Perú S.R.L*, 2026).

4.3.2.1 Parámetros del diseño Hidráulico.

Para el cálculo del sistema se consideraron las dimensiones reales de las tuberías, la cantidad de boquillas instaladas y la disposición del circuito hidráulico de lavado.

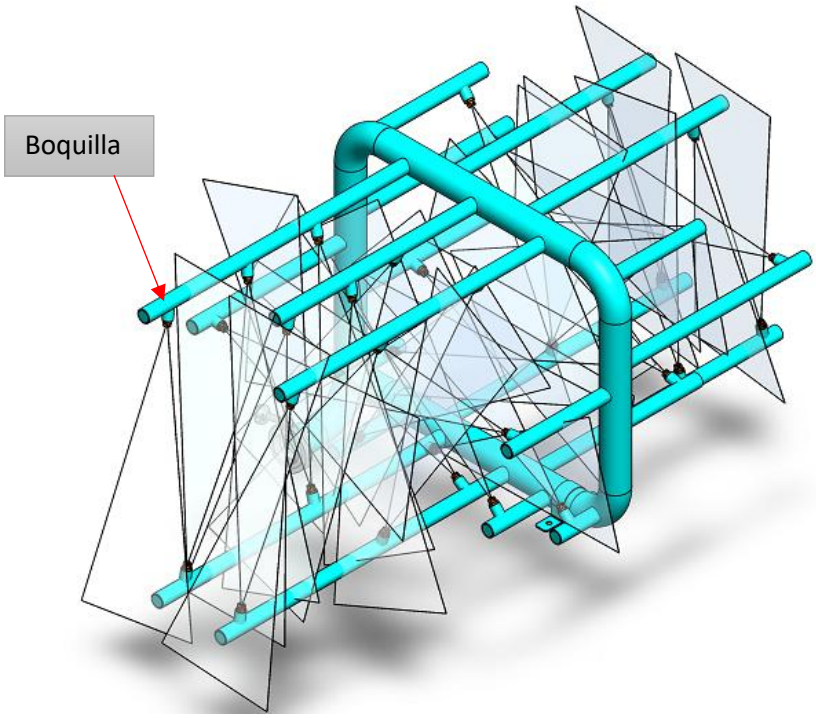
Datos generales del sistema

- Meta de impacto: 0.5 Kg
- Cantidad de boquillas: 34
- Tipo de boquilla: Acero inoxidable AISI 303
- Modelo: Vee Jet H1/4U-SS-2520
- Ángulo de aspersión: 25°
- Capacidad por boquilla: 3.8 L/min
- Presión de trabajo: 0.7 bar

Figura 40. *Boquilla de aspersión seleccionada para el sistema de lavado.*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. *Sistema de Boquillas.*



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2 Selección de boquillas de aspersión.

El impacto hidráulico de las boquillas se determinó utilizando la ecuación proporcionada por el catálogo técnico de Spraying Systems. (*Boquillas de alta presión | Spraying Systems Perú S.R.L*, 2026).

La ecuación empleada es:

$$I = K \,.\, Q \cdot \sqrt{P}$$

Donde:

- I = Impacto hidráulico
- K = Constante de la boquilla
- Q = Caudal de la boquilla (L/min)
- P = Presión del líquido (bar)

Figura 42. *Constante K.*

I = K x Q x √P

Total theoretical impact = constant (based on units) x flow (at pressure P) x square root of pressure (P)

I = total theoretical spray impact

K = constant

Q = flow rate

P = liquid pressure

I	lbs.(f)	kg(f)	Newtons	Newtons
K	.0526	.024	.24	.745
Q	gpm	lpm	lpm	lpm
P	psi	kg/cm²	bar	MPa

The constant (K), is a unit conversion based on the measurement system used. The conversions are listed in the chart above.

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos del catálogo

Tabla 7. *Valores obtenidos de catálogo*

Parámetro	Valor
Constante (K)	0.024
Caudal (Q)	3.8 L/min
Presión (P)	0.7 bar

Reemplazando:

$$I = 0.024\ x\ \ 3.8\ x\ \sqrt{0.7}$$

$$\boldsymbol{I = 0.076kg(f)}$$

Impacto teórico aproximado:

$$\boldsymbol{I \approx 0.08kg(f)}$$

Considerando un porcentaje efectivo de impacto sobre la superficie de lavado del 18%:

$$\frac{Impacto}{cm2} = 0.08\ x0.18$$

$$\frac{Impacto}{cm2} = 0.0144\ kg/cm2$$

Por lo tanto, el sistema de boquillas proporciona un impacto suficiente para remover residuos de tierra, látex y suciedad adherida en las jabas.

Figura 43. *Tabla de selección de boquillas del catálogo Spraying Systems.*

Ángulo de Aspersión a 3 bar	Tipo de Boquilla/ Conexión Entrada (pulg.)										Tamaño	Equiv. Diam. Orificio (mm)	Capacidad (litros por minuto)*											Ángulo de Aspersión (°)*			
	H-U					H-DU		U																			
	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1/8	1/4	1	1-1/4	2			0.4	0.7	1.5	2	3	4	6	7	15	20	35	1.5	3	6	15
40°	●	●	●			●	●				10	2.0	1.4	1.9	2.8	3.2	3.9	4.6	5.6	6.0	8.8	10.2	13.5	32	40	45	48
	●	●	●	●		●	●				15	2.4	2.2	2.9	4.2	4.8	5.9	6.8	8.4	9.0	13.2	15.3	20	32	40	45	48
	●	●	●	●		●	●				20	2.8	2.9	3.8	5.6	6.4	7.9	9.1	11.2	12.1	17.7	20	27	32	40	45	48
	●	●	●			●	●				30	3.4	4.3	5.7	8.4	9.7	11.8	13.7	16.8	18.1	26	31	40	33	40	45	48
	●	●	●			●	●				40	3.9	5.8	7.6	11.2	12.9	15.8	18.2	22	24	35	41	54	34	40	45	48
		●	●	●			●				50	4.4	7.2	9.5	14.0	16.1	19.7	23	28	30	44	51	67	35	40	45	48
		●	●	●			●				60	4.8	8.6	11.4	16.8	19.3	24	27	34	36	53	61	81	35	40	45	48
		●	●	●			●				70	5.2	10.1	13.3	19.5	23	28	32	39	42	62	71	94	35	40	45	48
		●									80	5.5	11.5	15.3	22	26	32	36	45	48	71	82	108	35	40	44	47
			●	●							100	6.2	14.4	19.1	28	32	39	46	56	60	88	102	135	34	40	43	46
			●	●							150	7.5	22	29	42	48	59	68	84	90	132	153	202	35	40	43	44
				●							200	8.7	29	38	56	64	79	91	112	121	177	204	270	36	40	42	44
								●			500	13.4	72	95	140	161	197	228	279	302	441	510	674	38	40	41	45
25°	●	●				●	●				10	2.0	1.4	1.9	2.8	3.2	3.9	4.6	5.6	6.0	8.8	10.2	13.5	18	25	31	37
	●	●	●			●	●				15	2.4	2.2	2.9	4.2	4.8	5.9	6.8	8.4	9.0	13.2	15.3	20	18	25	31	37
	●	●	●			●	●				20	2.8	2.9	3.8	5.6	6.4	7.9	9.1	11.2	12.1	17.7	20	27	19	25	31	37
	●	●	●			●	●				30	3.4	4.3	5.7	8.4	9.7	11.8	13.7	16.8	18.1	26	31	40	20	25	30	36
		●	●			●	●				40	3.9	5.8	7.6	11.2	12.9	15.8	18.2	22	24	35	41	54	21	25	29	35
		●	●				●				50	4.4	7.2	9.5	14.0	16.1	19.7	23	28	30	44	51	67	21	25	29	35
		●	●				●				60	4.8	8.6	11.4	16.8	19.3	24	27	34	36	53	61	81	22	25	29	35
		●	●	●			●				70	5.2	10.1	13.3	19.5	23	28	32	39	42	62	71	94	22	25	29	35
			●	●							100	6.2	14.4	19.1	28	32	39	46	56	60	88	102	135	23	25	28	32
			●	●							150	7.5	22	29	42	48	59	68	84	90	132	153	202	24	25	28	30
				●							200	8.7	29	38	56	64	79	91	112	121	177	204	270	24	25	26	29
								●	●		500	13.4	72	95	140	161	197	228	279	302	441	510	674	24	25	26	29

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.3 Cálculo del Caudal Total del Sistema.

El caudal total requerido por la electrobomba se calculó considerando el caudal individual de cada boquilla y la cantidad total instalada en la máquina.

La expresión utilizada es:

$$Q_T = q \ x \ n$$

Donde:

- QT = Caudal total
- q = Caudal por boquilla

- n = Número de boquillas

Reemplazando:

$$Q_T = 3.8\ x\ \ 34$$

$$Q_T = 129.2L/min$$

Conversión:

$$Q_T = 7.75m3/h$$

$$Q_T = 0.0022m3/s$$

4.3.2.4 Cálculo de Velocidad del Fluido.

A. **Velocidad en tubería de 2”**

Diámetro interior:

$$D = 0.0478m$$

La velocidad se calculó mediante:

$$V\ = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Reemplazando:

$$V_3\ = \frac{4(0.0022)}{\pi(0.0478)^2}$$

$$V_3\ = 1.20m/s$$

B. Velocidad en tubería de 1”

Diámetro interior:

$$D = 0.0224m$$

$$V_4 = \frac{4(0.0022)}{\pi(0.0224)^2}$$

$$V_4 = 5.46m/s$$

4.3.2.5 Cálculo de Pérdidas por Fricción

Las pérdidas hidráulicas fueron calculadas utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach.

A. Pérdidas tramo 1–3”

La ecuación utilizada es:

$$h_{f\ 1-3} = F\frac{L}{D}\frac{V_3^2}{2g} + \sum K_c\frac{V_3^2}{2g} + K_v\frac{V_3^2}{2g} + K_U\frac{V_3^2}{2g}$$

$$h_{f\ 1-3} = \frac{V_3^2}{2g}[\,F\frac{L}{D} + \sum K_c + K_v + K_U]$$

$$h_f = \frac{V^2}{2g}[F\frac{L}{D} + \sum K]$$

Pérdidas Accesorios de Succión.

Tabla 8. *Pérdidas Accesorios de Succión (tramo 1-2).*

ACCESORIOS	CANTIDAD	K- UNIT	K- PARCIAL
CODO 90°	1	0.9	0.9
VALVULA DE BOLA	1	0.1	0.1
		K- TOTAL	1

Pérdidas Accesorios de Descarga.

Tabla 9. *Pérdidas Accesorios de Descarga (tramo 2-3).*

ACCESORIOS	CANTIDAD	K- UNIT	K- PARCIAL
CODO 90°	7	0.9	6.3
UNION UNIVERSAL	2	0.3	0.6
		K- TOTAL	6.9

Número de Reynolds

$$R_e = \frac{VD_\rho}{\mu}$$

$$R_e > 400\ es\ turbulento$$

$$si\ R_e\ es\ laminar < 2000\ entonces\ F = \frac{64}{R_e}$$

Reemplazando:

$$R_e = \frac{(1.20)(0.0478)(998)}{1.005x10^{-3}}$$

$$R_e = 56958$$

El flujo es turbulento.

$$\frac{\varepsilon}{D} = Rugocidad\ relativa$$

Factor de fricción

Se empleó la ecuación de Colebrook:

$$F = \frac{\mathbf{1{,}325}}{\left\{-\ln[\frac{\varepsilon}{3.7*D} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}}]\right\}^2}$$

$$F = \frac{1{,}325}{\left\{-\ln[\frac{0.046}{3.7*47.8} + \frac{5.74}{(56958.4241)^{0.9}}]\right\}^2}$$

$$F = 0.0194$$

Pérdidas tramo 1–3

$$h_{f\ 1-3} = \frac{(1.20)^2}{2(9.81)}[\ 0.0194\frac{(3.504+0.42)}{0.0478} + \sum 0.9 + 6.3 + 0.1 + 0.6]$$

$$h_{f1-3} = 0.697m$$

B. **Pérdidas tramo 3–4"**

Perdidas Accesorios de Descarga.

Tabla 10. *Pérdidas Accesorios de Descarga (tramo 3-4).*

ACCESORIOS	CANTIDAD	K- UNIT	K- PARCIAL
UNION SIMPLE	4	0.9	3.6
BOQUILLAS	34	0.3	10.2
		K- TOTAL	**13.8**

Número de Reynolds

$$R_e = \frac{(5.464)(0.0224)(998)}{1.005x10^{-3}}$$

$$R_e = 121545$$

El flujo es turbulento.

Factor de fricción

Se empleó la ecuación de Colebrook:

$$F = \frac{1,325}{\left\{-\ln[\frac{\varepsilon}{3.7 * D} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}}]\right\}^2}$$

$$F = \frac{1,325}{\left\{-\ln[\frac{0.046}{3.7 * 22.4} + \frac{5.74}{(121545)^{0.9}}]\right\}^2}$$

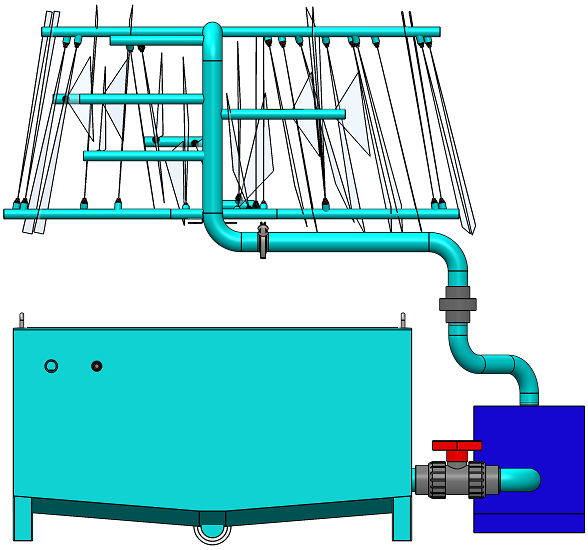
$$F = 0.02357$$

Pérdidas tramo 3–4

$$h_{f\ 3-4} = \frac{(5.464)^2}{2(9.81)}[\ 0.02357655\frac{(7.335)}{0.0224} + \sum 10.2 + 3.6]$$

$$h_{f3-4} = 24.82\ m$$

Figura 44. *Distribución hidráulica del sistema de tuberías y boquillas.*



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.6 Altura Dinámica Total de la Bomba (ADT)

Aplicando la ecuación de Bernoulli:

$$h_b = h_3 + \frac{{V_3}^2}{2g} + h_4 + \frac{{V_4}^2}{2g} + h_{f1-3} + h_{f3-4}$$

Reemplazando:

$$h_b = 0.89 + \frac{(1.20)^2}{2(9.81)} + 0.89 + \frac{(5.464)^2}{2(9.81)} + 0.697 + 24.82$$

$$h_b = 28.04m$$

4.3.2.7 Potencia de la Electrobomba

La potencia requerida se calculó mediante:

$$P_B = \frac{Q_{\rho g}\, h_B}{746n}$$

Donde:

- Q=0.0022 m3/s
- ρ=998 kg/m3
- g=9.81 m/s2
- h_B=28.04 m
- n=0.75

$$P_B = \frac{(0.0022)(998)(9.81)(28.04)}{746(0.75)}$$

$$P_B = 1.08\ HP$$

Por criterio de selección industrial se selecciona la potencia inmediata superior:

$$P_{seleccionada} = 7.5\ HP$$

El valor obtenido corresponde a la potencia hidráulica teórica mínima requerida bajo condiciones ideales de cálculo.

Sin embargo, debido a las condiciones reales de operación industrial del sistema de lavado, tales como simultaneidad de funcionamiento de las 34 boquillas, variaciones dinámicas de presión, pérdidas adicionales en la red hidráulica, trabajo continuo y necesidad de garantizar una adecuada presión de impacto para la limpieza de las jabas, se seleccionó una electrobomba centrífuga trifásica de 7.5 HP.

La selección final fue validada experimentalmente durante el funcionamiento real de la máquina, obteniéndose una adecuada presión y desempeño del sistema de lavado.

