



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
ATOMIZACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS
QUÍMICOS EN LÍNEAS DE EMPAQUE DE BANANO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: Marlon Sebastian Espinoza Villalva
TUTOR: Ing. José Alexander Zambrano

Guayaquil - Ecuador

2024

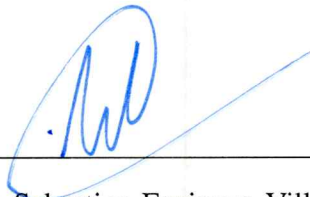
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Marlon Sebastian Espinoza Villalva** con documento de identificación N° **0954681979**; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 11 de Septiembre del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'M' followed by a long horizontal stroke extending to the right.

Marlon Sebastian Espinoza Villalva
0954681979

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **Marlon Sebastian Espinoza Villalva** con documento de identificación N° **0954681979**, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del **Dispositivo Tecnológico: DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ATOMIZACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LÍNEAS DE EMPAQUE DE BANANO**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de Septiembre del año 2024

Atentamente,



Marlon Sebastian Espinoza Villalva
0954681979

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **José Alexander Zambrano García**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ATOMIZACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LÍNEAS DE EMPAQUE DE BANANO**, realizado por **Marlon Sebastian Espinoza Villalva** con documento de identificación N° **0954681979** obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de Septiembre del año 2024

Atentamente,



Ing. José Alexander Zambrano Garcia, Mgtr.

DEDICATORIA

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida, quienes con su amor, sabiduría y sacrificios me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia. Este logro es tan suyo como mío, porque sin su apoyo constante y su fe inquebrantable en mis capacidades, no habría llegado hasta aquí. Celebro este momento como un tributo a su dedicación, a las incontables horas de esfuerzo que han invertido en mí y a las lecciones de vida que me han regalado. Esta tesis es más que un logro académico; es el fruto de todo lo que me han dado, y siempre les estaré eternamente agradecido.

Marlon sebastian Espinoza Villalva

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza. Agradezco por brindarme el coraje y la serenidad necesarios para enfrentar cada reto que este camino académico ha traído consigo. En todo momento, he sentido su mano guiándome y su luz iluminando mi sendero.

A mis padres, cuya guía y apoyo han sido faros de luz en mi camino. No hay palabras que puedan capturar lo que siento por todo lo que han hecho por mí. Gracias por su fe inquebrantable, por su amor infinito y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible

A mi tutor de tesis, cuya orientación ha sido esencial para la culminación de este trabajo. Gracias por su paciencia, por sus valiosos consejos y por compartir su conocimiento con tanta generosidad. Su apoyo ha sido un pilar en esta travesía, y siempre estaré profundamente agradecido por su guía.

Marlon Sebastian Espinoza Villalva

RESUMEN

El presente trabajo de investigación describe el desarrollo e implementación de un innovador sistema automático de atomización para la aplicación precisa y eficiente de productos químicos en líneas de empaque de banano y monitorear los rendimientos en la producción. Este sistema tiene como objetivo optimizar el proceso de empaque, mejorar la calidad del producto final y, a la vez, reducir los riesgos para la salud de los trabajadores y el impacto ambiental.

La investigación se enfoca en abordar las limitaciones de la aplicación manual de productos químicos, que presenta desafíos como el riesgo de exposición para los trabajadores, la falta de uniformidad en la cobertura y el desperdicio de productos químicos. El sistema de atomización propuesto supera estas limitaciones mediante el uso de tecnología de vanguardia para atomizar y distribuir los productos químicos de manera precisa y uniforme sobre cada banano.

El desarrollo del sistema de atomización involucra un diseño de componentes mecánicos, eléctricos, de control y monitoreo. Se seleccionan cuidadosamente los materiales y componentes para garantizar un funcionamiento confiable y duradero. La integración del sistema en la línea de empaque existente se realiza de manera eficiente, minimizando las interrupciones en el proceso de producción.

La evaluación del rendimiento del sistema de atomización demuestra resultados en términos de eficiencia, precisión y seguridad. La aplicación uniforme reduce el desperdicio de productos químicos, mientras que el control preciso de la dosis garantiza la protección de los bananos. La seguridad del sistema se verifica mediante pruebas.

Este estudio presenta un avance en la tecnología de empaque de banano, ofreciendo una solución sostenible y eficiente para la aplicación de productos químicos. El sistema de atomización automático no solo mejora la calidad del producto final, sino que también contribuye a un entorno de trabajo más seguro y un menor impacto ambiental.

Palabras claves: Sistema de atomización, Aplicación de productos químicos, Embalaje de banano, Eficiencia, Precisión, Seguridad, Sostenibilidad, IOT ,Raspberry pi.

ABSTRACT

This research paper describes the development and implementation of an innovative automatic atomization system for the precise and efficient application of chemicals in banana packing lines and monitoring production yields. This system aims to optimize the packing process, improve the quality of the final product, while reducing health risks to workers and environmental impact.

The research focuses on addressing the limitations of manual chemical application, which presents challenges such as risk of exposure to workers, lack of uniformity in coverage, and waste of chemicals. The proposed atomization system overcomes these limitations by using cutting-edge technology to atomize and distribute chemicals accurately and evenly over each banana.

The development of the atomization system involves a design of mechanical, electrical, control, and monitoring components. Materials and components are carefully selected to ensure reliable and long-lasting operation. The integration of the system into the existing packaging line is done efficiently, minimizing interruptions in the production process.

The performance evaluation of the atomization system demonstrates results in terms of efficiency, accuracy and safety. Uniform application reduces chemical waste, while precise dosage control ensures protection of the bananas. The safety of the system is verified through testing.

This study presents a breakthrough in banana packaging technology, offering a sustainable and efficient solution for the application of chemicals. The automatic atomization system not only improves the quality of the final product, but also contributes to a safer working environment and a lower environmental impact.

Keywords: Atomization system, Application of chemicals, Banana packaging, Efficiency, Precision, Safety, Sustainability, IOT, Raspberry pi.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Problema	2
III.	Objetivos	3
III-A.	Objetivo general	3
III-B.	Objetivos Específicos	3
IV.	Fundamentos Teóricos	4
IV-A.	Atomización en el proceso de empaque	4
IV-B.	Importancia de la Atomización en el Proceso	4
IV-B1.	Objetivos de la Atomización en el Empaque de Banano	5
IV-C.	Parámetros de diseño de sistemas de atomización	5
IV-D.	Sistemas y dispositivos de control y monitoreo	6
IV-D1.	PLC Logo	6
IV-D2.	Raspberry pi 3	7
IV-D3.	Node-red	8
IV-E.	Transporte de Cadenas	9
IV-E1.	Componentes del Sistema de Transporte de Cadenas	11
IV-E2.	Diseño y Configuración del Transportador de Cadenas	11
IV-E3.	Operación y Mantenimiento	12
IV-E4.	Ventajas del Transporte de Cadenas	12
V.	Marco Metodológico	13
V-A.	Metodología del diseño	13
V-B.	Especificaciones Técnicas	13
V-C.	Diseño del Transportador de Cadenas	15
V-C1.	Carga total permisible	15
V-C2.	Capacidad de carga con factor de seguridad	16
V-C3.	Análisis estructural del bastidor	16
V-C4.	Cálculo del Riel del Transportador	17
V-C5.	Cálculo de de vigas transversales	18
V-C6.	Cálculo de la Deflexión Máxima en rieles	20
V-C7.	Deflexión Máxima Tolerable	21
V-C8.	Calculo de la velocidad del transportador	22
V-C9.	Calculo de la potencia del motor	23
V-C10.	Selección de cadena y piñón para la transmisión de potencia	25
V-C11.	Relación del motorreductor	26
V-C12.	Cálculo de diámetro de ejes del transportador	27
V-C13.	calculo de cadena para el transportador	29
V-C14.	calculo de chumaceras y rodamientos	31
V-D.	Sistema de atomización	32
V-D1.	Tipos de boquillas y selección	32
V-D2.	Normas y Directrices	32
V-D3.	Dimensionamiento del sistema de atomización.	34
V-D4.	Presión del Sistema	35

V-D5.	Razones para la Selección del Rango de Presión	35
V-D6.	volumen y tiempo de aplicación del producto químico	36
V-D7.	Velocidad del transportador en el tiempo de aplicación	37
V-E.	Selección de Tubería para el Sistema de Atomización	37
V-F.	Cálculo de la Potencia Requerida para la Bomba	38
V-F1.	Selección de la Bomba	38
V-G.	5.4 Sistema de control y eléctrico	39
V-G1.	Sistema de control	39
V-G2.	programación Logo	39
V-G3.	Descripción Detallada del Sistema LOGO	40
V-G4.	Flujo del proceso logo	41
V-G5.	plano de conexiones	41
V-H.	Monitoreo del sistema	43
V-H1.	Código Python	44
V-H2.	Configuración de Node-RED y Dashboard	47
V-I.	Análisis del Costo-Beneficio del Sistema Automático de Atomización	48
V-I1.	Costo de Adquisición de Equipos y Construcción (CapEx)	48
V-I2.	Costo de Trabajo Manual	48
V-I3.	Desperdicio de Líquido en el Trabajo Manual	48
V-I4.	Costo de pérdida por aplicación manual	48
V-I5.	Costo Anual de Energía del Sistema Automático	49
V-I6.	Costo de Mantenimiento Anual	50
V-I7.	Retorno de la Inversión (ROI)	50
VI.	Resultados	51
VII.	Cronograma	54
VIII.	Presupuesto	56
IX.	Conclusiones	57
X.	Recomendaciones	57
	Referencias	59
	Anexo A: Planos y diagramas	61
	Anexo B: Fichas técnicas y catálogos	66
	Anexo C: Manufactura	77

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Proceso de fumigación autor.	4
2.	Logo V8 [11].	7
3.	raspberry pi 3 B+ [12].	8
4.	interfaz de node red [13].	9
5.	transportador de cadenas [14].	10
6.	cadena [15].	11
7.	diseño de forma y listado de componentes [autor].	14
8.	propiedades del material [autor].	16
9.	Diagrama de momento en vigas [autor].	17
10.	Diagrama de momento en vigas transversales [autor].	18
11.	Simulación de tensión en software de diseño [autor].	19
12.	Factor de seguridad en software de diseño [autor].	19
13.	Simulación de desplazamiento en software de diseño [autor].	21
14.	tensión el eje [autor].	28
15.	análisis de coeficiente de seguridad en eje [autor].	29
16.	boquilla de ventilador plano, [19]	33
17.	bandeja para banano dimensiones, [26]	34
18.	cobertura cabina de atomización, autor	35
19.	Diagrama de funcionamiento, por autor.	39
20.	programación Logo, por autor.	40
21.	plano de conexiones, por autor.	42
22.	diagrama de monitoreo, por autor.	43
23.	programación en python, por autor.	44
24.	diagrama node red, por autor.	46
25.	fabricación de la cabina por autor.	51
26.	Dosificadores por autor.	52
27.	caja con los elementos por autor.	52
28.	cabina de fumigación por autor	53
29.	plano bastidor [autor].	61
30.	plano bastidor [autor].	62
31.	plano de tuberías [autor].	63
32.	Diagrama de funcionamiento, por autor.	64
33.	diagrama de monitoreo, por autor.	64
34.	diagrama de conexiones, por autor.	65
35.	Catálogo de motores por WEG	66
36.	Datos técnicos de cadenas por SKF	67
37.	Catálogo perfiles L por Dipac	68
38.	datos técnicos perfiles L por Dipac	69
39.	catálogo de rodamientos SKF	70
40.	Catálogo de rodamientos SKF dimensiones	71
41.	catálogo de bombas seaflo	72
42.	Factor de servicio de cadenas por webster chain data	73
43.	potencia de la cadena	73
44.	Factor para cadenas SKF	74
45.	Factor de servicio cadenas SKF	74
46.	/factores de velocidad para cadenas de acero catálogo webster chain data	75
47.	ficha técnica boquillas de atomización	75

48.	ficha técnica Mertect, edifarm	76
49.	fabricación de estructura	77
50.	instalación de atomizadores	78
51.	prototipo de cabina terminada	79

ÍNDICE DE TABLAS

I.	parámetros de diseño	6
II.	Tipos de boquilla	32
III.	Cronograma	55

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como fin el desarrollo de un sistema de atomización para líneas de empaque de banano con un sistema de transporte automático y sistema de monitoreo, para que además de tener la posibilidad de atomizar las bandejas de banano en la línea, permita monitorear los rendimientos de producción en la línea de empaque, para lo cual se implementará el uso del sistema node red implementado en un raspberry pi para el monitoreo.

Para el funcionamiento del sistema de atomización y transportador, se implementará un sistema gobernado por un logo plc y un variador de frecuencia para el transporte. El primero hará el control para el encendido de bomba y control de electroválvulas para la apertura y aplicación del líquido y el segundo recibirá la señal del logo plc para el cambio de las diferentes velocidades predeterminadas para la aplicación del producto químico.

II. PROBLEMA

Una investigación para comprender las circunstancias profesionales y de salud de los empleados de la industria bananera ecuatoriana confirmó que “En las plantaciones bananeras, los trabajadores están expuestos a pesticidas, fertilizantes, entre otros, en todas las secciones de trabajo durante mucho tiempo” [1]. Vitali llama la atención en su investigación sobre el hecho de que estos productos se utilizan sin pensar en los posibles riesgos para la salud. La producción de esta fruta implica el uso intenso de agroquímicos y con ello riesgos significativos para la salud y estabilidad de los trabajadores, productores y sus comunidades según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura F.A.O [2].

Como señala Fritz, “los pesticidas se acumulan en los suelos y las aguas superficiales y son transportados por aire a otros sitios dependiendo de las condiciones atmosféricas”. Los pesticidas se dispersan en el medio ambiente durante el proceso de aplicación. Giraldo menciona que el uso inadecuado y abuso de pesticidas puede provocar tragedias como el envenenamiento de humanos, animales domésticos y silvestres, así como la contaminación de ríos y lagos y la presencia de residuos de pesticidas en los alimentos [3]. Otros ingredientes de la formulación también pueden ser tóxicos y presentar riesgos adicionales tanto para los humanos como para el medio ambiente [4]

Las estimaciones muestran que el 4 % de todos los cánceres son causados por exposición ocupacional y el 5 % de todos los cánceres son causados por exposición ambiental, factores geofísicos y contaminación [5].

La exposición a sustancias químicas está ahora más frecuentemente relacionada con problemas psicósomáticos, en particular neurosis, dificultades reproductivas, de forma específica el problema de la infertilidad, las malformaciones congénitas y el cáncer en los menores de edad. [6].

Según Lenny los trabajadores en Ecuador que están expuestos a los químicos utilizados en el cultivo o la fruta también experimentan problemas de salud [7].

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Desarrollar un sistema automático de atomización para la aplicación de productos químicos en líneas de empaque de banano que permita reducir el riesgo a la exposición de estos productos hacia el obrero.

III-B. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema mecatrónico de atomización
- Implementar el sistema en una estación de atomización construida para su validación
- Monitorear los rendimientos de producción en la línea de empaque
- Evaluar el rendimiento del sistema automático de atomización en relación costo-beneficio y compararlo con el trabajo manual

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

IV-A. Atomización en el proceso de empaque

La aplicación de productos químicos en las líneas de empaque de banano es crucial para preservar la calidad del fruto durante el transporte y almacenamiento, para cumplir con los requisitos fitosanitarios internacionales. Este proceso incluye la limpieza, tratamiento y recubrimiento del banano para protegerlo contra enfermedades y daños físicos [8].

Los métodos tradicionales para la aplicación de productos químicos en líneas de empaque de banano generalmente involucran el uso manual de boquillas o pulverizadores. El proceso típico involucra los siguientes pasos:

-Preparación de la solución: Se prepara una mezcla de agua y el producto químico deseado en un tanque o recipiente adecuado. La concentración del producto químico se ajusta según las recomendaciones del fabricante o las regulaciones locales.

-Llenado del pulverizador: La solución preparada se vierte en el depósito del pulverizador. Se asegura que el pulverizador esté correctamente cerrado y que no haya fugas.

-Aplicación del producto químico: El operador del pulverizador lo realiza en una estación a lo largo de la línea de empaque, rociando la solución sobre el producto como se observa en la figura 1 sobre una bandeja diseñada para el traslado del banano a lo largo de la línea de empaque.



Figura 1. Proceso de fumigación autor.

IV-B. Importancia de la Atomización en el Proceso

Los sistemas de atomización para la aplicación de productos químicos en las líneas de empaque de banano son fundamentales para asegurar la efectividad del tratamiento y la calidad del fruto. Estos sistemas transforman los productos químicos en finas partículas que se adhieren eficientemente a la superficie del

banano, mejorando la cobertura y reduciendo el desperdicio.

La atomización es un proceso mediante el cual un líquido se transforma en finas gotas o partículas, dispersándose en el aire o en una superficie. Este proceso se usa en la industria del empaque de banano para aplicar productos químicos de manera uniforme y eficiente, asegurando que cada fruta reciba la cantidad adecuada de tratamiento sin excesos ni deficiencias [9].

IV-B1. Objetivos de la Atomización en el Empaque de Banano: La atomización permite una distribución uniforme de los productos químicos sobre la superficie del banano, asegurando que todo el fruto esté protegido o tratado. Reducción del Desperdicio: Al atomizar los productos químicos, se minimiza el uso excesivo, lo que no solo reduce los costos sino también el impacto ambiental. Mejora de la Calidad: Los sistemas de atomización ayudan a aplicar desinfectantes, fungicidas, y recubrimientos de manera más controlada, mejorando la calidad del fruto durante su almacenamiento y transporte. Los sistemas de atomización funcionan dividiendo un flujo de líquido en pequeñas gotas utilizando varios métodos como la presión, la vibración, la energía térmica, o la carga eléctrica. Cada método tiene sus características únicas en términos de tamaño de gota, distribución, y eficiencia de aplicación.

IV-C. Parámetros de diseño de sistemas de atomización

El diseño de un sistema de atomización para la aplicación de productos químicos en líneas de empaque de banano implica considerar una amplia gama de parámetros críticos para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y efectivo. Estos parámetros abarcan aspectos técnicos, operativos y ambientales, asegurando que el sistema se adapte a las necesidades específicas de la aplicación.

Tabla I
PARÁMETROS DE DISEÑO

Parámetro	Definición	Importancia	Consideraciones
Tamaño de Gota	Diámetro promedio de las gotas generadas.	Afecta la cobertura y adherencia del producto químico.	Ajuste por presión, tipo de boquilla, o carga eléctrica. Idealmente entre 10 y 100 micras.
Presión de Operación	Presión a la que el líquido es expulsado a través de boquillas.	Influye en el tamaño de las gotas y velocidad de atomización.	Generalmente entre 2 y 10 bar, ajustado según el tipo de sistema. Necesita bombas y reguladores adecuados.
Tipo de Boquilla	Dispositivo que controla el flujo y patrón del rocío.	Afecta la forma, tamaño y patrón de distribución de las gotas.	Selección de boquillas basadas en el patrón de aplicación: abanico, cono, chorro sólido, etc.
Viscosidad y Composición	Resistencia del líquido a fluir y su composición química.	Afecta la atomización y formación de gotas.	Compatibilidad con el equipo; ajuste de boquillas o dilución si es necesario.
Cobertura y Penetración	Capacidad del sistema para cubrir superficies y penetrar en áreas densas.	Asegura la distribución uniforme del producto químico.	Ajuste del patrón de rocío y posicionamiento estratégico de atomizadores.
Consumo de Productos y Agua	Cantidad de productos químicos y agua utilizada.	Afecta los costos operativos y el impacto ambiental.	Optimización para reducir costos; sistemas de recirculación o reutilización del exceso de producto.
Automatización y Control	Uso de sistemas electrónicos para regular y monitorear el proceso.	Mejora la precisión y reduce la intervención manual.	Integración de sensores y controladores de flujo; sistemas de control automatizados para ajustar la atomización.
Seguridad y Normativas	Medidas de protección y cumplimiento regulatorio.	Protege a los operadores y asegura el cumplimiento normativo.	Uso de equipos de protección personal (EPP); cumplimiento de normativas locales e internacionales sobre el manejo de productos químicos.
Velocidad de la Línea de Empaque	Ritmo al que se mueve el producto a lo largo de la línea de empaque.	Sincroniza la aplicación de productos químicos con el flujo de productos.	Ajuste del flujo de productos químicos y la frecuencia de atomización para asegurar una cobertura uniforme; implica coordinación entre la velocidad de la línea y la atomización.

IV-D. Sistemas y dispositivos de control y monitoreo

IV-D1. PLC Logo: Los sistemas de control basados en Controladores Lógicos Programables (PLCs) como vemos en la figura 2 son esenciales en la automatización de procesos industriales, incluidos los sistemas de atomización. Los PLC proporcionan un control preciso, flexible y robusto, permitiendo la optimización del proceso de atomización y la adaptación a condiciones cambiantes los PLC operan

siguiendo un ciclo de ejecución que incluye la lectura de entradas, la evaluación de las condiciones lógicas y la generación de salidas. La programación de los PLC se realiza mediante lenguajes de programación estandarizados [10].

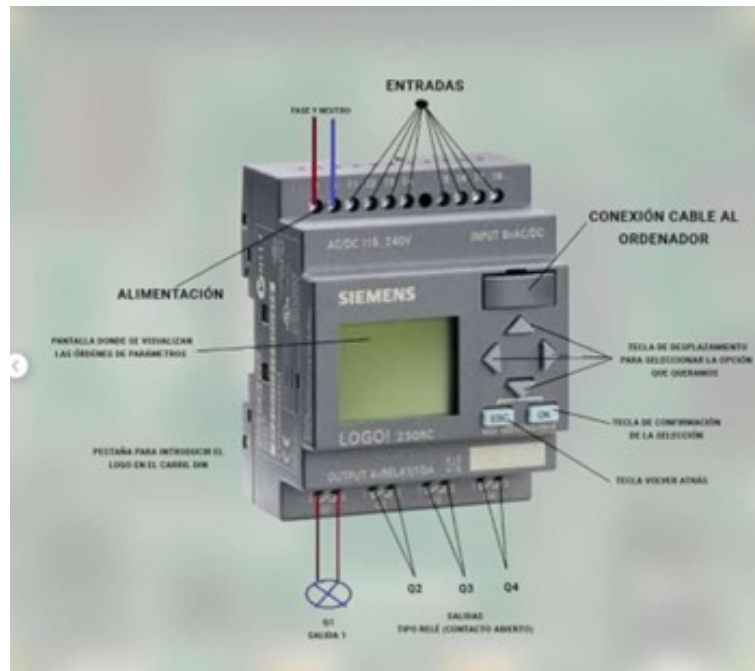


Figura 2. Logo V8 [11].

IV-D2. Raspberry pi 3: La Raspberry Pi 3 como vemos en la figura 3 es una placa de computadora que se ha convertido en una herramienta popular para una amplia variedad de proyectos la función principal para este proyecto es aplicar la integración adecuada con el PLC(Logo8.3) ya que la Raspberry Pi 3 ofrece varias ventajas y funcionalidades clave [12].

Conectividad: La Raspberry Pi 3 cuenta con WiFi integrado y Bluetooth, lo que facilita la comunicación inalámbrica con otros dispositivos, incluidos los PLCs.

Interfaces de entrada/salida: Con puertos USB, HDMI, Ethernet, GPIO y otras interfaces, la Raspberry Pi 3 ofrece la flexibilidad necesaria para conectar y controlar dispositivos externos, incluidos los PLCs, a través de Node-RED.[12].

Sistema Operativo: Al ser compatible con sistemas operativos basados en Linux como Raspbian, la Raspberry Pi 3 puede ejecutar Node-RED y servir como plataforma central para la programación y control de PLCs mediante interfaces intuitivas y visualmente atractivas [12].



Figura 3. raspberry pi 3 B+ [12].

IV-D3. Node-red: Node-RED es una herramienta de desarrollo basada en flujos para la integración de dispositivos, APIs y servicios en línea. Desarrollada originalmente por IBM y ahora parte de la Fundación OpenJS, Node-RED permite a los usuarios conectar componentes de software y hardware a través de una interfaz gráfica de usuario [14].

-Principales Características

Desarrollo Basado en Flujos: Utiliza una interfaz gráfica que permite arrastrar y soltar nodos y conectarlos mediante enlaces, formando flujos de datos

Amplia Biblioteca de Nodos: Cuenta con una extensa biblioteca de nodos para integrar servicios y dispositivos, incluyendo APIs web, dispositivos IoT y bases de datos

Lenguaje Subyacente: Construido sobre Node.js, permite aprovechar el ecosistema de paquetes y módulos disponibles en npm

Ejecución en Tiempo Real: Los flujos se ejecutan en tiempo real, permitiendo la monitorización y control dinámico [13]

En el desarrollo de la cabina de atomización para la línea de empaque de banano, Node-RED desempeña un papel crucial enfocado exclusivamente en el monitoreo del sistema. A través de la integración con Node-RED Dashboard, se diseña una interfaz de usuario personalizada que permite una visualización en tiempo real de todos los parámetros operativos críticos. Esta interfaz no solo muestra el estado actual del sistema sino que también proporciona gráficos detallados que reflejan la producción horaria y el nivel del líquido utilizado para la fumigación.