4.3.2.8 Selección de la Electrobomba

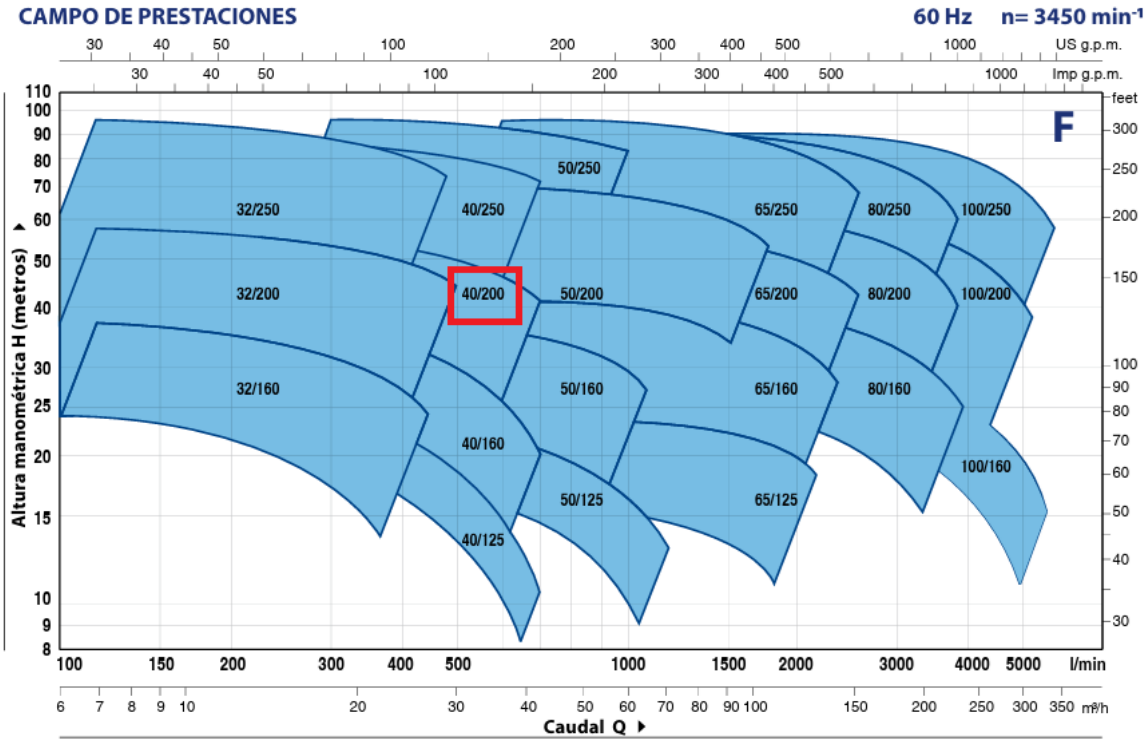
De acuerdo con los resultados obtenidos, se selecciona una electrobomba centrífuga con las siguientes características:

Tabla 11. *Selección de la Electrobomba.*

Parámetro	Valor
Potencia	7.5 HP
Tipo	Centrífuga horizontal
Alimentación	Trifásica 380 V
Caudal	7.75 m^3/h
Altura dinámica	28.04 m.c.a
Material	Acero inoxidable

La electrobomba seleccionada garantiza el suministro continuo de agua hacia el sistema de boquillas, asegurando una presión adecuada para el proceso de lavado de jabas. (*CPM Electrobomba Centrífuga*, 2026).

Figura 45. *Curva de electrobombas Pedrollo.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. *Selección de la electrobomba.*

DATOS DE PRESTACIONES **60 Hz n= 3450 min⁻¹**

MODELO	POTENCIA (P2)			PRESTACIONES	
	kW	HP	▲	Q l/min	H metros
F 32/160C *	1.5	2		100 – 350	24 – 14
F 32/160B *	2.2	3		100 – 400	30 – 17
F 32/160A *	3	4		100 – 450	37 – 24
F 32/200C *	4	5.5		100 – 450	44 – 31.5
F 32/200B *	5.5	7.5		100 – 500	51 – 36
F 32/200A *	7.5	10	IE3	100 – 500	57 – 44
F 32/200BH *	3	4		100 – 300	45 – 37
F 32/200AH *	4	5.5		100 – 320	55 – 44
F 32/250C *	9.2	12.5		100 – 450	75 – 60
F 32/250B *	11	15		100 – 500	87 – 70
F 32/250A *	15	20		100 – 500	97 – 80
F 40/125C *	1.1	1.5		100 – 550	16 – 6
F 40/125B *	1.5	2		100 – 600	20.5 – 9
F 40/125A *	2.2	3		100 – 700	26 – 10
F 40/160C *	2.2	3		100 – 600	27 – 14
F 40/160B *	3	4		100 – 600	32 – 20
F 40/160A *	4	5.5	IE3	100 – 700	38 – 20
F 40/200B *	5.5	7.5		100 – 700	47 – 28
F 40/200A *	7.5	10		100 – 700	55 – 41
F 40/250C *	9.2	12.5		100 – 700	64 – 47
F 40/250B *	11	15		100 – 700	71 – 55
F 40/250A *	15	20		100 – 700	88 – 72
F 50/125C *	2.2	3		300 – 1200	17.5 – 6
F 50/125B *	3	4		300 – 1200	20.7 – 9
F 50/125A *	4	5.5		300 – 1200	23.5 – 13
F 50/160C *	4	5.5		300 – 1000	27 – 16
F 50/160B *	5.5	7.5		300 – 1100	32 – 21
F 50/160A *	7.5	10		300 – 1100	37 – 27
F 50/200C	11	15		400 – 1700	44 – 30
F 50/200B	15	20	IE3	400 – 1700	52 – 38
F 50/200A	18.5	25		400 – 1800	61 – 45
F 50/200AR	22	30		400 – 1800	69 – 53
F 50/250D *	9.2	12.5		300 – 900	51 – 32
F 50/250C *	11	15		300 – 900	59 – 42
F 50/250B *	15	20		300 – 1000	72 – 59
F 50/250A *	18.5	25		300 – 1000	85 – 73
F 50/250AR *	22	30		300 – 1000	95 – 83

MODELO	POTENCIA (P2)			PRESTACIONES	
	kW	HP	▲	Q l/min	H metros
F 65/125C *	4	5.5		600 – 1800	16 – 11
F 65/125B *	5.5	7.5		600 – 2000	18 – 13
F 65/125A *	7.5	10		600 – 2200	23 – 18
F 65/160C *	9.2	12.5		600 – 2200	32 – 22
F 65/160B *	11	15		600 – 2400	36.5 – 23
F 65/160A *	15	20	IE3	600 – 2400	40.5 – 28
F 65/200B	15	20		200 – 2400	44 – 30.5
F 65/200A	18.5	25		200 – 2500	50 – 36.5
F 65/200AR	22	30		200 – 2600	57 – 42
F 65/250C	30	40		400 – 2350	76 – 53
F 65/250B	37	50		400 – 2500	87 – 62
F 65/250A	45	60		400 – 2600	95 – 68
F 80/160D	11	15		500 – 4000	25 – 10
F 80/160C	15	20		500 – 4000	30 – 15
F 80/160B	18.5	25		500 – 4000	35 – 20
F 80/160A	22	30	IE3	500 – 4000	40 – 25
F 80/200B *	30	40		500 – 3650	56 – 34.5
F 80/200A *	37	50		500 – 3900	62 – 40
F 80/250B *	45	60		600 – 3600	77 – 54
F 80/250A *	55	75		600 – 3900	88.5 – 60
F 100/160A	22	30		1000 ÷ 5500	40 – 16.5
F 100/200C *	30	40		833 – 4650	51 – 28
F 100/200B *	37	50	IE3	833 – 4900	57 – 33
F 100/200A *	45	60		833 – 5250	63 – 38
F 100/250B *	55	75		800 – 5150	75 – 48
F 100/250A *	75	100		800 – 5750	89 – 58

Q =Caudal

H =Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

* Modelos solicitados bajo pedido

Fuente: Elaboración propia.

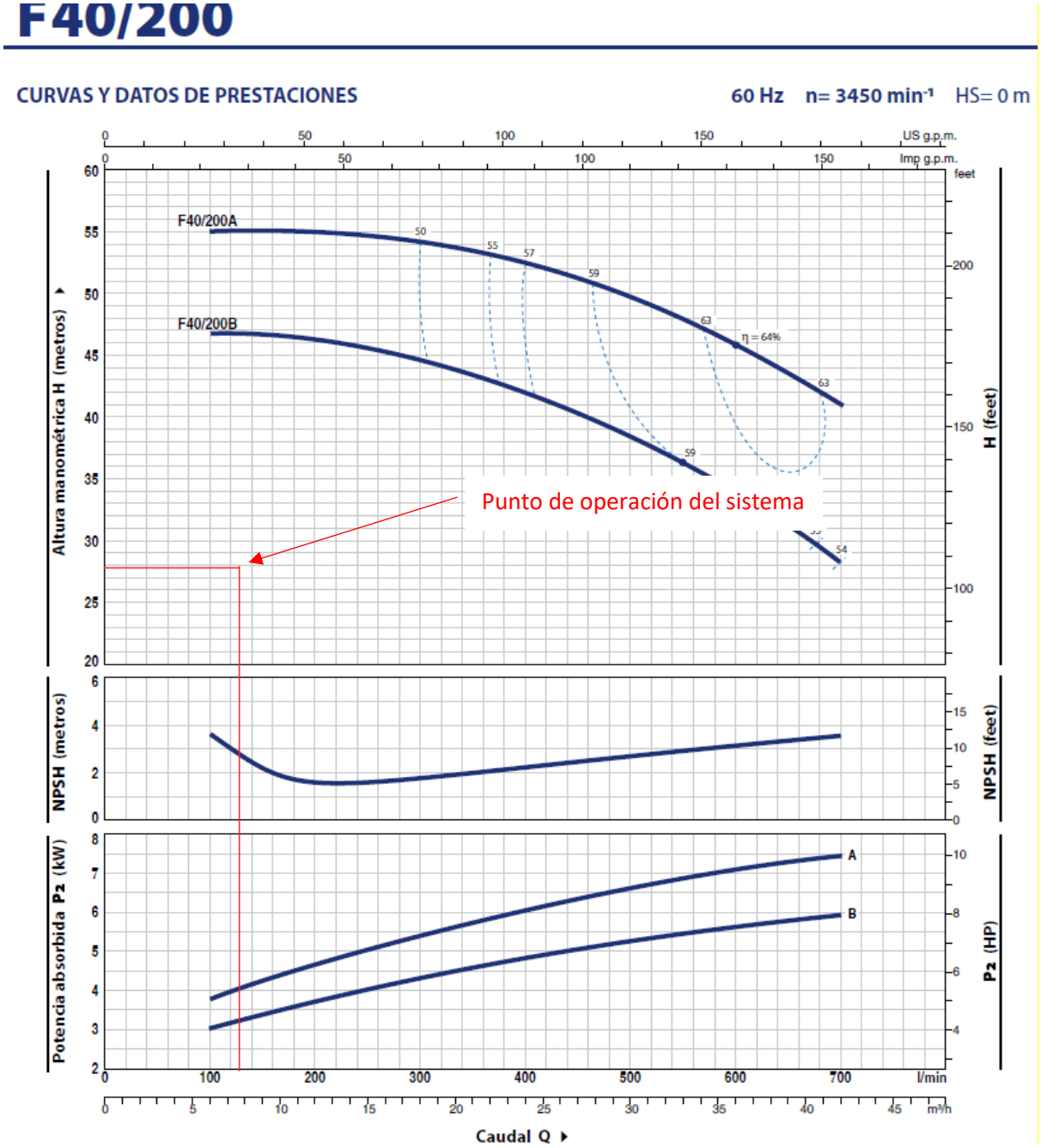
El sistema trabaja aproximadamente:

$$Q_T = 129.2\ L/min$$

Entonces tu punto cae casi exactamente entre:

- 100 y 150 L/min,

Figura 47. *Curva característica de la electrobomba seleccionada.*



Fuente: Elaboración propia.

Para la electrobomba de la etapa de enjuague realizamos los mismos pasos y procedimiento llegando a selección una electrobomba de 2HP de potencia.

4.3.3 Cálculos Eléctricos del tablero.

El diseño eléctrico del tablero de control fue realizado con la finalidad de garantizar una operación segura, confiable y continua de la máquina lavadora de jabas, considerando las cargas instaladas, las corrientes de operación, la protección de los equipos eléctricos y la correcta distribución de potencia.

Para el dimensionamiento eléctrico se consideraron los motores eléctricos del sistema de lavado, enjuague, transporte y dosificación, así como los dispositivos de automatización y control, tales como el PLC, variadores de velocidad, fuentes de alimentación, relés y elementos de protección eléctrica.

4.3.3.1 Cálculo del Interruptor General

El interruptor general del tablero eléctrico fue seleccionado con la finalidad de proteger el sistema eléctrico de la máquina frente a sobrecargas y cortocircuitos, permitiendo además realizar el seccionamiento general de energía durante labores de mantenimiento o emergencia.

Para el dimensionamiento del interruptor general se consideró la potencia total instalada de los motores eléctricos conectados al tablero de control:

Potencia total instalada

Tabla 12. *Cuadro de cargas.*

Equipo	Potencia
Electrobomba de lavado	7.5 HP
Electrobomba de enjuague	2 HP
Motor transportador	1 HP

La potencia total instalada es:

$$P_T = 7.5 + 2 + 1$$

$$P_T = 10.5\ HP$$

Conversión a kilowatts:

$$P_T = 10.5 \times 0.746$$

$$P_T = 7.833kW$$

Cálculo de corriente trifásica

La corriente nominal trifásica se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\,.V\,.\cos\varphi.\eta}$$

Donde:

- P= 7833 W
- V = 380 VAC
- cosϕ=0.85
- η=0.90

Reemplazando:

$$I = \frac{7833}{\sqrt{3}\,(380)\,(0.85)(0.90)}$$

$$I = 15.56\ Amp$$

Factor de seguridad

$$I_T = 1.25\ x\ 15.56$$

$$I_T = 19.45\ Amp$$

Figura 48. *Selección del interruptor general.*

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA MONTAJE EN RIEL DIN 5SL4

Capacidad de ruptura según IEC 60898 e IEC 60947-2. Tensión de empleo: 230/400 VAC, 72 VDC/polo. Curva de disparo tipo C.

Código (MLFB)	Corriente Nominal (A)	Capacidad de Ruptura en (kA) IEC 60898 220V	IEC 60947-2 220V	Pedido Mínimo (Unidades)	Precio Lista Unit. S/.
	Interruptores termomagnéticos tripolares				
5SL4302-7RC	2	20	20	4	112
5SL4304-7RC	4	20	20	4	112
5SL4306-7RC	6	20	20	4	77
5SL4310-7RC	10	20	20	4	78
5SL4316-7RC	16	20	20	4	78
5SL4320-7RC	20	20	20	4	78
5SL4325-7RC	25	20	20	4	78
5SL4332-7RC	32	20	20	4	85
5SL4340-7RC	40	20	20	4	85
5SL4350-7RC	50	20	20	4	85
5SL4363-7RC	63	20	20	4	85

Fuente: Elaboración propia.

$$I_G = 25\ Amp$$

El interruptor seleccionado garantiza la adecuada protección eléctrica del sistema frente a sobrecorrientes y cortocircuitos durante la operación de la máquina lavadora de jabas.

4.3.3.2 Cálculo del Guardamotor

El guardamotor fue seleccionado con la finalidad de proteger los motores eléctricos frente a sobrecargas, cortocircuitos y fallas por pérdida de fase durante la operación de la máquina lavadora de jabas.

Para la selección de cada guardamotor se consideró la corriente nominal de operación de los motores eléctricos, tomando como referencia la potencia, tensión de alimentación y eficiencia de trabajo

A. Cálculo del guardamotor para motor de 1 HP

$$P = 1\ x\ 746$$

$$P = 746\ W$$

$$I = \frac{746}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 1.48\ Amp$$

Selección del guardamotor

Considerando un margen de seguridad para el arranque del motor:

$$I_{ajuste} = 1.25\ x\ 1.48$$

$$I_{ajuste} = 1.85\ Amp$$

$$3RV2011 - 1AA10\ = 1\ a\ 1.6\ Amp$$

El guardamotor seleccionado permite proteger adecuadamente el motor frente a sobrecargas y cortocircuitos

Figura 49. *Selección del guardamotor 1 HP.*

GUARDAMOTORES SIRIUS INNOVATIONS 3RV20

Nueva Gama de Guardamotores Sirius Innovations 3RV.
En cumplimiento con las normativas IEC60947-2 (interruptores automáticos), IEC60947-3 (interruptores seccionadores).
Para protección Magnética (cortocircuito) y térmica (sobrecarga) en motores de baja tensión.
Aptos para protección de motores de alta eficiencia IE3/IE4.
Maneta rotativa de 3 posiciones (OFF - TRIP - ON) en toda la gama.

Código (MLFB)	Tamaño Constructivo	Regulación (A)		Corriente de Cortocircuito (A)	Capacidad de Ruptura (A) 220 V	440 V	Precio Lista Unit. S/.
Guardamotores SIRIUS Innovations 3RV20 para arranques en clase 10[1]							
3RV2011-0AA10	S00	0.11	0.16	2.1	100	100	243
3RV2011-0BA10	S00	0.14	0.2	2.6	100	100	243
3RV2011-0CA10	S00	0.18	0.25	3.3	100	100	243
3RV2011-0DA10	S00	0.22	0.32	4.2	100	100	243
3RV2011-0EA10	S00	0.28	0.4	5.2	100	100	243
3RV2011-0FA10	S00	0.35	0.5	6.5	100	100	243
3RV2011-0GA10	S00	0.45	0.63	8.2	100	100	243
3RV2011-0HA10	S00	0.55	0.8	10	100	100	262
3RV2011-0JA10	S00	0.7	1.0	13	100	100	262
3RV2011-0KA10	S00	0.9	1.25	16	100	100	262
3RV2011-1AA10	S00	1.1	1.6	21	100	100	262
3RV2011-1BA10	S00	1.4	2	26	100	100	262

Fuente: Elaboración propia.

B. Cálculo del guardamotor para electrobomba de 7.5 HP

$$P = 7.5\ x\ 746$$

$$P = 5595\ W$$

$$I = \frac{5595}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 11.11\ Amp$$

Selección del guardamotor

Considerando un margen de seguridad para el arranque del motor:

$$I_{ajuste} = 1.25\ x\ 11.11$$

$$I_{ajuste} = 13.89\ Amp$$

$$3RV2011 - 4AA10\ = 10\ a\ 16\ Amp$$

El guardamotor seleccionado permite proteger adecuadamente el motor frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Figura 50. *Selección del guardamotor 7.5 HP.*

GUARDAMOTORES SIRIUS INNOVATIONS 3RV20

Nueva Gama de Guardamotores Sirius Innovations 3RV.
En cumplimiento con las normativas IEC60947-2 (interruptores automáticos), IEC60947-3 (interruptores seccionadores).
Para protección Magnética (cortocircuito) y térmica (sobrecarga) en motores de baja tensión.
Aptos para protección de motores de alta eficiencia IE3/IE4.
Maneta rotativa de 3 posiciones (OFF - TRIP - ON) en toda la gama.

Código (MLFB)	Tamaño Constructivo	Regulación (A)		Corriente de Cortocircuito (A)	Capacidad de Ruptura (A) 220 V	440 V	Precio Lista Unit. S/.
Guardamotores SIRIUS Innovations 3RV20 para arranques en clase 10[1]							
3RV2011-0AA10	S00	0.11	0.16	2.1	100	100	243
3RV2011-0BA10	S00	0.14	0.2	2.6	100	100	243
3RV2011-0CA10	S00	0.18	0.25	3.3	100	100	243
3RV2011-0DA10	S00	0.22	0.32	4.2	100	100	243
3RV2011-0EA10	S00	0.28	0.4	5.2	100	100	243
3RV2011-0FA10	S00	0.35	0.5	6.5	100	100	243
3RV2011-0GA10	S00	0.45	0.63	8.2	100	100	243
3RV2011-0HA10	S00	0.55	0.8	10	100	100	262
3RV2011-0JA10	S00	0.7	1.0	13	100	100	262
3RV2011-0KA10	S00	0.9	1.25	16	100	100	262
3RV2011-1AA10	S00	1.1	1.6	21	100	100	262
3RV2011-1BA10	S00	1.4	2	26	100	100	262
3RV2011-1CA10	S00	1.8	2.5	33	100	100	262
3RV2011-1DA10	S00	2.2	3.2	42	100	50	262
3RV2011-1EA10	S00	2.8	4	52	100	50	262
3RV2011-1FA10	S00	3.5	5	65	100	50	262
3RV2011-1GA10	S00	4.5	6.3	82	100	50	262
3RV2011-1HA10	S00	5.5	8	104	100	50	287
3RV2011-1JA10	S00	7	10	130	100	10	287
3RV2011-1KA10	S00	9	12.5	163	100	10	310
3RV2011-4AA10	S00	10	16	208	100	50	310
3RV2021-1AA10	S0	1.1	1.6	21	100	100	296

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3 Selección del Variador de velocidad

La selección del variador de velocidad se realizó con la finalidad de controlar la velocidad del motor de transmisión de la máquina lavadora de jabas, permitiendo regular el desplazamiento de las jabas durante el proceso de lavado y enjuague.

El sistema de control fue diseñado mediante un módulo lógico Siemens LOGO, el cual realiza el control del variador de velocidad a través de señales digitales de mando para arranque, parada y selección de velocidades de operación.

$$P = 1\ x\ 746$$

$$P = 746\ W$$

$$I = \frac{746}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 1.48\ Amp$$

Por criterio de diseño industrial, el variador debe seleccionarse con una capacidad igual o superior a la potencia nominal del motor.

Figura 51. *Variador de velocidad seleccionado para el motor de transmisión de 1 HP.*

VARIADORES DE VELOCIDAD SINAMICS V20
APLICACIONES BÁSICAS

Sinamics V20 ofrece funcionalidades básicas para la mayor parte de las aplicaciones industriales de velocidad variable. Ejemplo: bombas, fajas transportadoras, ventiladores y compresores. Trabaja en control de voltaje-frecuencia (V/F, V-/f y FCC).

Especificaciones técnicas

Frecuencia de salida:	0-599 Hz, resolución 0.01 Hz.
Tipo de protección:	IP20.
Temperatura de operación máxima:	60 °C.
Entradas digitales:	4 ópticamente aisladas (PNP/NPN).
Salidas digitales:	2 (30 VDC/0.5 A y 250 VAC/0.5A).
Entradas análogas:	2 (0-10 VDC y 0/4-20 mA).
Salida análoga:	1 (0-20 mA).
Panel operador básico:	Integrado.
Comunicación:	USS, Modbus RTU RS485

Aplicaciones: Compensación de deslizamiento, arranque al vuelo, controlador PID y arranque secuencial de bombas
Bloques de función libre: AND, OR, XOR, NOT, D-FF, RS-FF, Timer, ADD, SUB, MUL, DIV y CMP

	Código (MLFB)	Potencia (LO) HP	Potencia (LO) KW	Corriente (LO) A	Potencia (HO) HP	Potencia (HO) KW	Corriente (HO) A	Tamaño Constructivo	Precio Lista Unit. S/.
SINAMICS V20 1 AC 200 V - 240 V (-10 ... + 10%)									
100365756	6SL3210-5BB13-7UV1	0.5	0.37	2.3	0.5	0.37	2.3	FSAA (1)	803
100371062	6SL3210-5BB17-5UV1	1	0.75	3.9	1	0.75	3.9	FSAB (1)	948
100254295	6SL3210-5BB21-1UV1	1.5	1.1	6	1.5	1.1	6	FSB (2)	1,231
100254296	6SL3210-5BB21-5UV0	2	1.5	7.8	2	1.5	7.8	FSB (2)	1,397
100254297	6SL3210-5BB21-5UV1	3	2.2	11	3	2.2	11	FSC (1)	1,593
100254298	6SL3210-5BB23-0UV0	4	3	13.6	4	3	13.6	FSC (1)	1,827
SINAMICS V20 3 AC 380 V - 480 V (-15 ... + 10%)									
100254278	6SL3210-5BE13-7UV0	0.5	0.37	1.3	0.5	0.37	1.3	FSA(1)	1,472
100254280	6SL3210-5BE17-5UV0	1	0.75	2.2	1	0.75	2.2	FSA(1)	1,443
100254281	6SL3210-5BE21-1UV0	1.5	1.1	3.1	1.5	1.1	3.1	FSA(1)	1,755
100254282	6SL3210-5BE21-5UV0	2	1.5	4.1	2	1.5	4.1	FSA(1)	1,760
100254283	6SL3210-5BE22-2UV0	3	2.2	4.8	3	2.2	4.8	FSA(1)	2,055

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.4 Selección del Arrancador Suave

La selección del arrancador suave se realizó con la finalidad de reducir la corriente de arranque de la electrobomba principal del sistema de lavado, evitando esfuerzos mecánicos bruscos, caídas de tensión y golpes hidráulicos en las tuberías durante el encendido del motor.

El arrancador suave permite realizar un arranque progresivo de la electrobomba de 7.5 HP, incrementando gradualmente la tensión aplicada al motor hasta alcanzar la velocidad nominal de operación.

$$= 7.5\ x\ 746$$

$$P = 5595\ W$$

$$I = \frac{5595}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 11.11\ Amp$$

Figura 52. *Nota de Selección de un Arrancador Suave.*

Notas de Configuración

Ayuda para seleccionar arrancadores suaves

	Aplicación	3RW30	3RW40	3RW44
Arranque normal (CLASE 10)	Bomba	●	●	●
	Bomba con parada especial (contra golpes de ariete)			●
	Bomba de calor	●	●	●
	Bomba hidráulica	○	●	●
	Prensa	○	●	●
	Cinta transportadora	○	●	●
	Cinta transportadora de rodillos	○	●	●
	Transportador helicoidal	○	●	●
	Escaleras mecánicas		●	●
	Compresor de pistón		●	●
	Compresor de tornillos		●	●
	Ventilador pequeño		●	●
	Soplador centrífugo		●	●
	Hélice transversal		●	●
Arranque pesado (CLASE 20)	Agitator		○	●
	Extrusor		○	●
	máquina revolvedora		○	●
	Fresadora		○	●
Arranque súper pesado (CLASE 30)	Ventiladores grandes			●
	Sierra circular / de banda			●
	Cetrifugadora			●
	Molino			●
	Triturador			●

Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. *Selección de un Arrancador Suave.*

ARRANCADORES ELECTRÓNICOS SUAVES SIRIUS 3RW30 Y 3RW40

Arrancadores electrónicos suaves SIRIUS 3RW30
Versión estándar para motores desde 3,6A hasta 106A y para aplicaciones básicas.
Equipos para extender la vida útil del sistema mecánico del accionamiento y reducir las paradas no planificadas para mantenimiento.
Reduce los picos de corriente en el arranque.
Para aplicaciones estándar con rampa de tensión, contactor de by pass integrado, algoritmo patentado de "Balanceo de polaridad", cumple con las normas CE, UL/ CSA.

	Dimensiones L x H x P (mm)
3RW301.	45 x 95 x 151
3RW302.	45 x 125 x 151
3RW303.	55 x 144 x 168
3RW304.	70 x 160 x 186

Código (MLFB)	Tamaño Constructivo	Corriente (A)	Potencia del Motor (HP)[1] 220 V	440 V	Precio Lista Unit. S/.
3RW3013-1BB14	S00	3.6	0.75	2	556
3RW3014-1BB14	S00	6.5	2	4	656
3RW3016-1BB14	S00	9	3	6	754
3RW3017-1BB14	S00	12.5	4	7.5	845
3RW3018-1BB14	S00	17.6	6	12.5	976
3RW3026-1BB14	S0	25	7.5	15	1,132
3RW3027-1BB14	S0	32	10	25	1,321
3RW3028-1BB14	S0	38	12.5	28	1,631
3RW3036-1BB14	S2	45	15	30	2,209

Fuente: Elaboración propia.

El arrancador suave seleccionado permite disminuir la corriente de arranque del motor, reduciendo esfuerzos mecánicos en la electrobomba y mejorando la estabilidad eléctrica del sistema.

Asimismo, protege la red eléctrica frente a picos de corriente y prolonga la vida útil del motor y componentes mecánicos asociados.

4.3.3.5 Selección del Contactor

La selección del contactor se realizó con la finalidad de controlar el accionamiento de la electrobomba de enjuague del sistema de lavado, permitiendo la maniobra de encendido y apagado del motor desde el sistema de control.

El contactor permite realizar la conexión y desconexión de potencia del motor de forma segura, soportando las corrientes de operación y arranque durante el funcionamiento de la máquina.

$$P = 1\ x\ 746$$

$$P = 746\ W$$

$$I = \frac{746}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 1.48\ Amp$$

Figura 54. *Selección del contactor.*

CONTACTORES DE FUERZA BOBINA EN AC SIRIUS INNOVATIONS

- Calidad y seguridad: probados para cumplir con coordinación tipo 1 o tipo 2, de acuerdo a IEC 60947-2, IEC 60947-3.
- Optimización de inventarios: contactos auxiliares comunes, ahora desde el tamaño S00 hasta el tamaño S3.
- Contactos auxiliares integrados en toda la gama.
- Aptos para motores accionamiento de motores de alta eficiencia IE3/IE4.

Código (MLFB)	Bobina	Tamaño Constructivo	Corriente (A) AC1	Corriente (A) AC3	Potencia del Motor (HP)[1] 220 V	Potencia del Motor (HP)[1] 440 V	Contactos Auxiliares Integrados	Precio Lista Unit. S/.
Contactores principales tripolares SIRIUS Innovations 3RT20								
3RT2015-1AF01	110 VAC	S00	18	7	2	4	1NA	91
3RT2015-1AF02	110 VAC	S00	18	7	2	4	1NC	91
3RT2015-1AN21	220 VAC	S00	18	7	2	4	1NA	91
3RT2015-1AN22	220 VAC	S00	18	7	2	4	1NC	91
3RT2016-1AF01	110 VAC	S00	22	9	3	5	1NA	98
3RT2016-1AF02	110 VAC	S00	22	9	3	5	1NC	98
3RT2016-1AN21	220 VAC	S00	22	9	3	5	1NA	98
3RT2016-1AN22	220 VAC	S00	22	9	3	5	1NC	98
3RT2017-1AF01	110 VAC	S00	22	12	4	7	1NA	117
3RT2017-1AN21	220 VAC	S00	22	12	4	7	1NA	117
3RT2018-1AF01	110 VAC	S00	22	16	4	7	1NA	152
3RT2018-1AN21	220 VAC	S00	22	16	4	7	1NA	152
3RT2023-1AG20	110 VAC	S0	40	9	3	5	1NA+1NC	103
3RT2023-1AN20	220 VAC	S0	40	9	3	5	1NA+1NC	103
3RT2024-1AG20	110 VAC	S0	40	12	4	7	1NA+1NC	120
3RT2024-1AN20	220 VAC	S0	40	12	4	7	1NA+1NC	120

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se selecciona un contactor trifásico industrial adecuado para el accionamiento de la electrobomba de enjuague.

El contactor seleccionado garantiza una operación segura y confiable del sistema, soportando las maniobras de arranque y parada durante el funcionamiento continuo de la máquina.

4.3.4 Cálculos Eléctricos de cables.

El dimensionamiento de los conductores eléctricos de la máquina lavadora de jabas se realizó con la finalidad de garantizar una adecuada capacidad de conducción de corriente, minimizar caídas de tensión y asegurar la protección de los equipos eléctricos durante la operación del sistema.