La plataforma Node-RED está configurada para recopilar y presentar datos en un formato intuitivo, facilitando la interpretación por parte del operario. Estos datos incluyen indicadores clave como el número de bandejas procesadas por hora, el volumen de líquido restante en el sistema de fumigación. La capacidad de Node-RED para integrarse con sensores ultrasónicos y otros dispositivos de medición permite una supervisión precisa del flujo de trabajo, asegurando que el proceso de atomización se realice de manera eficiente y conforme a las especificaciones requeridas.

Al centrarse exclusivamente en el monitoreo, Node-RED no solo contribuye a la optimización del proceso en tiempo real, sino que también facilita la toma de decisiones informadas. Esto se logra a través de la generación de reportes automáticos que resumen el rendimiento Node-RED se convierte en el eje central para la supervisión integral del sistema de atomización, ofreciendo una plataforma para mantener un control constante y efectivo del proceso.

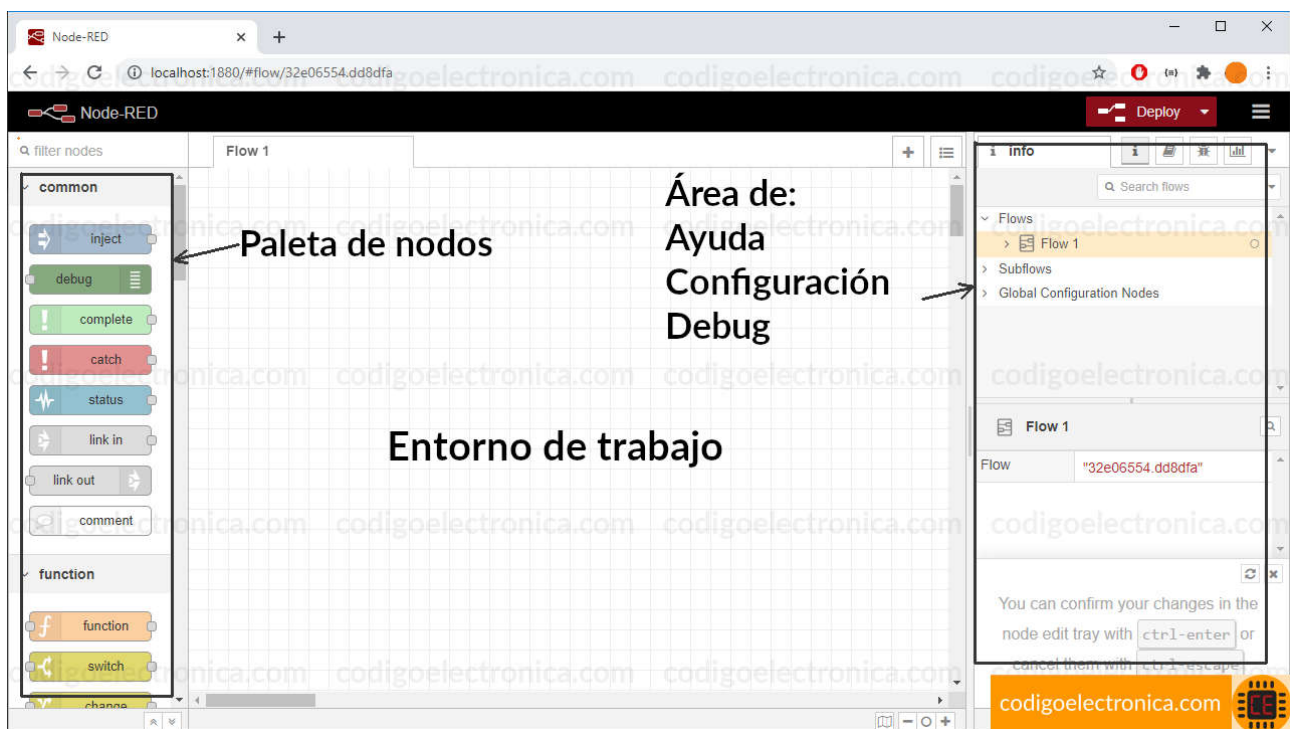


Figura 4. interfaz de node red [13].

IV-E. Transporte de Cadenas

Los sistemas de transportadores de cadena son transportadores resistentes y duraderos que se utilizan para transportar productos a lo largo de una línea de producción. Son adecuados para muchos artículos que normalmente no se transportarían en un transportador de rodillos. Por lo tanto, los usos típicos son para mover paletas, racks, contenedores industriales y cualquier producto con una superficie inferior resistente. Se utilizan en numerosos entornos industriales y comerciales, incluidos almacenes, plantas automotrices y centros de distribución.[14]

El transporte de cadenas es una tecnología ampliamente utilizada en la industria para el manejo y transporte de materiales a granel, piezas y productos en diferentes etapas de producción. A continuación, se describen los aspectos fundamentales y específicos de esta tecnología aplicada al desarrollo de una

cabina de atomización para una línea de empaque de banano.



Figura 5. transportador de cadenas [14].

El transporte de cadenas utiliza una serie de eslabones metálicos o plásticos conectados para formar una cadena continua que se desplaza a lo largo de un camino determinado. Este sistema es accionado por un motor y puede ser configurado para adaptarse a diversas aplicaciones industriales

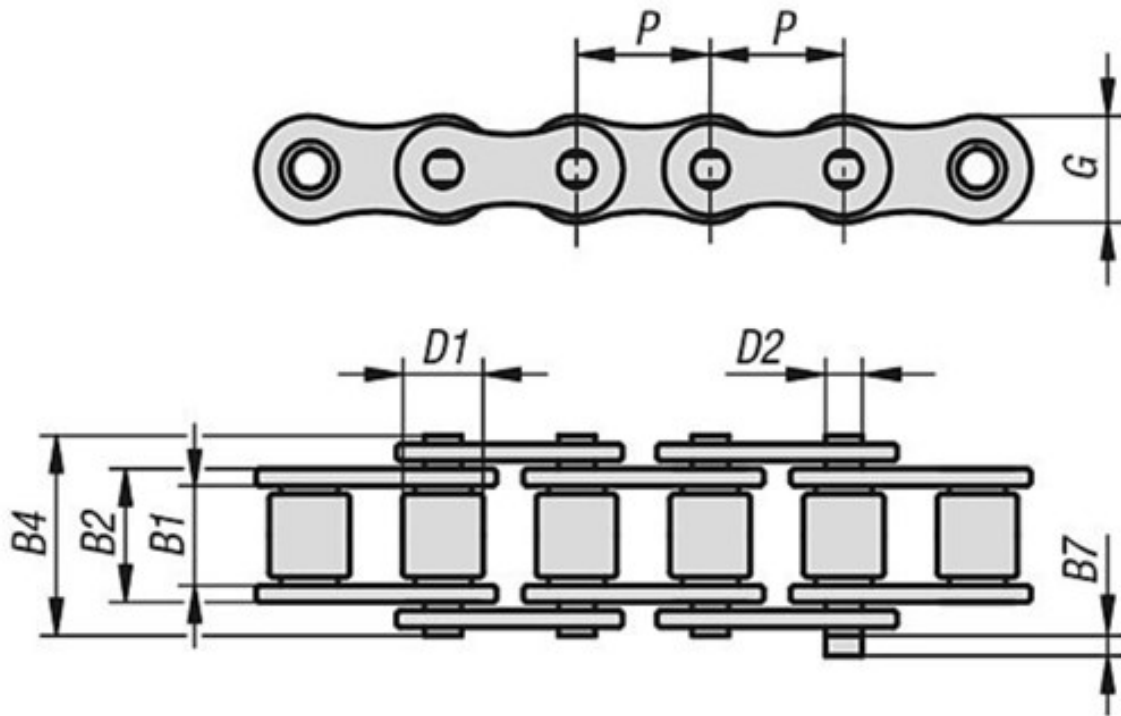


Figura 6. cadena [15].

IV-E1. Componentes del Sistema de Transporte de Cadenas:

- Cadenas: Fabricadas generalmente de acero inoxidable o plástico de alta resistencia, dependiendo de las necesidades específicas de la aplicación. En este caso, se utiliza una cadena de acero inoxidable para asegurar durabilidad y resistencia a la corrosión debido a la exposición a la humedad durante la atomización
- Ruedas Dentadas (Piñones): Componentes circulares con dientes que engranan con los eslabones de la cadena para transmitir el movimiento del motor a la cadena.
- Guías y Carriles: Estructuras que proporcionan soporte y dirección a la cadena. Están diseñadas para minimizar el desgaste y asegurar un movimiento suave y eficiente [16].
- Motor y Reductor: El motor, generalmente eléctrico, proporciona la energía necesaria para mover la cadena. Un reductor de velocidad se utiliza para ajustar la velocidad del motor a los requisitos específicos del proceso de transporte.
- Estructura de Soporte: Fabricada en materiales robustos como acero, para proporcionar una base estable y segura para todo el sistema de transporte.

IV-E2. Diseño y Configuración del Transportador de Cadenas:

- Capacidad de Carga: El transportador debe ser capaz de soportar el peso de las bandejas de banano llenas. Esto se calcula considerando el peso promedio de una bandeja de banano y el número de bandejas que se transportarán simultáneamente.

- **Velocidad del Transportador:** La velocidad debe ser ajustable para sincronizarse con otras etapas del proceso de empaque y la operación de los aspersores en la cabina de atomización.
- **Longitud del Transportador:** Determinada por la longitud de la línea de empaque y el espacio disponible en la planta. La longitud también debe permitir suficiente tiempo de atomización y drenaje antes de que las bandejas continúen hacia la siguiente etapa del proceso.
- **Altura y Ancho:** La altura del transportador debe facilitar el acceso para el personal y la integración con otros equipos de la línea de empaque. El ancho debe ser suficiente para acomodar las bandejas de banano sin riesgo de caídas o desplazamientos inadecuados.

IV-E3. Operación y Mantenimiento:

- **Lubricación de la Cadena:** Es crucial para reducir el desgaste y prolongar la vida útil del sistema. Se debe utilizar un lubricante adecuado [17].
- **Inspección Regular:** Verificación periódica del estado de la cadena, ruedas dentadas, y guías para identificar y corregir cualquier desgaste o daño.
- **Ajuste de Tensión:** La cadena debe mantenerse con la tensión adecuada para evitar deslizamientos y asegurar un funcionamiento eficiente [18].

IV-E4. Ventajas del Transporte de Cadenas:

- **Durabilidad y Fiabilidad:** Los sistemas de cadenas son conocidos por su robustez y capacidad de operar en condiciones exigentes, como las presentes en una línea de empaque de banano.
- **Bajo Mantenimiento:** Con un diseño adecuado y mantenimiento regular, estos sistemas pueden operar de manera continua con mínimas interrupciones.
- **Flexibilidad:** Pueden ser diseñados para adaptarse a diferentes configuraciones y longitudes, lo que los hace ideales para líneas de producción personalizadas.

En el contexto de una cabina de atomización para la línea de empaque de banano, el sistema de transporte de cadenas juega un papel crucial al mover las bandejas de banano a través de la cabina donde se realiza la atomización. La sincronización entre el transportador y los aspersores es esencial para asegurar una cobertura uniforme y eficiente del producto.

El sistema debe estar programado para que las bandejas pasen por la cabina a una velocidad constante y adecuada para el tiempo de atomización requerido.

El transportador debe estar integrado con el sistema de control PLC para permitir ajustes precisos en la velocidad y asegurar la coordinación con el resto del sistema automatizado.

V. MARCO METODOLÓGICO

V-A. Metodología del diseño

El presente estudio es descriptivo y cuasiexperimental, centrado en el desarrollo de un sistema automático de atomización. Se describirán detalladamente todas las etapas del desarrollo del sistema, desde el diseño, incluyendo todos los componentes involucrados, hasta la validación de este. Como investigadores, se controla parcialmente los componentes utilizados en la construcción, seleccionando aquellos que reduzcan costos y se adapten al contexto específico del proceso de atomización.

El enfoque del estudio es cuali-cuantitativo. Durante la construcción del sistema, se asegura que mantenga cualidades de eficiencia y cumpla con normas de seguridad. Esto requiere cálculos numéricos en variables como la presión, el caudal y el volumen de producción, que son cruciales para la eficacia del sistema. Se emplea el método documental para recopilar información sobre el estado del arte de los sistemas de atomización existentes, identificando elementos e instrumentos utilizados en su construcción.

V-B. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas del proyecto se definirán en base a los requerimientos operativos y las condiciones del entorno de trabajo. Estas especificaciones incluyen:

- Capacidad de manejo del transportador: 3 bandejas de banano simultáneamente.
- Peso máximo de cada bandeja: 24 kg.
- Dimensiones del transportador: 3 metros de longitud por 0.76 metros de ancho y 0.90 metros de alto.
- Número de aspersores en línea: 3.
- Volumen de fumigante aplicado por bandeja: 200 ml.
- Sistema de control: PLC y Raspberry Pi con Node-RED.
- Producción diaria objetivo: 3000 cajas

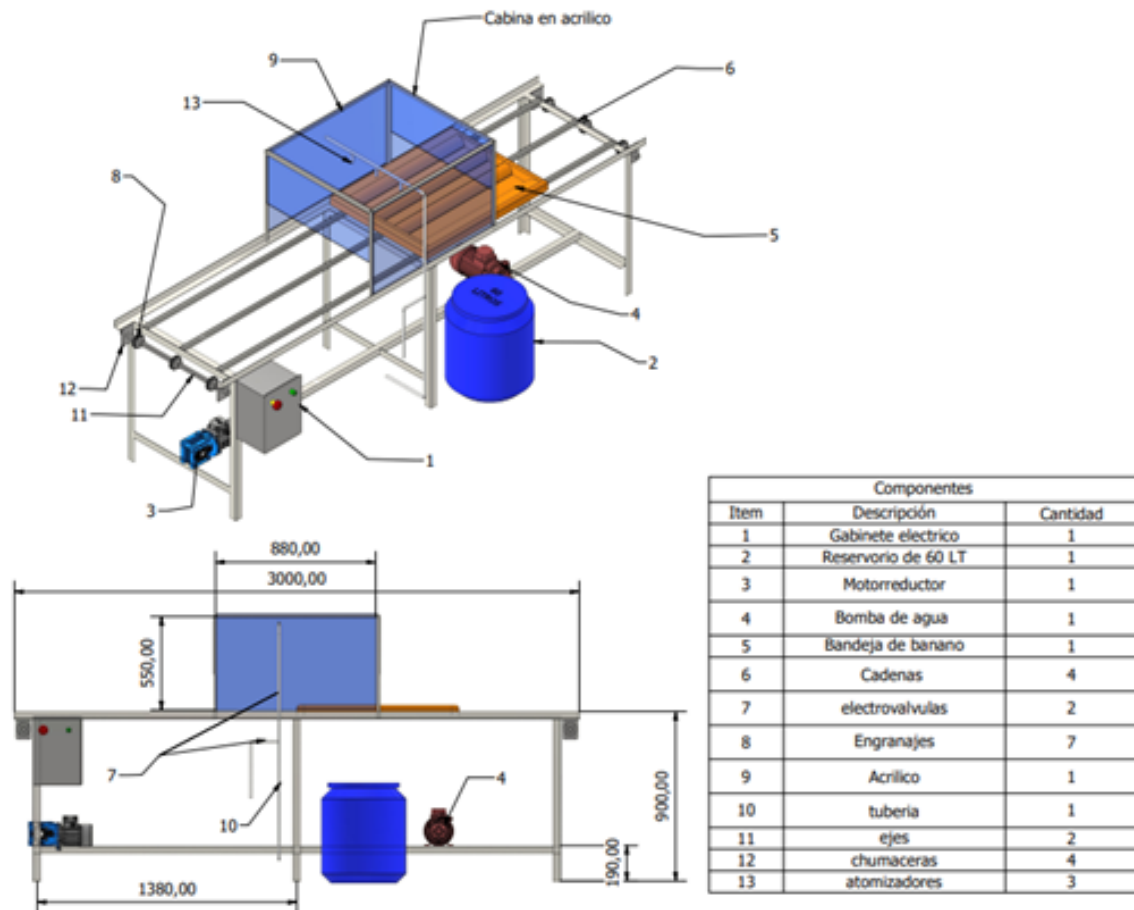


Figura 7. diseño de forma y listado de componentes [autor].

El sistema propuesto para este proyecto consta de tres componentes principales: la parte mecánica, la parte electrónica, y la automatización, cada una de ellas diseñada para trabajar en conjunto de manera integrada.

Parte Mecánica

La parte mecánica del sistema se encarga de transportar bandejas a lo largo de un transportador horizontal. Este transportador utiliza una cadena de transmisión y piñones, conectados a un motorreductor, lo que permite el movimiento controlado y sincronizado de las bandejas. La estructura metálica ha sido diseñada para soportar la carga de las bandejas durante el proceso, mientras que el sistema de atomización cuenta con boquillas que aplican un fungicida sobre las bandejas mientras estas se mueven por el transportador.

Parte Electrónica

La parte electrónica incluye una serie de sensores y actuadores encargados de monitorear y controlar las variables clave del sistema. Los principales componentes son:

- **Sensores:** Se utilizan sensores de nivel ultrasónicos para medir la cantidad de líquido en el tanque, así como sensores de carrera final para detectar la presencia de bandejas en el transportador.

- **Actuadores:** Los actuadores comprenden el motorreductor que acciona el transportador y un conjunto de válvulas solenoides que controlan el flujo del líquido atomizado sobre las bandejas.
- **Controladores:** El sistema está controlado por un *Programmable Logic Controller* (PLC) LOGO! de Siemens, que coordina las señales recibidas de los sensores y envía las señales de control a los actuadores y un raspberry pi 3b encargado del monitoreo y transmitir los datos.

Automatización

La automatización del sistema se lleva a cabo mediante la programación del controlador LOGO!, que ejecuta las secuencias operativas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema. Las tareas de monitoreo son realizadas por el raspberry pi que incluyen:

- **Control de producción:** Un algoritmo monitorea y contabiliza el número de bandejas procesadas, registrando la producción por hora.
- **Monitoreo del nivel de líquido:** El sistema mide continuamente el nivel del líquido en el tanque.
- **Interfaz de usuario:** El sistema está configurado para enviar datos a un *dashboard*, donde se visualizan en tiempo real el nivel del líquido, la producción por hora, y el conteo de bandejas fumigadas.

Funcionamiento Integrado

Durante la operación del sistema, las bandejas son transportadas a lo largo del transportador por el motorreductor. Los sensores de carrera final sirven de detección de bandejas proporcionan datos en al controlador LOGO!, que ajusta las operaciones de los actuadores, Todos los datos relevantes se registran y muestran en el *dashboard*, permitiendo un monitoreo efectivos del proceso.

V-C. Diseño del Transportador de Cadenas

El diseño del transportador de cadenas se centrará en asegurar que este pueda soportar y mover de manera eficiente las bandejas de banano durante el proceso de atomización. Para ello, se considerará cuidadosamente la capacidad de carga del transportador, asegurando que pueda manejar el peso de las bandejas sin esfuerzo, y la velocidad adecuada para garantizar que el proceso de atomización se realice de manera uniforme y efectiva.

Además, se prestará atención a la estabilidad y alineación del transportador, para que las bandejas se desplacen sin interrupciones, minimizando cualquier riesgo de daño al producto durante el proceso.

El objetivo principal es lograr un transporte confiable y continuo que optimice la eficiencia del proceso de atomización y garantice la calidad del producto final.

V-C1. Carga total permisible: Sera la carga máxima instantánea que el transportador debe soportar cuando maneja las 3 bandejas simultáneamente:

$$\text{Carga máxima instantánea} = 3 \times \text{peso de una bandeja} \quad (1)$$

$$3 \times 24 \text{ kg} = 72 \text{ kg} \quad (2)$$

$$72 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 706,32 \text{ N} \quad (3)$$

V-C2. *Capacidad de carga con factor de seguridad:* Para asegurar que el transportador pueda manejar la carga máxima instantánea de 72 kg de manera segura, se considera un factor de seguridad (FS) de 1.5:

$$\text{Capacidad de carga con FS} = \text{Carga máxima instantánea} \times \text{FS} \quad (4)$$

$$\frac{706,32 \text{ N} \times 1,5}{1} = 1059,48 \text{ N} \quad (5)$$

V-C3. *Análisis estructural del bastidor:* Las propiedades del acero inoxidable utilizadas para este análisis son:

- **Módulo de Young (E):** 193 GPa
- **Coefficiente de Poisson (ν):** 0.30
- **Límite elástico (σ_y):** 250 MPa
- **Resistencia máxima a tracción (σ_{\max}):** 540 MPa
- **Densidad:** 7.999 g/cm³

Editor de materiales: Acero inoxidable

Identidad Apariencia **Físico**

► Información

▼ Comportamiento

Comportamiento: Isótropo

▼ Térmico básico

Conductividad térmica: 1,620E+01 Con (m · k)

Calor específico: 0,477 J / (G · °C)

Coefficiente de dilatación térmica: 10,397 μm/(m·°C)

▼ Mecánico

Módulo de Young: 193,000 GPa

Coefficiente de Poisson: 0,30

Módulo cortante: 85999,996 MPa

Densidad: 8,000 g/cm³

Coefficiente de amortiguamiento: 0,00

▼ Resistencia

Límite de elasticidad: 250,000 MPa

Resistencia máxima a tracción: 540,000 MPa

Tratado térmicamente

Figura 8. propiedades del material [autor].

V-C4. Cálculo del Riel del Transportador:

Datos Iniciales

- Carga útil: 72 kg
- Carga útil distribuida sobre el transportador(W): 84 N/m
- Dimensiones de la bandeja: 66 × 87 mm
- Dimensiones del transportador: 76 × 300 mm
- Perfil L de 40 × 2 mm
- Momento de sección: $Z = 8,4 \times 10^{-7} \text{ m}^3$ (extraído de la tabla en el anexo B)

Cálculos

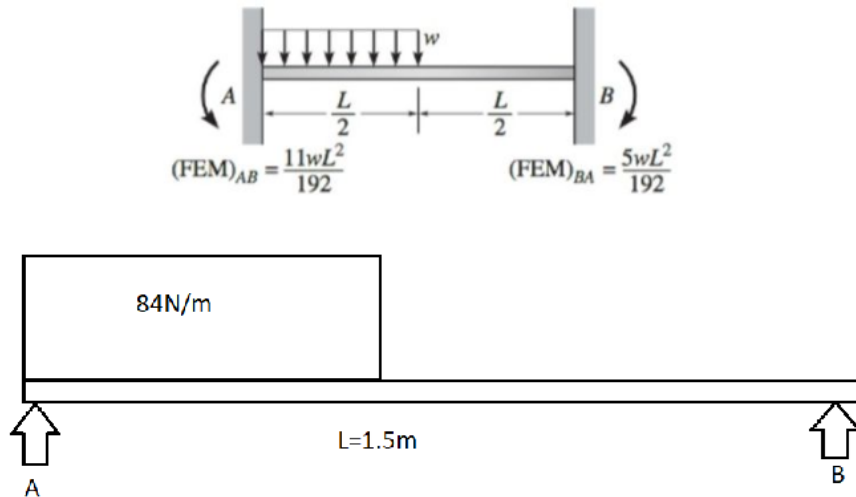


Figura 9. Diagrama de momento en vigas [autor].

La ecuación para $FEM(AB)$ es la siguiente:

$$(FEM)_{AB} = \frac{11wL^2}{192} \quad (6)$$

Sustituyendo los valores:

$$M_{AB} = \frac{11 \times (84 \text{ N/m}) \times (1,5 \text{ m})^2}{192}$$

$$M_{AB} = 10,82 \text{ Nm}$$

La tensión (σ) se calcula con la fórmula:

$$\sigma = \frac{M}{z} \quad (7)$$

Reemplazando los valores:

$$\sigma = \frac{10,82 \text{ Nm}}{8,4 \times 10^{-7}} = 12,88 \text{ MPa}$$

Finalmente, el factor de seguridad (N) se calcula de la siguiente manera:

$$N = \frac{0,75 \times (250)}{12,88 \text{ MPa}} = 14,55$$

V-C5. Cálculo de de vigas transversales:

Cálculos

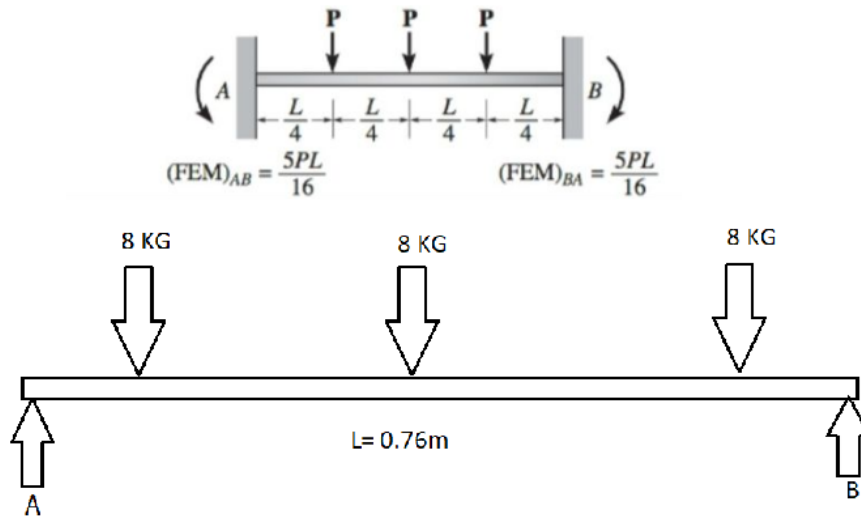


Figura 10. Diagrama de momento en vigas transversales [autor].