4.3.4.1 Cálculo del cable Motor electrobomba 7.5HP

La electrobomba principal posee una potencia de:

$$P = 7.5\ x\ 746$$

$$P = 5595\ W$$

$$I = \frac{5595}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 11.11\ Amp$$

Para el dimensionamiento del conductor se consideró un factor de seguridad del 125%:

$$I_c = 1.25\ x\ 11.11$$

$$I_c = 13.89\ Amp$$

Figura 55. *Cable de alimentación seleccionado para electrobomba de 7.5 HP.*

Sección nominal mm²	Espesor aislamiento mm	Ø exterior mm	Peso kg/km	Resistencia eléctrica máxima a 20°C en C.C Ω / km	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C *1 A	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C *2 A	Intensidad máx. adm. enterrado directa-mente 20°C *3 A	Intensidad máx. admisible al aire 30°C *4 A	Intensidad máx. admisible bajo tubo empotrado en pared 30°C *5 A	Caída de tensión a 90°C cos φ 0,8 V / A km	Caída de tensión a 90°C cos φ 1 V / A km	Radio curvatura mm
3 G 1,5	0,7	8,8	110	13,3	26	30	-	26	22	24,2	30,0	36
3 G 2,5	0,7	9,8	145	7,98	34	40	-	36	30	14,6	18,0	40
3 G 4	0,7	11,1	205	4,95	44	51	-	49	40	9,20	11,25	45
3 G 6	0,7	12,2	255	3,3	56	66	83	63	51	6,19	7,50	49
3 x 10	0,7	14,1	400	1,91	61	71	91	75	60	3,20	3,90	57
3 x 16	0,7	16,2	592	1,21	79	93	119	100	80	2,023	2,436	65
3 x 25	0,9	19,3	880	0,78	101	119	156	127	105	1,322	1,559	78
3 x 35	0,9	23,3	1466	0,554	122	143	187	158	128	0,964	1,113	94
3 x 50	1	27,1	2056	0,386	144	169	223	192	154	0,696	0,779	136
3 x 70	1,1	31,5	2861	0,272	178	210	270	246	194	0,517	0,557	158
3 x 95	1,1	34,9	3654	0,206	211	248	322	298	233	0,399	0,410	175
3 x 120	1,2	39,8	4706	0,161	240	283	369	346	268	0,330	0,325	199
3 x 150	1,4	45,2	5949	0,129	271	319	416	399	307	0,278	0,260	227
3 x 185	1,6	51,4	7414	0,106	304	358	468	456	348	0,239	0,211	309
3 x 240	1,7	56,9	8790	0,0801	351	414	540	538	407	0,200	0,162	342
4 G 1,5	0,7	9,6	130	13,3	22	25	-	23	19,5	20,9	26,0	39
4 G 2,5	0,7	10,7	180	7,98	29	34	-	32	26	12,6	15,6	43
4 G 4	0,7	12,3	253	4,95	37	43	-	42	35	7,88	9,74	50
4 G 6	0,7	13,5	335	3,3	46	54	68	54	44	5,28	6,50	54

Fuente: Elaboración propia.

Cable BARRYFLEX RV-K 0,6/1 kV 4G4mm2

4.3.4.2 Cálculo del cable Motor Cadena 1 HP

La electrobomba principal posee una potencia de:

$$P = 1\ x\ 746$$

$$P = 746\ W$$

$$I = \frac{746}{\sqrt{3}\ (380)\ (0.85)(0.90)}$$

$$I = 1.48\ Amp$$

Para el dimensionamiento del conductor se consideró un factor de seguridad del 125%:

$$I_c = 1.25\ x\ 1.48$$

$$I_c = 1.85\ Amp$$

Figura 56. *Cable de alimentación seleccionado para motor cadena de 1 HP.*

Miguélez CABLES	Especificación Técnica	Pág. 5 de 8
		Edición: 08
	BARRYFLEX RV-K 0,6/1 kV	Abril 2018

Sección nominal mm2	Espesor aislamiento mm	Ø exterior mm	Peso kg/km	Resistencia eléctrica máxima a 20°C en C.C Ω / km	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C *1 A	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C *2 A	Intensidad máx. adm. enterrado directa-mente 20°C *3 A	Intensidad máx. admisible al aire 30°C *4 A	Intensidad máx. admisible bajo tubo empotrado en pared 30ºC *5 A	Caída de tensión a 90ºC cosφ 0,8 V / A km	Caída de tensión a 90ºC cosφ 1 V / A km	Radio Mínimo curvatura mm
3 G 1,5	0,7	8,8	100	13,3	26	30	-	26	22	24,2	30,0	36
3 G 2,5	0,7	9,8	140	7,98	34	40	-	36	30	14,6	18,0	40
3 G 4	0,7	11,1	195	4,95	44	51	-	49	40	9,20	11,25	45
3 G 6	0,7	12,2	262	3,3	56	66	83	63	51	6,19	7,50	49
3 x 10	0,7	14,3	395	1,91	61	71	91	75	60	3,20	3,90	58
3 x 16	0,7	16,5	590	1,21	79	93	119	100	80	2,02	2,44	66
3 x 25	0,9	19,6	870	0,78	101	119	156	127	105	1,322	1,559	79
3 x 35	0,9	23,3	1.438	0,554	122	143	187	158	128	0,964	1,113	94
3 x 50	1	27,1	2.021	0,386	144	169	223	192	154	0,696	0,779	136
3 x 70	1,1	31,5	2.817	0,272	178	210	270	246	194	0,517	0,557	158
3 x 95	1,1	34,9	3.601	0,206	211	248	322	298	233	0,399	0,410	175
3 x 120	1,2	39,8	4.641	0,161	240	283	369	346	268	0,330	0,325	199
3 x 150	1,4	45,2	5.866	0,129	271	319	416	399	300	0,278	0,260	227
3 x 185	1,6	51,4	7.313	0,106	304	358	468	456	340	0,239	0,211	309
3 x 240	1,7	56,9	9.425	0,0801	351	414	540	538	398	0,200	0,162	342
4 G 1,5	0,7	9,5	120	13,3	22	25	-	23	19,5	20,9	26,0	38
4 G 2,5	0,7	10,8	175	7,98	29	34	-	32	26	12,6	15,6	44
4 G 4	0,7	12,2	245	4,95	37	43	-	42	35	7,9	9,7	49

Fuente: Elaboración propia.

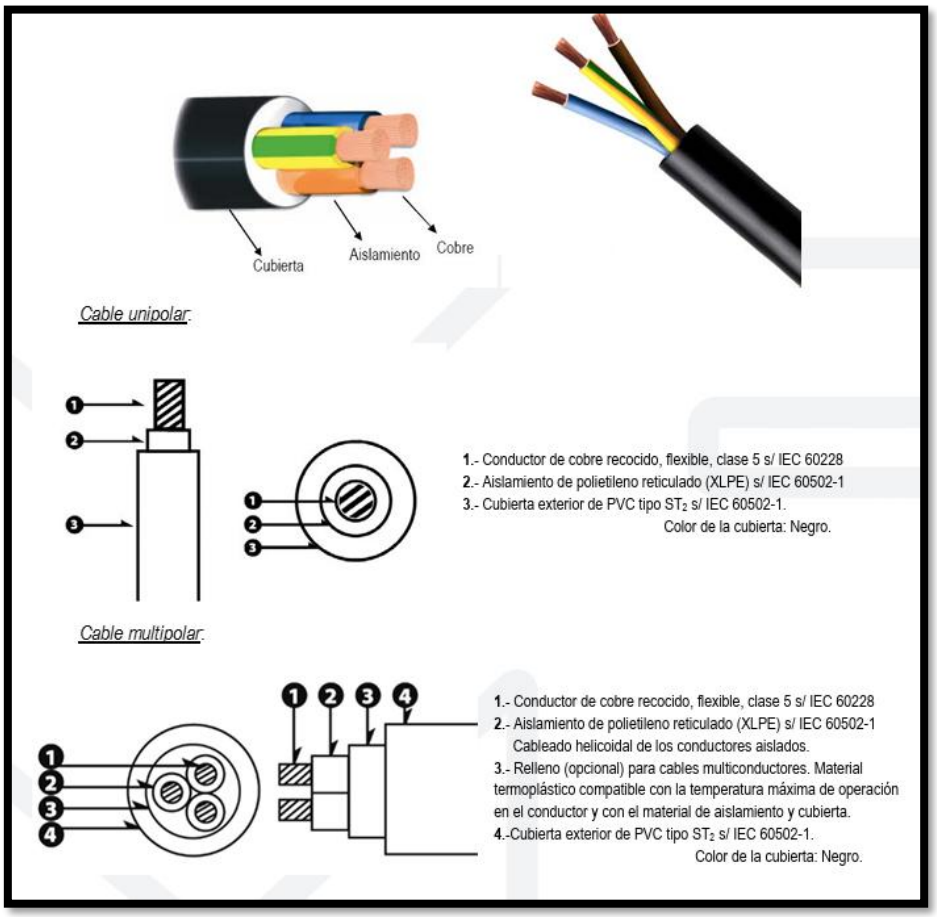
Cable BARRYFLEX RV-K 0,6/1 kV 4G2.5mm2

Los cables eléctricos fueron seleccionados considerando instalación industrial dentro de canaletas y tuberías Conduit, garantizando

protección mecánica, aislamiento eléctrico y facilidad de mantenimiento.

Asimismo, se consideró la identificación de conductores, conexión a tierra y distribución ordenada dentro del tablero eléctrico de control para asegurar condiciones adecuadas de operación y seguridad industrial.

Figura 57. *Ficha técnica del conductor eléctrico*



Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Caída de tensión cables eléctricos.

El cálculo de caída de tensión se realizó con la finalidad de verificar que los conductores eléctricos seleccionados mantengan niveles adecuados de tensión en los equipos eléctricos de la máquina lavadora de jabas, evitando

pérdidas excesivas de energía y asegurando un correcto funcionamiento de motores y dispositivos de control.

La caída de tensión se determinó considerando la corriente de operación, longitud de los conductores, sección del cable y resistividad del material conductor.

Para sistemas trifásicos se empleó la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \,.\, \rho \,.\, L \,.\, I}{S}$$

Donde:

- ΔV = Caída de tensión (V)
- I = Corriente del circuito (A)
- L = Longitud del conductor (m)
- ρ = Resistividad del cobre (0.0175 Ω mm2/m)
- S = Sección del conductor (mm2)

De acuerdo con criterios de diseño industrial, la caída de tensión permisible no debe superar el 5% de la tensión nominal del sistema.

4.3.5.1 Caída de tensión para electrobomba de 7.5 HP

Datos del circuito eléctrico:

Tabla 13. *Caída de Tensión para Electrobomba de 7.5 HP*

Parámetro	Valor
Corriente	11.11 A
Longitud del cable	15 m
Sección del conductor	4 mm²
Tensión del sistema	380 VAC

Reemplazando:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}\,(11.11)(15)(0.0175)}{4}$$

$$\Delta V = 1.26\,V$$

Porcentaje de caída de tensión:

$$\%\Delta V = \frac{1.26}{380} \times 100$$

$$\%\Delta V = 0.33\%$$

El valor calculado se encuentra dentro del rango permitido para instalaciones eléctricas industriales.

4.3.5.2 Caída de tensión para motores de 1 HP

Datos del circuito:

Tabla 14. *Caída de Tensión para motores de 1 HP*

Parámetro	Valor
Corriente	1.48 A
Longitud del cable	10 m
Sección del conductor	2.5 mm²
Tensión del sistema	380 VAC

Reemplazando:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}\,(1.48)(10)(0.0175)}{2.5}$$

$$\Delta V = 0.17\ V$$

Porcentaje de caída de tensión:

$$\%\Delta V = \frac{0.17}{380} \times 100$$

$$\%\Delta V = 0.044\%$$

El conductor seleccionado garantiza una adecuada alimentación eléctrica de la electrobomba de enjuague y motor de cadena.

Los resultados obtenidos demuestran que los conductores eléctricos seleccionados cumplen con los límites permisibles de caída de tensión para instalaciones industriales trifásicas, garantizando estabilidad eléctrica, protección de los equipos y continuidad operativa de la máquina lavadora de jabas.

4.4 Evaluación del impacto del diseño propuesto.

La evaluación del impacto del diseño propuesto se realizó considerando indicadores relacionados con el consumo de agua, consumo energético y productividad del sistema de lavado de jabas.

La implementación de la máquina lavadora de jabas permitió mejorar la eficiencia del proceso mediante el control continuo del sistema hidráulico, la regulación de velocidad del transportador y la automatización de la operación mediante el módulo lógico Siemens LOGO.

Asimismo, la utilización de boquillas de aspersión distribuidas uniformemente dentro de la zona de lavado permitió optimizar el aprovechamiento del agua, mejorando la cobertura de limpieza sobre las jabas y reduciendo pérdidas innecesarias durante la operación.

Desde el punto de vista energético, la incorporación del arrancador suave para la electrobomba principal redujo las corrientes elevadas durante el arranque del motor, disminuyendo esfuerzos eléctricos sobre la red y mejorando la estabilidad operativa del sistema.

De igual manera, el uso del variador de velocidad en el motor de transmisión permitió controlar la velocidad de desplazamiento de las jabas, optimizando el tiempo de permanencia en la zona de lavado y contribuyendo a mejorar el rendimiento del proceso.

En términos de productividad, la automatización implementada permitió mantener un flujo continuo de operación, reduciendo tiempos muertos y disminuyendo la intervención manual del operador durante el proceso de lavado.

4.4.1 Evaluación del consumo de agua.

El diseño de la máquina de lavado permite optimizar el consumo de agua mediante el uso de tinas de almacenamiento y recirculación parcial del fluido durante la operación de la máquina.

El sistema cuenta con una tina de lavado con capacidad de 350 litros y una tina de enjuague con capacidad de 200 litros, obteniéndose un volumen total de almacenamiento de 550 litros.

Durante la operación, las tinas son llenadas inicialmente y posteriormente solo se realiza reposición parcial de agua debido a pérdidas por arrastre y evaporación, manteniéndose el mismo volumen operativo durante un turno de trabajo de 1 hora.

El cambio total de agua se realiza al finalizar cada turno de operación o la suciedad de la jaba. Considerando 8 turnos cambios promedio, el consumo aproximado de agua del sistema es de:

$$550 \times 8 = 4400 L/día$$

En comparación con el sistema manual convencional, donde el suministro de agua permanece continuo durante todo el proceso de lavado manual, el sistema automatizado permite un mejor aprovechamiento del recurso hídrico y una reducción significativa del desperdicio de agua.

Tabla 15. *Evaluación del consumo de agua del sistema de lavado.*

Parámetro	Sistema manual	Sistema automatizado
Método de lavado	Manual con cepillos	Aspersión automatizada
Sistema de agua	Flujo continuo	Recirculación parcial
Capacidad de almacenamiento	No aplica	550 L
Tiempo de operación por turno	2 turnos x 4 h	8 h
Cambio total de agua	Continuo	Cada 1 h
Consumo estimado de agua	Alto	4400 L/día
Aprovechamiento de agua	Bajo	Mejorado

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Evaluación del consumo energético.

El sistema automatizado desarrollado permite mejorar el aprovechamiento energético mediante la utilización de motores eléctricos dimensionados de acuerdo con las necesidades reales del proceso de lavado.

En el sistema manual convencional, el lavado se realiza mediante el uso continuo del agua y el trabajo manual con cepillos, generando un mayor consumo energético y menor control del proceso.

En contraste, el sistema automatizado utiliza una electrobomba principal de 7.5 HP para el sistema de lavado, una electrobomba de 2 HP para el enjuague y un motor de transmisión de 1 HP controlado mediante variador de velocidad.

Asimismo, la implementación del arrancador suave reduce corrientes elevadas durante el arranque de la electrobomba principal, contribuyendo a mejorar la estabilidad eléctrica y disminuir esfuerzos sobre la red de alimentación.

Tabla 16. *Evaluación del consumo energético.*

Parámetro	Sistema manual	Sistema automatizado
Potencia principal	No aplica	7.5 HP
Tipo de lavado	Manual	Automatizado
Control de velocidad	No disponible	Variador de velocidad
Tipo de arranque	No aplica	Arrancador suave
Consumo energético	No aplica	Optimizado
Estabilidad eléctrica	No aplica	Mejorada

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Evaluación de la productividad.

La automatización implementada permitió mejorar la productividad del proceso de lavado mediante el funcionamiento continuo y controlado del sistema transportador y de aspersión.

En el sistema convencional, el lavado se realizaba manualmente mediante cepillos y suministro continuo de agua, dependiendo directamente de la intervención del operador y generando variaciones en la calidad y tiempo de limpieza.

Con el sistema automatizado, las jabas son transportadas de manera continua a través de la zona de lavado y enjuague, manteniendo una velocidad constante de operación y una distribución uniforme del agua mediante boquillas de aspersión.

Asimismo, la reducción de intervención manual contribuye a disminuir tiempos improductivos y mejorar la continuidad del proceso de lavado.