El momento flector máximo se calcula como:

$$(FEM)_{AB} = \frac{5PL}{16} \quad (8)$$

Sustituyendo los valores:

$$FEM(AB) = \frac{5 \times (78,4\text{N}) \times 0,76\text{ m}}{16}$$

$$FEM(AB) = 18,62\text{ Nm}$$

La tensión (σ) se obtiene con la fórmula:

$$\sigma = \frac{M}{z} \quad (9)$$

Reemplazando los valores:

$$\sigma = \frac{18,62\text{ Nm}}{8,4 \times 10^{-7}\text{ m}^4}$$

$$\sigma = 22,16\text{ MPa}$$

El factor de seguridad (N) se calcula como:

$$N = \frac{0,75 \times 250\text{ MPa}}{22,16\text{ MPa}}$$

$$N = 8,46$$

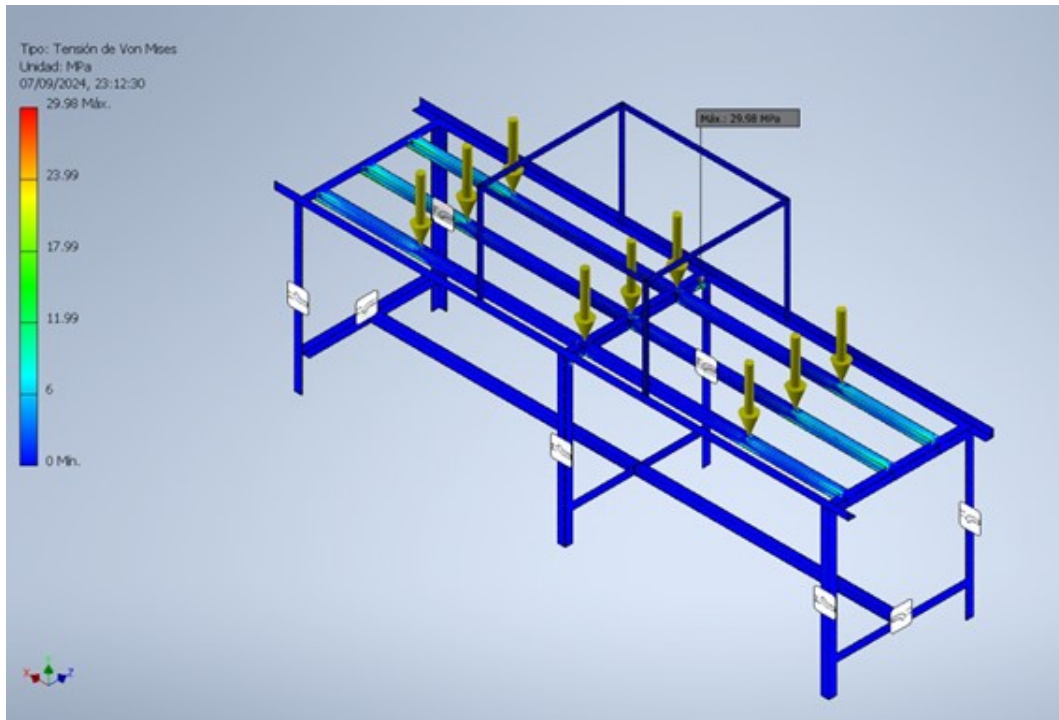


Figura 11. Simulación de tensión en software de diseño [autor].

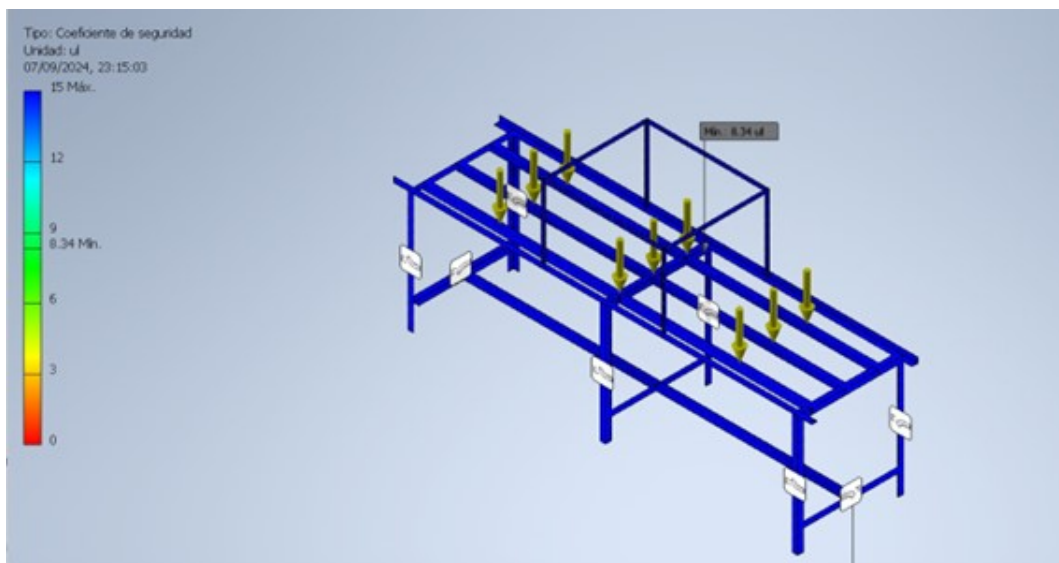


Figura 12. Factor de seguridad en software de diseño [autor].

Como se muestra en la figura 11 muestra un análisis detallado de las tensiones de Von Mises, que son cruciales para comprender cómo las fuerzas aplicadas sobre la estructura afectan su integridad. En este caso, la simulación muestra una tensión máxima de 29.98 MPa, lo que indica las áreas de la estructura donde las tensiones son más altas. La escala de colores va desde el azul (representando áreas de baja tensión) hasta el rojo (reas de alta tensión), lo que permite visualizar fácilmente los puntos críticos.

Al comparar estos resultados con los cálculos teóricos, donde se obtuvo una tensión de 22.16 MPa es

posible notar que ambos resultados están en el mismo orden de magnitud, lo que valida la precisión del modelo simulado. Dado que el límite elástico del acero inoxidable se encuentra en 250 MPa, la estructura está operando muy por debajo de su capacidad máxima. Esto significa que, aunque la tensión en ciertos puntos es alta, no hay riesgo de que el material entre en una zona de deformación plástica o falle bajo las cargas aplicadas. Esta es una indicación clara de que la estructura está bien diseñada desde el punto de vista de las tensiones, lo que asegura un rendimiento seguro bajo las condiciones de operación simuladas.

La figura 12 muestra el análisis del factor de seguridad de la estructura, que es una medida clave en cualquier diseño estructural para garantizar que se mantiene un margen de seguridad adecuado bajo las cargas operativas. En la simulación, se observa que el factor de seguridad mínimo es de 8.34, lo cual es un valor bastante elevado. Esto significa que la estructura puede soportar más de ocho veces la carga aplicada antes de alcanzar su límite de falla.

Este resultado está en línea con el cálculo teórico del factor de seguridad previamente calculado donde obtuvimos 8.46 Tanto en la simulación como en los cálculos, el factor de seguridad obtenido es muy alto en comparación con los estándares de diseño típicos, que suelen oscilar entre 1.5 y 3 para estructuras sometidas a cargas normales. Un factor de seguridad de 8.34 proporciona una seguridad considerablemente alta. Esto puede ser útil en casos donde se espera que la estructura esté sometida a condiciones extremas o impredecibles.

V-C6. Cálculo de la Deflexión Máxima en rieles:

Fórmula para la Deflexión Máxima

Se utiliza la fórmula para la deflexión máxima en una viga simplemente apoyada con una carga distribuida uniformemente:

$$\delta_{\max} = \frac{5wL^4}{384EI} \quad (10)$$

Sustitución de Valores

Al sustituir los valores proporcionados en la fórmula, se procede con los siguientes pasos:

$$L^4 = (3 \text{ m})^4 = 81 \text{ m}^4$$

$$5wL^4 = 5 \times 84 \text{ N/m} \times 81 \text{ m}^4 = 34020 \text{ N} \cdot \text{m}^4$$

$$384EI = 384 \times 250 \times 10^9 \text{ Pa} \times 8,4 \times 10^{-7} \text{ m}^4 = 8064000000 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

Luego, se calcula la deflexión máxima:

$$\delta_{\max} = \frac{34020 \text{ N} \cdot \text{m}^4}{8064000000 \text{ N} \cdot \text{m}^2} = 6,21 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Resultado Final

Finalmente, la deflexión máxima obtenida es:

$$\delta_{\max} = 0,61 \text{ mm}$$

V-C7. *Deflexión Máxima Tolerable:* La deflexión máxima tolerable para un transportador de acero inoxidable depende de las normativas y requisitos de diseño específicos de la aplicación. En general, las normas de construcción y diseño estructural especifican que la deflexión máxima permisible en una viga se define como una fracción de su longitud (L), según los siguientes criterios:

- Para vigas simplemente apoyadas en aplicaciones generales, la deflexión máxima se limita a $\frac{L}{880}$.
- Para techos, pisos u otras estructuras que requieren un control más estricto de las deformaciones, se utiliza un límite de $\frac{L}{360}$.

Cálculo de la Deflexión Máxima Tolerable

Para un transportador de acero inoxidable con una longitud de $L = 3$ m (o $L = 3000$ mm), los cálculos de la deflexión máxima tolerable son los siguientes:

Cálculo con $\frac{L}{880}$:

$$\delta_{\max} = \frac{3000 \text{ mm}}{880} = 3,40 \text{ mm}$$

Este resultado indica que la deflexión máxima permisible para el transportador, según el criterio de $\frac{L}{880}$, es de 3.40 mm.

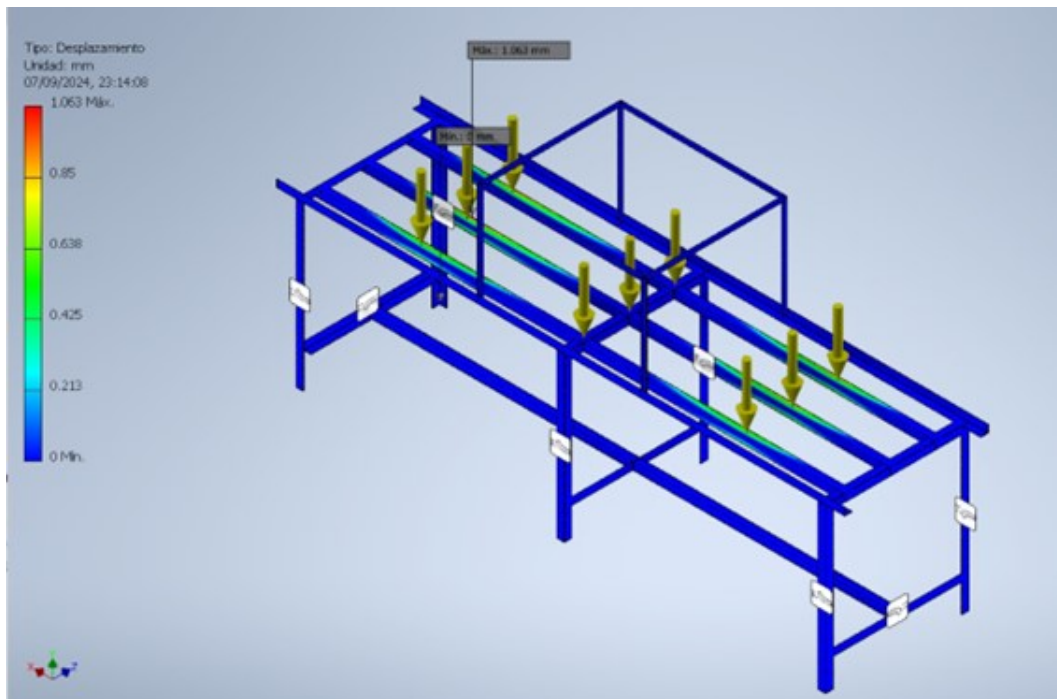


Figura 13. Simulación de desplazamiento en software de diseño [autor].

Los resultados obtenidos de los cálculos y simulación que observamos en la figura 13 para la deflexión máxima en el transportador fueron de aproximadamente $\delta_{\max} = 0,61$ mm (cálculo teórico) y $\delta_{\max} = 1,063$ mm (simulación). Estos valores están muy por debajo de los límites permisibles, para el criterio de $\frac{L}{880}$ (3.40 mm).

V-C8. *Calculo de la velocidad del transportador:* Se calcula el tiempo total disponible para la producción en un turno de trabajo de 11 horas. El número total de minutos en un turno de 11 horas se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo total de producción} = 11 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos/hora} = 660 \text{ minutos} \quad (11)$$

A continuación, se descuentan los tiempos no productivos y el tiempo requerido de aplicación por cada caja, que incluyen:

- **tiempo necesario de aplicación en 3000 cajas:** 165 minutos
- **Almuerzo:** 25 minutos
- **descanso:** 10 minutos

Restando estos tiempos del total, se obtiene el tiempo real de trabajo:

$$\text{Tiempo real de trabajo} = 660 \text{ minutos} - 25 \text{ minutos} - 10 \text{ minutos} - 165 \text{ minutos} = 460 \text{ minutos} \quad (12)$$

Considerando una eficiencia del 95 %, el tiempo efectivo de producción es:

$$\text{Tiempo efectivo de producción} = 460 \text{ minutos} \times 0,95 = 437 \text{ minutos} \quad (13)$$

Redondeando, se concluye que hay **437 minutos** efectivos disponibles para la producción.

Cálculo del Tiempo de Procesamiento por Unidad

Con una meta de producción de **3000 cajas**, se calcula el tiempo de procesamiento por unidad (R) de la siguiente manera:

$$R = \frac{437 \text{ minutos}}{3000 \text{ cajas}} = 0,14 \text{ minutos/caja} \quad (14)$$

Este cálculo indica que cada caja debe procesarse en **0.14 minutos** para cumplir con la meta de producción dentro del tiempo disponible.

Cálculo de la Tasa de Producción

La tasa de producción necesaria para alcanzar la meta se calcula considerando que cada **0.14 minutos** debe salir una caja de la línea de empaque. Esto equivale a:

$$\text{Unidades por minuto} = \frac{1 \text{ unidad}}{0,14 \text{ minutos/unidad}} \approx 6,79 \text{ cajas/minuto} \quad (15)$$

Aplicación a la Longitud del Transportador

Dado que el transportador tiene una longitud de **3 metros**, se calcula la velocidad requerida del transportador para mover cada caja a lo largo de esta longitud en el tiempo de procesamiento calculado:

$$\text{Velocidad del transportador} = \frac{3 \text{ metros}}{0,14 \text{ minutos}} \approx 20,39 \text{ metros/minuto} \quad (16)$$

Este cálculo indica que el transportador debe moverse a una velocidad de **20.39 metros por minuto** para cumplir con la meta de producción de **3000 cajas** dentro del tiempo disponible.

Requisitos de producción

- **Tiempo disponible:** 437 minutos
- **Meta de producción:** 3000 cajas
- **Tiempo de procesamiento por unidad:** 0.14 minutos por caja
- **Tasa de producción:** 6.79 cajas por minuto
- **Velocidad del transportador:** 20.39 metros por minuto = 0.35 metros por segundo

Estos cálculos permiten establecer los parámetros operativos necesarios para que el transportador cumpla con la meta de producción dentro del tiempo disponible, asegurando un flujo de producción eficiente y continuo.

V-C9. Cálculo de la potencia del motor : Calculamos la fuerza necesaria para mover la carga teniendo en cuenta la fricción, que es un factor crucial para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y sin sobrecargar los componentes del transportador.

La fricción entre las superficies de contacto del transportador y las bandejas introduce una resistencia adicional que debe ser superada para que el movimiento ocurra. Esta fricción depende de varios factores, como el material de las superficies en contacto, la calidad del rodamiento, y la configuración del sistema. Para calcular la fuerza total necesaria, debemos considerar tanto la fuerza de carga como la fuerza de fricción.

La fuerza de fricción se calcula multiplicando la fuerza de carga por el coeficiente de fricción, un valor que representa la resistencia relativa entre las superficies en contacto. Este coeficiente varía según los materiales y las condiciones de operación, y su inclusión en el cálculo asegura que no subestimemos la resistencia al movimiento.

Se suman la fuerza de fricción a la fuerza de carga para obtener la fuerza total necesaria para mover la carga. Esta fuerza total nos indica la cantidad de esfuerzo que el motor o sistema de accionamiento debe aplicar para superar tanto el peso de la carga como la resistencia causada por la fricción. Este cálculo es fundamental para dimensionar correctamente el motor y otros componentes del sistema, asegurando que puedan manejar las condiciones de operación sin fallos o desgaste excesivo.

El coeficiente de fricción de 0.15 tomado del catalogo de chain data adjunto en los anexos, se justifica considerando que el sistema utiliza en las carrileras del transportador plásticos de baja fricción, como HDPE (polietileno de alta densidad) o POM (poliacetal), materiales comúnmente empleados en aplicaciones industriales debido a su capacidad para minimizar la resistencia al movimiento. Estos plásticos se caracterizan por su excelente comportamiento en situaciones donde es crucial reducir el rozamiento entre componentes mecánicos, especialmente en contacto con metales como el acero.

$$F_{\text{necesaria}} = F_{\text{fricción}} \quad (17)$$

$$F_{\text{carga}} = 706,32 \text{ N} \quad (18)$$

$$F_{\text{fricción}} = 0,15 \times 706,32 \text{ N} = 105,948 \text{ N} \quad (19)$$

$$F_{\text{necesaria}} = 105,9 \text{ N} \quad (20)$$

La potencia necesaria para mover el transportador se calcula utilizando una fórmula que toma en cuenta la fuerza total que se necesita para superar el movimiento de las bandejas sobre el transportador, junto con la velocidad a la que el transportador debe operar.

Además, se considera la eficiencia del sistema, ya que en cualquier máquina real, siempre hay pérdidas debido a factores como el calor, la fricción interna y la eficiencia del motor.

La fórmula general para calcular la potencia necesaria es:

$$P = \frac{F_{\text{necesaria}} \times v}{n} \quad (21)$$

Donde:

- $F_{\text{necesaria}}$ es la fuerza total requerida para mover la carga, incluyendo la fricción.
- v es la velocidad del transportador.
- n es la eficiencia del sistema (un valor entre 0 y 1 que representa las pérdidas de energía).

Sustituimos los valores

$$P = \frac{105,9 \text{ N} \times 0,35 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0,85} \quad (22)$$

y obentremos:

$$P = 43,60 \text{ W} \quad (23)$$

En este caso, la fuerza necesaria $F_{\text{necesaria}}$ se ha calculado previamente como 105.9 Newtons (N), y la velocidad v del transportador es 0.35 metros por segundo (m/s). La eficiencia del sistema n se asume como 0.85, considerando un motor y un sistema de transmisión que operan con un 85 % de eficiencia.

Este resultado nos indica que el sistema de transporte requerirá aproximadamente 43.60 vatios de potencia para operar bajo las condiciones especificadas. Este cálculo es crucial para seleccionar un motor adecuado que pueda proporcionar esta cantidad de potencia, garantizando que el sistema funcione de manera efectiva y confiable durante el proceso de atomización. Al incluir la eficiencia del sistema en el cálculo, nos aseguramos de que el motor seleccionado pueda compensar las pérdidas de energía y mantener un rendimiento óptimo.

Para asegurar que el sistema de transporte pueda operar de manera confiable bajo diferentes condiciones operativas, se considera un margen de seguridad del 30 %. Este margen adicional se aplica para compensar cualquier variación inesperada en las condiciones de carga, fricción, o eficiencia del sistema que podría surgir durante la operación.

Al agregar este margen, la potencia necesaria se incrementa, proporcionando una reserva adicional de capacidad que garantiza que el motor y el sistema de transmisión no se vean sobrecargados en situaciones extremas. Especialmente importante en aplicaciones industriales donde la consistencia y la confiabilidad son cruciales para mantener la productividad y evitar paradas no planificadas.

$$P_{\text{final}} = 43,60 \text{ W} \times 1,3 = 56,68 \text{ W} \quad (24)$$

Este resultado indica que la potencia necesaria para operar el transportador, considerando un margen de seguridad del 30 %, es aproximadamente 0.05kw . Este valor es crucial para seleccionar un motor que no solo cumpla con los requisitos de potencia, sino que también tenga la capacidad de manejar variaciones operativas sin perder eficiencia. Esta conversión asegura que el sistema esté equipado con un motor que proporcione la potencia adecuada en una unidad de medida estándar para aplicaciones industriales. para este sistema usaremos un motor con código 14690438 de 0.18KW seleccionado del catálogo de WEG adjunto en el anexo B

V-C10. Selección de cadena y piñón para la transmisión de potencia:

Selección de la Cadena

Factor de Servicio

Para el factor de servicio para sistemas transportadores, se tomó como referencia un valor de $F_a = 1,0$.

Potencia de Diseño

La potencia de diseño se calculó con la siguiente fórmula:

$$P_d = P \times F_a \quad (25)$$

Donde:

- P_d : Potencia de diseño.
- P : Potencia nominal del sistema.
- F_a : Factor de servicio.

Sustituyendo los valores:

$$P_d = 180 \text{ W} \times 1,5 = 270 \text{ W} = 0,27 \text{ kW}$$

Relación de Transmisión: La relación de transmisión se calculó de la siguiente forma:

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

- i : Relación de transmisión.
- n_1 : Velocidad angular del motor en rpm.
- n_2 : Velocidad angular del piñón en rpm.

Sustituyendo los valores:

$$i = \frac{128 \text{ rpm}}{128 \text{ rpm}} \approx 1$$

Selección de Cadena

Se selecciona la cadena 06B-2 de paso 9.53 mm. Para el cálculo de x , se tiene:

$$P_{128} = P_{100} + \left(\frac{128 - 100}{200 - 100} \right) \times (P_{200} - P_{100})$$

Sustituyendo los valores:

$$P_{128} = 0,23 \text{ kW} + \left(\frac{128 - 100}{200 - 100} \right) \times (0,46 \text{ kW} - 0,23 \text{ kW})$$

$$P_{128} = 0,23 \text{ kW} + \left(\frac{28}{100} \right) \times 0,23 \text{ kW}$$

$$P_{128} = 0,23 \text{ kW} + 0,0644 \text{ kW} = 0,2944 \text{ kW}$$

Al considerar un múltiplo de 1.7 para una cadena doble:

$$x = 0,2944 \text{ kW} \times 1,7 = 0,50048 \text{ kW}$$

La selección de la cadena se confirma ya que:

$$x = 0,50048 \text{ kW} > 0,389 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se selecciona la cadena 06B-2 P 9.53 mm.

Diámetro del Piñón

Para calcular el diámetro del piñón (d_p) de 17 dientes para una cadena con un pitch de 9.53 mm, se utiliza la siguiente fórmula:

$$d_p = \frac{P}{\sin\left(\frac{180^\circ}{N}\right)} \quad (26)$$

Donde:

- d_p es el diámetro de paso del piñón.
- P es el paso de la cadena, en este caso 9.53 mm.
- N es el número de dientes del piñón, en este caso 17.

Sustituyendo los valores:

$$d_p = \frac{9,53 \text{ mm}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{17}\right)}$$

Calculando:

$$d_p \approx \frac{9,53 \text{ mm}}{\sin(10,588^\circ)} \approx \frac{9,53 \text{ mm}}{0,183} \approx 52,07 \text{ mm}$$

El diámetro del piñón es aproximadamente 52.07 mm.

V-C11. Relación del motorreductor: Para calcular la relación de reducción del motorreductor en un sistema que utiliza un piñón de 17 dientes escogido del catalogo SKF adjunto en el anexo b, se procede a determinar la velocidad angular del piñón. La velocidad angular (ω) se relaciona con la velocidad lineal (v) y el radio del piñón (r) mediante la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (27)$$

Donde:

- $v = 0,35 \text{ m/seg}$ (velocidad lineal deseada del transportador)
- $r = \frac{d_p}{2} = \frac{0,05207 \text{ m}}{2} = 0,026035 \text{ m}$

Sustituyendo los valores:

$$\omega = \frac{0,35 \text{ m/seg}}{0,026035 \text{ m}} \approx 13,44 \text{ rad/seg}$$

Para convertir esta velocidad angular en revoluciones por minuto (RPM), se utiliza la relación:

$$\text{velocidad en RPM} = \omega \times \frac{60}{2\pi}$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{velocidad en RPM} = 13,44 \text{ rad/seg} \times \frac{60}{2\pi} \approx 128,39 \text{ RPM}$$

Finalmente, se calcula la relación de reducción necesaria para que la velocidad del motor coincida con la velocidad deseada del transportador. La relación de reducción (R) se determina como la relación entre la velocidad del motor (v_{motor}) y la velocidad del piñón ($v_{\text{piñón}}$):

$$R = \frac{v_{\text{motor}}}{v_{\text{piñón}}} \quad (28)$$

Sustituyendo los valores:

$$R = \frac{1800 \text{ RPM}}{128,39 \text{ RPM}} \approx 14,01$$

En este caso, se podría seleccionar un motorreductor con una relación de 14:1, ya que es una relación estándar y está muy cerca del valor calculado. Esto asegurará que la velocidad de salida esté dentro de un rango aceptable para el funcionamiento del transportador, garantizando un movimiento eficiente y controlado de las bandejas a lo largo del sistema de atomización.