Tabla 17. *Evaluación de la productividad del sistema automatizado.*

Parámetro	Sistema manual	Sistema automatizado
Tipo de lavado	Manual	Automatizado
Método de limpieza	Cepillos	Aspersión presurizada
Continuidad del proceso	Intermitente	Continua
Dependencia del operador	Alta	Baja
Uniformidad del lavado	Variable	Uniforme
Tiempo operativo	Mayor	Reducido
Productividad	Media	Mejorada

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4 Evaluación del rendimiento del sistema de lavado.

El rendimiento operativo del sistema automatizado fue evaluado comparando la capacidad de producción y la demanda de personal respecto al proceso manual convencional de lavado de jabas.

En el sistema manual, el lavado se realizaba mediante cepillos y suministro continuo de agua, donde cada operario realizaba el lavado aproximado de 2 jabas por minuto. Considerando una operación simultánea de 6 operarios, el rendimiento alcanzaba aproximadamente: 720 Jabas / h.

Con la implementación de la máquina automatizada, el proceso de lavado se realiza mediante transporte continuo y aspersión presurizada, alcanzando una capacidad aproximada de 1500 jabas por hora con únicamente 2 operarios encargados de la alimentación y supervisión del sistema.

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la productividad del proceso, incrementando la capacidad de lavado y reduciendo considerablemente la demanda de mano de obra respecto al sistema manual convencional.

Tabla 18. *Evaluación del rendimiento del sistema de lavado.*

Indicador	Sistema manual	Sistema automatizado	Mejora
Producción	720 jabas/h 5760 jabas/día	1500 jabas/h 12000 jabas/día	+108.33 %
Personal requerido	6 operarios	2 operarios	-66.67 %
Consumo de agua diario	12787 L/día	4400 L/día	Ahorro 65.59%
Consumo de agua por jaba	2.22 L/jaba	0.37 L/jaba	-83.33 %
Consumo energético	0 (estimado)	7.7 kWh/jaba (estimado)	-100 %
Costo operativo	100 % (base manual)	65 % del sistema manual	-35 % aprox.
Tiempo de lavado	30–60 s/jaba	2–3 s/jaba (flujo continuo)	Reducción significativa

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5 Análisis del consumo de agua.

Para la evaluación del consumo hídrico se consideraron dos escenarios: el sistema manual y el sistema automatizado, operando en 2 turnos diarios de 4 horas cada uno.

Sistema manual

- Consumo de agua: 1598 L/h
- Tiempo por turno: 4 h
- Número de turnos: 2

Consumo diario:

Cm = 1598.4.2 = 12787 L/d

Sistema automatizado

- Capacidad de recirculación por turno: 550 L
- Número de cambios: 8

Consumo diario:

Ca = 550.8 = 4400 L/d

Ahorro de agua

AA = Cm – Ca = 12787 – 4400 = 8387 L

Reducción porcentual

$$RP = \frac{12787 - 4400}{12787} * 100\% = 65.59\%$$

Los resultados evidencian que la implementación del sistema automatizado reduce significativamente el consumo de agua, alcanzando un ahorro de 8387

L/día (34.41 %), debido principalmente al uso de recirculación parcial del recurso hídrico y a la optimización del proceso de lavado continuo.

4.4.6 Costo de fabricación de la máquina lavadora de jabas

Tabla 19. *Costo de Fabricación de la Máquina Lavadora de Jabas*

Ítem	Descripción	Costo Estimado (S/.)
1	Materiales mecánicos en acero inoxidable AISI 304/316 (planchas, tubos, barras, accesorios, pernos, válvulas, cadena, chumaceras, etc.)	18,500.00
2	Equipos mecánicos y de bombeo (electrobombas, motorreductores, boquillas, manómetros, etc.)	8,200.00
3	Fabricación mecánica y servicios (corte, doblado, soldadura TIG, maquinado y ensamblaje)	6,500.00
4	Mano de obra de fabricación y montaje	14,000.00
5	Tablero eléctrico y sistema de control (PLC, variador, protecciones, HMI, cableado y accesorios eléctricos)	15,000.00
6	Instalación eléctrica y pruebas de funcionamiento	2,000.00
	Costo Total Estimado de la Máquina	**64,200.00**

Elaboración propia

Evaluación económica del proyecto

La evaluación económica del proyecto se realizó considerando los principales ahorros generados por la implementación del sistema automatizado en comparación con el proceso manual de lavado de jabas.

- **Ahorro por reducción de mano de obra**

El sistema manual requiere 6 operarios, mientras que el sistema automatizado requiere 2 operarios, generando una reducción de 4 operarios.

- Costo promedio mensual por operario: S/ 1,200.00
- Ahorro mensual:
- 4 operarios × S/ 1,200 = S/ 4,800.00/mes

- **Ahorro por consumo de agua**

- Consumo manual: 12787 L/día
- Consumo automatizado: 4400 L/día
- Ahorro diario: 8387 L/día

Considerando costo promedio de agua industrial: S/ 3.50 por m^3

- Ahorro mensual aproximado: S/ 928.00/mes

- **Costo de energía eléctrica**

El consumo energético del sistema automatizado es de aproximadamente:

- 7.8 kWh/jaba
- 8 horas/día → 62.4 kWh/día

Costo energía promedio: S/ 0.80 por kWh

- Costo mensual estimado: S/ 1497.60/mes

- Flujo de caja simplificado

***Tabla 20**. Flujo de Caja.*

Concepto	Monto mensual (S/.)
Ahorro por mano de obra	4,800.00
Ahorro por agua	928.00
Costo energía	-1,497.60
Ahorro neto mensual	**4,230.40**

Elaboración propia

***Tabla 21**. Indicadores de evaluación económica del proyecto.*

Indicador	Resultado	Interpretación
Inversión inicial	S/ 64,200.00	Costo total de fabricación de la máquina lavadora de jabas
Ahorro neto mensual	S/ 4,230.40	Beneficio económico generado por operación del sistema automatizado
Periodo de recuperación (Payback)	15 meses	Tiempo estimado para recuperar la inversión inicial
Valor Actual Neto (VAN)	Positivo (VAN > 0)	El proyecto es económicamente rentable
Tasa Interna de Retorno (TIR)	Mayor al 12 %	La rentabilidad del proyecto debe pasar la tasa de descuento del 12 %, confirmando su viabilidad económica

Elaboración propia

Tabla 22. *Flujo de caja económico del proyecto (5 años).*

Año	Ingresos (S/.)	Egresos (S/.)	Flujo Neto (S/.)	Flujo Acumulado (S/.)
0	0	64,200.00	**- 64,200.00**	-64,200.00
1	50,764.80	0	50,764.80	-13,435.20
2	50,764.80	0	50,764.80	37,329.60
3	50,764.80	0	50,764.80	88,094.40
4	50,764.80	0	50,764.80	138,859.20
5	50,764.80	0	50,764.80	189,624.00

Elaboración propia

VAN (Valor Actual neto).

$$VAN = \sum \frac{Ft}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

- r = 12% = 0.12

  - Suma de los valores presentes

$$VP = 45325.71 + 40469.39 + 36133.38 + 32262.01 + 28805.37$$

$$VP = 182995.86$$

$$\boldsymbol{VP} = 182995.86$$

  - Cálculo del VAN

$$VAN = 182\,995.86 - 64\,200.00$$

$$VAN = S/.\,118{,}795.86$$

TIR (Tasa Interna de Retorno).

La TIR es la tasa que hace VAN = 0:

Se calcula iterando:

- A 70% → VAN positivo (157,011)
- A 74% → aún positivo
- A 75% → cercano a 0

TIR ≈ 74.4% anual

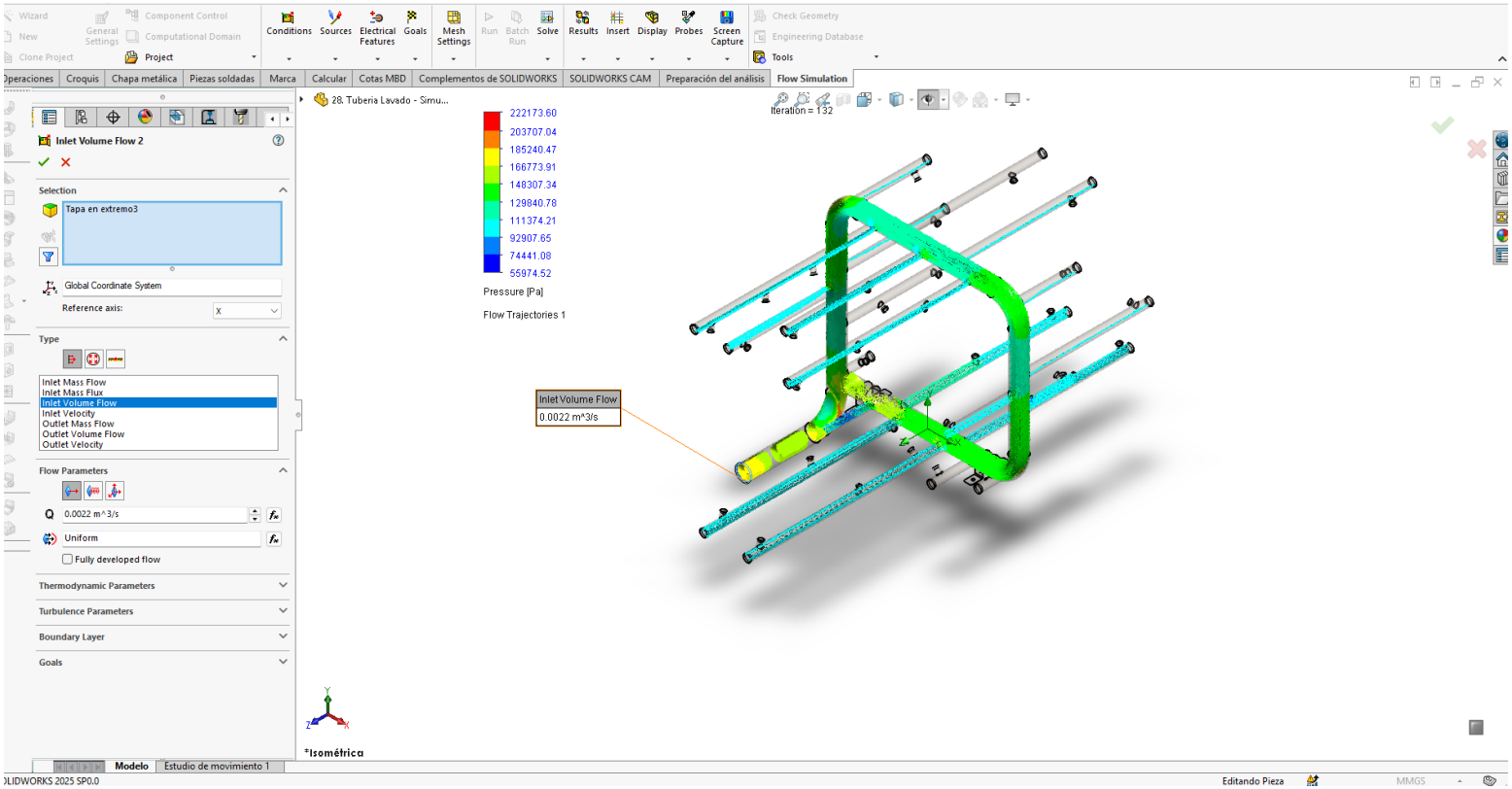
Tabla 23. *Evaluación económica del proyecto.*

Indicador	Resultado	Interpretación
Inversión inicial	S/ 64,200.00	Costo de fabricación del sistema
Ahorro neto anual	S/ 50,764.80	Beneficio operativo anual
Periodo de recuperación	15.17 meses	Recuperación rápida de inversión
VAN (12%)	S/ 118,790.00	La rentabilidad del proyecto es significativamente superior a la tasa de descuento del 12 %, lo que demuestra su viabilidad económica
TIR	74.4%	Muy superior al costo de capital (12%)
Horizonte de evaluación	5 años	Periodo considerado para evaluar la rentabilidad económica del proyecto

Elaboración propia

4.5 Simulación del funcionamiento de la máquina lavadora de jabas:

Figura 58. *Simulación con el valor del caudal (0.0022 m3/S) de la electrobomba que circula por el aro de lavado.*

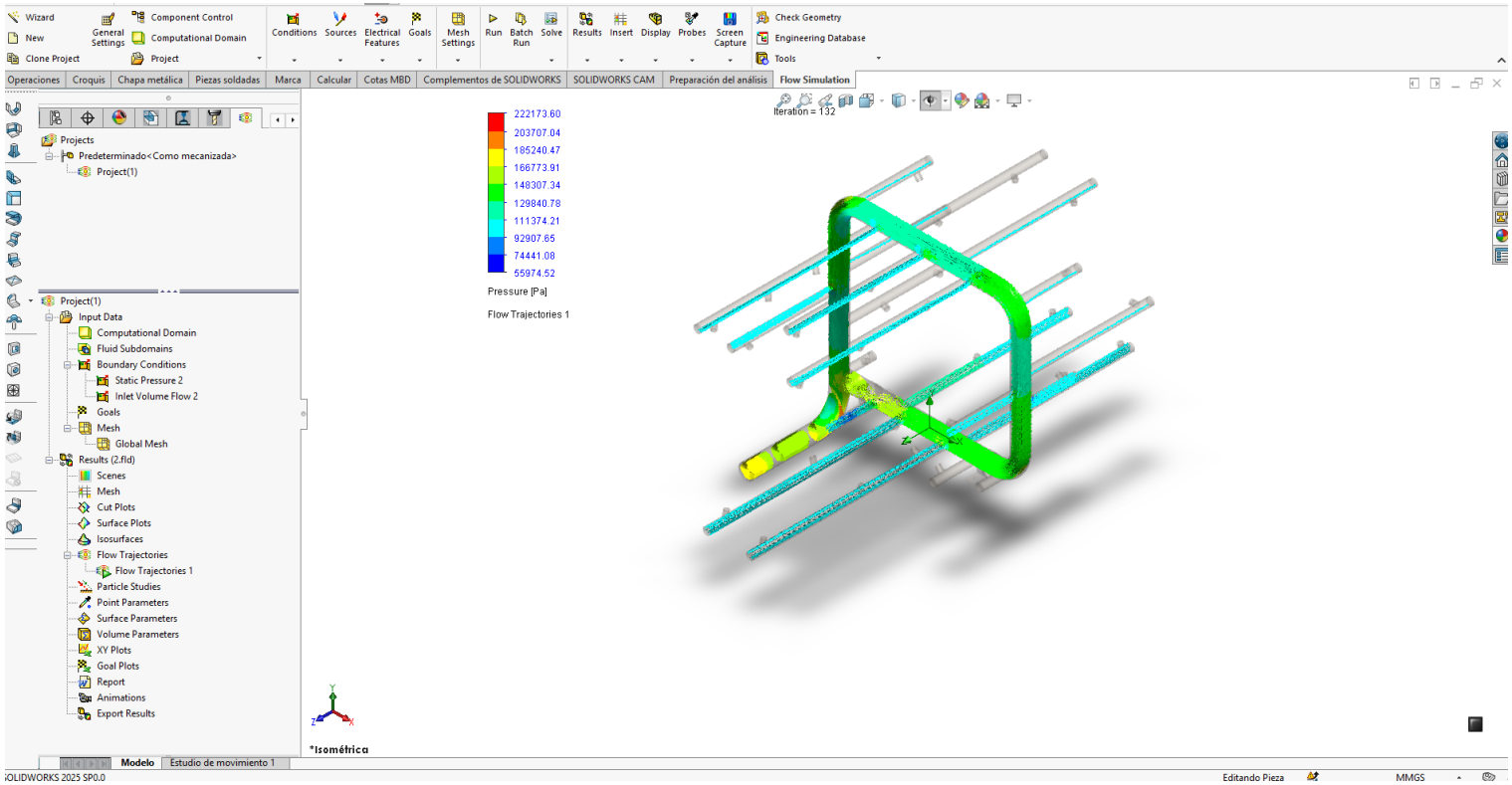


Fuente: Elaboración propia

La Figura muestra la configuración e ingreso de parámetros iniciales en el módulo SOLIDWORKS Flow Simulation para el análisis hidráulico de la máquina lavadora de jabas. En esta etapa se definieron las condiciones de operación del sistema, tales como el tipo de fluido, presión de

trabajo, velocidad de flujo, condiciones de entrada y salida, así como las propiedades de las tuberías y boquillas de aspersión. Estos parámetros permitieron desarrollar la simulación del comportamiento del fluido dentro del sistema de lavado y evaluar el desempeño hidráulico del diseño propuesto.

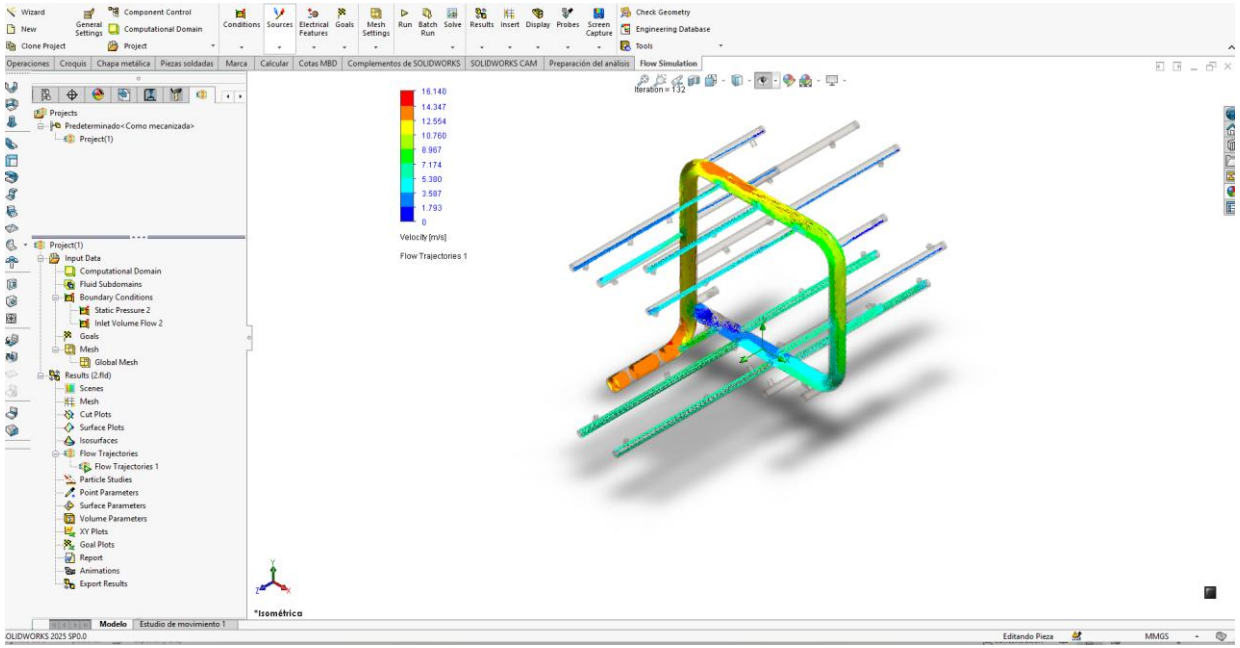
Figura 59. *Simulación de la presión del agua que circula por el aro de lavado*



Fuente: Elaboración propia

La Figura muestra el análisis de presión realizado en el sistema hidráulico de la máquina lavadora de jabas mediante el software SOLIDWORKS. En la simulación se evaluó el comportamiento de la presión del fluido a través de las tuberías y boquillas de aspersión, permitiendo verificar una distribución adecuada del agua dentro del sistema. Los resultados obtenidos evidencian que la presión se mantiene dentro de los parámetros requeridos para garantizar un lavado uniforme y eficiente de las jabas, evitando pérdidas significativas de carga y asegurando el correcto funcionamiento de las boquillas de aspersión.

Figura 60. *Simulación de la velocidad que circula por el aro de lavado*



Fuente: Elaboración propia

La Figura presenta el análisis de velocidad de flujo desarrollado en el software SOLIDWORKS para el sistema de lavado de jabas. Mediante esta simulación se logró verificar la velocidad del agua en las tuberías y boquillas, permitiendo identificar un flujo uniforme y continuo durante el proceso de lavado. Los resultados obtenidos confirman que la velocidad del fluido es adecuada para generar la presión y cobertura necesarias en las zonas de limpieza, optimizando el desempeño hidráulico del sistema y mejorando la eficiencia del proceso automatizado.

4.6 Discusión de resultados.

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una máquina lavadora de jabas para incrementar la eficiencia del proceso de lavado en empresas agroindustriales. A partir del diagnóstico realizado se determinó que el sistema manual presenta limitaciones importantes relacionadas con la capacidad operativa, el consumo de agua, la dependencia de mano de obra y los riesgos ergonómicos asociados a la actividad. Los resultados obtenidos permitieron establecer una capacidad de lavado manual de aproximadamente 720 jabas por hora, utilizando entre cuatro y seis operarios y un consumo aproximado de 1598 litros de agua por hora.

Como resultado del diseño desarrollado mediante modelado tridimensional en SolidWorks y los cálculos de ingeniería realizados, se obtuvo una máquina lavadora con una capacidad estimada de 1500 jabas por hora, permitiendo incrementar significativamente el rendimiento del proceso. Al comparar ambos sistemas se determinó un incremento de productividad del 108.33 %, evidenciando una mejora sustancial respecto al método tradicional empleado en las empresas agroindustriales evaluadas.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por **García Ipanaque e Hidalgo** Prieto (2023), quienes lograron incrementar la productividad del proceso de lavado

de jabas en un 28.5 % mediante la aplicación de técnicas de ingeniería de métodos. Sin embargo, la presente investigación propone una solución tecnológica basada en el diseño de una máquina especializada, lo que permite alcanzar una mejora superior en la capacidad operativa del proceso. Esto demuestra que la incorporación de equipos mecanizados puede generar beneficios adicionales respecto a las mejoras obtenidas únicamente mediante la optimización de procedimientos de trabajo.

Asimismo, los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos de **Alcántara Vega y Fabián Gómez**, quienes diseñaron y fabricaron una máquina lavadora de jengibre logrando reducir significativamente los tiempos y costos de producción. De manera similar, la máquina lavadora de jabas propuesta en esta investigación incorpora sistemas de transporte continuo, lavado por aspersión y recirculación de agua, contribuyendo a optimizar los recursos utilizados durante el proceso de limpieza y mejorar la eficiencia operativa.

De igual forma, los resultados presentan concordancia con la investigación realizada por **Calvay Tiquillahuanca**, quien desarrolló el diseño de una lavadora de mango para optimizar la producción en una empresa agroindustrial del distrito de Jayanca. En ambos casos se demuestra que el diseño de maquinaria especializada constituye una alternativa técnicamente viable para mejorar los procesos productivos del sector agroindustrial, incrementando la capacidad de procesamiento y contribuyendo a la reducción de costos operativos.

Por otro lado, la metodología aplicada para el desarrollo de la máquina lavadora de jabas guarda similitud con lo expuesto por **Ramírez Ocaña**, quien empleó criterios de diseño de ingeniería para desarrollar una máquina prensadora automatizada orientada a mejorar procesos productivos. En ambas investigaciones se evidencia que la aplicación de metodologías de diseño estructuradas permite desarrollar soluciones tecnológicas capaces de responder a necesidades específicas del sector productivo.

Finalmente, la investigación demuestra que el diseño de una máquina lavadora de jabas representa una alternativa técnicamente viable para mejorar la eficiencia del proceso de lavado dentro de las empresas agroindustriales. La propuesta no solo incremento la productividad del sistema, sino que también contribuye a disminuir la dependencia de mano de obra directa, optimizar el uso de recursos hídricos y reducir la exposición de los trabajadores a riesgos ergonómicos y químicos presentes en el proceso manual de lavado.

CAPíTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se logró desarrollar el diseño de una máquina lavadora de jabas mediante la integración de sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos, permitiendo mejorar la continuidad operativa del proceso de lavado y reduciendo la intervención manual de 6 a 2 operarios, lo que representa una disminución del 66.67% en la mano de obra requerida.

Respecto al diagnóstico de la situación actual del lavado de jabas, se determinó que el proceso convencional presenta una elevada intervención manual, requiriendo 6 operarios para alcanzar una capacidad aproximada de 720 jabas por hora. Asimismo, se identificó un consumo de agua de 12 787 L/día, evidenciándose la necesidad de implementar una alternativa automatizada que permita mejorar la continuidad del proceso, reducir la intervención de mano de obra y optimizar el uso de los recursos empleados en la limpieza de las jabas.

Respecto a la capacidad operativa de la máquina lavadora de jabas, el diseño propuesto permitió determinar una capacidad de procesamiento de hasta 1500 jabas por hora, frente a las 720 jabas por hora del proceso manual convencional, lo que representa un incremento de 108,33 % en la capacidad de producción. Además, el diseño contempla una reducción del tiempo de operación por jaba, pasando de un intervalo de 30–60 segundos en el proceso manual a aproximadamente 2–3 segundos dentro del proceso continúo automatizado.

Respecto al diseño de los sistemas mecánicos y eléctricos de la máquina lavadora de jabas, se desarrolló una propuesta integrada de los sistemas mecánico, hidráulico, eléctrico y de control. Para el sistema hidráulico se determinó la selección de una electrobomba centrífuga de 7,5 HP, capaz de proporcionar las condiciones

de caudal y presión requeridas para el funcionamiento de las 34 boquillas de aspersión, permitiendo una adecuada distribución del agua durante el proceso de limpieza. Asimismo, el diseño eléctrico permitió estimar una potencia instalada de operación de aproximadamente 7,8 kW, incorporando sistemas de protección y control automatizado para garantizar condiciones adecuadas de funcionamiento.

Respecto a la evaluación del incremento de la eficiencia del proceso de lavado, el análisis del sistema de recirculación permitió estimar una reducción del consumo de agua de 12 787 L/día a 4 400 L/día, obteniéndose un ahorro de 8 387 L/día, equivalente a una reducción del 65,59 % en el consumo hídrico. Asimismo, el diseño permite reducir la intervención de personal de 6 a 2 operarios, equivalente a una disminución del 66,67 % de la mano de obra requerida. En conjunto, estos resultados permiten establecer que la propuesta de diseño mejora la eficiencia operativa del proceso mediante el incremento de la capacidad de procesamiento, la reducción del consumo de agua y la disminución de la intervención manual.

Finalmente, la evaluación económica del proyecto determinó una inversión total de S/ 64,200.00, con un periodo de recuperación de 15.17 meses, un VAN positivo de S/ 118,795.86 y una TIR aproximada del 74.4%, lo que demuestra la viabilidad técnica, económica y operativa del sistema propuesto para su implementación en empresas agroindustriales.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar el sistema de recirculación de agua propuesto, ya que permite reducir el consumo hídrico en un 65.63%, optimizando el uso del recurso en los procesos de lavado de jabas y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema.

Se recomienda utilizar motorreductores y electrobombas con eficiencia energética superior al 85%, con el fin de reducir el consumo eléctrico del sistema automatizado y mejorar el rendimiento global de la máquina en operación continua.

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico a los sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos, especialmente a la cadena de transporte, boquillas de aspersión y sistema de bombeo, con el objetivo de garantizar la continuidad operativa y prolongar la vida útil del equipo.

Se recomienda que la implementación del sistema sea acompañada de capacitación técnica al personal operativo, con la finalidad de asegurar un manejo adecuado del sistema automatizado y evitar fallas por uso incorrecto.

Se recomienda evaluar la implementación de sensores adicionales de nivel, presión y caudal en futuras mejoras del sistema, con el fin de incrementar el nivel de automatización y control del proceso de lavado de jabas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agroindustria Virú S.A. (2026). https://virugroup.com/

Alcantara Vega, A. A., & Fabian Gomez, D. A. (2025). *Diseño y fabricación del prototipo de una máquina lavadora de jengibre para reducir los costos de producción en la provincia de Chanchamayo Perú en el año 2023*.

Arrancador suave 10HP. (2026). https://sieportal.siemens.com/en-ww/products-services/detail/3RW4026-1BB14?tree=CatalogTree

Betelgeux. (2021). https://www.christeyns.com/wp-content/uploads/2021/06/C-EQUIPOS-2020-1.pdf

Boquillas de alta presión | Spraying Systems Perú S.R.L. (2026). https://www.spray.com/es-pe/productos/boquillas-de-pulverización/boquillas-de-alta-presión

Calvay Tiquillahuanca, E. A. (2021). *Diseño de lavadora de mango—24 TM/hora para optimizar la producción en la empresa Exotic´S Producers & Packers (EPP)—Jayanca*.

CPM Electrobomba Centrífuga. (2026). Peru Electrobomba. https://www.peruelectrobombas.com/centrifugas-pedrollo/cpm

Garcia Ipanaque, E. A., & Hidalgo Prieto, H. P. (2023). *Implementación de la ingeniería de métodos en el proceso de lavado de jabas para mejorar la productividad en la empresa Ecosac Agrícola, Piura – 2023*.

Guardamotor 7.5HP. (2026). Siemens SiePortal. https://sieportal.siemens.com/en-ww/products-services/detail/3RV20114AA10?tree=CatalogTree

Jabas | Envases industriales | Lima. (2026). López Bulnes. https://www.envasesindustriales.net/jabas

López Torres, R. I., & Solano Solano, E. D. (2023). *Diseño mecatrónico de una máquina secadora de botellas de vidrio en una línea de producción de cerveza artesanal* [bachelorThesis]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24292

Morán Zavala, J. B. (2025). *Diseño e implementación de un prototipo de estación de lavado automatizada con limpiador ultrasónico para una etapa de línea de producción de frutas* [bachelorThesis]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31581

Normas Tecnicas Hidraulica. (2008).

Pulsador de emergencia | Schneider Electric Perú. (2026). Schneider Electric. https://www.se.com/pe/es/product/XALK178/caja-amarilla-paro-de-emergencia-1-pulsador-con-cabeza-redonda-40mm-girar-para-liberar-1nc/

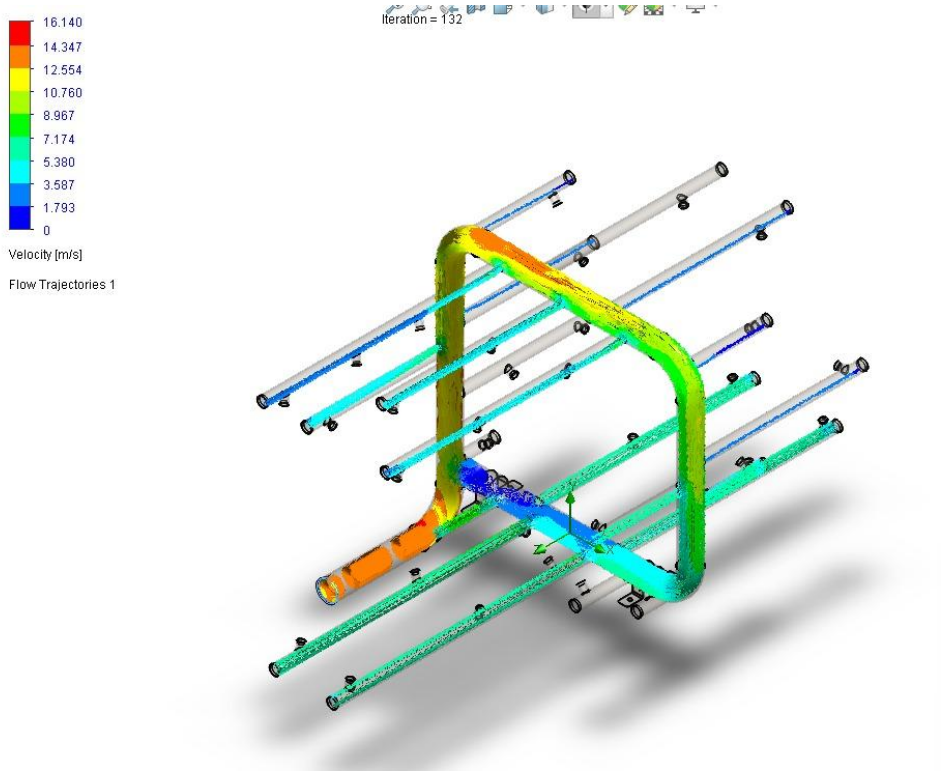
Ramirez Ocaña, H. E. (2024). *Diseño de una máquina prensadora automatizada de ladrillos ecológicos con interlocking*.