V-C12. Cálculo de diámetro de ejes del transportador: El siguiente cálculo determina el diámetro del eje necesario para soportar el momento torsional generado por el motor de 0.18KW en el sistema de atomización, considerando que el motorreductor opera a 128.39 RPM.

Cálculo de la Velocidad Angular: Primero, se calcula la velocidad angular (ω) del eje usando la fórmula:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot \text{RPM}}{60} \quad (29)$$

Donde:

- ω es la velocidad angular en radianes por segundo (rad/s),
- RPM es la velocidad del motorreductor, que es 128.39 RPM.

Sustituyendo los valores:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 128,39}{60} = 13,44 \text{ rad/s}$$

Cálculo del Momento Torsional: Con la potencia del motor ajustada a $P = 0,18 \text{ kW}$ (equivalente a $P = 180 \text{ W}$) y la velocidad angular calculada previamente, $\omega = 13,44 \text{ rad/s}$, se puede determinar el momento torsional T generado por el motor utilizando la fórmula:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (30)$$

Donde:

- T es el momento torsional en Newton-metros (Nm),
- P es la potencia del motor en watts (W),
- ω es la velocidad angular en radianes por segundo (rad/s).

Sustituyendo los valores proporcionados:

$$T = \frac{180 \text{ W}}{13,44 \text{ rad/s}} \approx 13,39 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, el momento torsional calculado es de 13.39 Nm.

Cálculo del Diámetro del Eje: Con el valor del momento torsional calculado, se procede a calcular el diámetro del eje d utilizando la fórmula de torsión:

$$d = \left(\frac{16 \times T}{\pi \times \tau_{adm}} \right)^{1/3} \quad (31)$$

Donde:

- d es el diámetro del eje en metros,
- T es el momento torsional en Nm,
- τ_{adm} es el esfuerzo cortante permisible del material en pascuales (Pa). Para acero estructural, se considera un valor de $\tau_{adm} = 60 \text{ MPa} = 60 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Sustituyendo los valores:

$$d = \left(\frac{16 \times 13,39 \text{ Nm}}{\pi \times 60 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right)^{1/3}$$

$$d \approx 0,0104 \text{ m} = 10,44 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro del eje necesario es de 10.44 mm.

El diámetro del eje de acero necesario para soportar el momento torsional generado por el motor es de aproximadamente 10.44 mm como mínimo, con un fs de 2 se requiere un eje de 20.88 mm, a un valor estándar se usara un eje de 25 mm. Este valor asegura que el eje puede manejar las fuerzas generadas por el sistema de atomización sin comprometer la integridad estructural,

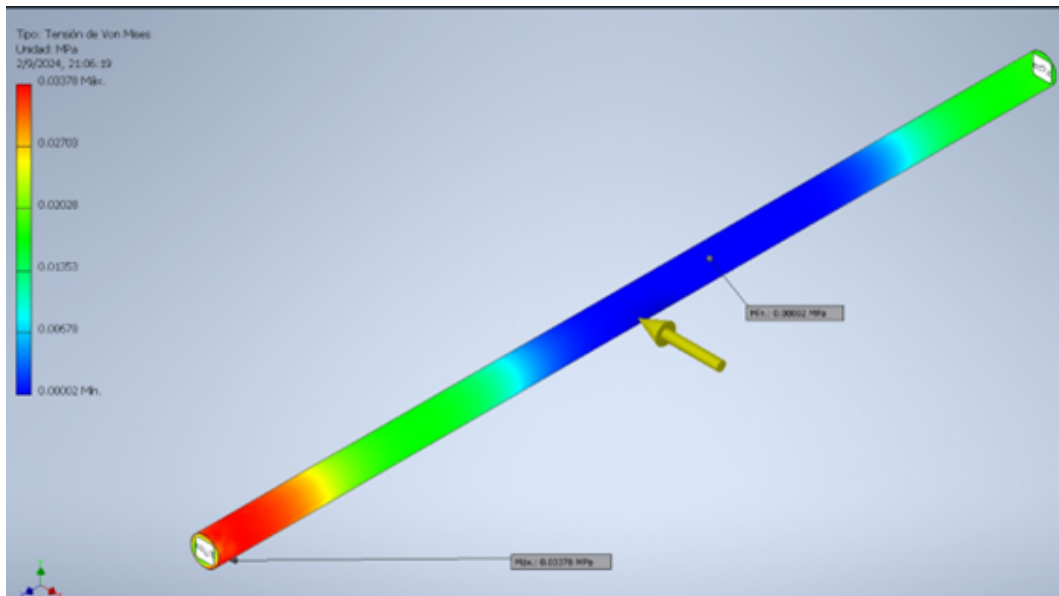


Figura 14. tensión el eje [autor].

El análisis de tensión de Von Mises realizado sobre el eje muestra cómo se distribuyen las tensiones a lo largo del mismo bajo las condiciones de carga impuestas. La tensión máxima registrada es de 0.03378 MPa, lo cual es significativamente bajo en comparación con los límites de fluencia típicos para materiales

estructurales, indicando que el eje está operando dentro de un rango seguro y no se espera que experimente deformación plástica bajo las condiciones actuales de carga.

La tensión mínima observada es de 0.00002 MPa, lo cual está cerca de cero, lo que es esperable en zonas del eje que no están directamente sometidas a cargas significativas.

El gradiente de colores en la imagen sugiere que la mayor parte del eje está sometida a bajas tensiones, con las tensiones máximas concentradas en áreas específicas que están más cerca de los puntos de aplicación de carga o en regiones de soporte donde el eje podría estar fijado o interactuando con otros componentes.

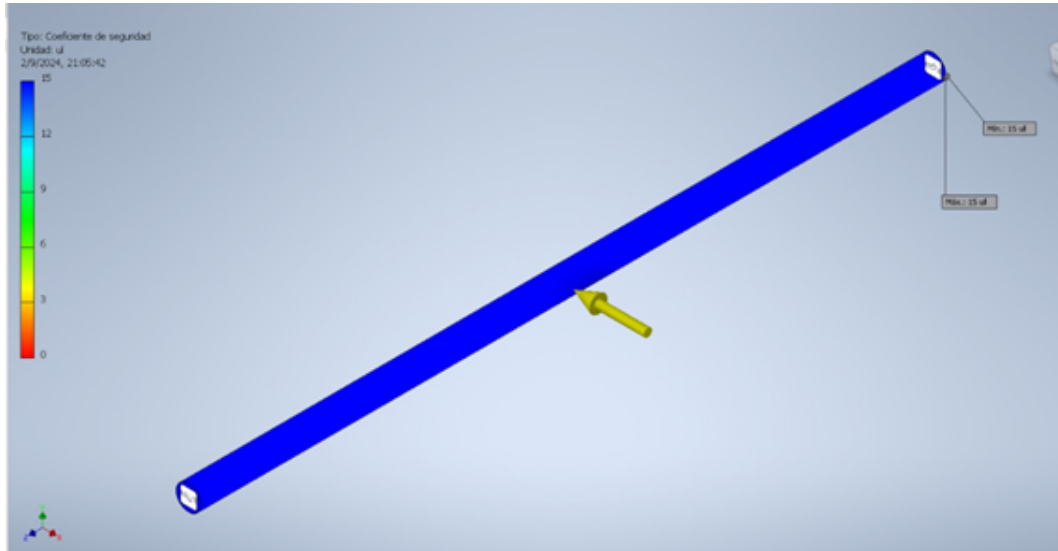


Figura 15. análisis de coeficiente de seguridad en eje [autor].

presenta un análisis del coeficiente de seguridad, donde el valor mínimo y máximo es de 15 en todo el eje. Un coeficiente de seguridad tan alto, lo que significa que la estructura del eje tiene una gran capacidad para soportar tensiones sin riesgo de fallo.

V-C13. cálculo de cadena para el transportador:

Cálculo de la Tensión de la Cadena: Para calcular la tensión en la cadena del transportador horizontal, se consideraron los siguientes factores:

- Carga total (W): 706,32 N.
- Coeficiente de fricción (μ): 0,15 obtenido del catalogo adjunto en el anexo B.
- Factor de seguridad (FS): 1,5.
- Tipo de transportador: Horizontal.

La fuerza de arrastre (F_r) se calculó como:

$$F_r = W \times \mu = 706,32 \text{ N} \times 0,15 = 105,948 \text{ N}$$

La fuerza de tracción en la cadena (F_t) es:

$$F_t = F_r + W = 105,948 \text{ N} + 18,52 \text{ N}(\text{peso de la cadena}) = 124,46 \text{ N}$$

Finalmente, la tensión total en la cadena con el factor de seguridad aplicado es:

$$T = F_t \times FS = 124,46 \text{ N} \times 1,5 = 186,69 \text{ N}$$

Por lo tanto, la tensión total en la cadena es 186,69 N.

El máximo valor de la tensión de la cadena es de 186.69 N. representa el valor de la tensión en la cadena sin considerar factores de servicio y otros factores que intervienen en la tensión del diseño, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C_{p\text{diseño}} = C_p \times F_p \times F_s \times F_n \quad [14] \quad (32)$$

Dónde:

- $C_{p\text{diseño}}$: Tensión de diseño de la cadena (N).
- C_p : Máxima tensión de la cadena (N).
- F_p = Factor de servicio.
- F_s = Factor de velocidad.
- F_n = Factor por número de hileras de cadena.

El fp lo extraemos de parámetros establecidos para condiciones en transportadores adjunto en el anexo B

$$F_p = 1,2 \times 1,5 \times 1,2 \times 1 \quad (33)$$

$$F_p = 2,16 \quad (34)$$

Para identificar cuál es el factor de velocidad F_s adecuado, se necesita saber cuál es el número de dientes de la catalina. Este número de catalina puede ser de 12 o 14 dientes que son comunes y utilizan en la mayoría de transportadores en la industria. Para el cálculo se empleará una catalina de 14 dientes. extraemos el valor del FS desde el catalogo de webster chain data adjunto en el anexo B

$$F_{S25} = 0,769 \rightarrow \text{catalina de 14 dientes} \quad (35)$$

$$F_{S31,5} = x \rightarrow \text{catalina de 14 dientes} \quad (36)$$

$$F_{S50} = 0,833 \rightarrow \text{catalina de 14 dientes} \quad (37)$$

$$\frac{0,833 - 0,769}{50 - 25} = \frac{x - 0,769}{31,5 - 25} \quad (38)$$

$$F_{S31,5} = x = 0,786 \quad (39)$$

Ahora bien se determinará el último factor asociado al cálculo de la tensión de diseño. De acuerdo a la fórmula de la guía de diseño Webster:

$$F_n = \frac{1,2}{n} \quad (40)$$

Siendo n el número de hileras igual 2.

$$F_n = \frac{1,2}{2} = 0,6 \quad (41)$$

Con los factores que se tiene, la tensión de diseño es:

$$C_{p\text{diseño}} = 124,46 \times 2,16 \times 0,786 \times 0,6$$

$$C_p \text{diseño} = 126,78 \text{ N}$$

Según la guía de diseño de cadenas de transportación de Renold el factor de seguridad recomendado para las cadenas de transportación es de 8. Con este factor la resistencia última de la cadena será:

$$\text{Resistencia última} = C_p \text{diseño} \times 8$$

$$\text{Resistencia última} = 126,78 \times 8$$

$$\text{Resistencia última} = 1014,24 \text{ N}$$

Para esto usaremos una cadena 25-2 de el catalogo que se adjunta en el anexo b

V-C14. calculo de chumaceras y rodamientos: Ya que los rodamientos van a girar a 128 r.p.m. se selecciona el rodamiento utilizando la capacidad de carga dinámica.

Se usa el catálogo SKF para la selección de los rodamientos y de sus respectivos soportes.

$$P = X F_r + Y F_a \quad (42)$$

Donde:

- P : carga equivalente [N].
- F_r : carga radial real [N].
- F_a : Carga axial real [N].
- X : factor radial.
- Y : factor axial.

Como la carga axial es casi despreciable ($F_a \approx 0$) se tiene:

$$P = X F_r \quad (43)$$

Donde:

- $X = 1$ ($F_a/F_r \leq 0,5$).
- $F_r = 105,94 \text{ N}$.

$$P = 1 \times 105,94 \quad (44)$$

$$P = 105,94 \text{ [N]} \quad (45)$$

Fórmula de duración:

$$L_{10h} = \left(\frac{1000000}{60n} \right) \times \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad (46)$$

Donde:

- L_{10h} : duración nominal en horas de servicio.
- n : velocidad de rotación en rev/min = 128 r.p.m.
- C : capacidad de carga dinámica.
- P : carga dinámica equivalente sobre el rodamiento.

■ p : exponente de la fórmula de la duración; siendo $p = 3$ para los rodamientos de bolas. Se toma un valor de L_{10h} en base a las recomendaciones para sistemas transportadores.

$$L_{10h} = 20000 \quad (47)$$

$$C = P \times \sqrt{\frac{60 \times n \times L_{10h}}{1000000}} \quad (48)$$

$$C = 105,94 \times \sqrt{\frac{60 \times 128 \times 15000}{1000000}} \quad (49)$$

$$C = 1137,06 \quad (50)$$

con FS de 2 tenemos un $C = 2.274$ Del catalogo SKF adjunto en los anexos se selecciona el siguiente modelo

- **Denominación:** F4BC 25M-TPSS
- **d:** 25 mm

V-D. Sistema de atomización

Tipo de Boquilla	Rango de Presión (psi)	Descripción	Aplicaciones Comunes
Ventilador Plano	30-60	Produce un patrón de pulverización en abanico uniforme, ideal para una cobertura homogénea.	Pulverización en banda, herbicidas, pesticidas, fungicidas.
Inducción de Aire	30-60	Diseñada para reducir la deriva, produce gotas más grandes y minimiza la pérdida de producto.	Herbicidas, fertilizantes líquidos, productos para reducir deriva.
Cono Hueco	40-100	Produce gotas finas, ideal para aplicaciones que requieren una alta penetración y cobertura foliar.	Insecticidas, fungicidas, aplicaciones de contacto directo.

Tabla II
TIPOS DE BOQUILLA

V-D1. Tipos de boquillas y selección: Para la aplicación de fungicidas, es fundamental seleccionar una boquilla que garantice una cobertura uniforme y eficaz del follaje, minimizando la deriva del producto. Basándose en normas internacionales y directrices técnicas, se recomienda el uso de boquillas de ventilador plano .

V-D2. Normas y Directrices:

- 1. ISO 10625:2018: Esta norma específica los requisitos para las boquillas de pulverización agrícola, incluyendo la codificación de colores y el caudal a una presión estándar de 3 bar (43.5 psi).[20]
- 2. ASABE S572.1: Proporciona directrices para la clasificación y uso de boquillas de pulverización agrícola, incluyendo parámetros como el tamaño de las gotas, el rango de presión y el caudal [21].

La boquilla de ventilador plano con un caudal de 1 L/min, será seleccionada para el sistema de atomización debido a varias razones que la hacen ideal para aplicaciones agrícolas específicas. A continuación, se detallan los motivos principales de su selección:



Figura 16. boquilla de ventilador plano, [19]

- Patrón de Pulverización Uniforme: Las boquillas de ventilador plano son conocidas por su capacidad de producir un patrón de pulverización en abanico uniforme. Esto asegura una cobertura homogénea de la superficie tratada, lo cual es crucial para aplicaciones de herbicidas y pesticidas. La uniformidad en la distribución del producto químico mejora la eficacia del tratamiento y reduce la posibilidad de zonas sin cubrir [22].
- Rango de Presión Óptimo: Estas boquillas operan de manera más efectiva dentro de un rango de presión de 30 a 60 psi. Este rango es ideal para mantener el equilibrio entre la penetración y la deriva de las gotas. A presiones de 40 psi, las boquillas de ventilador plano pueden producir gotas de tamaño adecuado para una buena cobertura sin generar una cantidad excesiva de deriva [23].
- Versatilidad en Aplicaciones: Las boquillas de ventilador plano son versátiles y pueden utilizarse en diversas aplicaciones agrícolas, incluyendo la pulverización en banda, tratamientos de herbicidas y pesticidas. Su diseño permite una fácil adaptación a diferentes tipos de equipos de pulverización, lo que las hace una opción flexible y conveniente para los agricultores [24].
- Reducción de Deriva: La capacidad de operar a presiones más bajas y producir gotas más grandes ayuda a minimizar la deriva del producto químico. Esto es especialmente importante en condiciones de viento o en áreas cercanas a cultivos sensibles. La reducción de la deriva no solo mejora la eficiencia del tratamiento, sino que también reduce el impacto ambiental y la exposición no deseada a productos químicos [25].

V-D3. *Dimensionamiento del sistema de atomización.*: El sistema de atomización está pensado para funcionar de manera eficiente, adaptándose al tamaño típico de las bandejas de banano que observamos en la figura 17 que pasan por él. Se calcula el tamaño de las tuberías para asegurarse de que pueden manejar la cantidad adecuada de líquido necesaria para cubrir toda la bandeja, asegurando que cada bandeja reciba el tratamiento correcto sin complicaciones ni interrupciones.

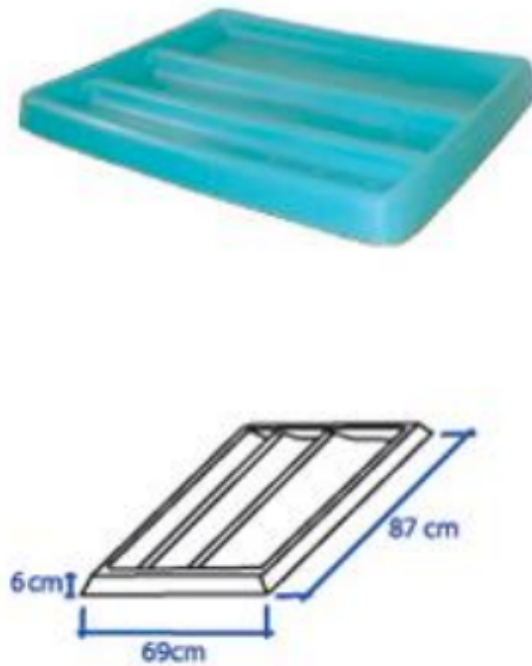


Figura 17. bandeja para banano dimensiones, [26]

El sistema de atomización ha sido cuidadosamente diseñado para asegurar una cobertura completa y efectiva en cada bandeja de banano que pase por la línea de producción. Para lograr esto, se utilizarán tres boquillas atomizadoras, estratégicamente colocadas para cubrir todo el ancho de la bandeja como se observa en la figura 18 sin dejar áreas sin tratar. A medida que las bandejas se desplazan por la línea de aspersión, el sistema funcionará de manera continua, es decir, las bandejas se moverán de manera ininterrumpida mientras son rociadas con el fungicida. Este flujo constante permite una aplicación precisa del producto, evitando que se apliquen cantidades excesivas o insuficientes en diferentes zonas de la bandeja.

Se maximiza la eficiencia del proceso, ya que cada bandeja recibirá la cantidad adecuada de fungicida en el momento oportuno, asegurando que el tratamiento sea consistente en todas las bandejas, sin importar cuántas pasen por la línea. Además, este enfoque continuo y automatizado no solo mejora la uniformidad del tratamiento, sino que también contribuye a una mayor productividad, al reducir la necesidad de intervenciones manuales o ajustes frecuentes en el sistema.

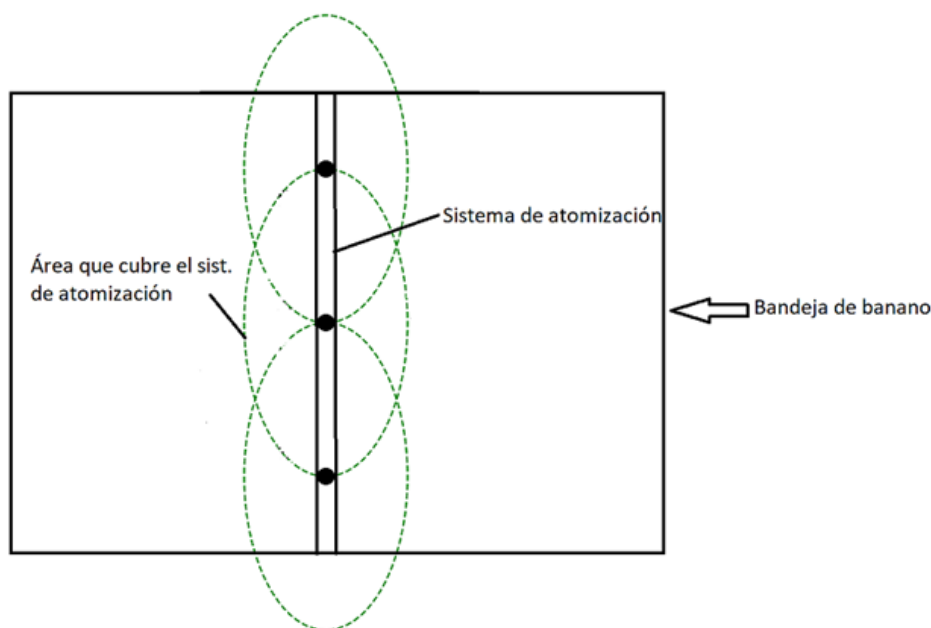


Figura 18. cobertura cabina de atomización, autor

V-D4. Presión del Sistema: Para que las boquillas de ventilador plano funcionen de manera eficiente, es fundamental que operen bajo la presión adecuada. Mantener la presión en el nivel óptimo no solo garantiza que el líquido se distribuya de manera uniforme sobre la superficie, sino que también ayuda a evitar que las gotas se desvíen del área que se está tratando, especialmente en condiciones de viento. De acuerdo con la información disponible, se recomienda que estas boquillas trabajen con una presión mínima de 40 psi.

Este rango específico ha demostrado ser ideal para asegurar que el patrón de pulverización cubra de manera equilibrada toda la superficie que se necesita tratar. Además, al mantener la presión dentro de este rango, se logra una buena penetración del producto sin que se produzca demasiada deriva, es decir, sin que las gotas más finas sean arrastradas fuera del área objetivo. Esto es especialmente importante en aplicaciones agrícolas, donde es crucial que el producto llegue exactamente donde se necesita, minimizando el desperdicio y maximizando la efectividad del tratamiento. Al seguir estas recomendaciones de presión, se consigue un equilibrio perfecto entre cobertura, penetración y control, optimizando así el rendimiento de las boquillas de ventilador plano.

V-D5. Razones para la Selección del Rango de Presión:

- Cobertura Uniforme: Las boquillas de ventilador plano a 40 psi producen un patrón de pulverización en abanico con un caudal de 1.2 l/min que cubre uniformemente la superficie tratada. Esto es crucial para la eficacia del tratamiento con herbicidas y fungicidas, asegurando que no queden zonas sin cubrir.
- Reducción de Deriva: Operar dentro de este rango de presión ayuda a producir gotas de tamaño adecuado que minimizan la deriva. Gotas más grandes a presiones más bajas son menos susceptibles a ser arrastradas por el viento, lo que reduce la pérdida de producto y el impacto ambiental .

- Versatilidad: una presión de 40 psi es adecuado para una variedad de aplicaciones agrícolas, incluyendo pulverización en banda y aplicaciones foliares. Las boquillas de ventilador plano son versátiles y pueden adaptarse a diferentes condiciones operativas sin necesidad de ajustes significativos.

V-D6. volumen y tiempo de aplicación del producto químico: Para garantizar una correcta aplicación del agroquímico en cada bandeja de banano, se ha determinado que el volumen óptimo será de 200 mililitros por bandeja. Esta cantidad ha sido calculada basándose en las especificaciones detalladas en la hoja técnica proporcionada por el fabricante del agroquímico, la cual se incluye en los anexos del documento. El proceso de aplicación está diseñado para ser preciso y eficiente, asegurando que cada bandeja reciba exactamente la cantidad adecuada de producto.

El sistema de aspersión empleará tres boquillas, cada una cuidadosamente seleccionada para proporcionar un caudal constante y adecuado. El volumen total de agroquímico que se aplicará por bandeja es de 200 mililitros, lo que equivale a 0.20 litros. Con tres boquillas en funcionamiento, el caudal de cada boquilla ha sido ajustado a 1 litros por minuto, lo que garantiza que el producto se aplique de manera uniforme y rápida en toda la bandeja.