Variador de velocidad 1HP. (2026). Siemens SiePortal. https://sieportal.siemens.com/es-sv/products-services/detail/6SL3210-5BE17-5UV1?tree=CatalogTree

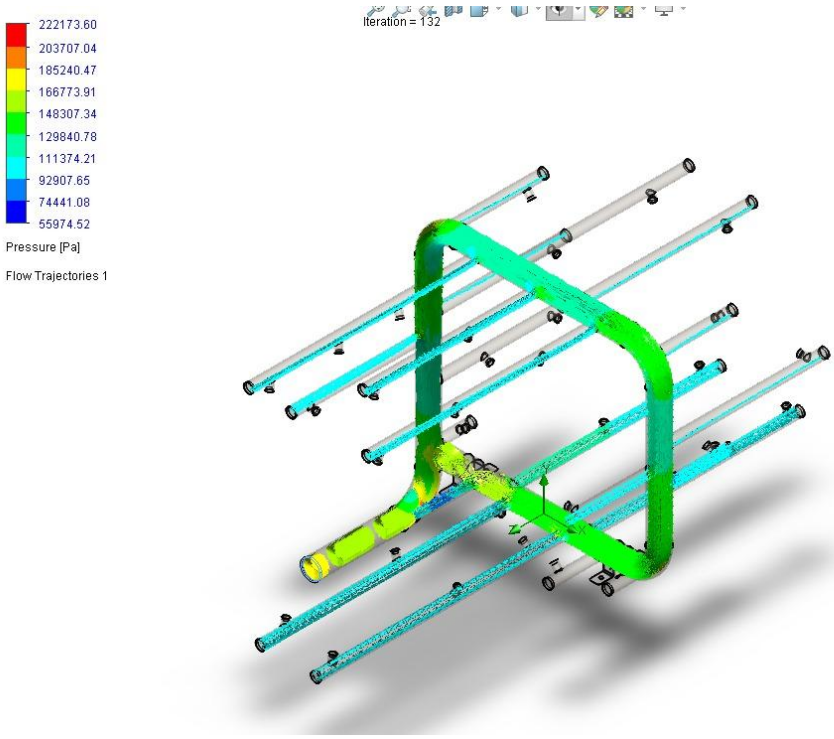
W22 NEMA Premium Efficiency 1 HP 4P 143T 3F 230/460//380 V 60//50 Hz IC411. (2026). WEG. https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motor-de-Inducc%C3%ADon---NEMA/Uso-General-/TEFC-Hierro-Gris/W22/W22-/W22-NEMA-Premium-Efficiency-1-HP-4P-143T-3F-230-460-380-V-60-50-Hz-IC411---TEFC---Con-pies/p/11441928

ANEXOS

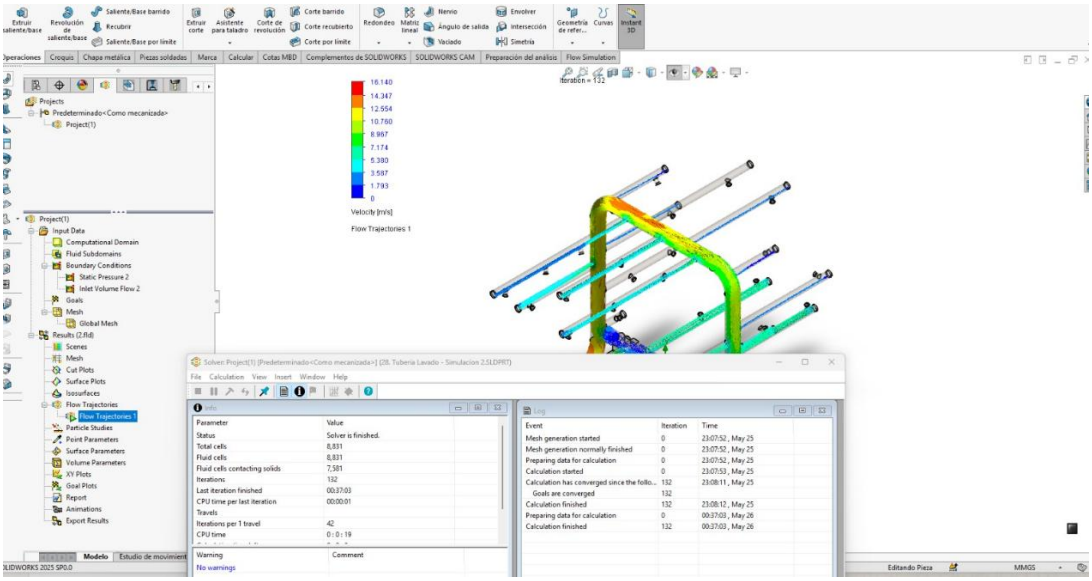
Simulación de la velocidad del agua sobre las boquillas:



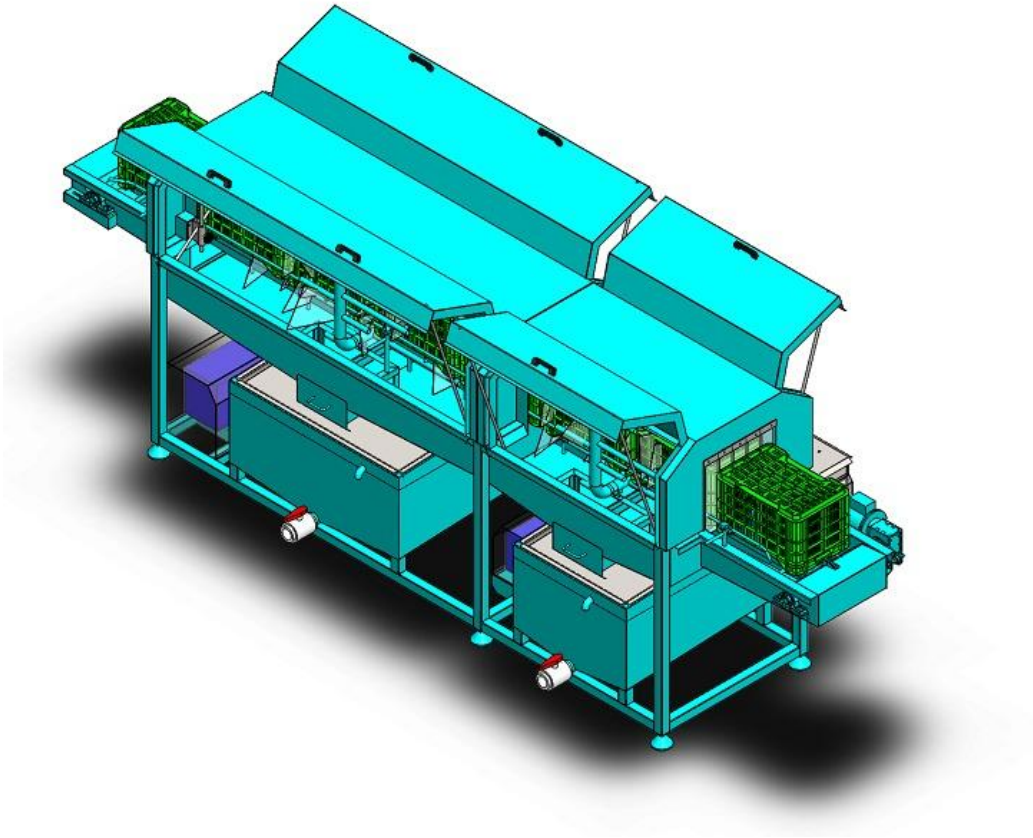
Simulación de presión del agua sobre las boquillas:



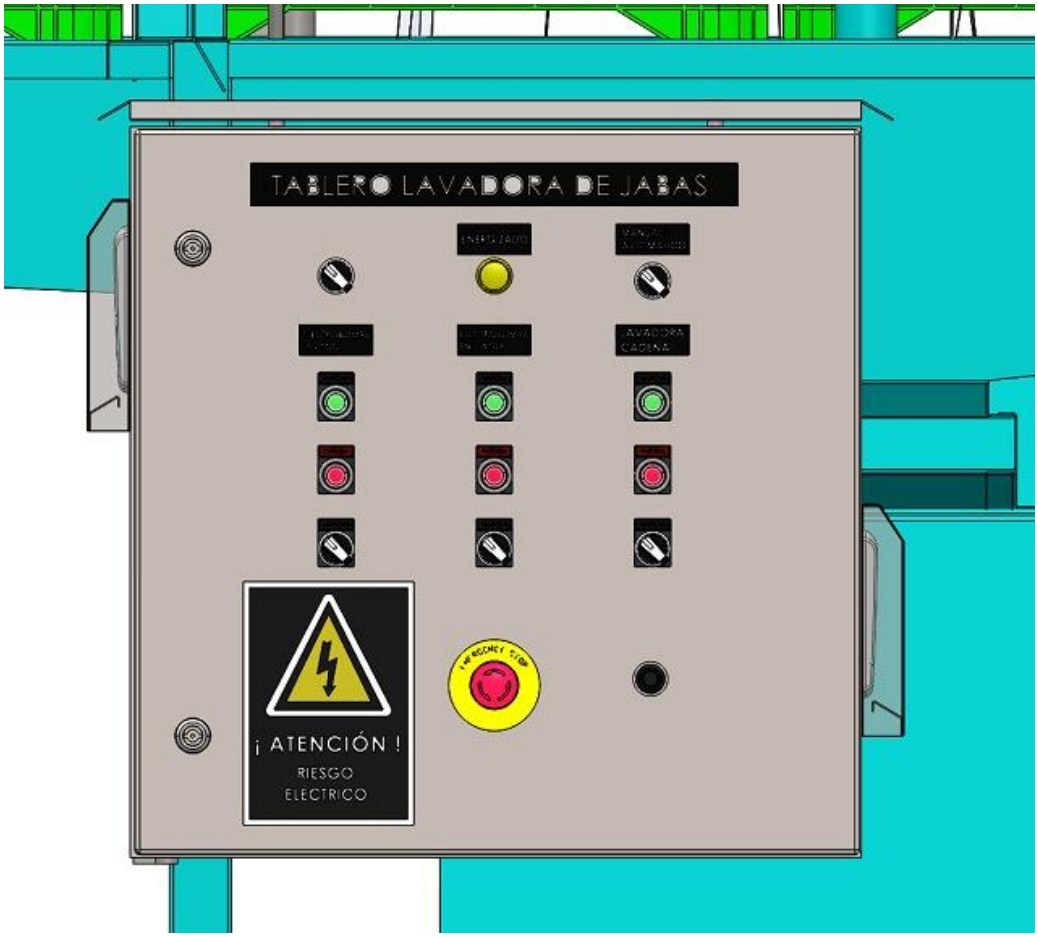
Datos para la simulación en el software:



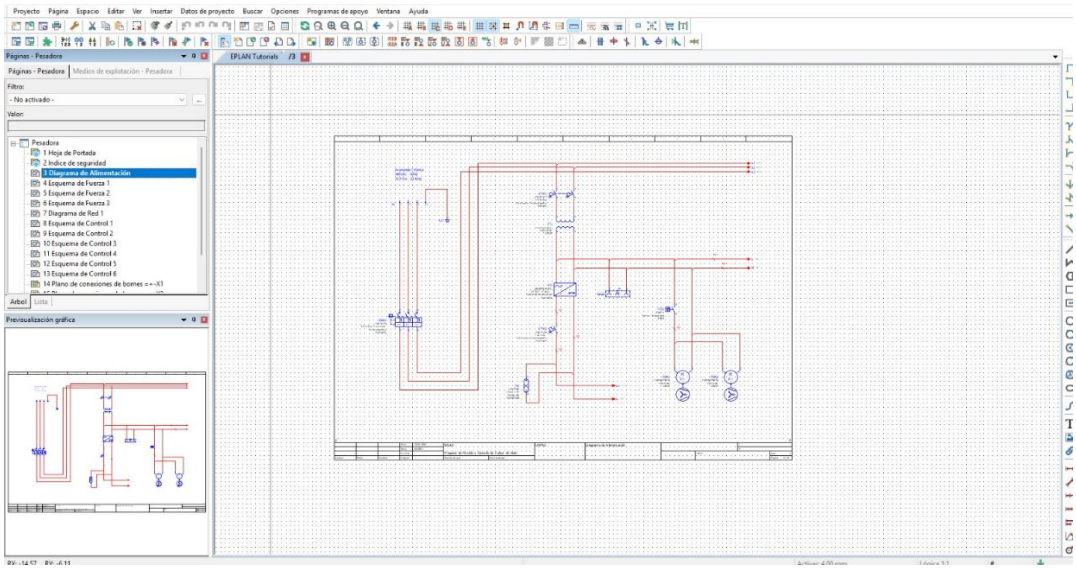
Vista isométrica del modelo ensamblaje lavadora de jabas:



Vista del tablero eléctrico lavadora de jabas:



Vista del software eplan diagramas eléctricos del tablero:



Ficha técnica de cables:

Miguélez CABLES	Especificación Técnica BARRYFLEX RV-K 0,6/1 kV	Pág. 1 de 8 Edición: 08 Abril 2018

- Normativa. Construcción y ensayos: **NTP IEC 60502-1, IEC 60502-1, UNE 21123-2, PE nº 2/15 (SEC)**
- CONFORMIDAD CON LA DIRECTIVA DE BAJA TENSIÓN: **2014/35/UE**
- CONFORMIDAD REGLAMENTO CPR nº 305/2011/UE: **Reacción al fuego (E_{ca})**
- Certificado **AENOR** (IEC 60502-1 & UNE 21123-2 - Gama: De 1 a 5 conductores. Desde 1,5 hasta 300 mm²)
- Certificado naval **BUREAU VERITAS** (Gama: 1x1,5 ...300 / 2x1,5...25 / 3x1,5...25 / 4x1,5...150 / 5x1,5 ... 25 mm²)
- Certificado **CESMEC Chile** (Gama: De 1 a 5 conductores. Desde 1,5 hasta 300 mm²)
- Cumplimiento **Directiva RoHS.**

1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

1.1. Designación técnica.

RV-K 0,6/1 kV

1.2. Tensión nominal.

0,6/1 (1,2) kV C.A. → Uo/U (Um) → Corriente alterna.

- **Uo**: el valor eficaz entre cualquier conductor aislado y tierra (revestimiento metálico del cable o medio circundante);
- **U**: el valor eficaz entre dos conductores de fase cualquiera de un cable multipolar o de un sistema de cables unipolares.
- **Um**: es el valor máximo eficaz de la tensión, la más elevada de una red, para la cual el material puede ser utilizado.

1,8 kV C.C Umax → Corriente continua.

1.3. Temperatura máxima de servicio

En servicio permanente	90ºC
En cortocircuito	250ºC (t≤5s)

1.4. Tensión de ensayo.

En corriente alterna 3,5 kV

1.5. Comportamiento frente al fuego. Normativa

No propagador de la llama: UNE EN 60332-1-2[1]; IEC 60332-1-2 (H≤425 mm)

2. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA.

2.1. Construcción.

Construido según las normas IEC 60502-1[2], NTP IEC 60502-1, UNE 21123-2[3] y PE Nº 2/15 (SEC Chile).

- Conductor.

  Conductor de cobre recocido, flexible, clase 5 según norma IEC 60228, NTP IEC 60228, EN 60228[4].

- Aislamiento.

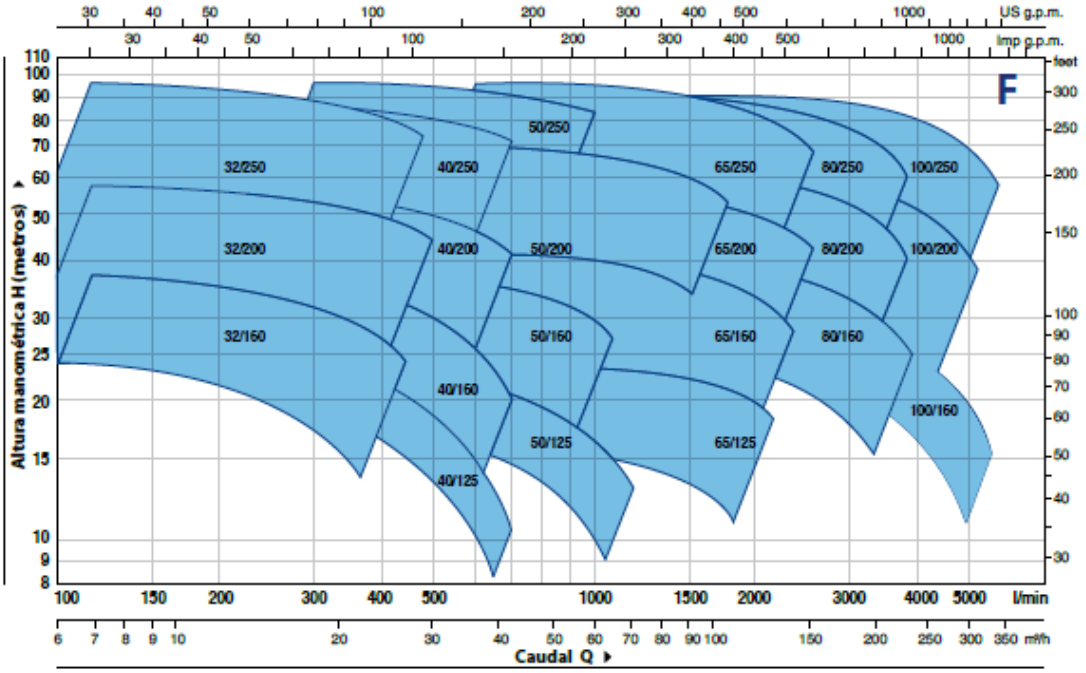
  Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) de acuerdo con la norma IEC 60502-1. El aislamiento también

Ficha técnica de la electrobomba:

PEDROLLO
the spring of life

CAMPO DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹



DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹

MODELO	POTENCIA (P2) kW	HP	▲	PRESTACIONES Q l/min	H metros
F 32/160C *	1.5	2	IE3	100 – 350	24 – 14
F 32/160B *	2.2	3		100 – 400	30 – 17
F 32/160A *	3	4		100 – 450	37 – 24
F 32/200C *	4	5.5		100 – 450	44 – 31.5
F 32/200B *	5.5	7.5		100 – 500	51 – 36
F 32/200A *	7.5	10		100 – 500	57 – 44
F 32/200BH *	3	4		100 – 300	45 – 37
F 32/200AH *	4	5.5		100 – 320	55 – 44
F 32/250C *	9.2	12.5		100 – 450	75 – 60
F 32/250B *	11	15		100 – 500	87 – 70
F 32/250A *	15	20		100 – 500	97 – 80
F 40/125C *	1.1	1.5	IE3	100 – 550	16 – 6
F 40/125B *	1.5	2		100 – 600	20.5 – 9
F 40/125A *	2.2	3		100 – 700	26 – 10
F 40/160C *	2.2	3		100 – 600	27 – 14
F 40/160B *	3	4		100 – 600	32 – 20
F 40/160A *	4	5.5		100 – 700	38 – 20
F 40/200B *	5.5	7.5		100 – 700	47 – 28
F 40/200A *	7.5	10		100 – 700	55 – 41
F 40/250C *	9.2	12.5		100 – 700	64 – 47
F 40/250B *	11	15		100 – 700	71 – 55
F 40/250A *	15	20		100 – 700	88 – 72
F 50/125C *	2.2	3	IE3	300 – 1200	17.5 – 6
F 50/125B *	3	4		300 – 1200	20.7 – 9
F 50/125A *	4	5.5		300 – 1200	23.5 – 13
F 50/160C *	4	5.5		300 – 1000	27 – 16
F 50/160B *	5.5	7.5		300 – 1100	32 – 21
F 50/160A *	7.5	10		300 – 1100	37 – 27
F 50/200C	11	15		400 – 1700	44 – 30
F 50/200B	15	20		400 – 1700	52 – 38
F 50/200A	18.5	25		400 – 1800	61 – 45
F 50/200AR	22	30		400 – 1800	69 – 53
F 50/250D *	9.2	12.5		300 – 900	51 – 32
F 50/250C *	11	15		300 – 900	59 – 42
F 50/250B *	15	20		300 – 1000	72 – 59
F 50/250A *	18.5	25		300 – 1000	85 – 73
F 50/250AR *	22	30		300 – 1000	95 – 83

MODELO	POTENCIA (P2) kW	HP	▲	PRESTACIONES Q l/min	H metros
F 65/125C *	4	5.5	IE3	600 – 1800	16 – 11
F 65/125B *	5.5	7.5		600 – 2000	18 – 13
F 65/125A *	7.5	10		600 – 2200	23 – 18
F 65/160C *	9.2	12.5		600 – 2200	32 – 22
F 65/160B *	11	15		600 – 2400	36.5 – 23
F 65/160A *	15	20		600 – 2400	40.5 – 28
F 65/200B	15	20		200 – 2400	44 – 30.5
F 65/200A	18.5	25		200 – 2500	50 – 36.5
F 65/200AR	22	30		200 – 2600	57 – 42
F 65/250C	30	40		400 – 2350	76 – 53
F 65/250B	37	50		400 – 2500	87 – 62
F 65/250A	45	60		400 – 2600	95 – 68
F 80/160D	11	15	IE3	500 – 4000	25 – 10
F 80/160C	15	20		500 – 4000	30 – 15
F 80/160B	18.5	25		500 – 4000	35 – 20
F 80/160A	22	30		500 – 4000	40 – 25
F 80/200B *	30	40		500 – 3650	56 – 34.5
F 80/200A *	37	50		500 – 3900	62 – 40
F 80/250B *	45	60		600 – 3600	77 – 54
F 80/250A *	55	75		600 – 3900	88.5 – 60
F 100/160A	22	30	IE3	1000 ÷ 5500	40 – 16.5
F 100/200C *	30	40		833 – 4650	51 – 28
F 100/200B *	37	50		833 – 4900	57 – 33
F 100/200A *	45	60		833 – 5250	63 – 38
F 100/250B *	55	75		800 – 5150	75 – 48
F 100/250A *	75	100		800 – 5750	89 – 58

Q = Caudal

H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

* Modelos solicitados bajo pedido

Ficha técnica del motor:

HOJA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente :

Línea del producto	: W22 NEMA Premium Efficiency Trifásico	Código del producto :	11441928
		Catalog # :	00118ET3E143T-W22S

Carcasa	: 143T	Tiempo de rotor bloqueado	: 32s (frío) 18s (caliente)
Potencia	: 1 HP (0.75 kW)	Elevación de temperatura	: 80 K
Frecuencia	: 60 Hz	Régimen de servicio	: Cont.(S1)
Tensión nominal	: 230/460 V	Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C
Polos	: 4	Altitud	: 1000 m
Corriente nominal	: 3.02/1.51 A	Grado de protección	: IP55
	: 8.6x(Cód. M)	Método de refrigeración	: IC411 - TEFC
Rotación nominal	: 1760 rpm	Forma constructiva	: F-1
Torque nominal	: 2.98 ft.lb	Sentido de giro¹	: Ambos
Clase de aislamiento	: F	Nivel de ruido²	: 51.0 dB(A)
Factor de servicio	: 1.25	Método de Arranque	: Partida directa
Momento de inercia (J)	: 0.1172 sq.ft.lb	Masa aproximada³	: 41.1 lb
Categoría	: B		

Potencia	25%	50%	75%	100%
Rendimiento (%)	78.4	80.0	84.0	85.5
Cos Φ	0.29	0.52	0.65	0.73

Fuerzas en la fundación

Tracción máxima	: 76 lb
Compresión máxima	: 117 lb

Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal

P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)
18.7	15.7	17.0	12.0	8.8	7.6	5.7

		Delantero	Trasero
Tipo de cojinete	:	6205 ZZ	6204 ZZ
Sello	:	V'Ring	V'Ring
Intervalo de lubricación	:	-	-
Cantidad de lubricante	:	-	-
Tipo de lubricante	:	Mobil Polyrex EM	

Notas
USABLE @208V 3.07A SF 1.15 SFA 3.54A

SIEMENS

Hoja de medición y de datos SINAMICS V20

Data sheet for SINAMICS V20

Datos de pedido
MLFB-Ordering data

6SL3210-5BE17-5UV0

Figura similar / *Figure similar*

Número de pedido del cliente / *Client order no.*:
N°. de pedido Siemens / *Order no.*:
Número de oferta / *Offer no.*:
Nota / *Remarks*:

N°. de item / *Item no.*:
Número de envío / *Consignment no.*:
Proyecto / *Project*:

Datos asignados / *Rated data*

Entrada / *Input*

Número de fases *Number of phases*	3 AC
Tensión de red *Line voltage*	380 ... 480 V -15 % +10 %
Frecuencia de red *Line frequency*	47 ... 63 Hz

Salida / *Output*

Número de fases *Number of phases*	3 AC
Tensión asignada *Rated voltage*	400 V
Potencia asignada (HO) *Rated power (HO)*	0,75 kW / 1,00 hp
Potencia asignada (LO) *Rated power (LO)*	0,75 kW / 1,00 hp
Intensidad asignada (HO) *Rated current (HO)*	2,20 A
Intensidad asignada (LO) *Rated current (LO)*	2,20 A
Intensidad asignada (HO) con 480V *Rated current (HO) at 480V*	2,20 A
Intensidad asignada (LO) con 480V *Rated current (LO) at 480V*	2,20 A
Frecuencia de pulsación *Pulse frequency*	4,00 kHz
Frecuencia de salida *Output frequency*	0 ... 550 Hz

Datos técnicos generales / *General tech. specifications*

Factor de potencia λ *Power factor λ*	0,72
Factor de decalaje cos φ *Offset factor cos φ*	0,95
Rendimiento η *Efficiency η*	0,98
Clase de filto (integrado) *Filter class (integrated)*	Sin filtro *Unfiltered*

Condiciones ambientales / *Ambient conditions*

Refrigeración *Cooling*	Por convección *convection cooling*
Altura de instalación *Installation altitude*	1000 m (3281 ft)

Temperatura ambiente / *Ambient temperature*

Funcionamiento *Operation*	-10 ... 60 °C (14 ... 140 °F)
Almacenaje *Storage*	-40 ... 70 °C (-40 ... 158 °F)

Humedad relativa / *Relative humidity*

Funcionamiento máx. *Max. operation*	95 % *95 %*

Comunicación / *Communication*

Comunicación *Communication*	USS, Modbus RTU *USS, Modbus RTU*

Normas / *Standards*

Conformidad con normas *Compliance with standards*	CE, cULus, C-Tick (RCM), KC *CE, cULus, C-Tick (RCM), KC*
Marcado CE *CE marking*	EN 61800-5-1 /EN 60204-1 y EN 61800-3 *EN 61800-5-1 /EN 60204-1 and EN 61800-3*

OVERVIEW: WASHJET NOZZLES

- High pressure, high impact solid stream (0°) or flat fan spray pattern
- Spray angles of 5° to 80° at operating pressures from 300 to 5000 psi (20 to 345 bar)
- Uniform distribution by using internal guide vane to stabilize liquid turbulence
- Longer wear life and flow control accuracy with specially hardened stainless steel construction
- Patented design optimizes fluid dynamics to minimize turbulence and maximize spray performance

WashJet Nozzles
As the liquid exits through the rounded U shape of the orifice, it forms into a flat spray pattern. The distribution is even at pressures above 300 psi (20 bar).

WASHJET NOZZLE OPTIONS

MEG
1/8" to 1/4" male conn.

WEG
1/8" to 1/4" female conn.

IMEG®
1/8" to 1/4" male conn.

IDEAL FOR:

- Grill, rocker panel and wheel well cleaning

ORDERING INFORMATION

WASHJET MEG, WEG AND IMEG WITH GUIDE VANE

Inlet Conn.	Nozzle Type	–	Spray Angle	Capacity Size

Example: 1/4 MEG – 15 04

BSPT connections require the addition of a "B" prior to the inlet connection.

WASHJET MEG, WEG AND IMEG WITHOUT GUIDE VANE

Inlet Conn.	Nozzle Type	–	Spray Angle	Capacity Size

Example: 1/4 SAMEG – 15 04

BSPT connections require the addition of a "B" prior to the inlet connection.

agritec

www.agritecperu.com

JABAS COSECHERA CAÑA ALTA

Especificaciones técnicas:

- Material: Polietiileno virgen o recuperado, según requerimiento.
- Peso: 1.665 KG +/- 0.5 %
- Altura: 320 MM +/- 0.5 MM
- Ancho: 360 MM +/- 0.5 MM
- Largo: 530 MM +/- 0.5 MM
- Colores: Rojo, azul y verde; o a su requerimiento.

Características técnicas -físicas:

- Insertable y apilable.
- Con agarraderas facil traslado.
- Resistencia al impacto de acuerdo a la NTP 311.217
- Resistencia al apilamiento maximo de 250kg.

NOMBRE DEL PRODUCTO **JABA COSECHERA CAÑA ALTA**				**PARTES** 1. Asas de fácil transporte 2. Base reforzada 3. Orificios o canales de ventilación
OBSERVACIÓN	UNIDAD DE EMPAQUE	EMPAQUE DE 12 UNIDADES		
	VOLUMEN DE EMPAQUE	ALTO : 0.64 M ANCHO : 0.70 M LARGO : 1.50 M	Metro cubico 0.672 (m3)	
MODO DE USO	TRANSPORTE DE PRODUCTOS AGRICOLA, ENTRE OTROS.			

Calle Las Exportaciones 133 Urb. Pro industrial - San Martin De Porres
telf 6227532, cel: +51 993602082
www.agritecperu.com

FICHA TECNICA
ACERO INOXIDABLE
304 / 304L

Aceros Inoxidables	Normas		
	AISI	W. Nr.	DIN
Austeníticos	**304** **304L**	**1.4301** **1.4306**	**X5CrNi18-10** **X2CrNi19-11**

Aplicaciones

Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, este acero es usado extensivamente para la fabricación de utensilios domésticos, lavavajillas, cuchillería, bienes de consumo, arquitectura e industria automotriz. Además, es utilizado en la construcción de estructuras y/o contenedores para las industrias procesadoras de leche, cerveza, vino, alimentos, etc. así como en la industria química de producción del nitrógeno. Para la calidad 304L (bajo contenido de carbono) se puede aplicar en la producción de ácido nítrico, industria farmacéutica e ingeniería nuclear.

Composición Química (Valores Promedio, %)

Tipo Acero	C	Cr	Ni
AISI 304	≤0,07	17 - 19,5	8 - 10,5
AISI 304L	≤0,03	18 - 20	10 - 12

Características del Acero

Acero inoxidable austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una buena resistencia a la corrosión. En la condición de suministro resiste a la corrosión intergranular en el rango de hasta 300°C y 350° C para la calidad 304L. No se requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura; tiene propiedades para embutido profundo, no es templable ni magnético.

Puede ser fácilmente trabajado en frío (p.ej. doblado, cilindrado, embutido profundo, etc.). Sin embargo, el alto grado de endurecimiento que alcanza por trabajo en frío, comparado con aceros de baja aleación, hacen requerir de mayores

PRECIOS PLANCHAS DE ACERO INOX 304

Ítem	Descripción	P. Unit. US$	Stock
01	0.40mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m (1/64")	67.20	
02	0.50mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/54")	84.00	
03	0.60mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/40")	102.20	
04	0.65mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/40")	105.00	
05	0.85mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/32")	135.80	
06	0.90mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/27")	156.80	
07	1.20mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/20")	190.40	
08	1.50mm.PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/16")	246.40	
09	2.50mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(3/32")	366.80	
10	3.00mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/8")	441.00	
11	4.00mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(5/32")	588.00	
12	6.35mm PLA AI 304-2B 1.22m. x 2.44m.(1/4")	932.40	

PRECIO DE BARRAS DE ACERO INOX. 304

Ítem	Descripción	P. Unit. US$/m.	Stock
01	3/8" BAR REDONDA AI 304	5.538	
02	1/2" BAR REDONDA AI 304	9.350	
03	1" BAR REDONDA AI 304	40.287	
04	1.3/4" BAR REDONDA AI 304	114.375	
05	2" BAR REDONDA AI 304	149.375	
06	3" BAR REDONDA AI 304	337.500	