Este ajuste preciso de los parámetros asegura que el agroquímico se distribuya de manera homogénea, cubriendo toda la superficie de la bandeja sin exceder la cantidad necesaria, optimizando tanto los recursos como la efectividad del tratamiento. Al respetar estas especificaciones, el sistema no solo mantiene un alto nivel de eficiencia, sino que también reduce el riesgo de desperdicio o aplicación desigual del producto.

$$\text{Caudal Total del Sistema} = \text{Caudal de una Boquilla} \times \text{Número de Boquillas} \quad (51)$$

$$\text{Caudal Total} = 1,2 \text{ L/min} \times 3 = 3,6 \text{ L/min} \quad (52)$$

$$\text{Conversión a Litros por Segundo} = 3,6 \text{ L/min} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,06 \text{ L/seg} \quad (53)$$

$$\text{Tiempo de Aspersión} = \frac{\text{Volumen Total}}{\text{Caudal Total}} \quad (54)$$

$$\text{Tiempo de Aspersión} = \frac{0,20 \text{ L}}{0,060 \text{ L/seg}} = 3,3 \text{ seg} \quad (55)$$

Este cálculo garantiza que la cantidad exacta de fungicida se aplique de manera uniforme sobre cada bandeja en el tiempo preciso, adaptándose a las especificaciones del sistema de boquillas utilizado. Al mantener el tiempo de aspersión en 3.3 segundos, se asegura que el fungicida cubra toda la superficie de la bandeja sin desperdicio ni aplicaciones insuficientes.

Este enfoque permite que el producto se distribuya de manera equilibrada y consistente, aprovechando al máximo las características del sistema de boquillas para lograr una cobertura eficiente y eficaz. Además, al calcular cuidadosamente el tiempo en función del volumen y el caudal, se optimiza el proceso, asegurando que cada bandeja reciba el tratamiento adecuado sin retrasos ni interrupciones,

lo que contribuye a un flujo continuo y productivo en la línea de aspersión.

V-D7. Velocidad del transportador en el tiempo de aplicación : Para determinar la velocidad a la que debe desplazarse el transportador y asegurarse de que cubra el largo completo de la bandeja de banano, que mide 87 cm (o 0.87 metros), en un tiempo de 3.3 segundos, se utiliza la fórmula de la velocidad. Este cálculo es crucial para sincronizar el movimiento del transportador con el tiempo de aspersión, de manera que cada bandeja reciba la cantidad adecuada de fungicida mientras avanza por el sistema.

Al obtener la velocidad precisa, garantizamos que el proceso sea fluido y eficiente, evitando que las bandejas se muevan demasiado rápido, lo que podría resultar en una aplicación incompleta, o demasiado lento, lo que podría causar un exceso de fungicida en ciertas áreas. Esta sincronización perfecta entre la velocidad del transportador y el tiempo de aspersión optimiza el rendimiento del sistema y asegura una cobertura uniforme en todas las bandejas.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} \quad (56)$$

$$\text{Distancia a recorrer} = 87 \text{ cm} = 0,87 \text{ m} \quad (57)$$

$$\text{Tiempo} = 3,3 \text{ segundos} \quad (58)$$

$$\text{Velocidad} = \frac{0,87 \text{ m}}{3,3 \text{ seg}} = 0,26 \text{ m/s} \quad (59)$$

La velocidad a la que debe desplazarse el transportador para recorrer los 87 cm en un tiempo de 3.3 segundos es de aproximadamente 0.26 m/s. Este cálculo asegura que el transportador se moverá a un ritmo preciso, permitiendo que las boquillas apliquen la cantidad exacta de fungicida de manera uniforme sobre cada bandeja mientras se desliza por la línea de producción.

Al mantener esta velocidad, se garantiza que las bandejas reciban la cobertura completa durante el tiempo de aspersión, evitando que se aplique demasiado o muy poco producto. Este enfoque optimiza la eficiencia del proceso al sincronizar perfectamente la velocidad del transportador con la aplicación del fungicida, asegurando un flujo constante y controlado a lo largo de todo el sistema. Gracias a este ajuste, cada bandeja pasa bajo las boquillas en el momento justo, logrando una aplicación uniforme y efectiva del tratamiento en cada ciclo de producción.

V-E. Selección de Tubería para el Sistema de Atomización

Se utilizara el diámetro mas pequeño de tubería de PVC disponible en el mercado
La elección de la tubería de PVC de 1/2 pulgada no solo es adecuada por su capacidad para manejar el flujo requerido, sino también porque es ampliamente disponible en el mercado, lo que ofrece ventajas en términos de coste y facilidad de instalación, haciendo de esta una solución óptima para el sistema de atomización descrito se adjuntan los planos de tubería e implementos en los anexos.

V-F. Cálculo de la Potencia Requerida para la Bomba

Para calcular la potencia requerida de la bomba, se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros del sistema:

- Caudal total Q_{total} : 3.6 L/min
- Altura de impulsión hacia los atomizadores H_{total} : 1.25 metros
- Presión requerida P_{req} : 40 PSI

1. Conversión de Unidades

Primero, se realiza la conversión de las unidades al sistema adecuado para los cálculos.

- Caudal en metros cúbicos por segundo (m^3/s):

$$Q_{\text{total}} = \frac{3,6 \text{ L/min}}{60 \text{ seg/min}} = 0,05 \text{ L/s} = 0,00005 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Altura de bombeo H_{total}** : Se mantiene en metros (1.25 metros).
- **Presión en Pascales (Pa)**:
Convertimos la presión de PSI a Pascales:

$$P_{\text{req}} = 40 \text{ PSI} \times 6894,76 \text{ Pa/PSI} = 275790,4 \text{ Pa}$$

Cálculo de la Potencia Requerida

La potencia requerida por la bomba se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q_{\text{total}} \times P_{\text{req}}}{\eta} \quad (60)$$

Donde:

- P es la potencia en vatios (W).
- Q_{total} es el caudal total en m^3/s (0.00005 m^3/s).
- P_{req} es la presión requerida en Pascales (275790.4 Pa).
- η es la eficiencia de la bomba, asumida como 0.7.

Sustituyendo los valores:

$$P = \frac{0,00005 \text{ m}^3/\text{s} \times 275790,4 \text{ Pa}}{0,7} \approx \frac{13,78952 \text{ W}}{0,7} \approx 19,70 \text{ W} \quad (61)$$

V-F1. *Selección de la Bomba*: Dado que la potencia requerida es de 19.70 W, la bomba seleccionada debe cumplir con los siguientes requisitos:

- potencia: Debe manejar una potencia mínima de 19.70w.
- Caudal: Debe manejar un caudal mínimo de 3 L/min.
- Presión: Debe proporcionar una presión mínima de 40 PSI.

para la aplicación de este diseño usaremos una bomba marca seaflo modelo SFDP1-030-060-51 seleccionada desde el catalogo adjunto en el anexo B, la misma que esta diseñada para trabajo industrial y agrícola

V-G. 5.4 Sistema de control y eléctrico

V-G1. *Sistema de control:* Para lograr un diseño automatizado eficiente, se ha implementado un sistema de control que gestiona de manera precisa la activación del circuito de atomización. Este sistema está basado en un sensor de carrera final estratégicamente ubicado al ingreso de la cabina de aspersión. Cuando una bandeja alcanza este punto, el sensor detecta su presencia y envía una señal directa al controlador principal.

El controlador, al recibir esta señal, ejecuta dos acciones críticas: en primer lugar, activa la bomba de aspersión, iniciando el proceso de dosificación del fungicida sobre la bandeja; en segundo lugar, envía una señal al variador de frecuencia, el cual ajusta la velocidad del transportador. Este ajuste permite reducir la velocidad del transportador a los parámetros calculados previamente, optimizando el tiempo de exposición de la bandeja bajo las boquillas de atomización. Esto garantiza una aplicación precisa del volumen de fungicida, evitando tanto el desperdicio como una cobertura insuficiente.

Este diseño automatizado asegura una sincronización perfecta entre la detección de la bandeja, la reducción controlada de la velocidad del transportador y la activación de la bomba de aspersión. Gracias a este sistema, se logra una cobertura uniforme y eficiente, mejorando la precisión del proceso y minimizando la necesidad de intervención manual. El uso del variador de frecuencia permite un control dinámico y adaptable del transportador, manteniendo un flujo continuo en la línea de producción, mientras se asegura que cada bandeja reciba el tratamiento adecuado de fungicida en el momento exacto.

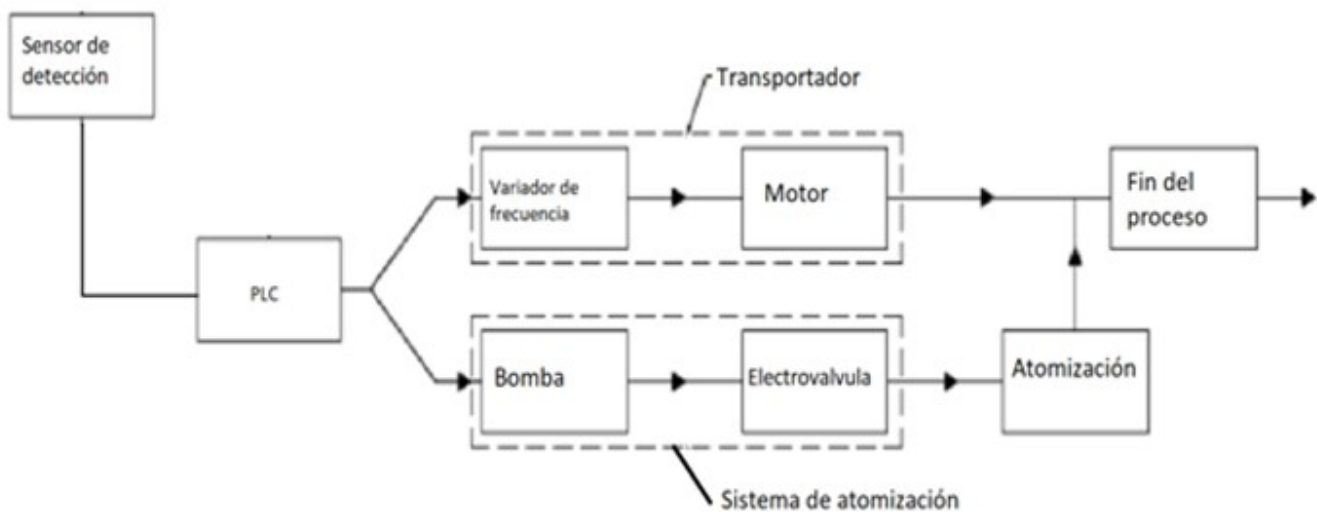


Figura 19. Diagrama de funcionamiento, por autor.

V-G2. *programación Logo:* El sistema LOGO implementado en este diseño automatizado utiliza una lógica de control secuencial basada en temporizadores y salidas específicas, con el objetivo de gestionar el proceso de atomización de manera eficiente y prolongar la vida útil de los componentes involucrados.

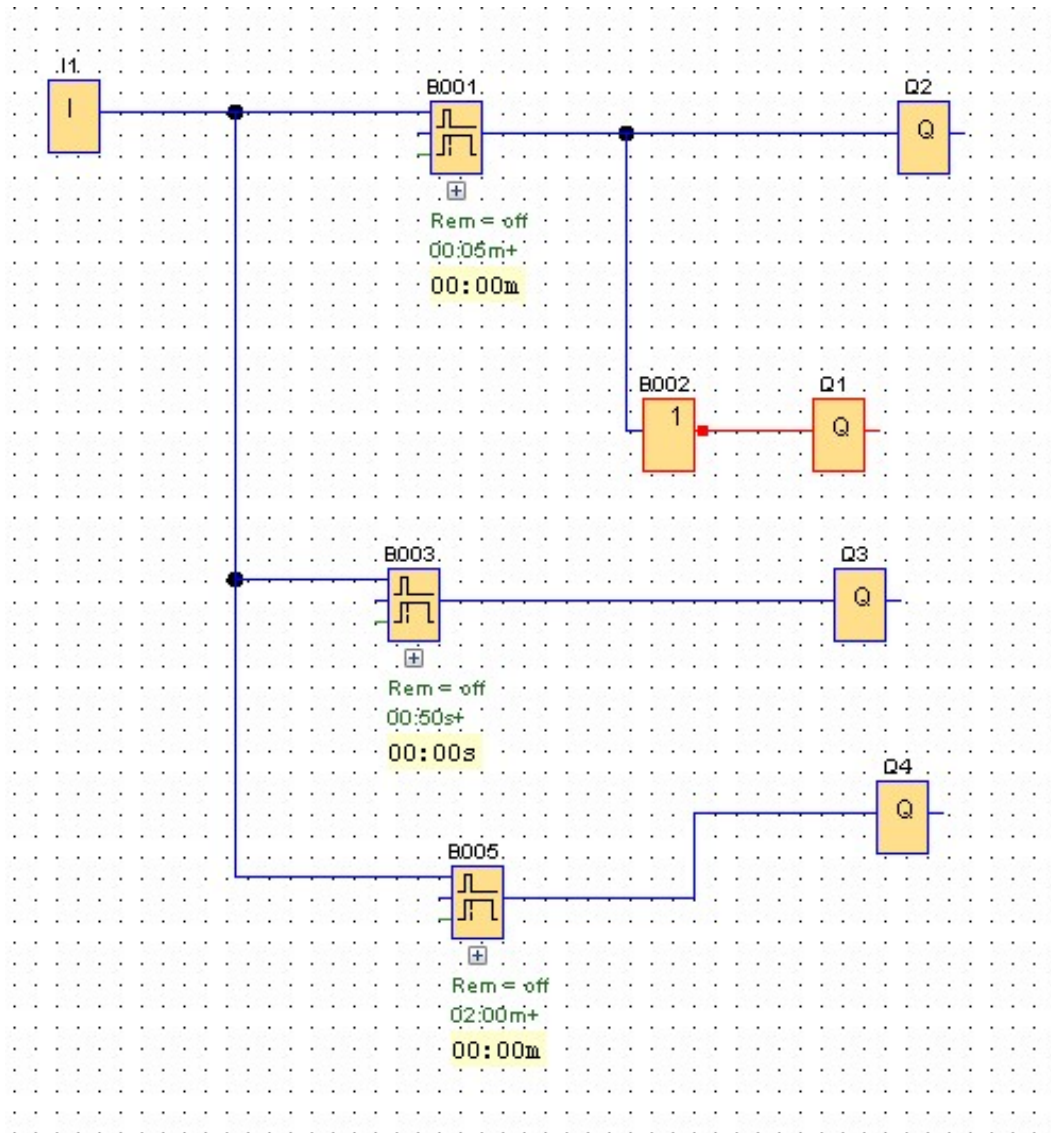


Figura 20. programación Logo, por autor.

V-G3. *Descripción Detallada del Sistema LOGO:* El control del sistema se inicia mediante la detección de una bandeja que ingresa al transportador, activando las distintas etapas del proceso. El temporizador B001 desempeña un papel crucial en esta secuencia al introducir un retardo de 5 segundos. Este temporizador tiene como función esperar la presencia de una nueva bandeja que ingrese al sistema antes de que el transportador vuelva a operar a velocidad alta. Si transcurren 5 segundos y otra bandeja es detectada, el sistema mantiene la operación en modo de atomización, operando a una velocidad baja. Por otro lado, si no se detecta otra bandeja antes de que el temporizador B001 agote su tiempo, el sistema cambia a velocidad alta, permitiendo un flujo continuo de las bandejas.

El control de las velocidades del transportador está a cargo de dos salidas distintas. La salida Q1 controla la velocidad alta de operación del transportador, mientras que la salida Q2 gestiona la velocidad baja de operación durante el proceso de atomización. Esto asegura que, cuando el sistema está atomizando el producto sobre la bandeja, la velocidad del transportador se reduzca lo suficiente como para garantizar que el fungicida se aplique de manera uniforme y efectiva. Una vez finalizada la

atomización, si no se detectan nuevas bandejas, el sistema regresará a velocidad alta para maximizar la eficiencia del flujo.

El temporizador B003 introduce un retardo adicional de 0.5 segundos para asegurar que las electroválvulas (controladas por la salida Q3) permanezcan abiertas el tiempo suficiente para descargar cualquier residuo de fungicida una vez que la bandeja ha pasado completamente. Esto garantiza que no queden residuos atrapados en el sistema, evitando aplicaciones incompletas o desiguales del producto.

En cuanto a la gestión del suministro del fungicida, el temporizador B005 juega un papel clave en la operación de la bomba, controlada por la salida Q4. Este temporizador está configurado con un retardo de 2 minutos, lo que permite que la bomba permanezca encendida durante ese tiempo, incluso cuando no se está realizando atomización activa. Este enfoque crea un circuito constante controlado por las electroválvulas, lo que evita que la bomba se apague y encienda innecesariamente entre cada ciclo de atomización. Al mantener la bomba en funcionamiento continuo, se evita el desgaste prematuro que podría resultar de ciclos repetidos de encendido y apagado, lo que prolonga su vida útil y asegura un flujo constante de fungicida durante todo el proceso.

V-G4. Flujo del proceso logo:

- **Detección de la bandeja:** El sistema se activa cuando se detecta una bandeja en el transportador. Inicialmente, el temporizador B001 introduce un retardo de 5 segundos para comprobar si ingresa otra bandeja antes de realizar cualquier cambio en la velocidad del transportador.
- **Control de velocidades:** Durante el proceso de atomización, la velocidad del transportador se reduce a través de la salida Q2, que controla la velocidad baja de operación. Si no se detectan nuevas bandejas, el transportador se mantiene en velocidad baja hasta que se cumplan las condiciones para aumentar la velocidad nuevamente.
- **Atomización precisa:** Las electroválvulas son controladas por la salida Q3 y gestionadas por el temporizador B003, asegurando que las válvulas permanezcan abiertas por 0.5 segundos adicionales después del paso de la bandeja, para garantizar la descarga completa del fungicida.
- **Operación de la bomba:** La bomba, controlada por Q4, permanece encendida durante un ciclo continuo de 2 minutos, tal como lo define el temporizador B005. Esto asegura que el flujo de fungicida sea constante y que las electroválvulas controlen la liberación del líquido, sin necesidad de que la bomba se apague y encienda repetidamente, lo que podría causar desgaste innecesario.

V-G5. plano de conexiones: El sistema mostrado en el diagrama utiliza un controlador lógico programable (PLC Siemens LOGO!), en conjunto con un variador de frecuencia INVT GoodDrive 10 y varios componentes auxiliares como una bomba de líquido, un motor transportador, válvulas de dosificación y descarga, así como sensores para asegurar un control automatizado eficiente y seguro.

- El controlador lógico programable (PLC) es el encargado de gestionar todas las operaciones automáticas del sistema. Controla las entradas y salidas digitales, que se utilizan para activar o desactivar los diferentes componentes del sistema. Las entradas al PLC incluyen un sensor de detección de bandeja y una alerta de nivel de líquido, los cuales proporcionan información crítica para la operación del sistema. Además, el PLC gestiona las válvulas de dosificación y

descarga (EV1 y EV2), coordinando su apertura y cierre de manera sincronizada.

- El VFD INVT GoodDrive 10 controla la velocidad del motor del transportador. Este variador ajusta la frecuencia de operación del motor para cambiar su velocidad de acuerdo con las señales del PLC. El variador de frecuencia está conectado al motor del transportador, permitiendo que la velocidad del transportador sea modificada según las condiciones del proceso. Además, el sistema incluye un pulsador de giro manual
- El motor del transportador se encarga de mover las bandejas a través del sistema. Su velocidad es controlada dinámicamente por el VFD, ajustándose según las señales enviadas por el PLC para asegurar que las bandejas se muevan a la velocidad adecuada durante el proceso de atomización y en otras fases del ciclo.
- La bomba de líquido está conectada directamente al sistema a través de un contactor (KM1), y su operación es gestionada por el PLC. El PLC decide cuándo activar la bomba para asegurar un suministro constante de líquido a las válvulas de dosificación y descarga durante el proceso.
- Las válvulas EV1 y EV2 están sincronizadas y controladas por el PLC. Al ser un sistema de bombeo constante estas válvulas se encargan de gestionar el flujo del líquido durante la fase de atomización, asegurando que el líquido se distribuya de manera precisa en las bandejas que pasan por el sistema.
- El sistema cuenta con dos sensores principales, el sensor de detección de bandeja, que identifica cuándo una bandeja ingresa al sistema, y la alerta de nivel de líquido en el tanque con una luz piloto de advertencia.

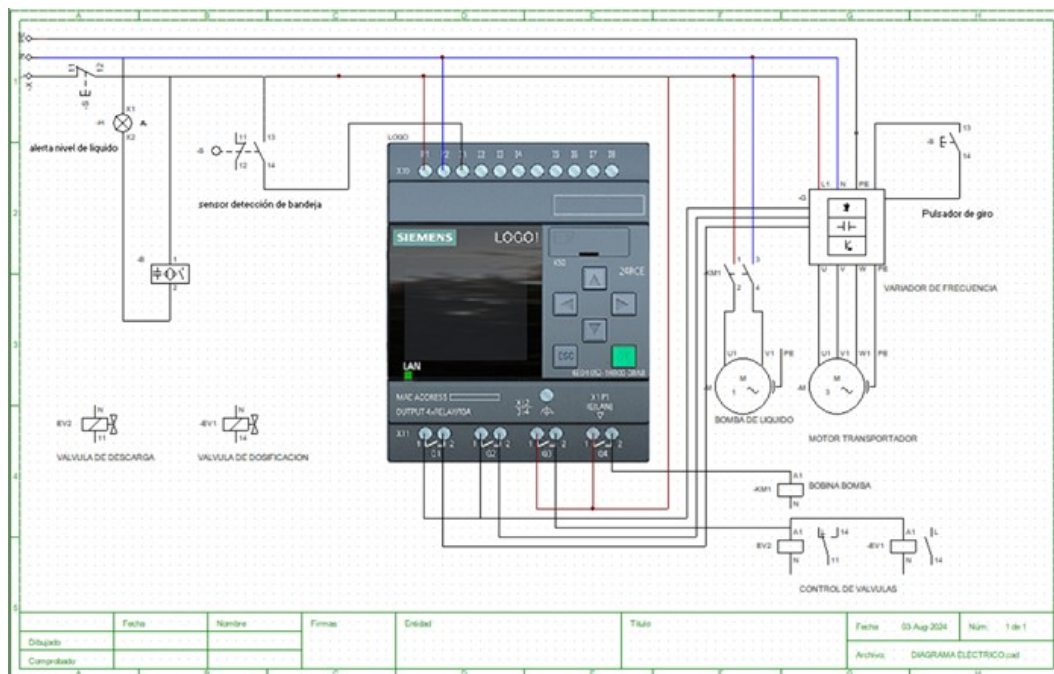


Figura 21. plano de conexiones, por autor.

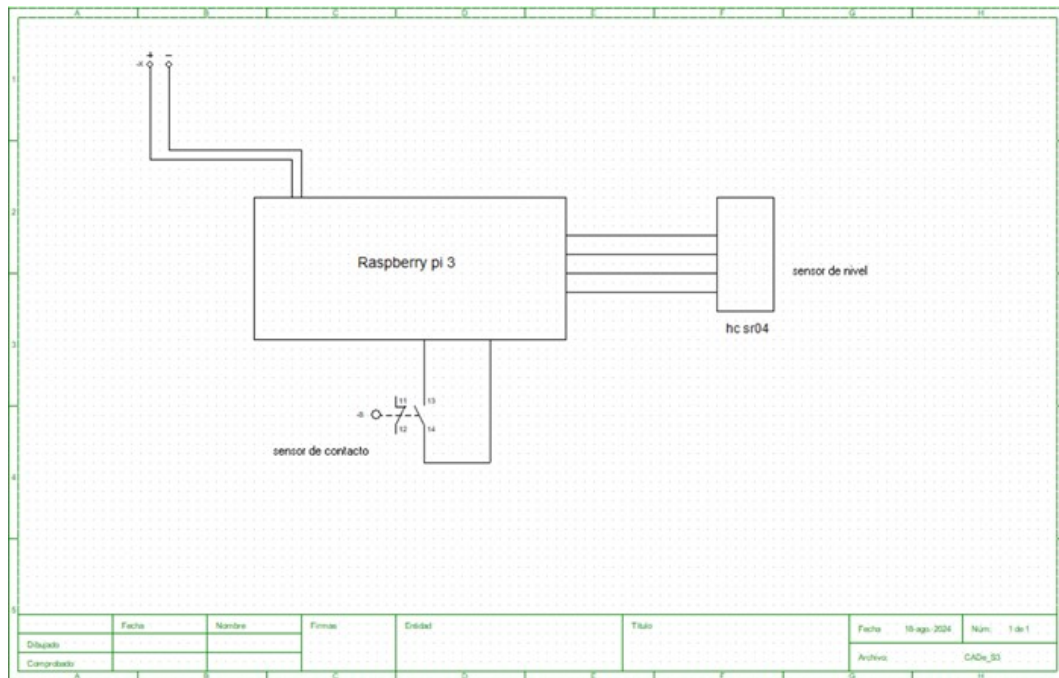


Figura 22. diagrama de monitoreo, por autor.

El sistema de monitoreo diseñado utiliza una Raspberry Pi 3 como controlador central, que gestiona dos sensores clave: un sensor de carrera final y un sensor ultrasónico HC-SR04. Ambos sensores están conectados a la Raspberry Pi, lo que permite realizar tareas de monitoreo, conteo y medición en tiempo real, optimizando así la operación de la línea de producción.

- La Raspberry Pi 3 actúa como el controlador principal del sistema. Este dispositivo es responsable de recibir las señales provenientes de los sensores y de procesar los datos para calcular métricas clave como la producción total, el rendimiento y el nivel de líquido en el tanque. La capacidad de la Raspberry Pi permite que los datos recopilados por los sensores puedan ser visualizados y enviados a un dashboard en tiempo real para su supervisión y análisis.
- El sensor de carrera final se encarga de detectar el paso de las bandejas o productos a lo largo de la línea de producción. Cada vez que un producto pasa y activa el sensor, este envía una señal a la Raspberry Pi, que incrementa un contador. Esto permite registrar la cantidad total de productos procesados. A partir de esta información, el sistema podrá calcular el rendimiento en tiempo real y la producción total. Este monitoreo continuo proporciona datos precisos y en tiempo real, ayudando a optimizar el proceso productivo y a medir la eficiencia operativa.
- El sensor HC-SR04 es un sensor ultrasónico que mide el nivel del líquido en el tanque. Este sensor envía ondas ultrasónicas hacia la superficie del líquido y mide el tiempo que tardan en regresar después de reflejarse. Con esta información, la Raspberry Pi calcula la distancia entre el sensor y el nivel del líquido, lo que permite determinar la cantidad de líquido disponible en el tanque, evitando interrupciones en el proceso debido a la falta de insumos.

El sistema de monitoreo implementado utiliza una Raspberry Pi junto con varios sensores para supervisar la producción y el nivel de líquido en un tanque. La información recopilada se muestra en tiempo real en un dashboard creado con Node-RED. A continuación se detalla el funcionamiento de cada componente y cómo se integran para proporcionar una visualización continua de los datos.

```

1
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 import time
4 import threading
5 import json
6 import os
7
8 # Configuración de pines
9 sensor_produccion_pin = 17 # GPIO para el sensor capacitivo
10 trig_pin = 23 # GPIO para TRIG del sensor ultrasónico
11 echo_pin = 24 # GPIO para ECHO del sensor ultrasónico
12 altura_tanque = 60.0 # Altura del tanque en cm
13
14 # Variables para almacenar datos
15 conteo_produccion = 0
16 nivel_liquido = 0.0
17 produccion_por_hora = []
18
19 # Configuración inicial
20 GPIO.setwarnings(False) # Desactiva advertencias sobre el uso de GPIO
21 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
22 GPIO.setup(sensor_produccion_pin, GPIO.IN)
23 GPIO.setup(trig_pin, GPIO.OUT)
24 GPIO.setup(echo_pin, GPIO.IN)
25
26 # Ruta al archivo de datos
27 archivo_datos = '/home/sebas172001/datos.json'
28
29 # Asegúrate de que el archivo exista antes de intentar escribir en él
30 if not os.path.isfile(archivo_datos):
31     with open(archivo_datos, 'w') as f:
32         json.dump({"conteo_produccion": 0, "promedio_por_hora": 0, "nivel_liquido": 0}, f)
33
34 def contar_produccion():
35     global conteo_produccion
36     while True:
37         if GPIO.input(sensor_produccion_pin) == GPIO.HIGH:
38             conteo_produccion += 1
39             time.sleep(1) # Evitar conteo doble
40     print(f"total de bandejas fumigadas: {conteo_produccion}")
41
42 def medir_nivel():
43     global nivel_liquido
44     while True:
45         # Enviar pulso TRIG
46         GPIO.output(trig_pin, GPIO.HIGH)
47         time.sleep(0.00001)
48         GPIO.output(trig_pin, GPIO.LOW)
49         # Medir el tiempo del pulso ECHO

```

Figura 23. programación en python, por autor.

V-HI. Código Python: El código Python es el núcleo del sistema de monitoreo, encargado de interactuar con los sensores y procesar los datos que se generan. La estructura del código es la siguiente:

- **Importación de Bibliotecas:** El código comienza importando las bibliotecas necesarias:

```

import RPi.GPIO as GPIO
import time
import threading
import json
import os

```

Estas bibliotecas permiten controlar los pines GPIO, manejar operaciones relacionadas con el tiempo y gestionar múltiples hilos de ejecución, así como manipular archivos JSON para almacenar datos.

- **Configuración de Pines:** A continuación, se configuran los pines GPIO que se utilizarán para conectar los sensores:

```
sensor_produccion_pin = 17 # Pin GPIO sensor de detección
trig_pin = 23             # Pin GPIO conectado al pin TRIG
echo_pin = 24            # Pin GPIO conectado al pin ECHO
altura_tanque = 60.0     # Altura total del tanque en cm
```

- **Variables para Almacenar Datos:** El sistema utiliza variables globales para almacenar datos críticos como el conteo de producción y el nivel de líquido:

```
conteo_produccion = 0
nivel_liquido = 0.0
produccion_por_hora = []
```

- **Configuración Inicial de GPIO:** Los pines GPIO se configuran para entrada y salida utilizando los siguientes comandos:

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(sensor_produccion_pin, GPIO.IN)
GPIO.setup(trig_pin, GPIO.OUT)
GPIO.setup(echo_pin, GPIO.IN)
```

- **Función para Contar Producción:** Esta función monitorea el sensor de producción y aumenta el conteo cada vez que se detecta una señal alta:

```
def contar_produccion():
    global conteo_produccion
    while True:
        if GPIO.input(sensor_produccion_pin) == GPIO.HIGH:
            conteo_produccion += 1
            time.sleep(1) # Evitar conteo doble
```

Esta función es esencial para evitar la duplicación en el conteo de las unidades producidas.

- **Función para Medir Nivel de Líquido:** La medición del nivel de líquido en el tanque se realiza mediante un sensor ultrasónico:

```
def medir_nivel():
    global nivel_liquido
    while True:
        GPIO.output(trig_pin, GPIO.HIGH)
        time.sleep(0.00001)
        GPIO.output(trig_pin, GPIO.LOW)

        while GPIO.input(echo_pin) == 0:
            start_time = time.time()
        while GPIO.input(echo_pin) == 1:
            end_time = time.time()

        pulse_duration = end_time - start_time
        distance = pulse_duration * 34300 / 2
```

```

nivel_liquido = altura_tanque - distance
if nivel_liquido < 0:
    nivel_liquido = 0

print(f"Nivel de líquido: {nivel_liquido:.2f} cm")
time.sleep(5)

```

Este método calcula la distancia que recorre el eco ultrasónico para determinar el nivel de líquido en el tanque.

- **Función para Calcular Promedio de Producción por Hora:** Cada hora, esta función calcula y almacena el promedio de la producción:

```

def calcular_promedio_por_hora():
    global conteo_produccion, produccion_por_hora
    while True:
        time.sleep(3600) # Esperar una hora
        produccion_por_hora.append(conteo_produccion)
        conteo_produccion = 0

```

Esta función asegura que se pueda calcular un promedio preciso de producción a lo largo del tiempo.

- **Hilos de Ejecución:** Finalmente, se implementan hilos para ejecutar las funciones mencionadas en paralelo:

```

threading.Thread(target=contar_produccion).start()
threading.Thread(target=medir_nivel).start()
threading.Thread(target=calcular_promedio_por_hora).start()

```

Estos hilos permiten que las funciones de conteo, medición y cálculo operen simultáneamente sin interferencias.

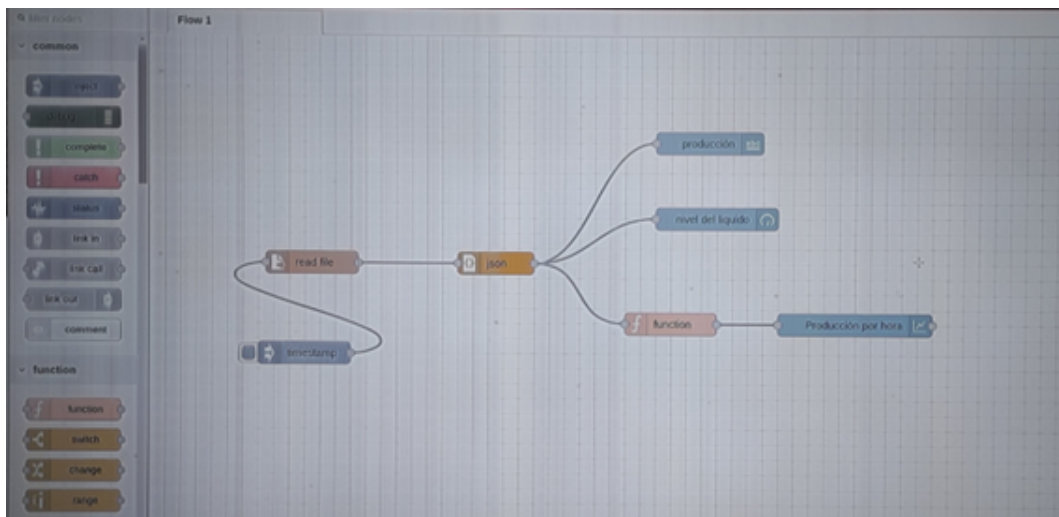


Figura 24. diagrama node red, por autor.

V-H2. Configuración de Node-RED y Dashboard: Node-RED se emplea como interfaz gráfica para visualizar los datos recogidos por el sistema. La configuración se detalla a continuación:

- **Flujo en Node-RED:** En el flujo de Node-RED se utilizan nodos para leer un archivo JSON que contiene los datos de producción y nivel de líquido. Estos datos se procesan y se presentan en un dashboard.
- **Dashboard:** El dashboard está diseñado para mostrar dos indicadores principales: el nivel de líquido en el tanque la producción promedio y total. Se emplean indicadores gráficos que permiten una visualización rápida y clara de la información en tiempo real.

Este sistema proporciona una solución robusta para el monitoreo en tiempo real de un proceso de producción, permitiendo no solo la recolección y almacenamiento de datos, sino también su visualización a través de una interfaz intuitiva y accesible.

V-I. Análisis del Costo-Beneficio del Sistema Automático de Atomización

V-11. Costo de Adquisición de Equipos y Construcción (CapEx): El sistema automático de atomización tiene un costo de adquisición inicial de 6,000 USD. Este valor incluye la compra de todos los equipos necesarios (PLC, sensores, variador de frecuencia, motor, bomba, etc.), así como los gastos de construcción, instalación y puesta en marcha.

V-12. Costo de Trabajo Manual: El trabajo manual requiere de un operador que trabaja durante 12 horas diarias, con un salario de 30 USD por jornada. Suponiendo un total de 250 días laborales al año, el costo anual de la mano de obra es:

Costo anual manual = Costo diario operario × Días laborales anuales (62)

$$\text{Costo diario operario} = 30 \text{ USD/día} \quad (63)$$

$$\text{Días laborales anuales} = 250 \text{ días} \quad (64)$$

$$\text{Costo anual manual} = 30 \text{ USD/día} \times 250 \text{ días} = 7,500 \text{ USD/año} \quad (65)$$

V-13. Desperdicio de Líquido en el Trabajo Manual: En el proceso manual, se analizó en el proceso un desperdicio del 30% del líquido utilizado en cada aplicación debido a imprecisiones y errores humanos. Este desperdicio afecta negativamente la eficiencia del proceso, aumentando el costo operativo y la contaminación del medio ambiente. En contraste, el sistema automático de atomización está diseñado para minimizar este desperdicio, optimizando el uso del líquido y reduciendo las pérdidas.

V-14. Costo de pérdida por aplicación manual: Para este análisis se tomó en cuenta el producto químico aplicado en el proceso de fumigación con el nombre de Mertect y ficha técnica adjunta en los anexos

Aplicación de dosis normal 200ml

Cuando se aplican 200 ml de solución por caja, la cantidad de Mertect necesaria por caja es:

$$\text{Mertect por caja} = \frac{182 \text{ ml}}{100 \text{ litros}} \times 0,2 \text{ litros} = 0,364 \text{ ml por caja}$$

Para 3500 cajas, la cantidad total de Mertect necesaria es:

$$\text{Mertect total} = 0,364 \text{ ml por caja} \times 3500 \text{ cajas} = 1274 \text{ ml} = 1,274 \text{ litros}$$

El costo total, sabiendo que cada 100 ml de Mertect cuesta \$6.85, es:

$$\text{Costo total} = \frac{1274 \text{ ml}}{100} \times 6,85 = 87,29 \text{ USD}$$

Aplicación con el 30 % de desperdicio de solución por caja:

Cuando se aplican 260 ml que corresponde al desperdicio más la dosis necesaria de solución por caja, la cantidad de Mertect necesaria por caja es:

$$\text{Mertect por caja} = \frac{182 \text{ ml}}{100 \text{ litros}} \times 0,26 \text{ litros} = 0,4732 \text{ ml por caja}$$

Para 3500 cajas, la cantidad total de Mertect necesaria es:

$$\text{Mertect total} = 0,4732 \text{ ml por caja} \times 3500 \text{ cajas} = 1656,2 \text{ ml} = 1,6562 \text{ litros}$$

El costo total, sabiendo que cada 100 ml de Mertect cuesta \$6.85, es:

$$\text{Costo total} = \frac{1656,2 \text{ ml}}{100} \times 6,85 = 113,47 \text{ USD}$$

Comparación y diferencia de gasto:

Al comparar las dos aplicaciones:

- Con 0.2 litros por caja, el costo total es \$87.29 USD. - Con 0.26 litros por caja, el costo total es \$113.47 USD.

La diferencia de gasto es:

$$\text{Diferencia de gasto} = 113,47 \text{ USD} - 87,29 \text{ USD} = 26,18 \text{ USD}$$

con el exceso de aplicación del 30 % por caja incrementa el gasto en \$26.18 USD para una producción de 3500 cajas de banano.

V-15. Costo Anual de Energía del Sistema Automático: El cálculo del costo de energía se basa en los principales componentes del sistema:

- Motor del transportador: Potencia de 0.18KW.
- Bomba: Potencia de 50 watts (equivalente a 0.05 kW).
- Variador de frecuencia y controles: Se estima un consumo adicional de 0.2 kW.

El sistema opera durante 11 horas diarias y 250 días laborales al año. El consumo energético diario es:

$$\text{Consumo diario del motor} = 0,18 \text{ kW} \times 11 \text{ horas} = 1,98 \text{ kWh/día} \quad (66)$$

$$\text{Consumo diario de la bomba} = 0,05 \text{ kW} \times 11 \text{ horas} = 0,55 \text{ kWh/día} \quad (67)$$

$$\text{Consumo diario del variador y controles} = 0,2 \text{ kW} \times 11 \text{ horas} = 2,2 \text{ kWh/día} \quad (68)$$

El consumo energético total diario es:

$$\text{Consumo total diario} = 1,98 \text{ kWh} + 0,55 \text{ kWh} + 2,2 \text{ kWh} = 4,73 \text{ kWh/día} \quad (69)$$

Multiplicando por los 250 días laborales al año, el consumo energético anual es:

$$\text{Consumo total anual} = 4,73 \text{ kWh/día} \times 250 \text{ días} = 1,182,5 \text{ kWh/año} \quad (70)$$

A un precio promedio de 0.10 USD por kWh en Ecuador, el *costo anual de energía* es:

$$\text{Costo anual de energía} = 1,182,5 \text{ kWh} \times 0,10 \text{ USD/kWh} = 118,25 \text{ USD/año} \quad (71)$$

V-I6. Costo de Mantenimiento Anual: El sistema automático tiene un costo de mantenimiento anual estimado en \$ 200 USD. Este mantenimiento incluye inspecciones regulares, reemplazo de piezas desgastadas lubricación del sistema y ajustes menores que garantizan el correcto funcionamiento del sistema a lo largo del tiempo.

V-I7. Retorno de la Inversión (ROI): El tiempo estimado para recuperar la inversión inicial se calcula dividiendo el costo inicial del sistema automático entre el ahorro anual:

$$\text{Tiempo de retorno de la inversión} = \frac{\text{Costo inicial}}{\text{Ahorro anual}} \quad (72)$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Tiempo de retorno de la inversión} = \frac{6,000 \text{ USD}}{7,181,85 \text{ USD/año}} = 0,83 \text{ años} \approx 10 \text{ meses} \quad (73)$$

El sistema automático de atomización, a pesar de su costo inicial de 6,000 USD, es altamente rentable. El sistema reduce significativamente los costos operativos anuales en comparación con el trabajo manual, eliminando el desperdicio de líquido y reduciendo los gastos en mano de obra. Con un retorno de la inversión en aproximadamente 10 meses, el sistema automático ofrece una solución eficiente y sostenible a largo plazo, mejorando la productividad y optimizando los recursos.

VI. RESULTADOS

Se llevó a cabo la construcción e implementación del prototipo de la cabina de atomización para una línea de empaque de banano, cumpliendo con los objetivos planteados para mejorar el proceso de fumigación en las bandejas de banano. El prototipo fue fabricado utilizando una estructura metálica resistente, sobre la cual se instaló una cabina de acrílico que permite la observación y control del proceso de atomización.



Figura 25. fabricación de la cabina por autor.

La cabina está diseñada para contener el sistema de aspersores que realizan la fumigación de las bandejas. Se trabajó con un sistema para la dosificación que asegura la aplicación de 200 ml de líquido atomizado por bandeja, optimizando así la eficiencia del proceso. El uso de este sistema permite no solo una distribución uniforme del líquido, sino también una reducción en el desperdicio de producto.



Figura 26. Dosificadores por autor.

Para la manipulación de las bandejas, se implementó un transportador de cadenas, el cual está conectado a un variador de frecuencia (VFD) que permite ajustar la velocidad del transporte según las necesidades del proceso. Este sistema está controlado por un PLC (Controlador Lógico Programable) que regula el movimiento de las bandejas y coordina la sincronización con el sistema de aspersores. El sensor de carrera final instalado en el ingreso de la cabina detecta la presencia de cada bandeja y activa el sistema de atomización.



Figura 27. caja con los elementos por autor.

Adicionalmente, se integró una Raspberry Pi para la recolección de datos y monitoreo del proceso en tiempo real. El dispositivo registra la cantidad de bandejas procesadas por hora y mide el nivel del líquido atomizador en el tanque, utilizando un sensor ultrasónico. Esta información se visualiza en un dashboard desarrollado en Node-RED, lo que permite un control eficiente del sistema desde dispositivos móviles o computadoras.



Figura 28. cabina de fumigación por autor

La evaluación del prototipo en condiciones de trabajo mostró mejoras significativas en términos de eficiencia y precisión en la aplicación del líquido fumigador, cumpliendo con los requerimientos de la línea de empaque de banano y reduciendo tiempos de procesamiento y costos asociados al desperdicio de producto químico.

VII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la figura III.

Tabla III
CRONOGRAMA

Actividades	Cronograma de actividades															
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Investigación	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Redacción del anteproyecto	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Exposición y Revisión del Tema	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Entrega del Anteproyecto	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Presupuesto	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
diseño	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Adquisición de materiales	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Construcción del prototipo	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Programación PLC y Raspberry Pi	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Pruebas iniciales	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Ajustes y mejoras	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Finalización y documentación	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

VIII. PRESUPUESTO

Nombre del elemento	Descripción	Valor total
Material en acero inoxidable	Para la estructura	2.000,00\$
Planchas de acero	Para refuerzos y base	100,00\$
Tornillería y fijaciones	Para ensamblaje	65,00\$
Motor del transportador	0.18kw	200,00\$
Bomba	50 W	60,00\$
Variador de frecuencia		200,00\$
PLC Siemens LOGO!		200,00\$
Sensores	Sensor de nivel y detección de bandeja	70,00\$
Cables y canalización eléctrica	Cables y accesorios	120,00\$
Cadenas y piñones	Para transmisión de movimiento	350,00\$
Rodamientos		70,00\$
Boquillas de atomización		60,00\$
Tuberías de PVC (1/2 pulgada)	Para sistema de atomización	30,00\$
Válvulas de control		75,00\$
Fabricación de la estructura	Construcción de la estructura principal	1.100,00\$
Mano de obra		1.300,00\$
TOTAL		6.000,00\$

IX. CONCLUSIONES

La implementación del sistema automático de atomización en el proceso de empaque de banano ha resultado ser una inversión estratégicamente acertada, que supera considerablemente las limitaciones del método manual. Con una inversión inicial de 6,000 USD, este sistema presenta una solución robusta que, a pesar de su costo inicial, genera ahorros significativos en términos de costos operativos y eficiencia de producción a largo plazo.

El análisis de los costos operativos revela que el consumo anual de energía es de aproximadamente solo 118.25 USD, con un gasto de mantenimiento adicional estimado en 200 USD. Estos costos contrastan favorablemente con los 7500 USD anuales que se incurren por mano de obra en el método manual. Este ahorro en costos laborales, junto con la optimización del consumo de energía, subraya la eficacia de la automatización en la reducción de costos operativos generales.

La capacidad del sistema automático para optimizar el uso de recursos es notable. La mejora en la precisión y eficiencia del sistema no solo aumenta la rentabilidad sino que también contribuye a la sostenibilidad del proceso, reduciendo el impacto ambiental general y mejorando la gestión de insumos.

El retorno de la inversión para este sistema es excepcionalmente rápido, recuperando la inversión inicial en aproximadamente 10 meses, gracias a los ahorros en costos operativos. Este rápido retorno es una prueba contundente de la viabilidad del sistema y de su capacidad para mejorar sustancialmente la eficiencia operativa.

Además, el sistema ha elevado la productividad a un nuevo nivel, procesando hasta 3,000 cajas por día, lo que asegura no solo una mayor capacidad de producción sino también una consistencia en la calidad del producto final. Esta mejora es fundamental para mantener la competitividad en el mercado.

El sistema automático también se destaca por su potencial de adaptabilidad y expansión. Esta flexibilidad permite ajustes o expansiones futuras para adaptarse a las cambiantes demandas del mercado o integrar nuevas tecnologías que puedan surgir, manteniendo la eficacia del sistema a largo plazo.

X. RECOMENDACIONES

En el contexto del proyecto de implementación del sistema automático de atomización en el proceso de empaque de banano, es vital mantener una actitud proactiva hacia el mantenimiento y la mejora del sistema. Establecer un protocolo robusto que permita la detección y solución de problemas técnicos de forma eficiente es esencial para asegurar una operatividad constante. Además, fomentar un enfoque de mejora continua mediante la evaluación regular del rendimiento del sistema puede incrementar significativamente la eficiencia y reducir los costos operativos.

La capacitación adecuada del personal es crucial para el éxito a largo plazo del sistema automático. A pesar de la reducción de la necesidad de intervención manual gracias a la automatización, es importante que los operadores estén bien formados en aspectos como la operación diaria, el mantenimiento preventivo y la resolución de problemas básicos. Esto no solo minimiza las interrupciones del sistema sino que también extiende la vida útil del equipo.

Además, se recomienda explorar la expansión de la automatización en otras áreas del proceso de producción. Por ejemplo, se sugiere realizar un estudio para evaluar la viabilidad de agregar un sistema de etiquetado automático sobre la plataforma de transporte. Esto no solo podría mejorar la trazabilidad y la calidad del producto final sino también integrar aún más la producción con los sistemas de logística y distribución.

Considerar el impacto ambiental del sistema es otro aspecto crucial. Es recomendable realizar evaluaciones periódicas para asegurar que el sistema automático minimice su impacto ambiental. Esto incluye no solo la optimización del uso de los recursos sino también la gestión adecuada de los residuos y la conformidad con las normativas ambientales.

Antes de proceder con cualquier inversión adicional o expansión del sistema, es prudente realizar análisis de costo-beneficio detallados. Esto asegura que cualquier expansión sea no solo técnicamente factible sino también económicamente viable.

Adoptando estas recomendaciones, el proyecto no solo mantendrá su relevancia y efectividad en el tiempo sino que también avanzará hacia una mayor eficiencia operativa y cumplimiento de las necesidades comerciales y ambientales.

REFERENCIAS

- [1] S. Vitali, «Agroindustria y precarización laboral en el sector bananero de Los Ríos, Ecuador,» *Revista Economía*, vol. 68, n.º 107, págs. 153-170, 2019. DOI: 10.29166/economia.v68i107.2004.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations, *World Banana Forum Projects*, <https://www.fao.org/world-banana-forum/projects/87460/es/>, Accessed: Jun. 15, 2024, 2023.
- [3] F. Ortiz, *Conozcamos y manejemos los pesticidas para la huerta casera*, 2015. dirección: <https://guao.org/sites/default/files/biblioteca/Conozcamos%20y%20manejemos%20los%20pesticidas%20para%20la%20huerta%20casera.pdf>.
- [4] Giler, *IMPACTO AMBIENTAL OCASIONADO POR DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN BANANERAS DEL CANTÓN VALENCIA*, 2021.
- [5] F. V. Marcos, «Prevención y control del riesgo de los productos químicos,» *Rev Esp Salud Pública*, vol. 70, n.º 4, págs. 409-420, 1996.
- [6] M. Tennasse, «Situación actual y perspectivas de la salud ocupacional en América Latina,» *Salud de los Trabajadores*, vol. 3, n.º 1, págs. 6-10, 1995.
- [7] L. B. Capa Benítez, T. P. Alaña Castillo y R. M. Benítez Narváez, «Importancia de la producción de banano orgánico.: caso: provincia el oro, ecuador,» *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 8, n.º 3, págs. 64-71, 2016.
- [8] J. d. R. Mantilla Benitez, «Manual de procedimiento para la manipulación, embalaje y envío de banano Orito en el Centro de Acopio”JZ”SA del Cantón la Maná,» B.S. thesis, 2015.
- [9] M. Y. Vera Peña, «Metodología de Diseño Simultáneo de Proceso y Control aplicada a un secado por atomización multiproducto para sustancias químicas naturales,» Tesis doct., 2012.
- [10] C. A. Robles Silva y D. C. Jaimes Balcucho, *Revisión bibliográfico de las técnicas que relacionan la lógica de programación de red de Petri con la lógica de programación de escalera para la implementación de sistemas automatizados de control*, 2013.
- [11] National Instruments Support, *Aprenda LabVIEW: Introducción a programación gráfica en NI LabVIEW*, Accedido: 10-10-2021, 2021. dirección: <https://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/>.
- [12] Raspberry Pi Foundation. «Raspberry Pi Documentation.» (2024), dirección: <https://www.raspberrypi.org/documentation/>.
- [13] Código Electrónica. «Node-RED: Entorno de trabajo.» (2024), dirección: <http://codigoelectronica.com/blog/node-red-entorno-de-trabajo>.
- [14] Ultimation Inc. «Transportador de Cadena.» (2024), dirección: <https://www.ultimationinc.com/es/sistemas-de-transporte-industrial/transportador-de-cadena/>.
- [15] Norelem. «Cadenas de rodillos simples de acero inoxidable según DIN ISO 606, pestaña curvada.» (2024), dirección: <https://www.norelem.mx/mx/es/Productos/Vista-general-de-productos.html#>.
- [16] A. Rodríguez Barroso, «Diseño y desarrollo de un robot de cirugía para operaciones este-reotácticas,» 2015.
- [17] D. del Triatlón et al., «¿ Cera o aceite para la cadena?, pues depende de si es para MTb o bici de carretera o si entrenas mucho o poco,» 2022.
- [18] J. VAZQUEZ RUIZ, «DISEÑO DE BANDA TRANSPORTADORA PARA EL PROCESO DE PRODUCTOS LÁCTEOS,» inf. téc., 2017.
- [19] *SF11003 - Boquilla Plástico SF Chorro Plano 110º Azul*, <https://recambiosagricolasonline.com/boquillas/22788-boquilla-plastico-sf-chorro-plano-110-azul.html>, Accessed: 15-Aug-2024.

- [20] *Agricultural sprayers — Spray nozzles — Colour coding for identification and classification*, Geneva, Switzerland, 2018.
- [21] *Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra*, St. Joseph, Michigan, 2009.
- [22] U. C. Extension, *Sprayer Nozzle Selection*, <https://extension.uga.edu/publications.html>, 2024.
- [23] M. S. University, *Nozzle Tips and Strainers - Pesticide Safety Education Program*, <https://www.montana.edu/pesticideeducation/>, 2024.
- [24] K. S. University, *Agricultural Spray Nozzles: Selection and Sizing*, <https://bookstore.ksre.ksu.edu/>, 2024.
- [25] P. Stewardship, *Equipment to Reduce Spray Drift*, <https://pesticidestewardship.org/>, 2024.
- [26] Plasticres, *Bandeja de División*, <https://plasticres.com.ec/producto/bandeja-de-division/>, 2024.

ANEXO A
PLANOS Y DIAGRAMAS

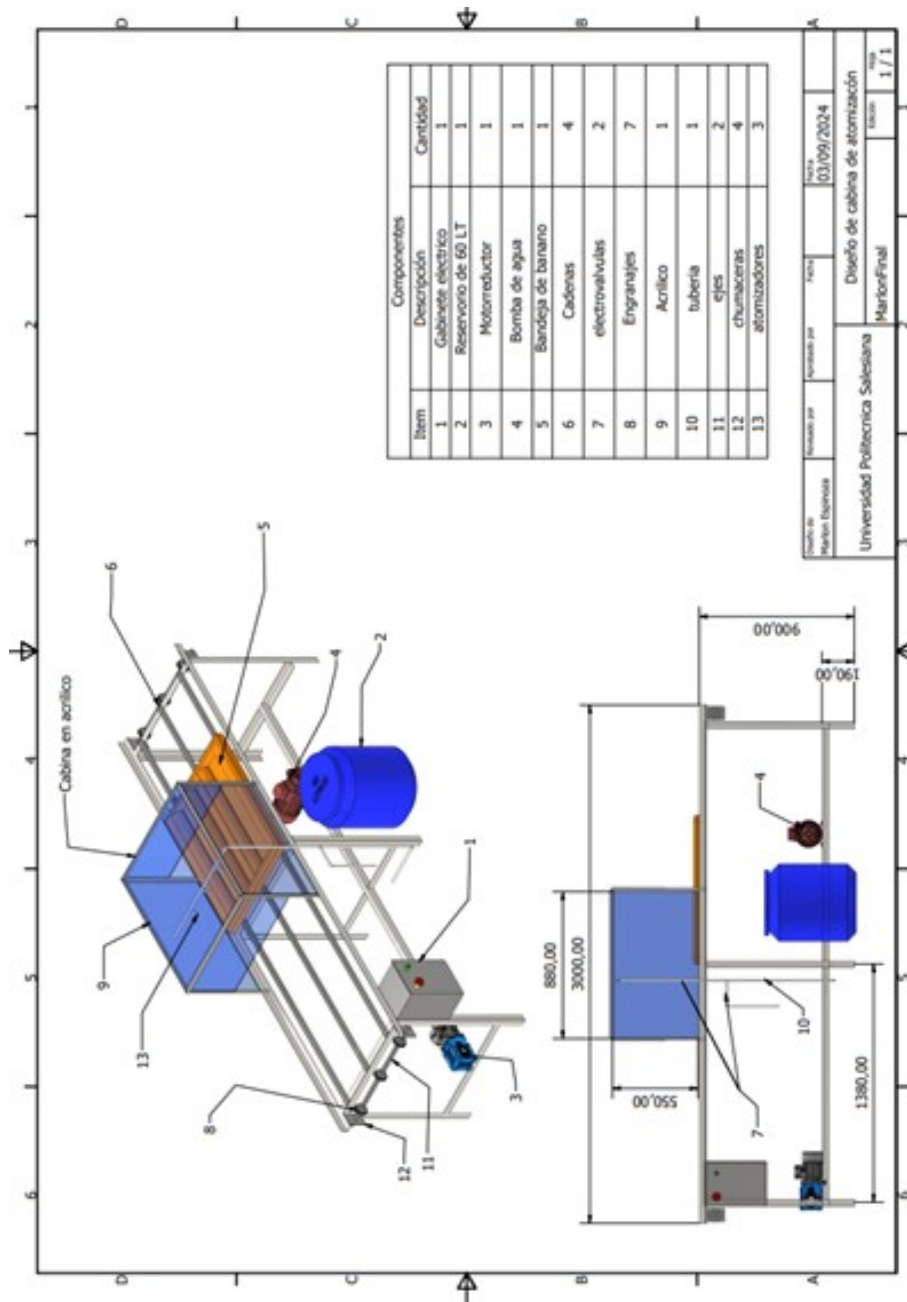


Figura 29. plano bastidor [autor].

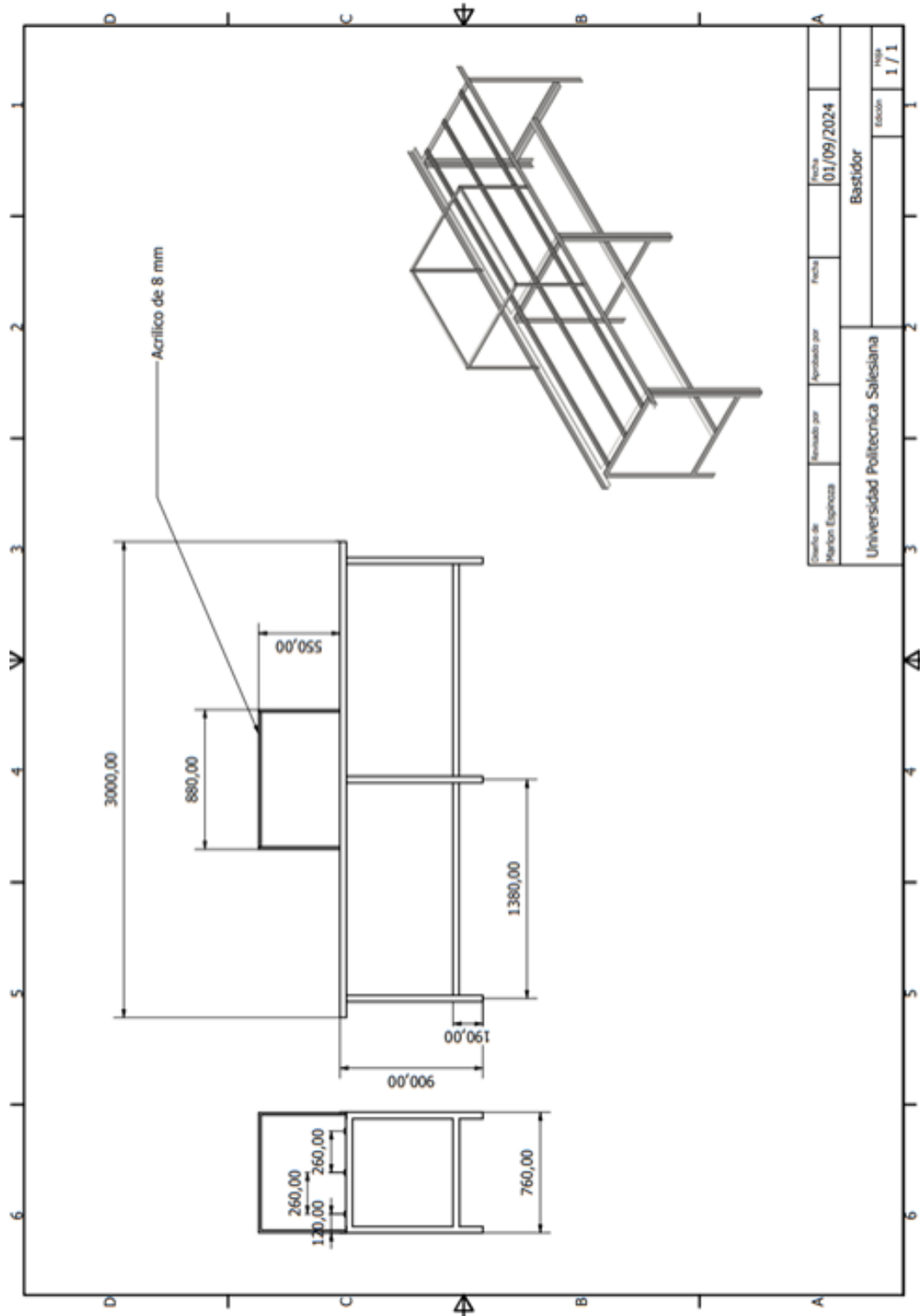
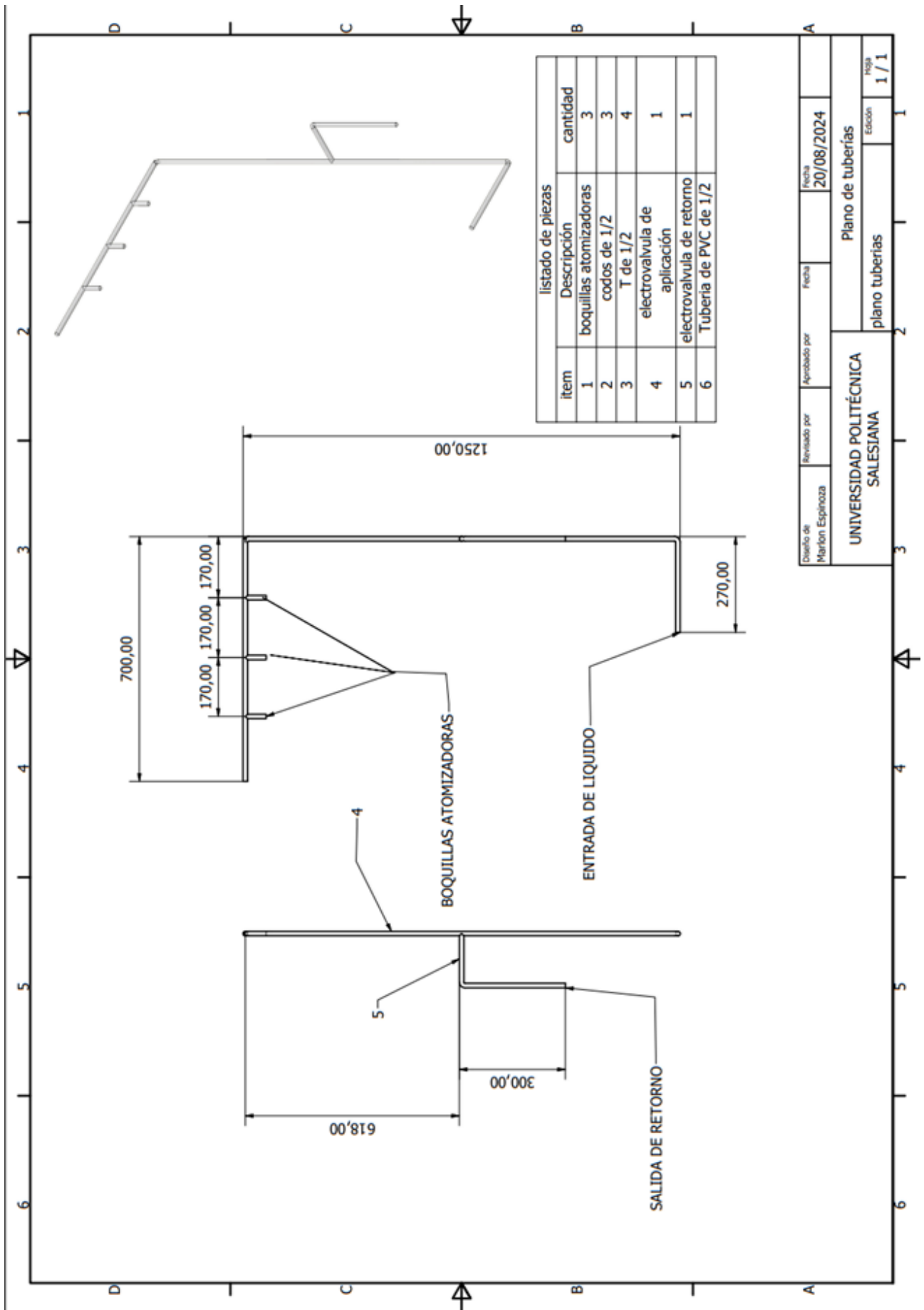


Figura 30. plano bastidor [autor].



Diseño de Marlon Espinoza	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
			20/08/2024	
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			Plano de tuberías	
			Edición	Hoja
				1 / 1

Figura 31. plano de tuberías [autor].

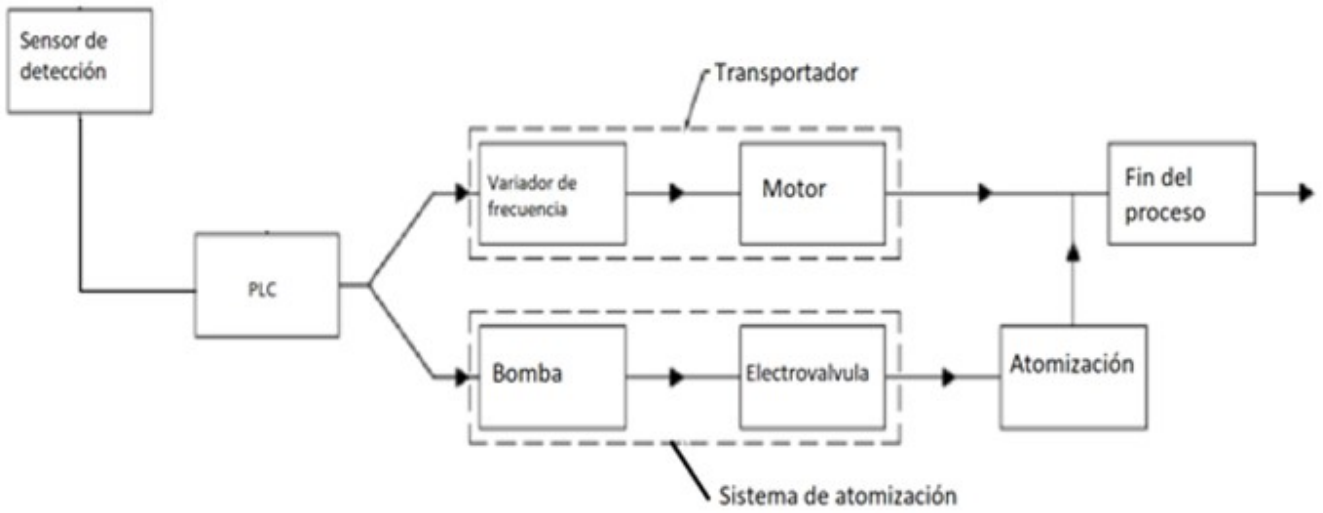


Figura 32. Diagrama de funcionamiento, por autor.

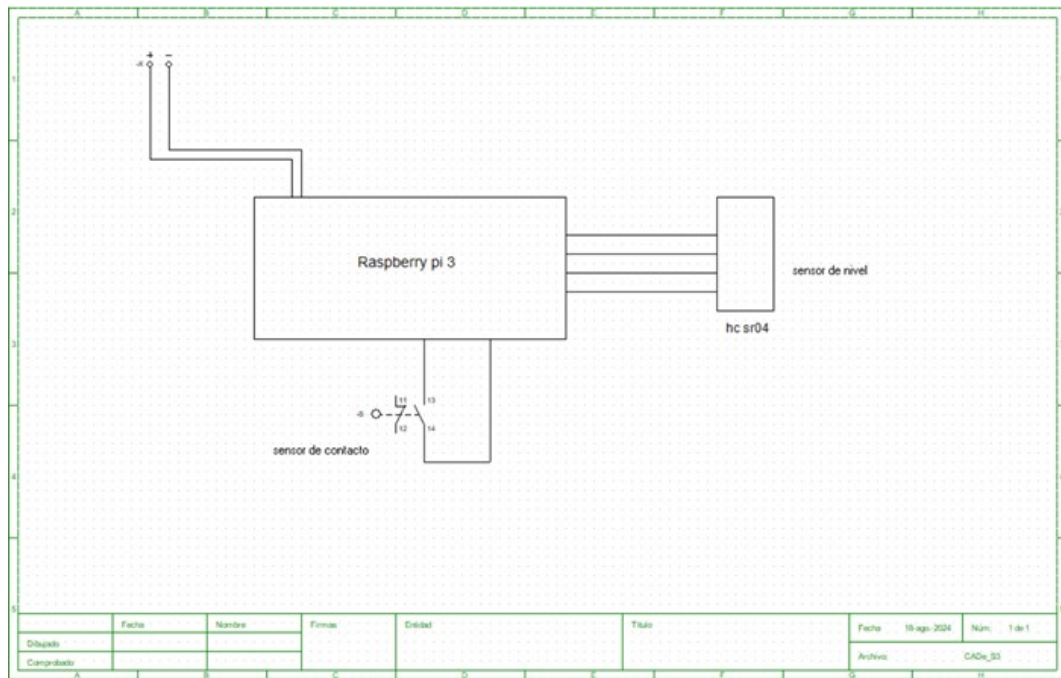


Figura 33. diagrama de monitoreo, por autor.

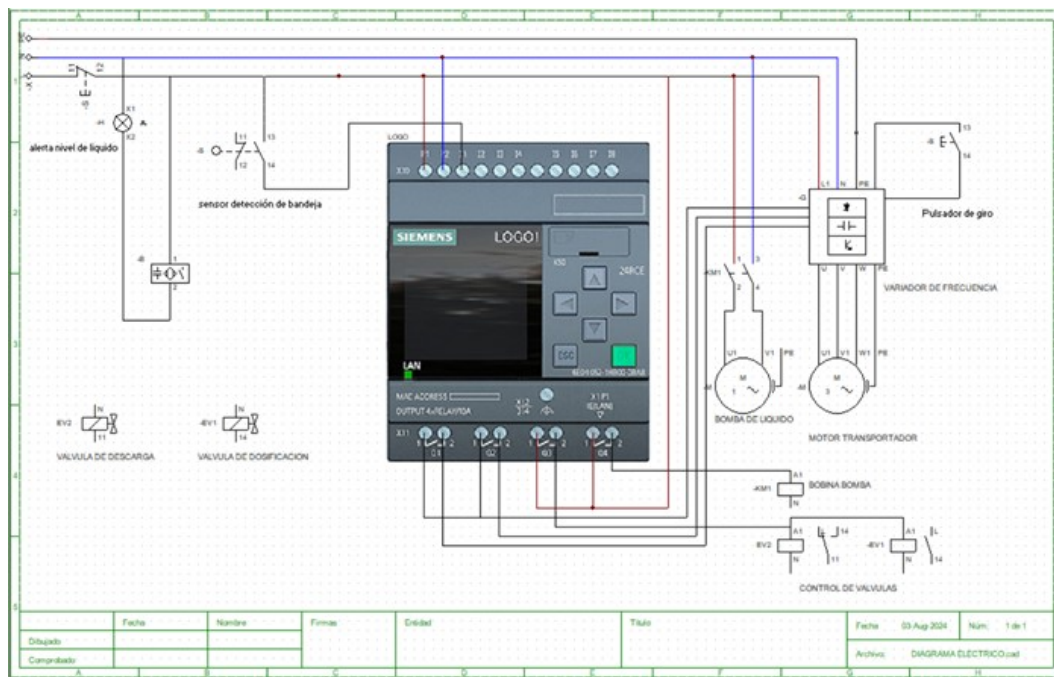


Figura 34. diagrama de conexiones, por autor.

ANEXO B
FICHAS TÉCNICAS Y CATÁLOGOS



MOTOR TRIFÁSICO CERRADO W22 IE2 IP55 1800RPM - 4 POLOS



Código	Potencia	Carcasa	Voltaje VAC	Forma Construc.	Precio
14690438	0.25HP (0.18kW)	63	220 - 380 - 440	B3L	93.15
14159736	0.5HP (0.37kW)	71	220 - 380 - 440	B3L	109.83
14159778	0.75HP (0.55kW)	71	220 - 380 - 440	B3L	124.09
11962873	1HP (0.75kW)	80	220 - 380 - 440	B3L	125.55
14689690	1.5HP (1.1kW)	L80	220 - 380 - 440	B3L	148.87
12231078	2HP (1.5kW)	90S	220 - 380 - 440	B3L	164.97
12020979	3HP (2.2kW)	L90	220 - 380 - 440	B3L	199.83
13589591	4HP (3kW)	100L	220 - 380 - 440	B3L	281.35
12020980	5HP (3.7kW)	100L	220 - 380 - 440	B3L	292.87
11706492	7.5HP (5.5kW)	112M	220 - 380 - 440	B3L	386.92
12585457	10HP (7.5kW)	132S	220 - 380 - 440	B3L	496.20
14682505	15HP (11kW)	132M	220 - 380 - 440	B3L	669.46
11611780	20HP (15kW)	160M	220 - 380 - 440	B3L	893.07
11779127	25HP (18.5kW)	160L	220 - 380 - 440	B3L	1,147.81
12226836	30HP (22kW)	180M	220 - 380 - 440	B3L	1,388.08
11666114	40HP (30kW)	200M	220 - 380 - 440	B3L	1,805.14
11815853	50HP (37kW)	200L	220 - 380 - 440	B3L	2,035.55
11707294	60HP (45kW)	225SM	220 - 380 - 440	B3L	2,692.87
11862605	75HP (55kW)	225SM	220 - 380 - 440	B3L	3,149.38

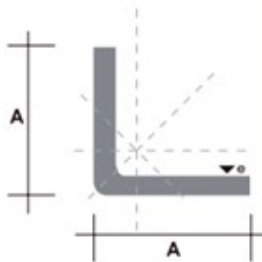
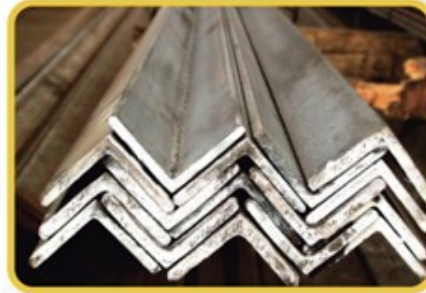
Figura 35. Catalogo de motores por WEG

ANSI Chain number	BS/ISO Chain number	Dimensions										Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter	Designation				
		Pitch	Roller diameter	Width between inner plates		Pin diameter	Pin length			Inner plate height	Plate thickness					Transverse pitch	Q min	Q ₀	q
				b ₁ max	d ₂ max		L max	L _c max	L _c max										
P	d ₁ max	b ₁ max	d ₂ max	L max	L _c max	L _c max	h ₂ max	T max	P _t	Q min	Q ₀	q							
mm													kN	kg/m	-				
15-1*	03C*	4,7625	2,48	2,38	1,62	6,1	6,9	-	4,3	0,6	-	1,8	2	0,08	PHC 15-1...				
25-1*	04C-1*	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40	-	6,00	0,80	-	3,5	4,6	0,15	PHC 25-1...				
35-1*	06C-1*	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17	-	9,00	1,30	-	7,9	10,8	0,33	PHC 35-1...				
41-1	085-1	12,700	7,77	6,25	3,58	13,75	15,00	-	9,91	1,30	-	6,7	12,6	0,41	PHC 41-1...				
40-1	08A-1	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80	-	12,00	1,50	-	14,1	17,5	0,62	PHC 40-1...				
50-1	10A-1	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20	23,30	15,09	2,03	-	22,2	29,4	1,02	PHC 50-1...				
60-1	12A-1	19,050	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70	28,30	18,00	2,42	-	31,8	41,5	1,50	PHC 60-1...				
80-1	16A-1	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00	36,50	24,00	3,25	-	56,7	69,4	2,60	PHC 80-1...				
100-1	20A-1	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70	44,70	30,00	4,00	-	88,5	109,2	3,91	PHC 100-1...				
120-1	24A-1	38,100	22,23	25,22	11,10	50,30	54,30	54,30	35,70	4,80	-	127,0	156,3	5,62	PHC 120-1...				
140-1	28A-1	44,450	25,40	25,22	12,70	54,40	59,00	59,00	41,00	5,60	-	172,4	212,0	7,50	PHC 140-1...				
160-1	32A-1	50,800	28,58	31,55	14,27	64,80	69,60	69,60	47,80	6,40	-	226,8	278,9	10,10	PHC 160-1...				
180-1	36A-1	57,150	35,71	35,48	17,46	72,80	78,60	78,60	53,60	7,20	-	280,2	341,8	13,45	PHC 180-1...				
200-1	40A-1	63,500	39,68	37,85	19,85	80,30	87,20	87,20	60,00	8,00	-	353,8	431,6	16,15	PHC 200-1...				
240-1	48A-1	76,200	47,63	47,35	23,81	95,50	103,00	103,00	72,39	9,50	-	510,3	622,5	23,20	PHC 240-1...				
25-2*	04C-2*	6,350	3,30	3,18	2,31	14,5	15,0	-	6,00	0,80	6,40	7,0	8,6	0,28	PHC 25-2...				
35-2*	06C-2*	9,525	5,08	4,77	3,58	22,5	23,3	-	9,00	1,30	10,13	15,8	19,7	0,63	PHC 35-2...				
41-2	085-2	12,700	7,77	6,25	3,58	25,7	26,9	-	9,91	1,30	11,95	13,3	16,9	0,81	PHC 41-2...				
40-2	08A-2	12,700	7,95	7,85	3,96	31,0	32,2	-	12,00	1,50	14,38	28,2	35,9	1,12	PHC 40-2...				
50-2	10A-2	15,875	10,16	9,40	5,08	38,9	40,4	41,2	15,09	2,03	18,11	44,4	58,1	2,00	PHC 50-2...				
60-2	12A-2	19,050	11,91	12,57	5,94	48,8	50,5	51,1	18,00	2,42	22,78	63,6	82,1	2,92	PHC 60-2...				
80-2	16A-2	25,400	15,88	15,75	7,92	62,7	64,3	65,8	24,00	3,25	29,29	113,4	141,8	5,15	PHC 80-2...				
100-2	20A-2	31,750	19,05	18,90	9,53	76,4	80,5	80,5	30,00	4,00	35,76	177,0	219,4	7,80	PHC 100-2...				
120-2	24A-2	38,100	22,23	25,22	11,10	95,8	99,7	99,7	35,70	4,80	45,44	254,0	314,9	11,70	PHC 120-2...				
140-2	28A-2	44,450	25,40	25,22	12,70	103,3	107,9	107,9	41,00	5,60	48,87	344,8	427,5	15,14	PHC 140-2...				
160-2	32A-2	50,800	28,58	31,55	14,27	123,3	128,1	128,1	47,80	6,40	58,55	453,6	562,4	20,14	PHC 160-2...				
180-2	36A-2	57,150	35,71	35,48	17,46	138,6	144,4	144,4	53,60	7,20	65,84	560,5	695,0	29,22	PHC 180-2...				
200-2	40A-2	63,500	39,68	37,85	19,85	151,9	158,8	158,8	60,00	8,00	71,55	707,6	877,4	32,24	PHC 200-2...				
240-2	48A-2	76,200	47,63	47,35	23,81	183,4	190,8	190,8	72,39	9,50	87,83	1020,6	1255,3	45,23	PHC 240-2...				
25-3*	04C-3*	6,350	3,30	3,18	2,31	21,0	21,5	-	6,00	0,80	6,40	10,5	12,6	0,44	PHC 25-3...				
35-3*	06C-3*	9,525	5,08	4,77	3,58	32,7	33,5	-	9,00	1,30	10,13	23,7	28,6	1,05	PHC 35-3...				
40-3	08A-3	12,700	7,95	7,85	3,96	45,4	46,6	-	12,00	1,50	14,38	42,3	50,0	1,90	PHC 40-3...				
50-3	10A-3	15,875	10,16	9,40	5,08	57,0	58,5	59,3	15,09	2,03	18,11	66,6	77,8	3,09	PHC 50-3...				
60-3	12A-3	19,050	11,91	12,57	5,94	71,5	73,3	73,9	18,00	2,42	22,78	95,4	111,1	4,54	PHC 60-3...				
80-3	16A-3	25,400	15,88	15,75	7,92	91,7	93,6	95,1	24,00	3,25	29,29	170,1	198,4	7,89	PHC 80-3...				
100-3	20A-3	31,750	19,05	18,90	9,53	112,2	116,3	116,3	30,00	4,00	35,76	265,5	309,6	11,77	PHC 100-3...				
120-3	24A-3	38,100	22,23	25,22	11,10	141,4	145,2	145,2	35,70	4,80	45,44	381,0	437,2	17,53	PHC 120-3...				
140-3	28A-3	44,450	25,40	25,22	12,70	152,2	156,8	156,8	41,00	5,60	48,87	517,2	593,3	22,20	PHC 140-3...				
160-3	32A-3	50,800	28,58	31,55	14,27	181,8	186,6	186,6	47,80	6,40	58,55	680,4	780,6	30,02	PHC 160-3...				
180-3	36A-3	57,150	35,71	35,48	17,46	204,4	210,2	210,2	53,60	7,20	65,84	840,7	983,6	38,22	PHC 180-3...				

Figura 36. Datos técnicos de cadenas por SKF

Especificaciones Generales:

Calidad:	ASTM A36 SAE J 1403 1008
Largo Normal:	6.00m
Espesores:	Desde 2mm a 12 mm
Acabado:	Acero Negro



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	A	e			
AL 20X2	20	2	0,60	3,62	0,76
AL 20X3	20	3	0,87	5,27	1,11
AL 25X2	25	2	0,75	4,56	0,96
AL 25X3	25	3	1,11	6,68	1,41
AL 25X4	25	4	1,45	8,75	1,84
AL 30X3	30	3	1,36	8,13	1,71
AL 30X4	30	4	1,77	10,63	2,24
AL 40X3	40	3	1,81	11,00	2,31
AL 40X4	40	4	2,39	14,34	3,04
AL 40X6	40	6	3,49	21,34	4,44
AL 50X3	50	3	2,29	13,85	2,91
AL 50X4	50	4	3,02	18,33	3,84
AL 50X6	50	6	4,43	26,58	5,64
AL 60X6	60	6	5,37	32,54	6,84
AL 60X8	60	8	7,09	42,54	9,03
AL 65X6	65	6	5,84	35,25	7,44
AL 70X6	70	6	6,32	38,28	8,05
AL 75X6	75	6	6,78	40,65	8,64
AL 75X8	75	8	8,92	54,18	11,36
AL 80X8	80	8	9,14	56,95	11,64
AL 100X6	100	6	9,14	56,95	11,64
AL 100X8	100	8	12,06	74,05	15,36
AL 100X10	100	10	15,04	90,21	19,15
AL 100X12	100	12	18,26	109,54	22,56

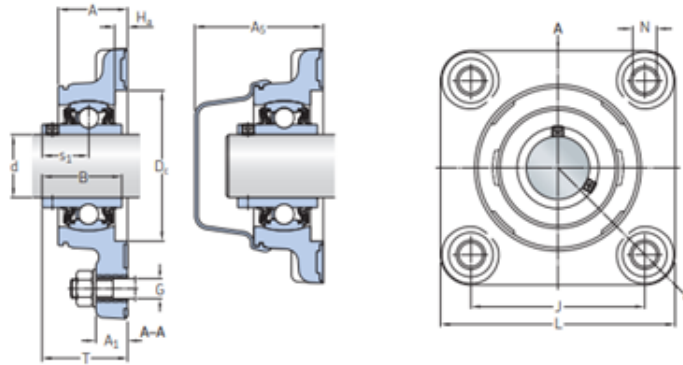
También en galvanizado e inoxidable

Figura 37. Catalogo perfiles L por Dipac

Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									lx	Wx	rx	ly	Wy	ry	lu	Wu	ru	lv	Wv	rv
	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm	cm	(°)	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

Figura 38. datos técnicos perfiles L por Dipac

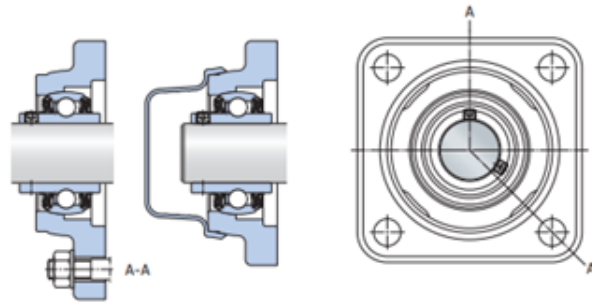
1.3 Square flanged ball bearing units, metric shafts
d 20 – 50 mm



F4BC (composite housing)

Principal dimensions		Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Mass	Designations	End cover
d	J	dynamic	static					
mm		kN	C_0	kN	r/min	kg	-	
20	63.5	10.8	6.55	0.28	5 000	0.28	F4BC 20M-TPSS	ECB 504
	63.5	10.8	6.55	0.28	5 000	0.69	F4BSS 20M-TPSS	ECB 504
	63.5	12.7	6.55	0.28	5 000	0.28	F4BC 20M-TPZM	ECB 504
25	69.9	11.9	7.8	0.335	4 300	1.05	F4BSS 25M-TPSS	ECB 505
	70	11.9	7.8	0.335	4 300	0.34	F4BC 25M-TPSS	ECB 505
	70	14	7.8	0.335	4 300	0.34	F4BC 25M-TPZM	ECB 505
30	82.6	16.3	11.2	0.475	3 800	1.45	F4BSS 30M-TPSS	ECB 506
	83	16.3	11.2	0.475	3 800	0.5	F4BC 30M-TPSS	ECB 506
	83	19.5	11.2	0.475	3 800	0.5	F4BC 30M-TPZM	ECB 506
35	92	21.6	15.3	0.655	3 200	0.72	F4BC 35M-TPSS	ECB 507
	92	25.5	15.3	0.655	3 200	0.72	F4BC 35M-TPZM	ECB 507
	92.1	21.6	15.3	0.655	3 200	1.8	F4BSS 35M-TPSS	ECB 507
40	101.6	24.7	19	0.8	2 800	2.2	F4BSS 40M-TPSS	ECB 508
	102	24.7	19	0.8	2 800	0.9	F4BC 40M-TPSS	ECB 508
	102	30.7	19	0.8	2 800	0.9	F4BC 40M-TPZM	ECB 508
50	111	29.6	23.2	0.98	2 200	1.2	F4BC 50M-TPSS	ECB 510
	111	35.1	23.2	0.98	2 200	1.2	F4BC 50M-TPZM	ECB 510

Figura 39. catalogo de rodamientos SKF



F4BSS (stainless steel housing)

Dimensions

d	A	A ₁	A ₂	B	D _c	H _a	L	N	G	s ₁	T
mm											
20	27	15	54,1	31	52	6	92	11,5	10	18,3	34,8
	25,8	11,1	52,9	31	52	6	85,7	11,1	10	18,3	33,6
	27	15	54,1	31	52	6	92	11,5	10	18,3	34,8
25	29,4	13,5	56	34,1	62	6	95,3	11,5	10	19,8	36,5
	29	15	55,6	34,1	62	6	99	11,5	10	19,8	36,8
	29	15	55,6	34,1	62	6	99	11,5	10	19,8	36,8
30	34,3	12,5	62,4	38,1	72	6	110	12	10	22,2	42
	33	15	61,1	38,1	72	6	112	11,5	10	22,2	40,7
	33	15	61,1	38,1	72	6	112	11,5	10	22,2	40,7
35	36	17	64,6	42,9	82	6	125	14,2	12	25,4	44,9
	36	17	64,6	42,9	82	6	125	14,2	12	25,4	44,9
	35,7	14,3	64,3	42,9	82	6	117,5	14,3	12	25,4	46
40	38,9	14,3	68,8	49,2	88	6	130,2	14,3	12	30,2	53,2
	38	17	67,9	49,2	88	6	135	14,2	12	30,2	50,7
	38	17	67,9	49,2	88	6	135	14,2	12	30,2	50,7
50	42	19	74	51,6	98	6	153	17,5	16	32,6	53,6
	42	19	74	51,6	98	6	153	17,5	16	32,6	53,6

Figura 40. Catalogo de rodamientos SKF dimensiones

Conditions Affecting Chain Life Expectancy		Service Factors (f_p)
Frequency of Shock	Infrequent Shock	1
	Frequent Shock	1.2
Character of Chain Loading	A. Uniform or Steady Load	1
	B. Moderate Shock Load	1.2
	C. Heavy Shock Load	1.5
Atmospheric Conditions	Relatively Clean and Moderate Temperature	1
	Moderately Dirty and Moderate Temperature	1.2
	Exposed to Weather, Very Dirty, Abrasive, Mildly Corrosive and Reasonably High Temperatures	1.4
Daily Operating Range	8-10 Hours	1
	10-24 Hours	1.2

For definitions of Frequent or Infrequent Shock refer to page A-9. For definitions of chain loading refer to page A-9, or Table 8. The composite service factor (F_p) is equal to the product of the service factors (f_p), see the chain selection example on page A-14.

Figura 42. Factor de servicio de cadenas por webster chain data

06B-1; (9.53 mm Pitch) Power ratings in kilowatt (European standard)																	
No of teeth Z	Pitch circle Dia. mm	rpm of small (faster) sprocket z_1															
		25	50	75	100	200	400	500	750	1000	1200	1440	1750	2000	2250	2500	3000
13	39,80	0,05	0,10	0,14	0,18	0,35	0,67	0,76	1,14	1,49	1,73	2,05	2,67	2,95	3,30	3,55	4,31
15	45,81	0,06	0,11	0,15	0,19	0,37	0,71	0,80	1,22	1,59	1,83	2,17	2,82	3,12	3,50	3,76	4,57
17	51,84	0,07	0,13	0,19	0,23	0,46	0,87	0,99	1,48	1,95	2,25	2,68	3,47	3,83	4,30	4,62	5,61
19	57,87	0,08	0,15	0,22	0,27	0,54	1,01	1,15	1,73	2,27	2,62	3,11	4,04	4,46	5,00	5,38	6,53
21	63,91	0,09	0,18	0,24	0,30	0,59	1,11	1,27	1,91	2,49	2,87	3,42	4,44	4,90	5,50	5,91	7,18
23	69,95	0,10	0,19	0,26	0,32	0,64	1,22	1,38	2,08	2,72	3,14	3,73	4,84	5,36	5,99	6,45	7,84
25	76,00	0,10	0,21	0,28	0,35	0,70	1,31	1,50	2,25	2,95	3,40	4,05	5,25	5,80	6,50	6,99	9,21
Lubrication method		TYPE 1							TYPE 2								

Figura 43. potencia de la cadena

Table 6

Multiple strand factor

No. strands	Multiplier K2	No. strands 1	Multiplier K2
1	1.0	4	3.3.
2	1.7	5	3.9
3	2.5	6	4.6

¹ BS or DIN chain are only available up to "triplex" or 3 strand configuration, unless against special demand (MTO)

Figura 44. Factor para cadenas SKF

Table 1

Application service factor (F _a)		Type of prime mover		
Load classification	Driven equipment	Electric motor or turbine	Internal combustion engine > 6 cylinders, with flywheel, or hydraulic coupling	Internal combustion engine < 6 cylinders, with NO flywheel, or hydraulic coupling
Uniform load (U)	Agitators; centrifugal blowers; generators, centrifugal pumps; Uniformly loaded belt conveyor, lightly loaded chain conveyors	1.0	1.0	1.2
Moderate shock (M)	Centrifugal compressors; kilns and dryers; conveyors and elevators with intermittent, medium load fluctuations; Dryers; Pulverisers; machinery with moderate pulsating loads (machine tools paper, textiles)	1.3	1.2	1.4
Heavy shock (H)	Press, construction and mining equipment; reciprocating machinery, (compressors, reciprocating feeders, oil well rigs) rubber mixers, roll lines, machinery with heavy shock or reversing torques	1.5	1.4	1.7 - 1.9

Figura 45. Factor de servicio cadenas SKF

No. of Spk. Teeth	Feet Per Minute																			
	10	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	400	500	600	700	800	900	1000
6	.917	1.00	1.37	1.68	2.00	2.40	2.91	3.57	4.41	5.65	7.35	10.6	16.7	-	-	-	-	-	-	-
7	.855	.971	1.13	1.27	1.44	1.61	1.81	2.04	2.29	2.60	2.96	3.42	3.95	8.62	-	-	-	-	-	-
8	.813	.909	1.04	1.16	1.26	1.37	1.49	1.63	1.76	1.93	2.10	2.29	2.48	3.62	6.21	-	-	-	-	-
9	.794	.870	.980	1.07	1.17	1.26	1.36	1.45	1.55	1.65	1.76	1.88	2.00	2.56	2.94	4.29	6.09	9.90	-	-
10	.775	.840	.943	1.02	1.09	1.16	1.24	1.31	1.37	1.45	1.53	1.61	1.68	2.03	2.41	2.81	3.31	3.82	4.48	5.37
11	.758	.820	.901	.971	1.03	1.09	1.15	1.22	1.28	1.34	1.40	1.46	1.52	1.78	2.05	2.33	2.63	2.96	3.37	3.82
12	.741	.787	.862	.926	.990	1.05	1.10	1.16	1.21	1.26	1.32	1.37	1.42	1.63	1.84	2.05	2.26	2.51	2.77	3.05
14	.735	.769	.833	.885	.935	.980	1.02	1.07	1.11	1.15	1.19	1.24	1.28	1.47	1.61	1.78	1.94	2.10	2.29	2.48
16	.725	.763	.813	.855	.903	.935	.971	1.01	1.05	1.08	1.12	1.16	1.19	1.34	1.48	1.63	1.77	1.93	2.09	2.28
18	.719	.752	.800	.833	.877	.909	.943	.980	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.27	1.40	1.53	1.67	1.80	1.95	2.11
20	.717	.746	.787	.826	.855	.893	.917	.952	.980	1.01	1.04	1.07	1.10	1.22	1.34	1.45	1.57	1.69	1.82	1.96
24	.714	.735	.769	.800	.820	.847	.877	.901	.935	.962	.980	1.01	1.04	1.15	1.26	1.37	1.48	1.56	1.71	1.84

Figura 46. /factores de velocidad para cadenas de acero catalogo webster chain data

Boquilla Plastico SF Chorro Plano 110° Azul.

Símbolo del fabricante	SF
Talla	3
Color	Azul
Ángulo pulverización	110 °
Material de la punta	Plástico
Material carcasa	Plástico
Tipo de montaje	SW8
Tipo	Chorro plano
Caudal a 3 bar	1,2 l/min
Presión máx. de trabajo	7 BAR
Presión de trabajo mín.	1,5 BAR
Descentrado de boquilla	No
Color ISO	Si

Figura 47. ficha técnica boquillas de atomización

MERTECT® 20-S

syngenta



Fungicida

Concentrado soluble (CS)

ACCIÓN FITOSANITARIA: MERTECT® 20-S es un fungicida para el control del complejo conocido como la "podrición de corona en banano y plátano", pertenece a la familia de los benzimidazoles.

NOMBRE COMÚN: Tiabendazol.

FORMULACIÓN Y CONCENTRACIÓN: Concentrado soluble (SL) que contiene 220 g/l Tiabendazol por litro de producto comercial.

MODO DE ACCIÓN: MERTECT® 20-S es un fungicida sistémico que penetra a través de las coronas del gajo y se mueve por la corteza hacia la punta del dedo, de esta manera elimina posibles infecciones por medio de la inhibición del proceso de división celular de los hongos causantes del daño.

MODO DE EMPLEO: Preparación post-cosecha.

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA: Limpie el equipo antes de utilizar el producto. Para asegurar la coagulación del látex sobre las coronas se recomienda agregar alumbre a una concentración máxima del 1% sobre el volumen total de la mezcla.

ORDEN DE LA MEZCLA PARA APLICACIÓN POR ASPERSIÓN: Pese la cantidad de alumbre requerida para preparar una solución al 1% y colóquela en un recipiente con cedazo muy fino en el fondo. Adicione el agua muy lentamente para disolver la totalidad del alumbre en $\frac{1}{2}$ partes del volumen a preparar agitando continuamente.

En un recipiente aparte con capacidad mayor de 10 litros, mezcle la dosis de MERTECT® 20-S con agua. Después de una buena agitación, agréguelo al tanque que contiene agua y alumbre. Complete con agua el volumen total requerido. Mantenga la agitación mientras se esté usando el fungicida.

FRECUENCIA DE APLICACIÓN: Se aplicará una sola vez en post-cosecha.

COMPATIBILIDAD: MERTECT® 20-S está diseñado para que mantenga la estabilidad y homogeneidad del ingrediente activo en agua con alumbre, además es muy estable en medios ácidos y alcalinos, no tiene problemas de compatibilidad con los otros fungicidas de uso común.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO Y APLICACIÓN:

- No comer, beber o fumar durante la preparación y utilización del producto.
- Usar ropa protectora adecuada, por ejemplo guantes, delantal, overol, botas, tapaboca y careta de protección.
- Antes de comer, beber o fumar sacarse la ropa contaminada y

lavarse bien las partes expuestas de la piel con abundante agua.

FRASES DE ADVERTENCIA:

- El producto sin diluir es comosivo. Causa quemaduras. Evite el contacto con piel y ojos.
- No contaminar cuerpos de agua (acequias, ríos, canales, etc.) con el producto o los residuos.
- Conservar el producto en su envase original, etiquetado y cerrado herméticamente.
- No emplear este envase para ningún otro fin.
- Conservar el envase en un lugar seguro, lejos de los alimentos de los niños y los animales.
- No re-emplazar o depositar el contenido en otro envase.
- Después de usar el contenido, enjuagar tres veces el envase y verter la solución en la mezcla de aplicación, inutilizar el envase triturándolo o perforándolo y depositarlo en un lugar destinado por las autoridades locales para este fin.
- En caso de derrame, absorber con arena, tierra u otro material absorbente y colocar los residuos en un recipiente adecuado para su eliminación y dispóngalos en un lugar de acuerdo a la normativa local.

PRIMEROS AUXILIOS Y CONSEJOS PARA LOS MÉDICOS:

- En caso de intoxicación llamar al médico inmediatamente o llevar al paciente al médico y mostrarle la etiqueta.
- En caso de inhalación, retirar a la persona afectada de la zona de peligro y llevarla a un lugar con buena ventilación.
- En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con agua limpia, manteniendo los párpados separados durante 15 minutos.
- En caso de contacto con la piel, retirar inmediatamente la ropa contaminada y lavar la zona afectada con agua y jabón.
- En caso de ingestión, dar uno o dos vasos de agua e inducir al vómito, tocando la parte posterior de la garganta con un dedo u objeto no punzante. Nunca administrar nada oralmente a una persona inconsciente.

SÍNTOMAS: Vómito cuando el producto es ingerido en grandes cantidades. Enrojecimiento o irritación de los ojos cuando hay contacto con éstos.

TRATAMIENTO: No hay antídoto específico. Tratamiento sintomático.

TOXICIDAD: Categoría Toxicológica IV. Cuidado.

EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A CISPROQUIM: 1800593005 A NIVEL NACIONAL, CIATOX: 1800 836366 A NIVEL NACIONAL O CITOX: 042451022.

Para mayor información llamar a ECUAQUÍMICA a los teléfonos (593-4) 268-2050 en Guayaquil o al (593-2) 286-1690 en Quito.

PRESENTACIONES:

Sachets x 50 ml

REGISTRO N°: 031- F 5

TITULAR DEL REGISTRO: SYNGENTA CROP PROTECTION S.A.

DISTRIBUIDO POR: ECUAQUÍMICA.

INSTRUCCIONES DE USO DE MERTECT® 20-S:

CULTIVO	PLAGAS	AGENTE CAUSAL	DOSIS	ÉPOCA DE APLICACIÓN
BANANO/PLÁTANO (Musa spp.)	Complejo de la podrición de corona, dedos y cuello.	<i>Colletotrichum musae</i> <i>Ceratostyxis paradoxa</i> <i>Botryodiplodia theobromae</i> <i>Fusarium</i> sp. <i>Verticillium theobromae</i> <i>Deighthoniella torulosa</i> <i>Penicillium</i> spp.	91-182 ml/100 litros de agua.	Una sola vez en post-cosecha.

agrovet@edifarm.com.ec

Figura 48. ficha técnica Mertect, edifarm

ANEXO C
MANUFACTURA



Figura 49. fabricación de estructura



Figura 50. instalación de atomizadores



Figura 51. prototipo de cabina terminada